



AVRUPA KOMİSYONU  
Ortak Araştırma Merkezi



Endüstriyel Emisyon Direktifi 2010/75/EU

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol

# Demir Dışı Metal Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi

2017





Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the  
Non-Ferrous Metals Industries

Industrial Emissions Directive 2010/75/EU Integrated Pollution Prevention and Control

*Yazarlar:*

Gianluca Cusano

Miguel Rodrigo Gonzalo

Frank Farrell

Rainer Remus

Serge Roudier

Luis Delgado Sancho

*Türkçe'ye Çevirenler:*

Enes Özkök

Rahman Çalhan

Erhan Kayabaşı

Ali Güngör

2017

Ortak Araştırma Merkezi, Geleceğe Yönelik Teknolojik Çalışmalar (JRC-IPTS) programının misyonu, hem sosyo-ekonomik hem de bilimsel / teknolojik bir boyuta sahip olan politika zorluklarına bilim temelli yanıtlar geliştirerek AB politika yapma sürecine müşteri odaklı destek sağlamaktır.

Bu yayın, Avrupa Komisyonu'nun kurum içi bilim hizmeti olan Ortak Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan bir Politika raporudur. Avrupa politika oluşturma sürecine kanıta dayalı bilimsel destek sağlamayı amaçlamaktadır. Açıklanan bilimsel çıktı, Avrupa Komisyonu'nun politika pozisyonunu ifade etmemektedir. Ne Avrupa Komisyonu ne de Komisyon adına hareket eden herhangi bir kişi, bu yayının kullanımından sorumlu değildir.

#### İletişim Bilgileri

İsim: European IPPC Bureau  
Adres: Joint Research Centre, Edificio Expo c/ Inca Garcilaso 3, E-41092 Seville, Spain  
E-mail: JRC-B5-EIPPCB@ec.europa.eu  
Tel.: +34 95 4488 284  
JRC Science Hub  
https://ec.europa.eu/jrc

JRC107041  
EUR 28648 EN  
PDF ISBN 978-92-79-69655-8 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/8224  
Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017  
© Avrupa Birliği, 2017

Bu rapor nasıl kaynak olarak gösterilir: Author(s); Gianluca Cusano, Miguel Rodrigo Gonzalo, Frank Farrell, Rainer Remus, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho; Title; Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries, EUR 28648, doi:10.2760/8224

Tüm görseller © European Union 2017, şunlar hariç: 1. Kapak resmi, kaynak: Sunndal alüminyum izabe fırını: © Hydro, 2. Landscape before landfilling © Asturiana de Zinc, S.A.U., 3. Landscape restoration ongoing with Jarofix © Asturiana de Zinc, S.A.U.

#### **Başlık:** Demir Dışı Metaller Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi

#### **Özet:**

Demir dışı metal endüstrileri hakkındaki bu MET referans dokümanı, Direktif'in 13(1) maddesinin gerektirdiği şekilde belgenin tanzim edilmesi, gözden geçirilmesi ve lüzumlu olması durumunda güncellenmesi için AB Üye Devletleri, ilgili endüstriler, çevrenin korunmasını teşvik eden sivil toplum kuruluşları ve Komisyon arasındaki bilgi alışverişinin sonuçlarını ortaya koyan bir dizinin parçasıdır. Bu belge, Direktif'in 13(6) maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmıştır. Bu MET sonuçları, 2010/75/EU sayılı Direktif'in I. Ekindeki 2.1, 2.5 ve 6.8 no.'lu kısımlarda açıklanan belirli faaliyetlerle ilgilidir:

- 2.1: Metal cevheri (sülfür cevheri dahil) kavurma veya sinterleme;
- 2.5: Demir-dışı metallerin işlenmesi:
  - (a) cevher, konsantre veya ikincil hammaddelerden metalürjik, kimyasal veya elektrolitik işlemlerle demir-dışı ham metal üretimi;
  - (b) kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan veya diğer tüm metaller için günde 20 tonu aşan eritme kapasitesi olan, demir-dışı metallerin ve geri kazanılmış ürünlerin eritilmesi (alaşımına dahil) faaliyeti gerçekleştiren kuruluşlar ve demir-dışı metal dökümhaneleri;
- 6.8: Yakma veya grafitleme yoluyla karbon (iyi pişirilmiş kömür) veya elektrografit üretimi.

Bu MET sonuçları özellikle aşağıdaki proses ve faaliyetleri kapsamaktadır:

- demir-dışı metallerin birincil ve ikincil üretimi;
- diğer metallerin üretimi sırasında çıkan dumandan çinko oksit üretimi;
- bir metalin üretimi sırasında işlem sıvılarından nikel bileşiklerinin üretimi;
- ferro-silikon üretilen fırında silikon kalsiyum (CaSi) ve silikon (Si) üretimi;
- birincil alüminyumun üretilmesinden önce boksiten alüminyum oksit üretiminin zorunlu olduğu durumlar;
- alüminyum tuzu çürütmesinin geri dönüşümü;
- karbon ve/veya grafit elektrotlarının üretimi.

Demir dışı metal endüstrilerindeki 2010/75/EU sayılı Direktifin uygulanmasına yönelik önemli konular; toz, metaller, organik bileşikler (PCDD/F oluşumu ile sonuçlanabilecek) ve kükürt dioksit emisyonlarıdır; havaya verilen difüz emisyonlar; metallerin sulara verilen emisyonları (*örn.* Hg, Cd, Cu, Pb, Zn); kaynak verimliliği; ve toprak ve yeraltısularına verilen emisyonların önlenmesi. Bu BREF 12 bölümden oluşmaktadır. Bölüm 1'de ilgili demir dışı metal endüstrileri hakkında genel bilgi sunulmuştur. Bölüm 2'de sektör genelinde yaygın olarak kullanılan endüstriyel prosesler, azaltma sistemleri ve genel teknikler hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 2'de MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken genel teknikler (yani, bu sektörde yaygın olarak kullanılan teknikler) rapor edilmiştir, ve Bölüm 3'ten 10'a kadar olan kısımlarda bu bölümlerde anlatılan metal grupları ile alakalı uygulanmakta olan prosesler, mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri, MET'ler belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken teknikler ve yeni geliştirilen teknikler hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 11'de Direktif'in 3(12) maddesinde tanımlandığı şekilde, hem genel hem de metale özgü MET sonuçları sunulmuştur. 1 ve 2. bölümler, demir dışı metal endüstrisi ve tüm sektörde kullanılan ortak endüstriyel süreçler ve teknikler hakkında genel bilgi sağlar. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı bölümler aşağıdaki özel üretim sektörlerine karşılık gelmektedir: bakır, alüminyum, kurşun ve/veya kalay, çinko ve/veya kadmiyum, kıymetli metaller, ferro-alaşımlar, nikel ve/veya kobalt ve karbon ve grafit. Her belirli üretim sektörü için bu sekiz bölüm, uygulanan süreçler ve teknikler hakkında bilgi ve veri sağlar; tesislerin mevcut emisyonlar, hammadde tüketimi, su ve enerji ve atık üretimi açısından çevresel performansı; MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler; ve Direktif'in 3(14) maddesinde tanımlanan yeni ortaya çıkan teknikler. Bölüm 11, Direktif'in 3(12) maddesinde tanımlanan MET sonuçlarını göstermektedir. Gelecekteki çalışmalara ilişkin sonuç ve öneriler, Bölüm 12'de sunulmuştur.

Orijinal doküman İspanya'da basılmıştır.

## Teşekkür

Bu rapor, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi – Direktörlük B: Büyüme ve İnovasyon'da (the European Commission's Joint Research Centre – Directorate B: Growth and Innovation) Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu (the European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau; *kslt.*: EIPPCB) tarafından Serge Roudier (EIPPCB Başkanı) ve Luis Delgado Sancho'nun (Dairesel Ekonomi ve Endüstriyel Liderlik Birimi Başkanı) gözetiminde üretilmiştir.

Bu BAT Referans Dokümanı'nın yazarları Gianluca Cusano, Miguel Rodrigo Gonzalo, Frank Farrell ve Rainer Remus'dır.

Bu rapor Endüstriyel Emisyonlar Direktifi'nin (2010/75/EU) uygulanması çerçevesinde hazırlanmıştır ve Direktifin 13. maddesinde öngörülen bilgilerin paylaşılmasının bir sonucudur.

En çok bilgi sağlayanlar şunlardır:

- AB Üye Devletleri arasında: Avusturya, Belçika, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, Polonya, Portekiz, İspanya, İsveç, Hollanda ve Birleşik Krallık; ayrıca Norveç değerli bilgiler paylaşmıştır.
- endüstriler arasında: Avrupa Ferro-alaşımli Üreticileri Birliği (Euroalliances), Avrupa Alüminyum Birliği (EAA), Avrupa Madencilik Endüstrisi, Metal Cevherleri ve Endüstriyel Mineraller Derneği (Euromines), Avrupa Karbon ve Grafit Derneği (ECGA), Avrupa Bakır Enstitüsü (ECI), Avrupa Demir-dışı Metaller Derneği (Eurometaux), Avrupa Değerli Metaller Federasyonu (EPMF), Uluslararası Kurşun Derneği (ILA), Uluslararası Çinko Birliği (IZA), Nikel Enstitüsü.

Tüm EIPPCB ekibi katkı sağlamış ve dokümanın gözden geçirilmesinde yardımcı olmuştur.

Bu belge, aşağıda listelenen belgeler dizisinden birisidir (işbu yazım sırasında tüm belgeler hazırlanmamıştır):

<b>Mevcut En İyi Teknikler için Referans Belgeleri</b>	<b>Kod</b>
Seramik İmalat Sanayi	CER
Kimya Sektöründe Atık Gaz Arıtma	WGC
Kimyasal Sektöründe Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri	CWW
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar	EFS
Enerji verimliliği	ENE
Demirli Metal İşleme Sanayi	FMP
Yiyecek, İçecek ve Süt Endüstrileri	FDM
Endüstriyel Soğutma Sistemleri	ICS
Yoğun Kümes Hayvanları ve Domuz Yetiştiriciliği	IRPP
Demir ve Çelik Üretimi	IS
Büyük Yakma Tesisleri	LCP
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre	LVIC-AAF
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Katılar ve Diğerlerinin Sanayi	LVIC-S
Büyük Hacimli Organik Kimya Sanayi	LVOC
Madencilik Faaliyetlerinde Cevher Artığı ve Atık Kaya Yönetimi	MTWR
Cam imalatı	GLS
Organik İnce Kimyasalların Üretimi	OFC
<i>Demir Dışı Metal Endüstrileri</i>	<i>NFM</i>
Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit Üretimi	CLM
Klor-alkali Üretimi	CAK
Polimer Üretimi	POL
Kağıt Hamuru, Kağıt ve Karton Üretimi	PP
Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi	SIC
Madeni Yağ ve Gaz Rafinasyonu	REF
Kesimhaneler ve Hayvansal Yan Ürün Endüstrileri	SA
Demirhaneler ve Dökümhaneler	SF
Metallerin ve Plastiklerin Yüze İşlemleri	STM
Kimyasallarla Odun Koruma dahil Organik Solventler Kullanarak Yüze İşlem	STS
Post ve Deri Tabaklama	TAN
Tekstil Endüstrisi	TXT
Atık Yakma	WI
Atık Arıtma	WT
Ahşap Panel Üretimi	WBP
<b>Referans Dokümanı</b>	
Ekonomi ve Çapraz-Ortam Etkileri	ECM
IED-Tesislerinden kaynaklanan Emisyonların İzlenmesi	ROM

Taslak ve kesinleşmiş belgelerin elektronik versiyonları halka açıktır ve şu adresten indirilebilir: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>







# ÖNSÖZ

## 1. Bu Dokümanın Durumu

Aksi belirtilmedikçe, bu belgede “Direktif”e yapılan atıflar Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’nin endüstriyel emisyonlar (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol) hakkındaki 2010/75/EU sayılı Direktif’e atıfta bulunmaktadır.

Demir dışı metaller hakkındaki orijinal en iyi mevcut teknik (MET) referans belgesi (BREF) 2001 yılında Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilmiştir. Bu belge, referans belgesinin incelemesi sonucu yazılmıştır. İnceleme 2007 yılında başlamıştır.

Demir dışı metal endüstrileri hakkındaki bu MET referans dokümanı, Direktif’in 13(1) maddesinin gerektirdiği şekilde belgenin tanzim edilmesi, gözden geçirilmesi ve lüzumlu olması durumunda güncellenmesi için AB Üye Devletleri, ilgili endüstriler, çevrenin korunmasını teşvik eden sivil toplum kuruluşları ve Komisyon arasındaki bilgi alışverişinin sonuçlarını ortaya koyan bir dizinin parçasıdır. Bu belge, Direktif’in 13(6) maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmıştır.

Direktif’in 13(5) maddesinde belirtildiği üzere Bölüm 11’de yer alan MET sonuçlarına ilişkin 2016/1032 sayılı Komisyon Uygulama Kararı (AB), 13 Haziran 2016 tarihinde kabul edilmiş ve 30 Haziran 2016 <sup>(1)</sup> tarihinde yayınlanmıştır.

## 2. Bilgi alışverişine katılanlar

Direktif’in 13(3) maddesinde öngörüldüğü üzere bilgi alışverişini teşvik etmek için Komisyon, üye ülkelerin, alakalı sanayi kuruluşlarının ve çevrenin korunmasına destek veren sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinin oluşturduğu bir forum oluşturmuştur [16 Mayıs 2011 tarihli Komisyon Kararı, 2010/75/EU sayılı Direktif’in endüstriyel emisyonlar hakkındaki 13. maddesi uyarınca bilgi alışverişi için bir forum oluşturulması (2011 / C146 / 03), OJ C 146, 17.05.2011, s. 3].

Forum üyeleri, bu dokümanın hazırlanması için ana bilgi kaynağı olan teknik çalışma grubunu (*ing.* technical working group, TWG) oluşturan teknik uzmanları atamıştır. TWG’nin çalışması, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi - Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu tarafından yönetilmiştir.

## 3. Bu belgenin yapısı ve içeriği

Endüstriyel Emisyon Direktifi’ni (IED) uygulamak zorunda olan ülkelerde, 42 demir dışı metalin üretimi ve ferro-alaşımlarının üretimi tespit edildi. Benzer yöntemler ile üretilen sekiz metal grubu tanımlanmıştır. Çalışma için bu gruplar temelinde veriler toplanmıştır ve bu belge bu temelde yapılandırılmıştır. Ayrıca, proseslerin demir dışı metal sektöründe önemli endüstriyel öneme ve çevre sorunları için potansiyele sahip olduğu göz önünde bulundurulmuştur; ve bilgi alışverişi özellikle operatörler ve kanun düzenleyiciler için değerlidir.

Metal grupları şunlardır:

- bakır ve alaşımları;
- alüminyum ve alaşımları ve tuz cüruflarından tuz ve alüminyumun geri dönüşümü;
- kurşun ve kalay;
- çinko ve kadmiyum;
- değerli metaller;
- ferro-alaşımları (*örn.* FeCr, FeSi, FeMn, SiMn, FeTi, FeMo, FeV, FeB);
- nikel ve kobalt;
- karbon ve grafit elektrotları.

<sup>(1)</sup> OJ L 174, 30.6.2016, s. 32.

Daha detaylı olarak, demir dışı metaller için referans belgesi aşağıdaki yapıya sahiptir.

Bölüm 1’de ilgili demir dışı metal endüstrileri hakkında genel bilgi sunulmuştur. Bölüm 2’de sektör genelinde yaygın olarak kullanılan endüstriyel prosesler, azaltma sistemleri ve genel teknikler hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 2’de MET’in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken genel teknikler (yani, bu sektörde yaygın olarak kullanılan teknikler) rapor edilmiştir, ve Bölüm 3’ten 10’a kadar olan kısımlarda bu bölümlerde anlatılan metal grupları ile alakalı uygulanmakta olan prosesler, mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri, MET’ler belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken teknikler ve yeni geliştirilen teknikler hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 11’de Direktif’in 3(12) maddesinde tanımlandığı şekilde, hem genel hem de metale özgü MET sonuçları sunulmuştur.

Bölüm 3 ila 10 arasındaki her bölümde o bölümde anlatılan metal grupları ile alakalı veriler şu şekilde yapılandırılmıştır:

1. Kısım, o metal grubu için uygulanan prosesleri ve teknikleri anlatır.
2. Kısım, mevcut tesislerdeki durumu yansıtan mevcut emisyon ve tüketim ile ilgili veri ve bilgileri içerir.
3. Kısım, MET’in belirlenmesi sırasında göz önünde bulundurulmuş ve bu sektördeki teçhizatın çevresel etkisini önleyen veya, uygulanabildiği yerlerde, azaltan teknikler hakkında daha detaylı bilgi verir.
4. Kısım, Direktif’in 3(14) maddesinde tanımlanan yeni geliştirilen teknikler hakkındaki bilgileri sunar.

Gelecekteki çalışmalara ilişkin sonuç ve öneriler, Bölüm 12’de sunulmuştur.

#### **4. Bilgi kaynakları ve MET’in türetilmesi**

Bu belge, özellikle Direktif’in 13. maddesi uyarınca bilgi değişimi için oluşturulan TWG aracılığıyla bir dizi kaynaktan toplanan bilgilere dayanmaktadır. Bilgiler, teknik uzmanlık, şeffaflık ve tarafsızlık ilkeleri rehberliğinde MET’i belirleme çalışmalarına öncülük eden Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu (Komisyonun Ortak Araştırma Merkezi) tarafından derlenmiş ve değerlendirilmiştir. TWG’nin ve diğer tüm katılımcılara çalışmaları için teşekkür ederiz.

MET sonuçları, aşağıdaki adımları içeren yinelemeli bir süreçle oluşturulmuştur:

demir dışı metal sektörü için önemli çevresel konuların belirlenmesi;

bu kilit konuları ele almak için en uygun tekniklerin incelenmesi;

Avrupa Birliği’nde ve dünya çapında mevcut veriler temelinde en iyi çevresel performans düzeylerinin belirlenmesi;

maliyetler, çapraz ortam etkileri ve tekniklerin uygulanmasından elde edilen faydalar gibi bu çevresel performans seviyelerinin elde edildiği koşulların incelenmesi;

Direktif’in 3(10) maddesinin ve Ek III’e göre mevcut en iyi tekniklerin (MET) seçimi, ilgili emisyon seviyeleri (ve diğer çevresel performans seviyeleri) ve bu sektörde yapılacak izleme.

Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu ve TWG’nin uzman kararı, bu adımların her birinde ve bilgilerin burada sunulma şeklinde önemli bir rol oynamıştır.

Mevcut olduğu yerlerde, “MET’in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı kısımlarda sunulan tekniklerin tanımları ile birlikte ekonomik veriler verilmiştir. Bu veriler, maliyetlerin ve faydaların büyüklüğünün kaba bir göstergesidir. Bununla birlikte, bir tekniğin uygulanmasının fiili maliyetleri ve faydaları, ilgili tesisin özel durumuna

kuvvetle bağlı olabilir ve bu belgede tamamen değerlendirilmesi mümkün değildir. Maliyetlerle ilgili verilerin yokluğunda, tekniklerin ekonomik uygulanabilirliği hakkında değerlendirmeye mevcut tesisler üzerindeki gözlemlerden varılmıştır.

Demir dışı metal endüstrilerinden sülfürik asit üretimi LVIC-AAF BREF kapsamındadır. Bununla birlikte, bu demir dışı metal BREF incelemesi, demir dışı metal endüstrilerinin de sülfürik asit üretmek için uyguladıkları teknikler hakkında bilgi toplamıştır. Bu veri toplamının sonucu, esas olarak bu dokümanın 2., 3., 5. ve 6. bölümlerinde gösterilmektedir ve şu açıktır ki LVIC-AAF BREF’inde (2007 yılında kabul edilmiştir) yer alan Tablo 4.24’de (MET ile ilişkili dönüşüm oranları ve SO<sub>2</sub> emisyon seviyeleri) verilen çift kontaklı/çift adsorpsiyonlu sülfürik asit üretiminden çıkan SO<sub>2</sub> emisyonları için BAT-AEL aralığının üst ucunun düzeltilmesi gerekmektedir.

## 5. MET referans belgelerinin (BREF’ler) gözden geçirilmesi

MET dinamik bir kavramdır ve bu nedenle BREF’lerin gözden geçirilmesi sürekli bir süreçtir. Örneğin, yeni önlemler ve teknikler ortaya çıkabilir, bilim ve teknolojiler sürekli olarak gelişmektedir ve yeni ya da yeni ortaya çıkan süreçler sektörlere başarılı bir şekilde adapte edilebilir. Bu tür değişiklikleri ve bunların MET için sonuçlarını yansıtmak amacıyla, bu belge periyodik olarak gözden geçirilecek ve gerektiğinde güncellenecektir.

## 6. İletişim bilgileri

Tüm yorum ve öneriler, aşağıdaki adreste Prospektif Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü’nün Avrupa IPPC Bürosu’na yapılmalıdır:

European Commission  
JRC Directorate B - Growth and Innovation  
European IPPC Bureau  
Edificio Expo  
c / Inca Garcilaso, 3  
E-41092 Seville, İspanya  
Telefon: +34 95 4488 284  
Faks: +34 95 4488 426  
E-posta: [JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu](mailto:JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu)  
İnternet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

## Demir Dışı Metal Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi

### İçindekiler

ÖNSÖZ .....	v
İçindekiler .....	viii
KAPSAM .....	xli
1 GENEL BİLGİ.....	1
1.1 Endüstriye genel bakış .....	1
1.1.1 Demir dışı metaller ve alaşımlar .....	1
1.1.2 Endüstrinin kapsamı .....	1
1.1.3 Endüstrinin Yapısı .....	2
1.1.4 Endüstrinin Ekonomisi.....	2
1.1.5 Çevresel Performans.....	2
1.2 Bakır ve alaşımları .....	3
1.2.1 Genel bilgi .....	3
1.2.2 Malzeme kaynakları .....	3
1.2.3 Üretim ve kullanım.....	4
1.2.4 Üretim Yerleri .....	6
1.2.5 Önemli çevresel sorunlar .....	8
1.3 Alüminyum.....	8
1.3.1 Genel bilgiler.....	8
1.3.2 Malzeme kaynakları .....	9
1.3.3 Üretim ve kullanım.....	9
1.3.4 Üretim Yerleri .....	10
1.3.5 Önemli çevresel sorunlar .....	11
1.4 Kurşun ve Kalay.....	11
1.4.1 Kurşun.....	11
1.4.2 Kalay .....	15
1.5 Çinko ve Kadmiyum.....	17
1.5.1 Kalay .....	17
1.5.2 Kadmiyum .....	22
1.6 Değerli metaller.....	24
1.6.1 Genel bilgi .....	24
1.6.2 Malzeme Kaynakları.....	25
1.6.3 Üretim ve Kullanım .....	25
1.6.4 Üretim yerleri .....	26
1.6.5 Çevresel sorunlar .....	27
1.7 Ferro-alaşımlar .....	28
1.7.1 Genel Bilgi .....	28
1.7.2 Malzemelerin Kaynakları .....	28
1.7.3 Üretim ve Kullanım .....	29
1.7.4 Üretim Sahaları.....	31
1.7.5 Önemli çevresel hususlar .....	31
1.8 Nikel ve Kobalt .....	33
1.8.1 Nikel.....	33
1.8.2 Kobalt.....	37
1.9 Karbon ve grafit Genel Bilgi .....	40
1.9.1 Genel Bilgiler .....	40
1.9.2 Malzemelerin Kaynakları .....	40
1.9.3 Üretim ve Kullanım .....	41

1.9.4	Üretim Sahaları .....	41
1.9.5	Önemli çevresel hususlar .....	41
2	GENEL SÜREÇ VE TEKNİKLER .....	43
2.1	Yönetim Sistemleri .....	44
2.1.2	Tasarım ve bakım .....	45
2.1.3	Eğitim .....	45
2.2	Enerji Yönetimi .....	46
2.2.1	Uygulanan süreçler ve teknikler .....	46
2.3	Görüntüleme .....	50
2.3.1	Örnekleme Yerleri .....	50
2.3.2	Bileşenler ve parametreler .....	51
2.3.3	Referans koşullar .....	51
2.3.4	Kanalize emisyonların sürekli ve periyodik ölçümü .....	51
2.3.5	Yayılı emisyon Ölçümleri .....	52
2.4	Yayılı emisyonlar .....	54
2.4.1	Dağınık emisyon kaynakları .....	55
2.4.2	Giriş malzemelerinin depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek için uygulanan süreçler ve teknikler .....	55
2.4.3	Yayılı emisyonları önlemek ve metal üretim süreçlerinden çıkan gazları toplamak için uygulanan süreçler ve teknikler .....	61
2.5	Hammadde yönetimi .....	63
2.5.1	Uygulamalı süreçler ve teknikler .....	63
2.6	Metal üretim prosesi .....	69
2.7	Kükürt dioksit .....	70
2.7.1	Uygulanan prosesler ve teknikler .....	70
2.7.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri .....	74
2.8	Atık ve atıksu yönetimi .....	76
2.8.1	Atıksuların ana kaynakları .....	76
2.8.2	Uygulamalı prosesler ve teknikler .....	81
2.9	Güvenlik Hususları .....	82
2.9.1	İzabe işleminden gelen artıklara uygulanan prosesler ve teknikler .....	83
2.9.2	Emisyon Azaltım sistemlerinin artıklar için uygulanan işlemler ve teknikler .....	84
2.9.3	Atıksu arıtımından kaynaklanan artıklar için uygulanan işlemler ve teknikler .....	85
2.9.4	Demir dışı metallerin hidrometalürjik üretiminden kaynaklanan kalıntılar için uygulanan işlemler ve teknikler .....	85
2.9.5	Demir dışı metallerin üretiminden kaynaklanan diğer kalıntılar için uygulanan işlemler ve teknikler .....	86
2.9.6	Geri dönüşüm ve yeniden kullanım örnekleri .....	86
2.10	Hizmetten Çıkarma .....	88
2.11	Güvenlik Hususları .....	89
2.11.1	Önleme Prensibi .....	89
2.11.2	Endüstrilerde karmaşık sistemlerin göz önünde bulundurulması .....	89
2.11.3	İmkanların uygunluğu .....	89
2.12	MET'lerin Belirlenmesinde Dikkate Alınacak Genel Teknikler .....	90
2.12.1	Çevresel Yönetim Sistemleri (ÇYS) .....	90
2.12.2	Enerji Yönetimi .....	93
2.12.3	İzleme ve Proses Kontrolü .....	102
2.12.4	Difüz Emisyonlar .....	107
2.12.5	Havaya verilen kanalize edilmiş emisyonlar .....	116
2.12.6	Su ve atıksu yönetimi .....	153
2.12.7	Kalıntıların Yönetimi .....	170
2.12.8	Gürültü ve titreşim .....	172
2.12.9	Koku .....	172
2.12.10	Hizmetten çıkartma .....	173

2.13	Yeni teknikler.....	175
2.13.1	LUREC ve BAYQIK prosesi.....	175
3.	BİRİNCİL VE İKİNCİL HAMMADDELERDEN BAKIR VE ALAŞIMLARININ ÜRETİM PROSESLERİ.....	177
3.1.	Uygulanan teknikler ve prosesler .....	177
3.1.1.	Birincil bakır üretimi .....	177
3.1.2.	Pirometalurjik yöntem .....	177
3.1.3.	Hidrometalurjik yöntem.....	187
3.1.4.	İkincil Bakır Üretimi .....	188
3.1.5.	İkincil bakır ergitme aşaması .....	189
3.1.6.	Dönüştürme, ateş ile rafinasyon, cüruf işleme ve saf alaşımlı hurdaların elektrolitik rafinasyonu ve işlenmesi .....	189
3.1.7.	Tel çubuk üretimi .....	191
3.1.8.	Southwire prosesi.....	191
3.1.9.	Contirod prosesi.....	193
3.1.10.	Properzi ve Secor prosesleri.....	193
3.1.11.	Upcast prosesi.....	193
3.1.12.	Dip-forming prosesi .....	193
3.1.13.	Bakır ve bakır alaşımlarının yarı mamul üretimi.....	194
3.1.14.	Ergitme prosesi .....	194
3.1.15.	Döküm.....	195
3.1.16.	Tüpler, profiller ve çubukların imalatı .....	196
3.1.17.	Levha ve şerit imalatı .....	197
3.1.18.	Bakır ve bakır alaşımlı külçelerin üretimi.....	199
3.1.19.	Ana alaşımlar.....	200
3.1.20.	Yüzey temizleme işlemleri .....	201
3.1.21.	Bakır çubukların asitsiz yüzey temizliği .....	201
3.1.22.	Bakır çubukların ve bakır ve yarı bakır alaşımlarının asitle temizlenmesi .....	201
3.2.	Mevcut Emisyon ve Tüketim Seviyeleri.....	202
3.2.1.	Bakır Üretiminde Enerji Tüketimi .....	202
3.2.2.	Emisyonlar ve Tüketim Verileri .....	203
3.2.3.	Birincil bakır giriş ve çıkış .....	203
3.2.4.	İkincil bakır giriş ve çıkış verileri .....	204
3.2.5.	Havaya salınan emisyonlar .....	207
3.2.6.	Suya verilen emisyonlar .....	217
3.2.7.	Proses Kalıntıları .....	220
3.2.8.	Bazı bakır üretim süreçlerinden işletim verileri .....	225
3.3.	BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler .....	231
3.3.1.	Malzeme kabulü, depolama ve taşıma işlemleri.....	231
3.3.2.	Birincil ve ikincil malzemelerin kabulü, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltma teknikleri.....	231
3.3.3.	İnce ve tozlu malzemelerin taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltma teknikleri .....	234
3.3.4.	Malzeme ön işleme prosesleri.....	236
3.3.5.	Karıştırma, kurutma, karıştırma, homojenleştirme, eleme ve peletleme gibi birincil ve ikincil malzemelerin ön arıtımından kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	236
3.3.6.	İkincil bakır üretiminde ergitme aşamasından önce tornalama işleminden çıkan yağı giderme teknikleri .....	240
3.3.7.	Konsantre kurutucudan kaynaklanan emisyonları azaltmak için teknikler .....	242
3.3.8.	Bakır konsantresi kavurma işleminden elde edilen birincil atık gaz emisyonlarını azaltma teknikleri.....	247
3.3.9.	Birincil ve ikincil bakır üretimi.....	250

3.3.10.	Birincil ve ikincil bakır üretiminde fırınların/konverterlerin yüklenmesinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	250
3.3.11.	Birincil bakır üretiminde izabe fırınlarından çıkan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler .....	252
3.3.12.	Birincil bakır üretiminde dönüştürücü fırınlardan kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	259
3.3.13.	Bakır açısından zengin cüruf işleme.....	268
3.3.14.	Birincil ve ikincil bakır üretiminde eritme ve yangın rafinasyon (anot fırını) emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler.....	275
3.3.15.	Birincil bakır üretiminde fırınlardan ve yardımcı cihazlardan ikincil emisyonların merkezi olarak toplanması ve azaltılması .....	283
3.3.16.	Birincil ve ikincil bakır üretiminde anot dökümden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	286
3.3.17.	Birincil ve ikincil bakır üretiminde optimize elektroliz.....	288
3.3.18.	Birincil ve ikincil bakır üretiminde düşük bir SO <sub>2</sub> içeriğiyle atık gazlardan sülfür dioksit uzaklaştırılması.....	292
3.3.19.	Konsantre veya ikincil malzemeden hidrometalurjik bakır üretiminde yer alan solvent ekstraksiyon tesisinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	297
3.3.20.	İkincil bakır üretimi .....	299
3.3.21.	İkincil bakır üretiminde ergitme fırınlarından çıkan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler.....	300
3.3.22.	İkincil bakır üretiminde fırınlardan çıkan hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri .....	314
3.3.23.	İkincil bakır üretiminde dönüştürücü fırınlardan hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri.....	315
3.3.24.	İkincil bakır üretiminde yardımcı cihazlardan ikincil hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri .....	320
3.3.25.	Bakır işleme.....	322
3.3.26.	Bakır ve bakır alaşımı biçimleri, külçelerin ve tel çubukların üretimi için eritme ve dökümden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri.....	322
3.3.27.	Bakır çubuklar ve yarı bakır ve bakır alaşımlarının asitsiz ve asit asitlenmesinden kaynaklanan emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknik .....	327
3.3.28.	İkincil bakır ara ürünlerinden kurşun ve kalay geri kazanımından kaynaklanan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler .....	331
3.3.29.	Atık su .....	334
3.3.30.	Atık su önleme .....	334
3.3.31.	Atık su arıtma ve birincil ve ikincil bakır üretiminde yeniden kullanım.....	336
3.3.32.	Proses kalıntıları .....	348
3.3.33.	Proses kalıntıları için kullanım veya arıtma seçenekleri.....	348
3.3.34.	Enerji .....	351
3.3.35.	Birincil bakır üretiminde enerji tüketimini azaltma tekniği .....	351
3.3.36.	İkincil bakır üretiminde enerji tüketimini azaltma tekniği.....	353
3.4.	Gelişen teknikler.....	356
4.	ALÜMİNA VE ALÜMİNYUM ÜRETİMİ İÇİN ANOTLARI DA KAPSAYAN BİRİNCİL VE İKİNCİL HAMMADDELERDEN ALÜMİNYUM ÜRETİM PROSESLERİ .....	357
4.1.	Uygulanan prosesler ve teknikler.....	357
4.1.1.	Alümina .....	357
4.1.2.	Alüminyum üretimi için anotlar .....	359
4.1.3.	Birincil alüminyum .....	363
4.1.4.	Ergitme ve erimiş metal işleme .....	366
4.1.5.	Döküm .....	367

4.1.6.	İkincil alüminyum .....	367
4.1.7.	Üretim prosesleri .....	367
4.1.8.	Tuz cürufu .....	370
4.1.9.	Tuz cürufu geri kazanımı .....	371
4.2.	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri .....	372
4.2.1.	Alümina.....	372
4.2.2.	Alümina üretiminden kaynaklanan havaya verilen emisyonlar .....	372
4.2.3.	Kırmızı çamur.....	372
4.2.4.	Suyu verilen emisyonlar .....	373
4.2.5.	Alüminyum üretiminde kullanılan anotlar .....	373
4.2.6.	Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri.....	373
4.2.7.	Anot üretimi sırasında hava verilen emisyonlar .....	373
4.2.8.	Suyu verilen emisyonlar .....	376
4.2.9.	Proses kalıntıları .....	377
4.2.10.	Birincil alüminyum.....	377
4.2.11.	Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri.....	377
4.2.12.	Havaya verilen emisyonlar .....	378
4.2.13.	Suya verilen emisyonlar .....	386
4.2.14.	Proses kalıntıları .....	386
4.2.15.	İkincil alüminyum .....	388
4.2.16.	Havaya salınan emisyonlar .....	388
4.2.17.	Suya verilen emisyonlar .....	393
4.2.18.	Proses kalıntıları .....	394
4.2.19.	Enerji tüketimi .....	396
4.2.20.	Kütle akışına genel bir bakış ve girdi/çıkış verileri .....	397
4.2.21.	Tuz cürufu .....	401
4.2.22.	Havaya salınan toz ve diğer emisyonlar.....	402
4.2.23.	Su ve katı atıklar.....	402
4.2.24.	Enerji kullanımı .....	403
4.3.	MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler.....	405
4.3.1.	Alümina.....	405
4.3.2.	Boksit ve alüminanın depolanması, taşınması ve nakliyesi sırasında ortaya çıkan toz emisyonlarını azaltma teknikleri .....	405
4.3.3.	Alümina üretimi için kurutma fırınları, kazanlar ve kalsinasyon fırınlarından kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler .....	406
4.3.4.	Alümina üretiminden kaynaklanan boksit kalıntılarını önlemek ve azaltmak için teknikler .....	408
4.3.5.	Boksitten alümina üretmek için gerekli olan enerji miktarını düşürme teknikleri ..	409
4.3.6.	Alüminyum üretimi için anotlar.....	411
4.3.7.	Birincil ve ikincil hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	411
4.3.8.	Öğütme, karıştırma ve şekillendirme aşamalarından kaynaklanan toz ve PAH emisyonlarını azaltma teknikleri .....	413



4.3.9.	Anot üretiminde pişirmeden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	416
4.3.10.	Birincil alüminyum .....	425
4.3.11.	Birincil alüminyum üretiminde kullanılan hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	425
4.3.12.	Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan perflorokarbon emisyonlarının azaltım teknikleri.....	426
4.3.13.	Søderberg teknolojisini kullanarak birincil alüminyum üretimindeki hücreler ve pota odalarından kaynaklanan yaygın emisyonların önlenmesi veya toplanması için teknikler .....	427
4.3.14.	Ön pişirmeli anotları kullanarak birincil alüminyum üretimindeki elektrolitik hücrelerden kaynaklanan yaygın emisyonların önlenmesi veya toplanması için teknikler .....	428
4.3.15.	Hücre gazlarından kaynaklanan toz ve florürlerin azaltım teknikleri .....	430
4.3.16.	Hücre gazları ve anot üretim gazlarından kaynaklanan toz ve florürlerin azaltım teknikleri .....	438
4.3.17.	Hücre gazlarından kaynaklanan SO <sub>2</sub> emisyonlarını önleme teknikleri .....	438
4.3.18.	Elektroliz ve pota odası havalandırmasından kaynaklanan hücre gazlarındaki SO <sub>2</sub> 'yi düşürme teknikleri .....	441
4.3.19.	Birincil alüminyum ergitme işleminde ergitme, erimiş metal işleme ve döküm işlemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	444
4.3.20.	Atık pota astarının (SPL) yeniden kullanımı için teknikler .....	445
4.3.21.	İkincil alüminyum.....	446
4.3.22.	İkincil alüminyum üretiminde kullanılan hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	446
4.3.23.	Alüminyum dışındaki metal olmayan bileşenleri ve metalleri ayırma ve ergitme aşamasından önce boyutlarını küçültme teknikleri .....	447
4.3.24.	Talaştan ergitme öncesinde yağ ve organik bileşiklerin uzaklaştırılması için teknikler .....	448
4.3.25.	Uygun ikincil ergitme fırınlarının seçimi .....	452
4.3.26.	İkincil alüminyum üretiminde ergitme fırınından kaynaklanan yayılı emisyonların azaltılması için teknikler .....	456
4.3.27.	Ergitme prosesinden kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması için teknikler ....	458
4.3.28.	Ergitme fırınından kaynaklanan ve havaya salınan organik karbonun azaltılması için teknikler .....	461
4.3.29.	PCDD/F de dahil olmak üzere asit gazları ve organik karbondan kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların azaltılması için teknikler .....	463
4.3.30.	İkincil alüminyum üretiminde erimiş metal işlemeden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler .....	466
4.3.31.	Yeniden ergitmeden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	468
4.3.32.	Pota cürufu/cürüflardan kaynaklanan ve havaya salınan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	470
4.3.33.	Tuz cürufu üretiminin önlenmesi veya azaltılması için teknikler .....	471
4.3.34.	Tuz Cürufu.....	474
4.3.35.	Tuz cürufunun tamamen geri kazanılması.....	474
4.3.36.	Tuz cürufunun kısmi geri kazanımı.....	476
4.3.37.	Tuz cürufunun işlenmesinden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların	

azaltılması için teknikler .....	477
4.3.38. Atıksu .....	482
4.4. Gelişen teknikler .....	483
5. KURŞUN VE KALAY ÜRETİM İŞLEMLERİ .....	485
5.1. Uygulanan işlem ve teknikler .....	485
5.1.1. Birincil Kurşun .....	485
5.1.2. Birincil kalay .....	487
5.1.3. İkincil kurşun ve kalay üretimi .....	487
5.1.4. Birincil ve ikincil kurşunun ve kalayın rafine edilmesi .....	492
5.1.5. Kurşun için eritme ve alaşımlama işlemleri .....	493
5.2. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri .....	494
5.2.1. Enerji .....	495
5.2.2. Hava emisyonları .....	496
5.2.3. Suya olan Emisyonlar .....	500
5.2.4. Proses kalıntıları .....	502
5.3. BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler .....	506
5.3.1. Hammadde alımı, elleçleme ve depolama .....	506
5.3.2. Malzeme ön işlem .....	506
5.3.3. Birincil ve ikincil malzemeler kullanarak kurşun üretimi (Birincil izabeler) ...	519
5.3.4. İkincil malzemelerin kullanıldığı kurşun ve kalay üretimi (ikincil izabeler) ...	527
5.3.5. Kurşun ve kalay üretiminde yeniden döküm ve arıtma, alaşım ve döküm .....	548
5.3.6. Atık su .....	553
5.3.7. Proses kalıntıları .....	559
5.3.8. Enerji .....	565
5.4. Gelişen teknikler .....	566
6. ÇİNKO VE KADMİYUM ÜRETİM PROSESLERİ .....	569
6.1. Uygulanan prosesler ve teknikler .....	569
6.1.1. Birincil çinko .....	569
6.1.2. Çevresel konular .....	569
6.1.3. Pirometalurjik yöntem .....	569
6.1.4. Hidrometalurjik yöntem .....	573
6.1.5. İkincil çinko .....	588
6.1.6. Genel prosesler .....	588
6.1.7. İkincil çinko için çözelti ekstraksiyon prosesi .....	590
6.1.8. Waelz fırınları .....	590
6.1.9. Cüruf dumanlama prosesi .....	592
6.1.10. Yeniden ergitme ve rafinasyon .....	593
6.1.11. Çinko için ergitme, alaşımlama ve döküm prosesleri .....	593
6.1.12. Çinko için ergitme ve alaşımlama prosesleri .....	593
6.1.13. Çinko döküm prosesi .....	594
6.1.14. Çinko tozu üretimi .....	594
6.1.15. Kadmiyum .....	595

6.1.16.	Birincil çinko prosesinden kadmiyum üretimi.....	595
6.1.17.	Esas olarak pillerden ikincil kadmiyum üretimi .....	600
6.1.18.	Diğer metallerin (In, Ge, Ga) üretimi .....	601
6.2.	Mevcut emisyonlar ve tüketim seviyeleri .....	602
6.2.1.	Enerji .....	604
6.2.2.	Havaya salınan emisyonlar .....	605
6.2.3.	Kükürt dioksit ve diğer kükürt bileşikleri.....	607
6.2.4.	Azot oksitler .....	607
6.2.5.	Toz ve metaller .....	608
6.2.6.	PCDD/F .....	609
6.2.7.	Suya verilen emisyonlar.....	610
6.2.8.	Azaltım tesislerinden gelen atıksular .....	610
6.2.9.	Elektrolit sızıntı atığı .....	611
6.2.10.	Muhtelif kaynaklardan gelen atık sular .....	611
6.2.11.	Proses kalıntıları .....	612
6.2.12.	Özütleme kalıntıları .....	615
6.2.13.	Pirometalurjik cüruflar ve kalıntılar .....	616
6.3.	MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması teknikler.....	618
6.3.1.	Birincil ve ikincil malzemeler kullanılarak çinko üretimi .....	618
6.3.2.	Hammadde kabulü, taşınması ve depolanmasından kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri.....	618
6.3.3.	Hidrometalurjik çinko üretimi.....	619
6.3.4.	Pirometalurjik çinko üretimi .....	655
6.3.5.	Geri dönüşüm yöntemi ile birincil ve ikincil çinko üretimi .....	660
6.3.6.	Metalik akımların geri dönüşümü .....	660
6.3.7.	Oksidik hammaddelerin geri dönüşümü .....	661
6.3.8.	Çinko ingotların ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümü (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler) .....	674
6.3.9.	Ergitme, yeniden ergitme, alaşımlama, bekletme ve döküm fırınlarından ve çinko tozu üretiminden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler .....	674
6.3.10.	Ergitme prosesinden ortaya çıkan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler .....	677
6.3.11.	Atıksu oluşumunu önlemek için teknikler .....	679
6.3.12.	Çinko üretim tesislerinden (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler) ortaya çıkan atıksuların arıtılması .....	680
6.3.13.	Hidrometalurjik ve pirometalurjik çinko üretiminden ortaya çıkan atıksuların arıtılması .....	680
6.3.14.	Kadmiyum üretimi ve geri kazanım yöntemleri .....	687
6.3.15.	Hidrometalurjik kadmiyum üretimi.....	687
6.3.16.	Pirometalurjik kadmiyum üretimi .....	690
6.3.17.	Kadmiyum ingotların (birincil veya ikincil döngüler) ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümü.....	692
6.3.18.	Kadmiyum üretim tesislerinden ortaya çıkan atıksuların arıtılması (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler) .....	694
6.4.	Gelişen teknikler.....	696

7. DEĞERLİ METALLER ÜRETMEK İÇİN YÖNTEMLER .....	697
7.1. Uygulanan yöntemler ve teknikler.....	697
7.1.1. Gümüş .....	699
7.1.2. Fotoğrafik malzemeler.....	700
7.1.3. Küller, kırıntılar, vb.....	700
7.1.4. Küller, kırıntılar, vb.....	700
7.1.5. Arıtma .....	702
7.1.6. Altın .....	703
7.1.7. Miller Prosesi .....	703
7.1.8. Elektrolitik arıtma.....	703
7.1.9. Altının geri kazanılması için diğer prosesler.....	703
7.1.10. Platin grubu metaller (PGM'ler) .....	704
7.2. Mevcut emisyon ve tüketim değerleri.....	704
7.2.1. Değerli metal geri dönüşüm endüstrisinde malzeme döngüleri .....	705
7.2.2. Altının geri kazanılması için diğer prosesler.....	705
7.2.3. PM olmayan döngüler.....	706
7.2.4. Kıymetli metal üretim süreçleri için çevre sorunları .....	706
7.2.5. Havaya emisyonlar .....	706
7.2.6. Suya emisyonlar .....	710
7.2.7. Proses kalıntıları .....	712
7.3. BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler .....	712
7.3.1. PM malzeme ön işlem ve kullanma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler (örneğin, kırma, eleme ve karıştırma) .....	712
7.3.2. PM ergitme ve eritme işlemlerinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler (Doré metal üretimi ile ilgili olanlar hariç).....	715
7.3.3. Doré metal üretimi için pirometalurjik proseslerden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler.....	719
7.3.4. Gümüş ve altın (elektrolitik) arıtımından emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	725
7.3.5. PM hidrometalurjik operasyonlardan kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	729
7.3.6. PM Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemlerinden emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler .....	735
7.3.7. PM rafinaj işlemlerinden gelen atık sızmaları önlemek, arıtmak ve serbest bırakmak için teknikler .....	739
7.4. Gelişen teknikler .....	745
8. FERRO-ALAŞIMLARININ ÜRETİLMESİNE YÖNELİK SÜREÇLER .....	747
8.1. Uygulanan süreçler ve teknikler .....	748
8.1.1. Ferro-krom .....	748
8.1.2. Ferro-silikon ve silikon alaşımları .....	754
8.1.3. Ferro manganez ve manganez alaşımları .....	757
8.1.4. Ferro-nikel.....	761
8.1.5. Ferro-vanadyum .....	762
8.1.6. Molibdenit kızartma ve ferro-molibden üretimi .....	765

8.1.7.	Ferro-tungsten.....	771
8.1.8.	Ferro-titanyum .....	771
8.1.9.	Ferro-bor.....	774
8.1.10.	Ferro-niobyum .....	775
8.1.11.	İkincil hammaddeden ferro-alaşımın üretimi .....	775
8.2.	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri .....	784
8.2.1.	Hammadde ve enerjinin tüketimi .....	784
8.2.2.	Havaya emisyonlar.....	789
8.2.3.	Gürültü ve titreşim emisyonları.....	798
8.2.4.	Suya salınan emisyonlar.....	799
8.2.5.	Proses kalıntıları .....	800
8.2.6.	Enerji geri kazanımı.....	804
8.3.	MET'in belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler.....	807
8.3.1.	Hammaddeler, teslim alma, elleçleme ve depolama.....	807
8.3.2.	Malzeme ön işlem teknikleri .....	808
8.3.3.	Ferro alaşım indirilmesi.....	818
8.3.4.	Ferro-alaşım üretiminde döküm, arıtma ve alaşımlama.....	839
8.3.5.	Ferro-alaşım fırın-öncesi işlemleri.....	841
8.3.6.	Atık su .....	846
8.3.7.	Proses kalıntıları .....	853
8.3.8.	Enerji .....	854
8.4.	Gelişen teknikler .....	859
9.	NİKEL VE KOBALT ÜRETMEK İÇİN İŞLEMLER.....	861
9.1.	Uygulamalı süreçler ve teknikler .....	861
9.1.1.	Nikel üretimi.....	861
9.1.2.	Kobalt üretimi.....	873
9.2.	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri .....	874
9.2.1.	Enerji tüketimi .....	874
9.2.2.	Hava emisyonları .....	874
9.2.3.	Suya emisyonlar.....	878
9.2.4.	Proses kalıntıları .....	880
9.3.	MET'in belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler.....	882
9.3.1.	Nikel üretimi.....	882
9.3.2.	Kobalt üretimi.....	911
9.4.	Gelişen teknikler.....	915
9.4.1.	Nikel komplekslerinin termal ayrışması.....	916
10.	KARBON VE GRAFİT ELEKTROT, KATOT VE PROFİL ÜRETİM PROSESLERİ ...	919
10.1.	Uygulanan işlemler ve teknikler .....	919
10.1.1.	Kalsine malzeme üretim prosesleri .....	920
10.1.2.	Macun, yeşil toz ve yeşil profil üretim prosesleri.....	921
10.1.3.	Pişirilmiş profil üretim prosesleri.....	922
10.1.4.	Emprenye edilmiş profil üretim prosesleri .....	925

10.1.5.	Emprenye edilmiş profillerden yeniden pişirilmiş profil üretim prosesleri .....	925
10.1.6.	Grafitleştirilmiş profil üretim prosesleri .....	925
10.1.7.	İşlenip pişirilmiş, yeniden pişirilmiş veya grafitleştirilmiş ürün üretim prosesleri .....	927
10.1.8.	Özel karbon ve grafit ürünleri üretim prosesleri .....	927
10.2.	Mevcut emisyonlar ve tüketim seviyeleri .....	928
10.2.1.	Havaya salınan emisyonlar .....	928
10.2.2.	Poliksilik aromatik hirdokarbonlar .....	929
10.2.3.	Toz .....	930
10.2.4.	Yanma gazları.....	931
10.2.5.	Kükürt dioksit.....	931
10.2.6.	VOC'lar (özel karbon ve grafit ürünlerin üretiminden kaynaklanan).....	931
10.2.7.	Siyanürler (poliakrilonitril (PAN) bazlı karbon elyaf üretimi).....	931
10.2.8.	PCDD/F.....	931
10.2.9.	Ana hava kirleticilerin özeti.....	931
10.2.10.	Suya verilen emisyonlar.....	935
10.2.11.	Proses kalıntıları .....	935
10.3.	MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler .....	937
10.3.1.	Hammaddenin kabulü, taşınması ve depolanması .....	937
10.3.2.	Hammadde kabulü, taşınması ve depolanmasından kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri .....	937
10.3.3.	Sıvı ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler .....	938
10.3.4.	Malzeme ön işleme işlemleri .....	939
10.3.5.	Kömür ve kokun Kalsinasyonundan kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler .....	939
10.3.6.	Hammaddenin öğütme ve eleme gibi mekanik olarak hazırlanmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler .....	939
10.3.7.	Karbon ve grafit üretimi .....	939
10.3.8.	Karıştırma ve şekillendirme (yeşil macun ve yeşil profillerin üretimi) işlemlerinden kaynaklanan PAH emisyonlarının azaltılması için teknikler .....	939
10.3.9.	Pişirme ve yeniden pişirme işlemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler.....	943
10.3.10.	Emprenye etme işlemlerinden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler .....	947
10.3.11.	Grafitleştirmeden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler .....	951
10.3.12.	İşlemeden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler .....	951
10.3.13.	Özel karbon üretim proseslerinden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler .....	952
10.3.14.	Atıksu .....	952
10.3.15.	Atıksu emisyonlarını önlemek ve kontrol etmek için teknikler .....	952
10.3.16.	Atıksu emisyonlarını azaltmak için teknikler .....	952
10.3.17.	Proses kalıntıları .....	952
10.4.	Gelişen teknikler .....	953
11.	MEVCUT EN İYİ TEKNİK (MET) SONUÇLARI.....	955

11.2.	Genel MET Sonuçları .....	961
11.2.1.	Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS).....	961
11.2.2.	Enerji Yönetimi .....	962
11.2.3.	Proses Kontrolü .....	962
11.2.4.	Difüz emisyonlar.....	963
11.2.5.	Havaya verilen emisyonların izlenmesi.....	967
11.2.6.	Cıva emisyonları .....	971
11.2.7.	Sülfür dioksit emisyonları .....	971
11.2.8.	NOX emisyonları.....	971
11.2.9.	Suya verilen emisyonlar ve bu emisyonların izlenmesi .....	972
11.2.10.	Gürültü.....	975
11.2.11.	Koku .....	975
11.3.	Bakır üretimi için MET sonuçları .....	976
11.3.1.	İkincil Malzemeler .....	976
11.3.2.	Enerji .....	976
11.3.3.	Havaya verilen emisyonlar.....	977
11.3.4.	Toprak ve yeraltısuyu .....	986
11.3.5.	Atıksu üretimi .....	986
11.3.6.	Atık.....	987
11.4.	Alümina ve anot üretimi dahil alüminyum üretimi için BAT sonuçları.....	988
11.4.1.	Alümina üretimi.....	988
11.4.2.	Anot üretimi.....	989
11.4.3.	Birincil alüminyum üretimi.....	992
11.4.4.	İkincil alüminyum üretimi.....	997
11.5.	Kurşun ve/veya kalay üretimi için MET sonuçları .....	1003
11.5.1.	Hava emisyonları .....	1003
11.5.2.	Toprak ve yeraltısuyunun korunması .....	1008
11.5.3.	Atıksu üretimi ve arıtması .....	1009
11.5.4.	Atık.....	1009
11.5.	Çinko ve/veya kadmiyum üretimi için MET sonuçları.....	1011
11.5.1.	Birincil çinko üretimi .....	1011
11.5.2.	Hidrometalurjik çinko üretimi.....	1011
11.5.3.	Pirometalurjik çinko üretimi .....	1014
11.5.4.	İkincil çinko üretimi.....	1015
11.5.5.	Havaya salınan emisyonlar .....	1015
11.5.6.	Atıksu oluşumu ve arıtımı.....	1017
11.5.7.	Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması, dökümü ve çinko tozu üretimi .....	1018
11.5.8.	Havaya salınan emisyonlar .....	1018
11.5.9.	Atıksu .....	1018
11.5.10.	Atık.....	1018
11.5.11.	Kadmiyum üretimi .....	1019
11.5.12.	Havaya salınan emisyonlar.....	1019

11.5.13.	Atık.....	1020
11.6.	Kıymetli metal üretimi için MET sonuçları .....	1021
11.6.1.	Havaya salınan emisyonlar .....	1021
11.6.2.	Difüz emisyonlar .....	1021
11.6.3.	Kanalize toz emisyonları .....	1022
11.6.4.	NO <sub>x</sub> emisyonları .....	1023
11.6.5.....	.....	1023
11.6.6.	Kükürt dioksit emisyonları .....	1023
11.6.7.	HCl ve Cl <sub>2</sub> emisyonları.....	1024
11.6.8.	NH <sub>3</sub> emisyonları .....	1024
11.6.9.	PCDD/F emisyonları .....	1025
11.6.10.	Toprak ve yeraltı suyunun korunması .....	1025
11.6.11.	Atıksu oluşumu.....	1025
11.6.12.	Atık.....	1026
11.7.	Demir alaşımları üretimi için MET sonuçları .....	1027
11.7.1.	Enerji.....	1027
11.7.2.	Havaya salınan emisyonlar .....	1027
11.7.3.	Difüz toz emisyonları .....	1027
11.7.4.	Kanalize toz emisyonları .....	1028
11.7.5.	PCDD/F emisyonları .....	1029
11.7.6.	PAH ve organik bileşik emisyonları .....	1029
11.7.7.	Atık .....	1030
11.8.	Nikel ve/veya kobalt üretimi için MET sonuçları .....	1031
11.8.1.	Enerji.....	1031
11.8.2.	Havaya salınan emisyonlar .....	1031
11.8.3.	Difüz emisyonlar .....	1031
11.8.4.	Kanalize toz emisyonları .....	1032
11.8.5.	Nikel ve klor emisyonları .....	1032
11.8.6.	Kükürt dioksit emisyonları .....	1033
11.8.7.	NH <sub>3</sub> emisyonları .....	1033
11.8.8.	Atık .....	1034
11.9.	Karbon ve/veya grafit üretimi için MET sonuçları .....	1035
11.9.1.	Havaya salınan emisyonlar .....	1035
11.9.2.	Difüz emisyonlar .....	1035
11.9.3.	Toz ve PAH emisyonları.....	1035
11.9.4.	Kükürt dioksit emisyonları .....	1037
11.9.5.	Organik bileşik emisyonları.....	1037
11.9.6.	Atık .....	1037
11.10.	Tekniklerin açıklaması .....	1038
11.10.1.	Havaya salınan emisyonlar .....	1038
11.10.2.	Toz emisyonları .....	1038
11.10.3.	NO <sub>x</sub> emisyonları .....	1038



11.10.4.	SO <sub>2</sub> , HCl ve HF emisyonları .....	1039
11.10.5.	Cıva emisyonları .....	1039
11.10.6.	VOC, PAH ve PCDD/F emisyonları .....	1040
11.10.7.	Suya verilen emisyonlar .....	1041
11.10.8.	Diğer açıklamalar .....	1041
12	GELECEKTEKİ Çalışmalar için SONUÇ VE ÖNERİLER.....	1043
13	EKLER.....	1047
13.1	Metal Üretim Prosesleri .....	1047
13.1.1	Kavurma ve kalsinasyon fırınları .....	1048
13.1.2	İzabe fırınları .....	1052
13.1.3	Dönüştürücüler .....	1066
13.1.4	Eritme ve rafinasyon fırınları .....	1069
13.1.5	Ortak kullanılan fırınların özeti.....	1073
13.1.6	Elektrokimyasal prosesler .....	1075
13.1.7	Hidrometalurjik süreçler .....	1076
13.2	Çevresel izleme uygulamaları .....	1079
13.2.1	Çevresel izleme uygulamalarına örnekler .....	1079
13.2.2	Ekotoksosite ve biyoyararlanım .....	1082
14	Sözlükçe .....	1105
	Referanslar.....	1121

## Şekiller Listesi

Şekil 1.1: 2005 yılında nikelin Avrupa’da kullanımı .....	34
Şekil 1.2: 2006 yılında Avrupa nikel üretimi .....	36
Şekil 2.1: Contimelt sürecinin enerji dengesi.....	49
Şekil 2.2: Ev içinde ev toplama sistemi .....	62
Şekil 2.3: Bir sülfürik asit tesisi için tipik bir gaz temizleme şeması .....	72
Şekil 2.4: Tipik çift absorpsiyonlu sülfürik asit tesisi .....	73
Şekil 2.5: Kararlı ve kararsız SO <sub>2</sub> giriş konsantrasyonlarının dönüşüm verimliliği üzerindeki etkisinin karşılaştırılması.....	73
Şekil 2.6: Çıkış konsantrasyonu ve dönüşüm oranı hesabı eşitliği .....	74
Şekil 2.7: SO <sub>2</sub> ’nin sülfürik asite dönüşümü .....	74
Şekil 2.8: Atıksu sınıflandırması .....	76
Şekil 2.9: Erimiş metalin granülasyonu .....	78
Şekil 2.10: Granülasyon sistemlerinde kapalı su döngüsü.....	78
Şekil 2.11: Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal fabrikaları tarafından üretilen kalıntı miktarına göre farklı geri dönüşüm yolları .....	82
Şekil 2.12: Bakır cürufplarının elektrikli fırında arıtımı. ....	83
Şekil 2.13: Bir ÇYS modelinde sürekli geliştirme. ....	91
Şekil 2.14: Rejeneratif brülör çevriminin birinci aşaması. ....	97
Şekil 2.15: Rejeneratif brülör çevriminin ikinci aşaması. ....	97
Şekil 2.16: Rejeneratif arıyıcı. ....	98
Şekil 2.17: Düşük dereceli ısıdan elektrik üretimi .....	100
Şekil 2.18: Dördüncü delik duman toplama. ....	112
Şekil 2.19: Eşzamanlı şarj ve döküm alma istemi .....	113
Şekil 2.20: Birincil bakır işlemi için ikincil duman toplama sisteminin ana hatları.....	114
Şekil 2.21: Bir konvertör için ikincil davlumbaz sistemi .....	115
Şekil 2.22: Döküm alma noktasından duman toplama .....	115
Şekil 2.23: Tipik bir elektrostatik çöktürücün planı (sadece iki bölge gösterilmiştir). ....	117
Şekil 2.24: Islak Elektrostatik Çöktürücü .....	119
Şekil 2.25: Siklonun tertibi .....	120
Şekil 2.26: Ters hava akımlı torba filtre (temizleme döngüsünde bir bölmesi olan).....	122
Şekil 2.27: Ters darbeli jet temizleme sistemi [195, Lurgi, A.G. et al. 1991]. ....	123
Şekil 2.28: Düşük basınçlı hava darbeli temizleme sistemi.....	124
Şekil 2.29: Radyal akışlı ıslak yıkayıcı .....	128
Şekil 2.30: Sıvı kükürt dioksit üretme süreci .....	147
Şekil 2.31: Farklı demir dışı metal üretim süreçlerinden havaya verilen cıva emisyonları. ....	153
Şekil 2.32: Soğutma suyu devridaim sistemi örneği .....	155
Şekil 2.33: Zayıf Asit Arıtımı .....	162
Şekil 2.34: Bir kum filtresinin şeması.....	165
Şekil 2.35: Basit bir biyofiltrenin planı.....	173
Şekil 2.36: BAYQIK® prosesi .....	175
Şekil 3.1: Birincil bakır üretimi .....	182
Şekil 3.2: Hidrometalurjik bir prosesin akış şeması .....	187
Şekil 3.3: İkincil bakır üretimi için genel akış çizelgesi.....	190
Şekil 3.4: Southwire işleminin örneği.....	192
Şekil 3.5: Contirod prosesi örneği .....	193
Şekil 3.6: Yarı mamul fabrikasyon için genel akış şeması .....	194
Şekil 3.7: Sürekli veya yarı sürekli döküm prensibi.....	195
Şekil 3.8: Birincil bakır eritme için genel giriş ve çıkış diyagramı .....	203
Şekil 3.9: İzabe ve konvertör gazlarının arıtılması.....	204
Şekil 3.10: İkincil bakır eritme için genel giriş ve çıkış diyagramı .....	205
Şekil 3.11: Kalay/kurşunun geri kazanım prosesine sahip ikincil bakır üretim tesisinden bir giriş ve çıkış diyagramı örneği.....	206
Şekil 3.12: Metallo-Chimique – Malzeme depolama ve kurutma .....	239
Şekil 3.13: Akışkan yataklı kavurucu fırın ve gaz arıtma sisteminin akış şeması.....	249
Şekil 3.14: Toyo izabe fırınında mat fırına döküm için yerel davlumbaz.....	254
Şekil 3.15: Dönüştürücü için ikincil davlumbaz sistemi .....	261

Şekil 3.16: Sürekli dekapaj prosesi .....	327
Şekil 4.1: Bayer prosenin genel prensibi .....	357
Şekil 4.2: Bayer prosesi .....	359
Şekil 4.3: Yeşil anotların üretimi .....	360
Şekil 4.4: Anot pişirme fırınları konfigürasyonları ve yaklaşık tesis sayıları .....	362
Şekil 4.5: Birincil alüminyum elektrolitik hücre tipleri .....	364
Şekil 4.6: Kapsamlı ikincil alüminyum üretim prosesi .....	368
Şekil 4.7: Anot pişirme tesisi ve duman artımı .....	374
Şekil 4.8: Birincil alüminyum üretiminin girdi ve çıktıları .....	377
Şekil 4.9: İkincil alüminyum üretiminin girdi ve çıktıları .....	389
Şekil 4.10: Pota cürufu/cüruf geri kazanım prosesleri .....	395
Şekil 4.11: Tuz cürufu geri kazanımı için kütle akış diyagramı .....	401
Şekil 4.12: Entegre duman toplama sisteminin bir örneği .....	457
Şekil 4.13: İkincil alüminyum üretim tesislerinde ergitme prosesinden kaynaklanan toz emisyonları .....	459
Şekil 4.14: İkincil alüminyum üretim tesisinde ortaya çıkan TVOC emisyonları .....	462
Şekil 4.15: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan HCl emisyonları .....	464
Şekil 4.16: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan Cl <sub>2</sub> emisyonları .....	465
Şekil 4.17: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan HF emisyonları .....	465
Şekil 4.18: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan PCDD/F emisyonları .....	466
Şekil 4.20: Metal pompalama sisteminin bir örneği .....	472
Şekil 4.21: Tuz cürufu tamamen geri kazanım prosenin bir örneği .....	475
Şekil 5.1: Tipik bir şaft fırını kurşun-asit batarya geri kazanım işleminin ana hatları .....	488
Şekil 5.2: Tipik bir kurşun-asit batarya geri kazanım işleminin ana hatları .....	489
Şekil 5.3: Kurşun arıtma proseslerinin örnek diyagramı .....	493
Şekil 5.4: Bataryanın alkalın temizlenmesi ile desülfürizasyonunu gösteren akış diyagramı ..	517
Şekil 5.5: Tüm batarya ergirmeli bir sonyakıcı sistemi (Varta Prosesi) .....	541
Şekil 5.6: RTO lu bir tesisin genel yerleşimi .....	543
Şekil 5.7: Metallo-Chimique Beerse'de PCDD/F azaltma tekniklerini gösteren akış şeması ..	545
Şekil 5.8: Kurşun ve kalay buharı basınçları arasındaki karşılaştırma .....	549
Şekil 6.1: Tipik bir İmperyal İzabe Fırını diyagramı .....	570
Şekil 6.2: Çinko-kadmiyum distilasyon diyagramı .....	573
Şekil 6.3: Hidrometalurjik yöntemin basitleştirilmiş diyagramı .....	574
Şekil 6.4: Kavurma gazı temizleme 1. aşama: kuru gaz temizleme (siklon opsiyonel) .....	575
Şekil 6.5: Kavurma gazı temizleme 2. aşama: ıslak gaz temizleme .....	576
Şekil 6.6: Özütleme prosenin basitleştirilmiş akış şeması .....	577
Şekil 6.7: Tesisin kapasitesini arttırmak için entegre atmosferik doğrudan özütleme prosenin akış şeması .....	579
Şekil 6.8: Co ve Ni giderimi için As-bazlı saflaştırma prosenin örnek bir akış şeması .....	580
Şekil 6.9: D Tesisinde bulunan Sb-bazlı saflaştırma tesisinin akış şeması .....	581
Şekil 6.10: Modifiye Zincex™ Prosesi SX'in basitleştirilmiş akış şeması .....	582
Şekil 6.11: Götite prosesinde özütleme artığı işleme prosenin örnek bir akış şeması .....	585
Şekil 6.12: Jarosit prosesinde özütleme artığı işleme prosenin örnek bir akış şeması .....	586
Şekil 6.13: Bazı demir giderim proseslerinin basit akım şemaları .....	587
Şekil 6.14: Waelz prosesi akış şeması .....	591
Şekil 6.15: Kadmiyum üretimi akış şeması: A Tesisi .....	596
Şekil 6.16: Kadmiyum üretimi akış şeması: B Tesisi .....	597
Şekil 6.17: Kadmiyum üretimini içeren saflaştırma işlemi akış şeması: C Tesisi .....	598
Şekil 6.18: Kadmiyum üretimi akış şeması: D Tesisi .....	598
Şekil 6.19: Kadmiyum üretimi akış şeması: E Tesisi .....	599
Şekil 6.20: Kadmiyum üretimi akış şeması: F Tesisi .....	600
Şekil 6.21: Kavurucu besleme malzemesi hazırlanmasından ve kavurucudan ortaya çıkan emisyonların toplanması ve azaltılması .....	620
Şekil 6.22: Kalsin işlemeden kaynaklanan emisyonların toplanması ve azaltımı .....	624
Şekil 6.23: Tek tank azaltım sistemi .....	628
Şekil 6.24: Santrifüj tipi duman kollektörlü merkezi azaltım sistemi .....	632
Şekil 6.25: Jarofix ile arazi restorasyonu .....	648
Şekil 6.26: Sülfitleme prosenin akış şeması .....	650
Şekil 6.27: Plazma ark dumanlaştırma prosesi akış şeması .....	662

Şekil 6.28. Bir bakır izabe prosesinde bir klinker fırını ile entegre edilmiş bir dumanlaştırma fırının akış şeması.....	664
Şekil 6.29: Üç aşamalı karşıt akımlı Waelz oksit yıkama hattı diyagramı.....	670
Şekil 6.30: İki aşamalı karşıt akımlı Waelz oksit yıkama hattı diyagramı.....	670
Şekil 6.31: Çinko ergitme prosesi sırasında üretilen atık/kalıntılar için genel bir arıtma işlemi akış şeması.....	678
Şekil 7.1: Değerli metal geri kazanımı için genel bir akış şeması örneği.....	698
Şekil 7.2: Anot balçık uygulaması için örnek akış tablosu.....	699
Şekil 7.3: Çinko ve kurşun üretiminden gümüş geri kazanımı.....	702
Şekil 7.4: Metalürjik prosenin akış diagramı.....	745
Şekil 8.1: Çelik bant sinterleme süreci.....	750
Şekil 8.2: Cüruf granülasyonu süreci.....	751
Şekil 8.3: Kapalı daldırmalı elektrik ark ocağı kullanılarak yüksek karbonlu ferro-krom üretimi.....	752
Şekil 8.4: Yarı kapalı daldırmalı ark ocağı kullanılarak ferro-krom üretimi.....	753
Şekil 8.5: Enerji geri kazanımı ile bir silikon üretim süreci için enerji dengesi.....	756
Şekil 8.6: Enerji geri kazanımı olmadan bir silikon üretim prosesi için enerji dengesi.....	757
Şekil 8.7: Söderberg elektrotlarıyla çalışan kapalı elektrik ark ferro-manganez ocağı.....	759
Şekil 8.8: Ferro-vanadyum üretim akış çizelgesi.....	764
Şekil 8.9: Molibdenit kavurma akış şeması.....	765
Şekil 8.10: Molibdenit kavurma ve gaz temizleme (Hollanda).....	766
Şekil 8.11: Molibdenit kavurma ve atık su arıtma (Hollanda).....	767
Şekil 8.12: Ferro-molibden üretim akış çizelgesi.....	768
Şekil 8.13: Metalotermik ateşleme düzenlemesi.....	769
Şekil 8.14: Metalotermik indirgeme ile ferro-molibden üretimi.....	770
Şekil 8.15: Yağ giderme tesisi için gaz temizleme sistemi.....	772
Şekil 8.16: Ferro-titanyum üretimi için akış diyagramı.....	773
Şekil 8.17: Demir-bor ve bor alaşım üretimi süreci.....	774
Şekil 8.18: Plazma toz işleme izabesi (İsveç).....	779
Şekil 8.19: Havaya emisyonların potansiyel noktalarını gösteren ferro-alaşım üretim akış diyagramı.....	790
Şekil 8.20: Bir 10 MWe silikon fırınındaki enerji akış çizelgesi (MWth cinsinden).....	804
Şekil 8.21: Bazı silikon ve ferro silikon fırınlarında kullanılan davlumbaz sistemi.....	837
Şekil 8.22: Yarı kapalı fırından enerji geri kazanımı.....	855
Şekil 8.23: Elektrik enerjisinin üretimi için CO gazının doğrudan kullanımı.....	857
Şekil 9.1: Laterit cevherlerinden nikel üretimi için genel akış şeması.....	862
Şekil 9.2: Sülfür konsantrelerinden nikel üretimi için genel akış şeması.....	864
Şekil 9.3: Konvansiyonel flaş eritme işlemi.....	864
Şekil 9.4: DON süreci.....	865
Şekil 9.5: Nikel mat rafinasyon işlemleri için genel akış çizelgesi.....	866
Şekil 9.6: Falconbridge süreci.....	867
Şekil 9.7: Sülfat bazlı özütleme işlemi.....	867
Şekil 9.8: DON arıtma sürecinin akış şeması.....	868
Şekil 9.9: Sherritt amonyak özütleme işlemi.....	869
Şekil 9.10: Solvent ekstraksiyonu (SX) işlem anahattı.....	870
Şekil 9.11: Eramet rafinasyon sürecinin akış şeması.....	872
Şekil 9.12: Kobalt üretimi için genel akış çizelgesi.....	873
Şekil 9.13: Pratik bir kobalt akış çizelgesi.....	874
Şekil 10.1: Karbon ve grafit üretiminin gösterimi.....	920
Şekil 10.2: Çok odalı fırının (açık halka fırın) genel görünümü.....	923
Şekil 10.3: Tek odalı fırının genel görünümü (araba tabanlı fırın).....	924
Şekil 10.4: Castner grafitleştirme fırını.....	926
Şekil 10.5: Acheson grafitleştirme fırını.....	926
Şekil 10.6: Karbon ve grafit üretim proseslerinin genel emisyon diyagramı.....	928
Şekil 10.7: toz enjeksiyonu ve toz giderimi ile birlikte kuru adsorpsiyonlu gaz yıkayıcı.....	940
Şekil 10.8: Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı.....	949
Şekil 13.1: Döner Fırın.....	1049
Şekil 13.2: Akışkan yataklı reaktörler.....	1050
Şekil 13.3: Çok hazneli veya Herreshoff fırın.....	1051

Şekil 13.4:	Çelik bantlı sinterleme fırını .....	1051
Şekil 13.5:	İkincil malzemeler için kullanılan eğimli bir yalama yalazlı fırın örneği [121, Rentz, O. et al. 1999], [121, Rentz, O. et al. 1999]. .....	1053
Şekil 13.6:	Birincil bakır izabesi için yüksek fırın .....	1054
Şekil 13.7:	İkincil bakır üretimi için yüksek fırın [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ] .....	1054
Şekil 13.8:	Elektrikli indirgeme fırını süreci ve yardımcı ekipmanlar .....	1055
Şekil 13.9:	Bir elektrik ark fırında Söderberg elektrot sistemi .....	1056
Şekil 13.10:	Döner elektrikli indirgeme fırını.....	1057
Şekil 13.11:	Konsantre veya kalsin eritme için elektrikli fırın .....	1058
Şekil 13.12:	Ausmelt (Sirosmelt)/ISASMELT fırın .....	1059
Şekil 13.13:	TBRC ve TROF .....	1060
Şekil 13.14:	Noranda reaktörü.....	1061
Şekil 13.15:	El Teniente reaktörü.....	1061
Şekil 13.16:	Mitsubishi prosesi. ....	1062
Şekil 13.17:	QSL fırını.....	1062
Şekil 13.18:	Contop prosesi .....	1063
Şekil 13.19:	Outotec flaş fırını .....	1064
Şekil 13.20:	INCO fırın .....	1065
Şekil 13.21:	Kivcet fırını .....	1065
Şekil 13.22:	Peirce-Smith dönüştürücü .....	1066
Şekil 13.23:	Hoboken dönüştürücüsü.....	1068
Şekil 13.24:	İndüksiyon fırınları .....	1069
Şekil 13.25:	Contimelt süreci.....	1070
Şekil 13.26:	Solvent ekstraksiyon (SX) işleme aşamaları .....	1077
Şekil 13.27:	Değiştirilmiş Zincex sürecinin süreç diyagramı .....	1078
Şekil 13.28:	Çinko kirliliğine yakın zaman içinde deniz suyundaki çinko konsantrasyonlarının eğilimi .....	1080
Şekil 13.5:	Hamburg'daki Elbe adasında ölçülen havadaki As ve Cd konsantrasyonunun eğilimleri (DE).....	1081
Şekil 13.30:	Flanders'daki bazı örnekleme istasyonları için 2002'den 2011'e kadar PM10'da kurşun konsantrasyonlarındaki eğilim [335, VMM 2011]. .....	1082

## Tablolar Listesi

Tablo 1.1:	Maksimum kabul edilebilir katışımlar .....	3
Tablo 1.2:	2011 yılında Avrupa'daki bakır ve alaşımlarının üretimi .....	5
Tablo 1.3:	AB-27'de 2007 ve 2012 yılında alüminyum üretimi .....	9
Tablo 1.4:	Ülkelerin 2007 ve 2012 yılında birincil alüminyum üretimi ve tüketimi.....	10
Tablo 1.5:	AB-27'ye 2007 ve 2012'de birincil alüminyum ithalatları .....	10
Tablo 1.6:	Avrupa Standardına göre kurşun türlerinin kimyasal bileşimi .....	11
Tablo 1.7:	Dünya çapında kurşun kullanımı .....	12
Tablo 1.8:	AB-27'de 2006 yılındaki yıllık kurşun üretim kapasitesini.....	13
Tablo 1.9:	2006 ve 2012'de yıllık dünya kalay (madenden) üretimi .....	16
Tablo 1.10:	2006 ve 2012'de yıllık dünya kalay (smelter) üretimi .....	16
Tablo 1.11:	Dünya ve Avrupada çinko kullanımı .....	17
Tablo 1.12:	Başlıca çinko kaliteleri .....	18
Tablo 1.13:	Secondary zinc grades.....	18
Tablo 1.14:	2007 Yılında dünya çinko konsantresi üretimi.....	19
Tablo 1.15:	Dünya rafine çinko üretimi .....	20
Tablo 1.16:	2007 yılında Avrupada birincil hammaddelerden çinko üretimi .....	20
Tablo 1.17:	Avrupada (2007) ömrünü tamamlamış ürünlerden geridönüşüm miktarı .....	21
Tablo 1.18:	2007 Yılında başlıca kadmiyum üreticileri ve kullanıcıları .....	22
Tablo 1.19:	2007 Yılında başlıca Avrupalı birincil ve ikincil üreticiler .....	24
Tablo 1.20:	2005 ve 2012 yıllarında değerli metal madeni üretimi .....	25
Tablo 1.21:	2006 yılında Avrupa rafinerilerinin yıllık kapasiteleri .....	26
Tablo 1.22:	2006 Yılında değerli metal talebi.....	26
Tablo 1.23:	Yıllık ton başına 2006'dan 2012'ye kadar dökme demir alaşımlarının Avrupa'daki üretimi .....	30
Tablo 1.24:	Yılda ton olarak (2003-2007) fırın tipi ve alaşım tipine göre küresel ferro alaşım üretimi (brüt ağırlık, t/yıl).....	31
Tablo 1.25:	2006 yılında Avrupa'da nikel üretim tesisleri.....	35
Tablo 1.26:	Yılda ton başına 2006'dan 2012'ye kadar Avrupa nikel üretimi .....	35
Tablo 1.27:	Toplam kobalt üretiminin farklı sektörlere dağılımı .....	38
Tablo 1.28:	Dünya çapında kobalt üretimi [ 363, Brown et al. 2013 ].....	39
Tablo 1.29:	2012 yılında Avrupa'da bazı büyük karbon ve grafit ürünlerinin üretimi (ton) ..	41
Tablo 2.1:	Entegre tesisler oluşturabilecek süreçler.....	44
Tablo 2.2:	Birincil bakır izabesinde azaltılmış ve yaygın toz yüklerinin karşılaştırması .....	52
Tablo 2.3:	Demir dışı metallerin hidrometalurjik üretiminden kaynaklanan sıvı atıkların potansiyel kaynakları.....	79
Tablo 2.4:	Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal tesisleri için 1996 yılında rapor edilen geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılmış ve deşarj edilmiş kalıntı miktarı .....	84
Tablo 2.5:	Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal fabrikaları için 1996 yılında rapor edilen geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılmış ve bertaraf edilmiş kalıntı miktarı .....	85
Tablo 2.6:	Kalıntılar ve potansiyel kullanımlar .....	86
Tablo 2.7:	Herbir teknik için bilgi .....	90
Tablo 2.8:	Bir hava-yakıt brülörüne ile bir oksijen-yakıt brülörünün tekno-ekonomik karşılaştırması .....	94
Tablo 2.9:	Farklı kumaş filtre sistemlerinin karşılaştırması. ....	125
Tablo 2.10:	Toz azaltma tekniklerine genel bakış .....	130
Tablo 2.11:	Birkaç proseten çıkan azot oksit emisyonları .....	136
Tablo 2.12:	Sekonder alüminyum üretimi için oksijen-yakıt ateşlemede yer alan maliyetlere ilişkin veriler. ....	137
Tablo 2.13:	Değişik gaz koşullarında çalışan sülfürik asit tesisleri .....	143
Tablo 2.14:	Değişen gaz koşullarında çalışan sülfürik asit tesisleri için performans verileri. ..	144
Tablo 2.15:	Mevcut sülfürik asit tesislerinde değişiklikler için maliyetler .....	144
Tablo 2.16:	Mevcut sülfürik asit tesislerinde değişiklikler için maliyetler .....	146
Tablo 2.17:	Boliden'den yıllık ortalama sülfür dioksit emisyonları. ....	148
Tablo 2.18:	Boliden Rönnskär'da uygulanan Hg uzaklaştırma tekniklerinin performansı ...	152
Tablo 2.19:	Atıksu akışlarına genel bakış ve arıtma ve minimizasyon teknikleri .....	154

Tablo 2.20: Geri dönüşüm ve yeniden kullanım örnekleri.....	154
Tablo 2.21: Yaygın atıksu arıtma tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarının özeti.....	157
Tablo 2.22: Ters osmoz membranı boyunca iyonların tipik geçişi .....	167
Tablo 2.23: LUREC® eklenti modülü ve geleneksel bir tesis arasındaki sermaye maliyeti karşılaştırması.....	176
Tablo 3.1: Birincil bakır ergitme teknolojileri.....	179
Tablo 3.2: Birincil bakır üretimi için eritme teknolojilerinin dünya çapında kullanımı.....	181
Tablo 3.3: Elektrolitik rafinasyon sırasında safsızlık giderme seviyeleri örneği .....	185
Tablo 3.4: Bakır üretimi için ikincil hammaddeler.....	188
Tablo 3.5: Tipik dikey ve yatay sürekli döküm tesisatları için tesis verilerinin karşılaştırılması .....	196
Tablo 3.6: Pirinç şeridi üretmek için bir işlem için tipik veriler .....	199
Tablo 3.7: Birincil bakır tozunda azaltılmış ve yayılı toz yüklerinin karşılaştırılması .....	202
Tablo 3.8: Birincil bakır eritme/rafineri için örnek girdi ve çıktı verileri .....	204
Tablo 3.9: Şekil 3.11'de gösterilen ikincil bakır prosesi için girdi ve çıktı verileri.....	207
Tablo 3.10: KRS firmı ile baca firmı arasındaki işletme parametrelerindeki farklılıklar .....	207
Tablo 3.11: Bakır üretim sürecinden kaynaklanan havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi .....	208
Tablo 3.12: Bakır işlemlerinden kaynaklanan tozun ana bileşenleri.....	210
Tablo 3.13: Bir ikincil bakır köpüğünden tüm birim işlemlerinin temiz gazındaki toz bileşenlerinin ve PCDD/F konsantrasyonları .....	211
Tablo 3.14: Bazı birincil ve ikincil proseslerden kaynaklanan özel hava emisyonları .....	214
Tablo 3.15: Bazı ikincil eritme ve yeniden eritme/rafinasyon işlemlerinden elde edilen elde edilebilir emisyonlar (yarı mamul ile).....	215
Tablo 3.16: İkincil bakır üretiminde konvertörlerden emisyonlar ve işletme verileri .....	217
Tablo 3.17: Bakır üretim süreçlerinden potansiyel su emisyonlarının önemi .....	217
Tablo 3.18: Birincil bakır izabe fırınından arıtılmamış atık sudaki ana bileşenlerin yıllık konsantrasyonları .....	218
Tablo 3.19: İşlemden sonra çeşitli atık sularındaki metal içeriği örneği.....	219
Tablo 3.20: İki kompleks birincil bakır tesislerinden deşarj edilen atık suların genel kirlilik oranı .....	219
Tablo 3.21: Bir bakır yarı üretim tesisinden suya deşarj edilen yıllık yükler.....	219
Tablo 3.22: Bakır üretimi kalıntıları .....	220
Tablo 3.23: Almanya'da birincil ve ikincil izabe işlemlerinden elde edilen kalıntılar .....	221
Tablo 3.24: Bazı yeniden eritme/rafinasyon işlemlerinden elde edilen kalıntılar (yarı mamul ile) .....	222
Tablo 3.25: Karmaşık birincil ve ikincil tesisler tarafından üretilen kalıntı miktarları ve potansiyel kullanımları.....	223
Tablo 3.26: Potansiyel kullanımlar ve ikincil tesis tarafından üretilen kalıntı miktarının örnekleri .....	224
Tablo 3.27: Cüruf temizleme işleminden önce bazı bakır izabe cüruflarının bileşimi .....	224
Tablo 3.28: Bakır elektrolitik rafinasyon ünitesi için çalışma verileri .....	225
Tablo 3.29: Elektrikli fırın için çalışma verileri .....	225
Tablo 3.30: KRS fırınının işletme verileri.....	226
Tablo 3.31: Anot reverber fırın için işletim verileri .....	226
Tablo 3.32: Döner tambur fırını için çalışma verileri .....	227
Tablo 3.33: Sürekli döküm tesisinin şaft fırını için çalışma verileri.....	227
Tablo 3.34: Dökülmüş ve haddelenmiş kablo tesisi şaft fırını için çalışma verileri .....	228
Tablo 3.35: Bakır alaşımlarının üretimi için pota indüksiyon fırınlarının çalışma verileri .....	228
Tablo 3.36: Bakır alaşımlarının üretimi için kanal indüksiyon fırınlarının işletme verileri .....	229
Tablo 3.37: İkincil bakır işlemi için işletim verileri (yeniden ergitme) .....	230
Tablo 3.38: Metallo-Chimique kurutucular için işlevsel veriler .....	239
Tablo 3.39: 2010'da dört talaş kurutucunun emisyonları .....	242
Tablo 3.40: Konsantre kurutma için işlevsel ve performans verileri (kısım 1) .....	245
Tablo 3.41: Konsantre kurutma için işlevsel ve performans verileri (kısım 2) .....	246
Tablo 3.42: Birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 1) .....	257
Tablo 3.43: Birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 2) .....	258
Tablo 3.44: Birincil dönüştürücüler için operasyonel ve performans verileri .....	265
Tablo 3.45: Cüruf temizleme fırınları için operasyonel ve performans verileri .....	274

Tablo 3.46: 2013'te Aurubis Olen'in TVOC emisyonları .....	277
Tablo 3.47: Eritme ve ateşli rafinasyon birincil eritme için işlevsel ve performans verileri (kısım 1) .....	279
Tablo 3.48: Eritme ve rafinasyon arıtma birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 2) .....	280
Tablo 3.49: Eritme ve rafinasyon arıtma ikincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri(kısım 2) .....	281
Tablo 3.50: Aurubis Hamburg'da merkezi gaz toplama ve azaltma sistemi ile ilgili parametreler .....	283
Tablo 3.51: Aurubis Pirdop'taki merkezi gaz toplama ve azaltma sistemi ile ilgili parametreler .....	284
Tablo 3.52: Boliden Harjavalta'daki merkezi gaz toplama ve azaltma sisteminden kaynaklanan emisyonlar .....	285
Tablo 3.53: Cobre Las Cruces'te ikincil arıtım ürününün tipik karakterizasyonu .....	298
Tablo 3.54: İkincil ergitme için operasyonel ve performans verileri (bölüm 1) .....	304
Tablo 3.55: İkincil ergitme için operasyonel ve performans verileri (bölüm 2) .....	306
Tablo 3.56: Bakır üretiminde NOx emisyonu için emisyonlar ve operasyonel veriler .....	313
Tablo 3.57: İkincil dönüştürücüler için operasyonel ve performans verileri .....	318
Tablo 3.58: bakır çubukların asit ve asit dekapajından kaynaklanan emisyonları ve bakır ve bakır alaşımlarının yarı mamullerini azaltma teknikleri .....	330
Tablo 3.59: İkincil bakır ara ürünlerinden kurşun ve kalay geri kazanımı için operasyonel ve performans verileri .....	332
Tablo 3.60: Bir döner kurşun alaşımlı fırın için işletme ve performans verileri .....	334
Tablo 3.61: Atık su arıtma tesisinin performansı .....	337
Tablo 3.62: Aurubis Pirdop'ta arıtma öncesi ve sonrası proses sularının bileşimi .....	338
Tablo 3.63: Aurubis Hamburg'da arıtma öncesi ve sonrasında proses sularının bileşimi .....	339
Tablo 3.64: Aurubis Hamburg'da arıtmadan önce ve sonra doğu bitkisinden yüzey akıntısı ve anot döküm tesisinde doğrudan soğutma suyunun dökülmesi .....	339
Tablo 3.65: Aurubis Hamburg'da arıtma öncesi ve sonrası ikincil bakır izabe fırını, profil tesisleri ve kurşun rafinerisini kapsayan yüzeyden akan suyun bileşimi .....	340
Tablo 3.66: Aurubis Olen'de arıtma sonrası atık su bileşimi .....	340
Tablo 3.67: Montanwerke Brixlegg'de arıtmadan sonra atık su bileşimi .....	341
Tablo 3.68: Umicore Hoboken'de arıtma öncesi ve sonrası atık su bileşimi .....	342
Tablo 3.69: Metallo-Chimique Beerse'de arıtmadan sonra atık su bileşimi .....	343
Tablo 3.70: Legnica, Głogów 1 ve 2'de arıtmadan sonra atık su bileşimi .....	344
Tablo 3.71: Atlantik Bakırında arıtmadan önce ve sonra atık su bileşimi .....	345
Tablo 3.72: Boliden Harjavalta'da arıtma öncesi ve sonrası atık su bileşimi .....	346
Tablo 3.73: Boliden Rönskär'de arıtma sonrası atık su bileşimi .....	346
Tablo 3.74: Cobre Las Cruces'te arıtmadan sonra atık su bileşimi .....	347
Tablo 3.75: Bakırın üretiminden ara maddeler, kalıntılar ve atıklar .....	349
Tablo 3.76: Gelişmekte olan banyo eritme teknikleri .....	356
Tablo 4.1: Pişirme sıcaklığının karşılaştırılması .....	359
Tablo 4.2: Alüminyum izabe kategorileri .....	366
Tablo 4.3: Tuz cürufunun tipik bileşimi .....	370
Tablo 4.4: Tuz cürufunun çözünmeyen ve metalik olmayan kısmının tipik içeriği .....	372
Tablo 4.5: Alümina üretimi için girdi aralıkları .....	372
Tablo 4.6: Bir birincil alüminyum ergitme fırını ile ilgili anot üretiminden kaynaklanan ham gazlar .....	374
Tablo 4.7: Anot üretim prosesi için emisyon konsantrasyonu aralıkları .....	375
Tablo 4.8: Ön pişirmeli anot üretiminde emisyonu özel yük aralıkları .....	375
Tablo 4.9: Elektroliz için girdi aralıkları .....	378
Tablo 4.10: Dökümhane tüketim verileri .....	378
Tablo 4.11: Birincil alüminyum dökümhanesinden havaya salınan emisyonlar .....	383
Tablo 4.12: Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan potansiyel emisyonların önemi ....	385
Tablo 4.13: Islak gaz temizleme işlemi yapılmadan çatı havalandırmalarından ve birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya salınan toplam emisyonlar (çatı+ baca) .....	385
Tablo 4.14: Pota gazları (ön pişirmeli tesisler) için BSS veya çatı havalandırmaları için ıslak gaz yıkayıcılar ile birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya salınan toplam emisyonlar (çatı+ baca) .....	385



Tablo 4.15: Pota gazına ıslak gaz temizleme uygulandığında birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya verilen SO <sub>2</sub> emisyonları .....	385
Tablo 4.16: Havalandırma havası ıslak gaz yıkayıcı veya SO <sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı kullanan birincil alüminyum elektroliz tesislerinde suya verilen emisyonlar .....	386
Tablo 4.17: Kullanılmış pota astarı bileşimi .....	387
Tablo 4.18: Birincil alüminyum ergitme fırınında atık azaltım seçenekleri .....	388
Tablo 4.19: Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan spesifik atık miktarları .....	388
Tablo 4.20: Havaya salınan potansiyel emisyonların önemleri .....	390
Tablo 4.21: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan toz emisyonları .....	391
Tablo 4.22: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan PCDD/F ve TVOC emisyonları .....	392
Tablo 4.23: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> olarak ölçülen) emisyonları .....	393
Tablo 4.24: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan HCl, Cl <sub>2</sub> ve HF emisyonları .....	393
Tablo 4.25: İkincil alüminyum üretiminden ortaya çıkan tipik kalıntılar .....	394
Tablo 4.26: Pota cürufu/cüruftan kaynaklanan emisyonlar .....	396
Tablo 4.27: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan filtre tozunun tipik bileşimi .....	396
Tablo 4.28: İkincil alüminyum üretim tesislerinin tipik tesis, proses ve emisyon parametreleri (ham gaz) .....	398
Tablo 4.29: Tuz cürufu geri dönüşümünün tipik çıktıları .....	401
Tablo 4.30: Tuz cürufu geri kazanım tesislerinden toplanan hava ve toz emisyonları .....	402
Tablo 4.31: Alümina kalsinasyon tesislerinden kaynaklanan emisyonlar .....	407
Tablo 4.32: Hammaddelerin taşınması, depolanması ve nakliyesinden kaynaklanan toz emisyonu aralıkları .....	412
Tablo 4.33: Kok toz giderimi emisyonları .....	414
Tablo 4.34: Zift gazı temizleme prosesinden kaynaklanan emisyonlar .....	414
Tablo 4.35: E Tesisinde bir alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	418
Tablo 4.36: Almanya'da bulunan bir tesiste alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	418
Tablo 4.37: Fransa'da bulunan bir tesiste alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	420
Tablo 4.38: Kombine bir anot ve alüminyum üretim tesisinde kuru enjeksiyonlu temizleme ile birlikte ıslak bir gaz yıkayıcı ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	421
Tablo 4.39: Kombine bir anot ve alüminyum üretim tesisinde kuru gaz yıkayıcı ve ESP ile birlikte kombine edilmiş ıslak gaz yıkayıcı ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	421
Tablo 4.40: RTO, deniz suyunu kullanan bir ıslak gaz yıkayıcı ve bir ESP kombinasyonu kullanılarak azaltım sonrası anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	422
Tablo 4.41: RTO ile azaltım sonrası ortaya bağımsız anot üretimi gerçekleştirilen bir tesisten (bölüm 1) anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	423
Tablo 4.42: RTO ile azaltım sonrası ortaya bağımsız anot üretimi gerçekleştirilen bir tesisten (bölüm 2) anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar .....	423
Tablo 4.43: Avrupa'daki bazı birincil alüminyum üreten tesislerin arıtım için toplanan atık gaz ve havalandırma havası miktarları .....	429
Tablo 4.44: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan PFPB'den kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütlesel yük) .....	431
Tablo 4.45: Bir PFPB tesisinin 2013 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları) ..	432
Tablo 4.46: Bir PFPB tesisinin 2012 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları) ..	432
Tablo 4.47: Bir PFPB tesisinin 2011 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları) ..	432
Tablo 4.48: UK 1 Tesisinin 2012 yılı boyunca baca toz emisyonları (kütlesel yük) .....	433
Tablo 4.49: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan baca toz emisyonları (konsantrasyonları) .....	433
Tablo 4.50: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan HF baca emisyonları (konsantrasyonları) .....	433
Tablo 4.51: Alüminalı gaz yıkayıcı, torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı kullanan PFPB tesislerinden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütlesel yük) .....	434
Tablo 4.52: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanılan Söderberg tesislerinden kaynaklanan toz, HF ve florür baca emisyonları (kütlesel yük) .....	434

Tablo 4.53: Alüminalı gaz yıkayıcı , torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı kullanan Söderberg tesislerinden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütlesel yük).....	435
Tablo 4.54: Alüminalı gaz yıkayıcı ve bacada torba filtre kullanan birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan toplam toz ve florür emisyonları (baca ve çatı) .....	436
Tablo 4.55: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcı kullanan birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan toplam toz ve florür emisyonları (baca ve çatı).....	437
Tablo 4.56: Alüminalı gaz yıkayıcılar ve torba filtreler kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan toz ve HF çatı emisyonları .....	437
Tablo 4.57: Düşük kükürtlü anot kullanılan bir PFPB tesisindeki (ıslak gaz tutucu kullanılmayan) SO <sub>2</sub> baca emisyonları.....	439
Tablo 4.58: Düşük kükürtlü anot kullanılan Söderberg tesislerindeki (ıslak gaz tutucu kullanılmayan) SO <sub>2</sub> baca emisyonları .....	439
Tablo 4.59: Düşük kükürt içerikli anotları kullanan (ıslak gaz yıkayıcı kullanılmayan) birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan SO <sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı).....	440
Tablo 4.60: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcıların kullanıldığı PFPB tesisinden kaynaklanan SO <sub>2</sub> emisyonları .....	441
Tablo 4.61: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcının kullanıldığı Söderberg tesisinden kaynaklanan SO <sub>2</sub> emisyonları.....	442
Tablo 4.62: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcının kullanıldığı tesislerden kaynaklanan toplam SO <sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı) .....	442
Tablo 4.63: İkincil alüminyum üretimi için malzemelerin nakliyesi ve yüklenmesinden kaynaklanan toz emisyonları .....	446
Tablo 4.64: Öğütme işleminden kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir. ....	448
Tablo 4.65: Talaş kurutmada kaynaklanan emisyonlar .....	449
Tablo 4.66: İkincil ergitme fırınlarının avantaj ve dezavantajları .....	454
Tablo 4.67: Avusturya’da bulunan bir tesisin ergitme prosesinden kaynaklanan emisyonlar ..	460
Tablo 4.68: İkincil alüminyum üretim tesisinde sürekli olarak ölçülen TVOC emisyonları ....	461
Tablo 4.69: İkincil alüminyum üretiminde erimiş metal işleme işlemlerinden kaynaklanan HCl, Cl <sub>2</sub> ve HF emisyonları .....	467
Tablo 4.70: Tesis 1’den kaynaklanan toz emisyonları .....	469
Tablo 4.71: Tesis 2’den kaynaklanan toz emisyonları .....	469
Tablo 4.72: Tesis 3 ve Tesis 4’ten ortaya çıkan toz emisyonları.....	470
Tablo 4.74:Tuz cürufunun ezilmesi ve kuru öğütülmesi aşamalarından kaynaklanan toz emisyonlarını .....	478
Tablo 4.75: Islak öğütme işleminden kaynaklanan ve aktif karbon sonrasındaki emisyonlar ..	479
Tablo 4.76: Tuz cürufunun ezilmesi, özütlenmesi, filtrelenmesi ve yıkanmasından kaynaklanan emisyonlar .....	482
Tablo 5.1: Kurşun konsantresinin ana bileşenleri için kompozisyon aralıkları .....	485
Tablo 5.2: Direkt ergitme işleminin özeti .....	487
Tablo 5.3: Farklı doğrudan ergitme işlemlerinde kullanılan hammaddeler. ....	487
Tablo 5.4: Tipik kurşun-asit bataryasının bileşimi.....	487
Tablo 5.5: Bir Ausmelt/ISASMELT firması için girdi ve çıktı verileri .....	494
Tablo 5.6: Bir QSL tesisi için girdi ve çıktı verileri.....	494
Tablo 5.7: Desülfürizasyona sahip bir batarya geri kazanım tesisi için giriş ve çıkış verileri (hazırlık ve kısa döner fırın) .....	494
Tablo 5.8: Tam batarya ergitmeli batarya geri kazanımı tesisi için giriş ve çıkış verileri (şaft fırını) .....	495
Tablo 5.9: Çeşitli kurşun süreçlerinin enerji gereksinimi .....	495
Tablo 5.10: Kurşun üretiminden havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi .....	496
Tablo 5.11: Dağınık emisyonların önemi.....	497
Tablo 5.12: Çeşitli kurşun işlemlerinden sülfür dioksit üretimi .....	498
Tablo 5.13: Avrupa’da uygulanan bazı işlemlerden gelen metallerin kütle salınımı .....	499
Tablo 5.14: Arıtmadan önce tipik gaz temizleme sıvıları.....	501
Tablo 5.15: Tipik atıksu analizleri .....	501
Tablo 5.16: Potansiyel atık su kaynakları ve arıtma teknikleri.....	502
Tablo 5.17: Kurşun külçesinin arıtılmasından elde edilen katı malzemeler .....	503
Tablo 5.18: Kurşun süreçlerinden elde edilen kalıntılar.....	504
Tablo 5.19: Doğrudan kurşun eritme süreçlerinden elde edilen artıklar .....	504
Tablo 5.20: Malzeme hazırlığından kaynaklanan toz emisyonları .....	508

Tablo 5.21: Metallo-Chimique Beerse'de malzeme kurutmada kaynaklanan emisyonlar .....	510
Tablo 5.22: Aurubis Hamburg'da malzeme kurutmada kaynaklanan emisyonlar .....	511
Tablo 5.23: Birincil ve ikincil kurşun ve kalay üretiminde kurutma işleminden kaynaklanan emisyonlar .....	511
Tablo 5.24: Batarya hazırlığından kaynaklanan hava emisyonları.....	515
Tablo 5.25: Tesis 5'deki batarya hazırlığından kaynaklanan su emisyonları .....	515
Tablo 5.26: Desülfürize edilmiş ham maddelerle beslenen döner fırınlardan kaynaklanan emisyonlar .....	518
Tablo 5.27: Tesis 8'deki fırından çıkan emisyonlar .....	521
Tablo 5.28: KCM'nin Filibe'deki yeni kurşun tesisindeki ıslak sülfürik asit tesisinden gelen SO <sub>2</sub> emisyonları .....	522
Tablo 5.29: Tesis 18'deki bir elektrikli fırından gelen ikincil emisyonlar.....	524
Tablo 5.30: Tesis 17'deki fırınlardan ikincil emisyonlar .....	525
Tablo 5.31: Belçika'daki Metallo-Chimique tesisi için toz performans verileri .....	527
Tablo 5.32: Ev içinde ev sistemden sonra toz ve SO <sub>2</sub> emisyonları ve kireç enjeksiyonlu torba filtre .....	528
Tablo 5.33: Bir torba filtreli bir elektrikli fırından ikincil emisyonlar .....	528
Tablo 5.34: 6, 15 ve 19 no lu tesislerden gelen toz ve metal emisyonları.....	529
Tablo 5.35: İkincil izabeden kaynaklanan toz emisyonu örneği .....	531
Tablo 5.36: Umicore Hoboken'de ISASMELT izabesi ve ikincil kurşun ve kalay üretimi için yüksek fırından gelen toz emisyonu örneği .....	531
Tablo 5.37: Sekonder kurşunlu üretim fırınlarından çıkan toz ve metal emisyonları.....	532
Tablo 5.38: Örnek tesisler için performans verileri .....	537
Tablo 5.39: AB-28'de ikincil kurşunlu ve teneke tesislerinden gelen SO <sub>2</sub> emisyonları.....	538
Tablo 5.40: Bir sonyakıcı bir şaft fırını için performans verileri .....	541
Tablo 5.41: Sekonder kurşunlu ve kalay üretimde sonyakıcı emisyonları .....	542
Tablo 5.42: Ana yığındaki toplam C ve BaP emisyonları.....	544
Tablo 5.43: Kurşun ve kalay fırınlarından kaynaklanan PCDD/F emisyonları .....	546
Tablo 5.44: Metallo-Chimique Beerse'deki rafinasyon işleminden kaynaklanan emisyonlar ..	550
Tablo 5.45: Rafinasyon ve dökümden kaynaklanan emisyon verileri.....	550
Tablo 5.46: Kurşun ve teneke üretim tesislerinden suya emisyonlar .....	556
Tablo 6.1: Modifiye Zincex™ prosesinde ana reaktiflerin ve yardımcı malzemelerin tüketimleri .....	583
Tablo 6.2: İkincil hammadde ile entegre edilmiş bir Alman RLE tesisi için tipik değerler ....	602
Tablo 6.3: İkincil hammadde ile entegre edilmiş bir çinko RLE tesisi için tipik besleme malzemesi ve ürün kompozisyonları .....	603
Tablo 6.4: SDHL prosesi kullanan Waelz tesisi için girdi ve çıktı verileri .....	603
Tablo 6.5: Waelz oksit yıkama prosesi için girdi ve çıktı verileri .....	603
Tablo 6.6: Plazma ark dumanlaştırma prosesi için madde dengesi .....	604
Tablo 6.7: Çinko ve sarf malzemelerinin ortalama değerleri .....	604
Tablo 6.8: çeşitli çinko prosesleri için enerji gereksinimleri .....	605
Tablo 6.9: çinko ve kadmiyum üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan muhtemel emisyonların önem dereceleri .....	606
Tablo 6.10: Avrupa'daki farklı RLE tesislerinden havaya salınan emisyonlar.....	606
Tablo 6.11: Çeşitli çinko proseslerinin kükürt dioksit üretimleri .....	607
Tablo 6.12: Avrupa'da bulunan bazı birincil ve ikincil çinko üretim tesislerinin metal kütle salınımları.....	609
Tablo 6.13: Arıtmadan önceki tipik gaz temizleme atıkları .....	611
Tablo 6.14: Tipik atıksu analizleri .....	612
Tablo 6.15: Muhtemel atıksu kaynakları ve arıtım teknikleri .....	612
Tablo 6.16: Çinko prosesinden ortaya çıkan kalıntılar .....	614
Tablo 6.17: farklı tipteki kalıntıların örnek bileşimleri .....	615
Tablo 6.18: Uygulanan kalıntı arıtım prosesi fonksiyonunda çinko rafinasyonu için enerji tüketimi.....	616
Tablo 6.19: Granüle ISF cürufu için eluat değerleri .....	616
Tablo 6.20: asidik Waelz cürufu için eluat değerleri .....	617
Tablo 6.21: Besleme malzemesi hazırlama ve kavurucudan kaynaklanan toz emisyonları.....	621
Tablo 6.22: Kavurma tesisinde (120 m <sup>2</sup> 'lik ızgara) ıslak gaz temizleme bölümünden önce kuru gaz temizleme bölümünde toz giderimi.....	622

Tablo 6.23: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisinde dönüştürülmeden önce ıslak gaz temizleme sisteminde toz azaltımı .....	622
Tablo 6.24: Kavurma tesisinden kalsin öğütme, taşıma ve depolama sırasında ortaya çıkan emisyon verileri .....	625
Tablo 6.25: Nötr özütleyicideki çöktürücüden kaynaklanan emisyonlar için buğu önleyicili ve buğu önleyicisiz emisyon verileri .....	629
Tablo 6.26: Özütleme tanklarının havalandırılmasından kaynaklanan emisyon verileri.....	629
Tablo 6.27: Direk özütlemekten kaynaklanan emisyon verileri .....	630
Tablo 6.28: A Tesisinde bulunan Jarosit prosesinden kaynaklanan emisyon verileri .....	630
Tablo 6.29: Saflaştırma prosesinden kaynaklanan emisyon verileri.....	633
Tablo 6.30: Saflaştırma prosesinde atmosferik soğutuculardan kaynaklanan emisyon verileri.....	633
Tablo 6.31: Elektrolitin atmosferik olarak soğutulmasından kaynaklanan emisyon verileri....	635
Tablo 6.32: Hücre binasının havalandırılmasından kaynaklanan emisyon verileri.....	637
Tablo 6.33: RLE prosesinden kaynaklanan sıvı atıkların kullanım opsiyonları.....	640
Tablo 6.34: Hidrometalurjik çinko prosesi ve işlenmesinde ortaya çıkan tipik atık ve kalıntılar .....	643
Tablo 6.35: Özütleme artığının tipik bir bileşimi .....	644
Tablo 6.36: Özütleme kalıntılarının işlenmesinden ortaya çıkan Waelz oksitin tipik bileşimi	645
Tablo 6.37: Özütleme kalıntılarının işlenmesinden ortaya çıkan Waelz cürufunun tipik bileşimi .....	645
Tablo 6.38: Waelz fırını prosesinden ortaya çıkan emisyonlar .....	646
Tablo 6.39: 2003/33/EC sayılı Konsey Kararı, depolama sahalarına atıkların kabulüne ilişkin kriterler ve tipik Jarofix atığı test sonuçları .....	649
Tablo 6.40: Depolama sahalarına tehlikeli atıkların kabulüne ilişkin kriterler ve tipik sülfitlemiş atık (jarosit ve kükürt artığı) test sonuçları .....	651
Tablo 6.41: Birleştirilmiş demir kalıntıları için sızma testi kriterleri ve elde edilen sonuçlar .....	653
Tablo 6.42: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan Venturi gaz temizleme sisteminde azaltım sonrasındaki emisyonlar.....	657
Tablo 6.43: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan torba filtre ile azaltım sonrasındaki emisyonlar .....	658
Tablo 6.44: Pirometalurjik çinko üretiminden ortaya çıkan düşük SO <sub>2</sub> içerikli atık gazın yarı kuru bir gaz yıkayıcı ile azaltımı sonrasındaki emisyonları .....	659
Tablo 6.45: N tesisinde bulunan aktif karbon filtresinden sonraki emisyon değerleri .....	661
Tablo 6.46: Plazma ark dumanlaştırma prosesindeki ana gaz bileşenleri .....	663
Tablo 6.47: Çinko dumanlaştırma prosesindeki ana gaz bileşenleri .....	664
Tablo 6.48: Waelz fırınlarından havaya salınan tesise özel baca emizyon verileri .....	667
Tablo 6.49: SDHL prosesi ile ilgili dönüşüm öncesi ve sonrasındaki havaya salınan emisyonlar .....	668
Tablo 6.50: Waelz oksit yıkama işleminin etkisi .....	672
Tablo 6.51: Waelz oksit yıkama prosesinden kaynaklanan atıksu.....	672
Tablo 6.52: Waelz oksit yıkama prosesinden kaynaklanan atıksular.....	673
Tablo 6.53: Hidrometalurjik çinko proseslerinden ortaya çıkan yayılı ve kontrollü emisyonlar .....	674
Tablo 6.54: Çinko dökümhanelerinde çinko ergitilmesi ve dökümünden kaynaklanan emisyonlar (Bölüm 1) .....	676
Tablo 6.55: Çinko dökümhanelerinde çinko ergitilmesi ve dökümünden kaynaklanan emisyonlar (Bölüm 2) .....	676
Tablo 6.56: Çinko tozu üretiminden kaynaklanan emisyonlar .....	677
Tablo 6.57: Çinko dökümhanelerinde çinko cürufu öğütülmesinden ortaya çıkan emisyonlar.....	679
Tablo 6.58: RLE tesislerinden suya verilen emisyonlar (Bölüm 1) .....	684
Tablo 6.59: RLE tesisinden suya verilen emisyonlar (Bölüm 2) .....	685
Tablo 6.60: Bir ISF tesisinden suya verilen emisyonlar .....	685
Tablo 6.61: Çözelti ekstraksiyonu ile ikincil çinko üretiminden ortaya çıkan atıksular .....	686
Tablo 6.62: Avrupa'da bulunan çinko rafinasyon tesislerindeki kadmiyum çıkış dağılımları.....	692
Tablo 6.63: Ergitme, yeniden ergitme, alaşımlama ve bekletme ve döküm fırınlarından ortaya çıkan emisyonları .....	693
Tablo 7.1: Ham maddelerin homojenizasyon kategorileri .....	697
Tablo 7.2: Değerli metal üretiminde önemli kaynaklardan havaya potansiyel emisyonların uygunluğu .....	707

Tablo 7.3:	Bir çok değerli metal üretim prosesinden kaynaklanan havaya özel emisyonlar ...	709
Tablo 7.4:	Kıymetli metal üretiminde üç farklı prosesten havaya yayılan emisyon konsantrasyonları	709
Tablo 7.5:	Farklı proses adımları için iki PM tesisinden gelen havaya emisyonlar	710
Tablo 7.6:	Değerli metal üretiminden suya potansiyel emisyon kaynakları	711
Tablo 7.7:	Beş büyük tesisten suya emisyonlar	711
Tablo 7.8:	İki PM tesisinden suya emisyonlar	711
Tablo 7.9:	Filtre keki atık miktarları örneği	712
Tablo 7.10:	PM 221 Tesisinden Toz Emisyonları	714
Tablo 7.11:	PM Tesis 117'deki curuf kırma istasyonundan toz emisyonları	714
Tablo 7.12:	PM Tesis 221'den toz emisyonları	716
Tablo 7.13:	PM tesis 2426'dan toz emisyonları	717
Tablo 7.14:	PM 112 tesisinde bir döner fırın emisyonları	717
Tablo 7.15:	PM 117 numaralı tesisten Emisyonlar	721
Tablo 7.16:	PM 117 numaralı tesiste merkezi havalandırma sisteminden emisyonlar	721
Tablo 7.17:	PM tesis 121'de ikincil gazlardan toz emisyonu	722
Tablo 7.18:	PM tesis 121'de çeşitli kaynaklardan (cupellation fırın ve sekonder gazlar) kaynaklanan toz emisyonları	723
Tablo 7.19:	PM tesis 27'de toz emisyonları	723
Tablo 7.20:	PM Tesis 219'da toz emisyonları	723
Tablo 7.21:	PM Tesis 2113'de proses gazlarından emisyonlar	724
Tablo 7.22:	PM Tesis 2113'de bina havalandırma havasından emisyonlar	724
Tablo 7.23:	PM Tesis 221'de yıkama prosesinden emisyonlar	732
Tablo 7.24:	PM Tesis 2113'de emisyonlar	733
Tablo 7.25:	PM Tesis 113'de yıkama proseslerinden emisyonlar	734
Tablo 7.26:	PM Tesis 112'de yıkama proseslerinden emisyonlar	734
Tablo 7.27:	PM Tesis 112'de süpürme yakmadan emisyonlar	736
Tablo 7.28:	PM Tesis 102'de kullanılmış katalizör yakmadan oluşan emisyonlar	738
Tablo 7.29:	PM Tesis 221'den suya emisyonlar	740
Tablo 7.30:	PM Tesis 221'de üretilen son filtrat sıvısının konsantrasyonu	741
Tablo 7.31:	PM Tesis 113'den suya emisyonlar	741
Tablo 7.32:	PM 117 Tesisinden suya emisyonlar	741
Tablo 7.33:	PM 1019 Tesisinden suya emisyonlar	742
Tablo 7.34:	PM 205 Tesisinden suya emisyonlar	743
Tablo 8.1:	Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum üretimi için gerekli hammaddeler	755
Tablo 8.2:	Serbest düşüş nedeniyle ince toz üretimi	755
Tablo 8.3:	İkincil hammaddelerde tipik metal oksit miktarları	776
Tablo 8.4:	8.1.11.5. Demirli alaşım endüstrisinde kullanılan ergitme sistemlerinin özeti	780
Tablo 8.5:	Üretilen alaşımın ton başına düzen hammaddelerin spesifik girdisi olarak ferro krom üretimi için brüt tüketim verileri	786
Tablo 8.6:	Demir çelik alaşımlarının, geri kazanılmış metalin tonu başına hammadde girdisi olarak çelik değirmen kalıntılarında geri kazanımı için tüketim verileri	787
Tablo 8.7:	Ferro-silikon, silisyum ve siliko-kalsiyum üretimi için üretilen ve üretilen her ton alaşımı başına hammadde girdisi için tüketim verileri	787
Tablo 8.8:	Manganez cevheri sinter, ferro-manganez ve siliko-manganez üretimi için üretilen hammadde başına ton başına hammadde girişi olarak tüketim verileri	788
Tablo 8.9:	Üretilen alaşımın tonu başına hammaddelerin spesifik girdisi olarak ferro-nikel alaşımı üretimi için tüketim verileri	789
Tablo 8.10:	Üretilen alaşımın ton başına hammaddelerin spesifik girdisi olarak özel ferro alaşımların üretimi için tüketim verileri	789
Tablo 8.11:	Bir ton alaşımın üretimine dayanan ferro-krom üretiminden kaynaklanan toz emisyonları	791
Tablo 8.12:	Bir ton alaşımın üretimine dayanan ferro-silikon ve silikon metal üretiminden kaynaklanan toz emisyonları	792
Tablo 8.13:	Bir ton alaşımın üretime dayalı ferro-manganez ve siliko-manganez üretiminden kaynaklanan toz emisyonları	793
Tablo 8.14:	Ferro alaşımların üretiminden havaya toz emisyonları (azaltım sonrası)	793

Tablo 8.15: Havaya olan ferro-nikel emisyonları.....	794
Tablo 8.16: Ferro-nikel emisyon kaynakları .....	794
Tablo 8.17: Ferro-vanadyum ve ferro-molibden üretiminden kaynaklanan emisyonlar .....	794
Tablo 8.18: Dökme demir alaşımları üretilirken hava emisyonları (azaltma sonrası).....	796
Tablo 8.19: Ferro-manganez ve siliko-manganez üretiminden gelen metallerin emisyonu ....	797
Tablo 8.20: Birincil ferro-nikel üretiminden havaya emisyonlar.....	797
Tablo 8.21: Birincil ferro-nikel üretiminden kaynaklanan havaya emisyonların karakterizasyonu .....	798
Tablo 8.22: İkinci bir ferro-alaşım üretim sürecinden kaynaklanan emisyon.....	798
Tablo 8.23: Bir ıslak gaz yıkayıcı ile birlikte plazma toz prosesi ve ardından azaltma tekniği olarak ıslak ESP tekniği kullanan çelik fabrikalarındaki demir alaşımlarının geri kazanımının suya olan emisyonu .....	800
Tablo 8.24: Tek bir tesiste kavrurma molibdenit ve ferro-molibden kaynaklı su emisyonları .	800
Tablo 8.25: Ferro alaşımlı cürufun üretimi, geri dönüşümü, tekrar kullanımı ve deşarjı.....	801
Tablo 8.26: Hava emisyonları azaltma sisteminden toz ve çamurun üretilmesi, geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması ve boşaltılması .....	803
Tablo 8.27: Silikon ve ferro silikon fırınlar için enerji geri kazanımı verimliliği.....	805
Tablo 8.28: Norveçli ferro alaşımlar endüstrisinde enerji geri kazanımına genel bakış .....	806
Tablo 8.29: Dökme demir alaşımları üretirken enerji yeniden kullanımı .....	806
Tablo 8.30: Alımdan kaynaklanan toz emisyonları, birincil malzemelerin taşınması ve depolanması.....	808
Tablo 8.31: Ham maddelerin ezilmesinden ve öğütülmesinden kaynaklanan toz emisyonları	809
Tablo 8.32: Ölçüm, karıştırma ve harmanlamadan kaynaklanan toz emisyonları.....	810
Tablo 8.33: Briketleme, peletleme ve sinterleme kaynaklı emisyonlar .....	812
Tablo 8.34: Açık batık ark ocaklarından çıkan emisyonlar (konsantrasyonlar).....	820
Tablo 8.35: Açık daldırmalı ark ocaklarından kaynaklanan emisyonlar (kütle yükler) .....	822
Tablo 8.36: Torbalı filtreler kullanılarak yarı kapalı daldırmalı ark ocaklarından çıkan emisyonlar .....	824
Tablo 8.37: Adsorbent enjeksiyonlu torba filtreler kullanılarak yarı kapalı daldırmalı ark ocaklarından çıkan emisyonlar .....	825
Tablo 8.38: Kapalı daldırmalı ark ocaklarından ıslak gaz yıkayıcıları (konsantrasyon) kullanarak çıkan emisyonlar.....	827
Tablo 8.39: Kapalı daldırmalı ark ocaklarından ıslak gaz yıkayıcıları (kütle yükü) kullanan emisyonlar .....	828
Tablo 8.40: Kapalı fırınlar kullanan tesislerde konsantrasyonlar ve kütle yükleri arasındaki korelasyon .....	828
Tablo 8.41: Islak gaz yıkayıcılar kullanan kapalı daldırmalı ark ocaklarından gelen emisyonlar ve ardından cıva azaltma teknikleri .....	829
Tablo 8.42: Torba filtreleri kullanan kapalı daldırmalı ark ocaklarından çıkan emisyonlar ...	829
Tablo 8.43: Kapalı plazma toz sürecinden kaynaklanan emisyonlar .....	831
Tablo 8.44: Refrakter astarlı potalardan kaynaklanan emisyonlar.....	834
Tablo 8.45: Süreçteki tozun kökeni .....	835
Tablo 8.46: Boşaltımdan kaynaklanan emisyonlar.....	838
Tablo 8.47: Dökümden kaynaklanan toz emisyonları .....	840
Tablo 8.48: Bir ferro-krom tesisinin kırma ve eleme istasyonunda çok ince ürünlerin geri kazanımı .....	841
Tablo 8.49: Fırın sonrası boyut küçültmesinden kaynaklanan toz emisyonları .....	842
Tablo 8.50: Ambalajlamadan kaynaklanan toz emisyonları.....	845
Tablo 8.51: Tesis AB'den gelen su emisyonları (ferro-krom) .....	848
Tablo 8.52: Tesis AC'den gelen (ferro-krom) su emisyonları .....	848
Tablo 8.53: Tesis N'den gelen su emisyonları (ferro silikon).....	849
Tablo 8.54: Tesis U'dan (silikon) suya emisyonlar .....	849
Tablo 8.55: Tesis V'den (silikon) su emisyonları .....	849
Tablo 8.56: Tesis J'den su emisyonları (HCFeMn) .....	850
Tablo 8.57: Tesis Z'den Suya Emisyonlar (HCFeMn) .....	850
Tablo 8.58: Tesis K (LC'den Suya Emisyonlar FeNn + MC FeNn + SiMn) .....	850
Tablo 8.59: Tesis M'den gelen su emisyonları (FeMn + SiMn) .....	851
Tablo 8.60: Tesis TO'dan suya emisyonlar (LC SiM + LC FeMn + MC FeMn) .....	851
Tablo 8.61: Tesis I'den Suya Emisyonlar (LLC SiMon + HC SiMon) .....	851

Tablo 8.62: Tesis Y'den suya emisyonlar (siliko-manganez) .....	851
Tablo 8.63: Tesis B'den gelen su emisyonları (molibdenit kavurucu) .....	852
Tablo 8.64: Tesis X'den suya emisyonlar (kavurma ve ferro-molibden) .....	852
Tablo 8.65: Ferro krom cürufunun ayrıntılı özellikleri .....	854
Tablo 8.66: Yarı kapalı fırınlardan ısı geri kazanımı örnekleri.....	856
Tablo 9.1: Bazı cevherlerin bileşimi .....	861
Tablo 9.2: AB-28'de kullanılan süreçler.....	863
Tablo 9.3: Kobalt ve nikel üretiminden kaynaklanan havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi.....	874
Tablo 9.4: Bazı nikel ve kobalt işlemlerinden sülfür dioksit üretimi .....	875
Tablo 9.5: Bazı Avrupa süreçlerinden gelen toz ve metal emisyonları .....	876
Tablo 9.6: Kobalt üretiminin bazı süreç aşamalarından kaynaklanan hava emisyonları .....	876
Tablo 9.7: İkincil duman yakalama ve yayılı emisyonların önemi .....	878
Tablo 9.8: Gaz temizleme atıklarının tipik bileşimi .....	879
Tablo 9.9: Potansiyel atık su kaynaklarının ve arıtma seçeneklerinin özeti.....	879
Tablo 9.10: Atık su analizlerine örnekler .....	880
Tablo 9.11: Avrupa işlemleri için üretilen ton başına kütle emisyonu.....	880
Tablo 9.12: Farklı tipte tortuların örnek bileşimleri .....	881
Tablo 9.13: Tipik nikel cüruflarının örnek kompozisyonları .....	881
Tablo 9.14: Nikel ve kobalt üretim süreçlerinden katı artıklar için bazı arıtma veya yeniden kullanma seçenekleri.....	881
Tablo 9.15: Bir nikel fabrikasında yükleme ve yerinde nakliyeden kaynaklanan toz emisyonları .....	883
Tablo 9.16: Bir nikel üretim tesisinde döner kurutucudan çıkan emisyonlar .....	886
Tablo 9.17: DON sürecinden kaynaklanan emisyonlar .....	889
Tablo 9.18: EAF'den gelen emisyonlar.....	891
Tablo 9.19: Cüruf deliğın ve mat deliğı granülasyon gazından kaynaklanan emisyonlar .....	891
Tablo 9.20: Sülfat bazlı atmosferik ve basınç özütlemesinden kaynaklanan emisyonlar .....	894
Tablo 9.21: Atmosferik emisyonlar ve klor gazı ile basınçlı özütleme emisyonları .....	894
Tablo 9.22: Çözücü ekstraksiyon rafinajından kaynaklanan VOC'lerin emisyonları .....	895
Tablo 9.23: B Tesisindeki nikel mat arıtma işleminden kaynaklanan toz emisyonları (klorin hattı) .....	896
Tablo 9.24: Elektro-kazanım sürecinden kaynaklanan emisyonlar .....	898
Tablo 9.25: Karbonil sürecinden kaynaklanan emisyonlar .....	900
Tablo 9.26: Nikel tozu ve briket üretirken hidrojen azaltma işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar .....	902
Tablo 9.27: Tesis D'den suya emisyonlar .....	905
Tablo 9.28: Tesis A'dan Suya Emisyonlar.....	905
Tablo 9.29: Tesis C'den Kaynaklanan Emisyonlar .....	906
Tablo 9.30: B İşletmesinden Kaynaklanan Emisyonlar .....	906
Tablo 9.31: Tesis E Emisyonları .....	906
Tablo 9.32: Eritme ve rafineri aşamalarında nikel üretiminde oluşan tipik atık akışı ve kalıntılar .....	908
Tablo 9.33: Kokkola kobalt tesisinin emisyonları .....	914
Tablo 10.1: Karbon ve grafit ürünleri için malzeme ve proses basamaklarının genel görünümü .....	919
Tablo 10.2: PAH için raporlama sözleşmeleri.....	930
Tablo 10.3: karbon ve grafit üretiminden kaynaklanan muhtemel emisyonların nispi önem dereceleri .....	932
Tablo 10.4: Elektriksel olarak kalsine edilmiş kok ve kömürden kaynaklanan emisyonlar ....	932
Tablo 10.5: Doğal gaz ile kalsine edilmiş kok ve kömürden kaynaklanan emisyonlar .....	932
Tablo 10.6: Birkaç karbon ve grafit üretim prosesine ait örnek emisyon aralıkları .....	933
Tablo 10.7: Bazı PAH'ların RTO'daki parçalanma oranları.....	934
Tablo 10.8: Karbon ve grafit pişirme ve yeniden pişirme proseslerindeki RTO'lardan kaynaklanan emisyon örnekleri .....	935
Tablo 10.9: Taşıma, depolama ve nakliye işlemlerinden kaynaklanan tesise özel emisyon değerleri.....	938
Tablo 10.10: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir torba filtre için tesise özel emisyon değerleri.....	941

Tablo 10.11: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir kuru gaz yıkayıcı ve takiben bir torba filtre için tesise özel emisyon değerleri .....	941
Tablo 10.12: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir aktif kok filtresi için tesise özel emisyon değerleri .....	941
Tablo 10.13: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir termal oksitleyici için tesise özel emisyon değerleri.....	941
Tablo 10.14: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir rejeneratif termal oksitleyici için tesise özel emisyon değerleri .....	941
Tablo 10.15: Kok paketleme malzemesi taşınması sırasında ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	944
Tablo 10.16: Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP'den ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	944
Tablo 10.17: Pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri.....	944
Tablo 10.18: Pişirme aşamasında kullanılan bir rejeneratif termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri.....	944
Tablo 10.19: Pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyici ve ıslak gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	945
Tablo 10.20: Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP ve rejeneratif termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	945
Tablo 10.21: Pişirme aşamasında kullanılan bir RTO ve kuru gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	945
Tablo 10.22:Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP ve aktif kok filtresinden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	945
Tablo 10.23: Yeniden pişirme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri.....	946
Tablo 10.24: Yeniden pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	946
Tablo 10.25: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir kuru gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	949
Tablo 10.26: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	949
Tablo 10.27: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	950
Tablo 10.28: Özel empenye etme proseslerinden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri...950	
Tablo 10.29: Grafitleştirme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri.....	951
Tablo 10.30: Grafitleştirme aşamasında kullanılan bir ıslak gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri .....	951
Tablo 10.31: İşleme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri.....	951
Tablo 11.1: Cıva içeren hammaddeler kullanan bir pirometalurjik işlemde kaynaklanan havaya salınan cıva emisyonları (sülfürik asit tesisine sevk edilenler hariç) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri .....	971
Tablo 11.2: Bakır, kurşun, kalay, çinko (Waelz fırın prosesinde yıkama aşamasından gelen atık su dahil), kadmiyum, değerli metaller, nikel, kobalt ve ferro alaşım üretiminden gelen bir alıcı su kütesine verilen doğrudan emisyonlar için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri .....	974
Tablo 11.3: Bakır üretimi sırasında havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	983
Tablo 11.4: Bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ikincil hammaddelerin kurutulması, ergitilmesi ve eritilmesinden kaynaklanan organik bileşiklerin havaya verilen TVOC emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri. ....	984
Tablo 11.5: Bakır İkincil bakır üretiminde bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ergitme, eritme, ateşte rafinasyon ve dönüştürme işlemlerinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri. ....	985
Tablo 11.6: Birincil ve ikincil bakır üretiminden kaynaklanıp havaya verilen SO <sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit ya da sıvı SO <sub>2</sub> tesisine ya da elektrik santraline yönlendirilenler dışındakiler) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	986
Tablo 11.7: Anot pastası üretiminde havaya verilen toz ve BaP (bir PAH indikatörü olarak)	



emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	989
Tablo 11.8: Birincil alüminyum izabe fırını ile entegre bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, BaP (bir PAH indikatörü olarak) ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	990
Tablo 11.9: Müstakil olan bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, BaP (bir PAH indikatörü olarak) ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	991
Tablo 11.10: Hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	993
Tablo 11.11: Elektrolitik hücrelerden çıkan toz ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	993
Tablo 11.12: Elektroliz binasından (elektrolitik hücrelerden ve çatı deliklerinden toplanan) havaya verilen toplam toz ve flor emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	994
Tablo 11.13: Birincil alüminyum üretiminde eritme ve erimiş metal işleme ve dökümden kaynaklanarak havaya verilen toz ve metal emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri	994
Tablo 11.14: Elektrolitik hücrelerden havaya verilen SO <sub>2</sub> emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	995
Tablo 11.15: İkincil alüminyum üretiminde; talaş kurutma ve talaştan yağ ve organik madde giderilmesi, metalik olmayan bileşenlerin ve alüminyum dışındaki metallerin parçalanması/öğütülmesi, frezelenmesi ve kuru olarak ayrılması; depolama, taşıma ve nakliye işlemleri sırasında ortaya çıkan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	998
Tablo 11.16: İkincil alüminyum üretiminde şarj, eritme, döküm alma ve erimiş metalin işlenmesi gibi fırın proseslerinden kaynaklanan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri	999
Tablo 11.17: İkincil alüminyum üretiminde yeniden eritmeden kaynaklanarak havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	999
Tablo 11.18: Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (örn. metal talaşı) ısı muamelesinden ve eritme fırınından kaynaklanıp havaya verilen organik bileşik ve PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1000
Tablo 11.19: Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (örn. metal talaşı) ısı muamelesinden, eritme fırınından, yeniden eritmeden ve erimiş metalin işlenmesinden kaynaklanıp havaya verilen HCl, Cl <sub>2</sub> ve HF emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1001
Tablo 11.20: Tuzlu cürufun geri kazanılması prosesinde ezilip parçalanması ve kuru öğütmesi sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri	1002
Tablo 11.21: Tuzlu cürufun geri kazanılmasındaki ıslak öğütme ve liç prosesleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen gaz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1002
Tablo 11.22: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammaddelerin hazırlanması işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1005
Tablo 11.23: Pillerin hazırlanması (parçalama, eleme ve sınıflandırma) sırasında açığa çıkan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1005
Tablo 11.24: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, eritme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve kurşun emisyonları (sülfürik asit veya sıvı SO <sub>2</sub> tesisine sevk edilenler hariç) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1005
Tablo 11.25: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde yeniden eritilmesi, rafine edilmesi ve döküm işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve kurşun emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1006
Tablo 11.26: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammaddelerin kurutulması ve ergitilmesi işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen organik bileşik emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1007
Tablo 11.27: İkincil kurşun ve/veya kalay hammaddelerinin ergitilmesinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1007
Tablo 11.28: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, eritme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen SO <sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit ya da sıvı SO <sub>2</sub> tesisine yönlendirilenler dışındakiler) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.....	1008
Tablo 11.29: Hammaddelerin taşınması ve depolanması, kuru kavurucu besleme	

malzemesinin hazırlanması, kavurucunun beslenmesi ve kalsinasyon proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1012
Tablo 11.30: Özütleme, saflaştırma ve elektrolizten kaynaklanan çinko ve sülfürik asit emisyonlarının ve saflaştırmadan kaynaklanan arsin ve stibin emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1012
Tablo 11.31: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1014
Tablo 11.32: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan SO <sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1014
Tablo 11.33: Peletleme ve cüruf işleme proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1015
Tablo 11.34: Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1015
Tablo 11.35: Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan TVOC ve PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1016
Tablo 11.36: Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan HCl ve HF emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1016
Tablo 11.37: Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden ve çinko tozu üretiminden kaynaklanan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1018
Tablo 11.38: Pirometalurjik kadmiyum üretimi ve kadmiyum ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden kaynaklanan toz ve kadmiyum emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1019
Tablo 11.39: Eleme, kırma, karıştırma, ergitme, izabe işlemi, yakma, kalsinasyon, kurutma ve rafinasyon gibi tüm tozlu işlemlerden ortaya çıkan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1022
Tablo 11.40: Nitrik asit ile eritme/özütleme işlemlerini içeren hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanan ve havaya salınan NO <sub>x</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1023
Tablo 11.41: Doré metal üretiminde yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere eritme ve ergitme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan SO <sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1023
Tablo 11.42: Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan SO <sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1024
Tablo 11.43: Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan HCl ve Cl <sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1024
Tablo 11.44: Amonyum ve amonyum klorür kullanılan bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan NH <sub>3</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1024
Tablo 11.45: Bir kurutma işleminde, yakma ve kalsinasyon işlemlerindeki organik madde içeren hammaddeler, halojenler ve diğer PCDD/F öncülerinden kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1025
Tablo 11.46: Demirli-alaşımların üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1028
Tablo 11.47: Demirli-alaşımlar üreten bir fırından kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1029
Tablo 11.48: Sülfidik cevherleri işlerken, hammaddelerin taşınması ve depolanması, malzeme ön işleme (cevher hazırlama ve cevher/konsantre kurutma gibi), fırın besleme, izabe işlemi, dönüştürme, termal rafinasyon ve nikel tozu ve briketleme proseslerinden kaynaklanan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1032
Tablo 11.49: Atmosferik ve basınçlı özütleme proseslerinden kaynaklanan nikel ve klor emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1032
Tablo 11.50: Klorlu demir klorür kullanılan nikel mat rafinasyonu prosesinden kaynaklanan nikel emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri .....	1033
Tablo 11.51: Kok ve ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden, mekanik proseslerden	

(öğütme gibi), grafitlemeden ve işlemeden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri.....	1035
Tablo 11.52: Yeşil macun ve yeşil şekillerin üretiminden kaynaklanan toz ve BaP (PAH göstergesi olarak) emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri.....	1036
Tablo 11.53: Pişirme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve PAH emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri.....	1036
Tablo 11.54: Emdirme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve BaP (PAH göstergesi olarak) emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri.....	1037
Tablo 11.55: Karıştırma, pişirme ve emdirme işlemlerinden kaynaklanan TVOC emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri.....	1037
Tablo 12.1: Demir Dışı Metaller Endüstrileri için BREF'in gözden geçirme sürecinin önemli kilometre taşları.....	1043
Tablo 12.2: Ayrı Görüşler.....	1044
Tablo 13.1: Tipik fırın uygulamaları.....	1047
Tablo 13.2: Kurutma, kavurma, sinterleme ve kalsine fırınları.....	1073
Tablo 13.3: Ergitme ve dönüştürme fırınları.....	1073
Tablo 13.4: Ergitme fırınları.....	1075
Tablo 13.5: Birincil çinko tasfiyesini içeren karmaşık bir endüstriyel alandan ortam havasındaki yıllık ortalama metal konsantrasyonları.....	1079
Tablo 13.6: PM10'da Flanders'daki örnek istasyonlarında bazı metallerin çevresel konsantrasyonları.....	1082



## KAPSAM

Demir dışı metal endüstrileri için hazırlanmış bu BREF, 2010/75/EU sayılı Direktif'in (Endüstriyel Emisyon Direktifi; *ing.* Industrial Emissions Directive; *kslt.* IED) Ek I'nin 2.5(a) ve (b) numaralı kısımlarında belirtilen aşağıdaki endüstriyel faaliyetleri kapsamaktadır:

*“2.5: Demir-dışı metallerin işlenmesi:*

*(a) cevher, konsantré veya ikincil hammaddelerden metalürjik, kimyasal veya elektrolitik işlemlerle demir-dışı ham metal üretimi;*

*(b) kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan veya diğer tüm metaller için günde 20 tonu aşan eritme kapasitesi olan, demir-dışı metallerin ve geri kazanılmış ürünlerin eritilmesi (alaşımleme dahil) faaliyeti gerçekleştiren kuruluşlar ve demir-dışı metal dökümhaneleri”*

Demir dışı metallerin birincil ve ikincil üretimi arasında birçok benzerlik vardır ve bazı durumlarda kullanılan teknikler arasında ayırım yapmak imkansızdır. Bazı durumlarda, demir dışı metallerin birincil üretimi, enerji tasarrufu sağlamak, üretim maliyetlerini azaltmak ve önemli materyalleri kurtarmak için ikincil hammaddenin ortak üretim süreçlerine entegrasyonunu içerir. Demir dışı metallerin ikincil üretimi, ikincil hammaddelerden (hurda ve metal içeren malzemeler dahil) ve yeniden eritme ve alaşımleme işlemlerinden metal üretimini içerir. Bu belge, hem birincil hem de ikincil demir dışı metallerin üretimine yönelik teknikleri kapsamaktadır. Maden sahalarında yapılan madencilik faaliyetleri ve cevherlere yapılan muameleler, bu belgenin kapsamı dışındadır.

Karbon ve grafit anotların üretimi (2010/75/EU sayılı IED, Ek I, Bölüm 6.8), bu belgede anlatılmıştır çünkü, bazı alüminyum izabe fırınlarında anot üretimi metal üretiminin ayrılmaz bir parçasıdır.

IED'de Ek I, Bölüm 2.1'in (sinterleme ve kavurma) altındaki faaliyetler, bu dokümanın ekinin iki bölümünde yer almaktadır:

Kısım 2.5 (a)'nın parçası olan metal üretim prosesleri;

Kavurma ve sinterlemenin bağımsız olarak yapıldığı yerler; örneğin, molibden sülfürün kavurulması.

Radyoaktif metallerin üretimi bu belgeden hariç tutulmuştur. Yarı iletkenler gibi bileşenlerin üretimi de kapsam dışıdır.

Kimya sektörünün konuları ile çakışmalar vardır, fakat bu prosesler metal üretimiyle ilişkili olduğunda veya metal bileşimlerinin metal üretiminin yan ürünleri olarak üretildiği durumlarda dikkate alınması gereken özel meseleler ve farklılıklar vardır. Aşağıdaki süreçler bu çalışma kapsamında yer almaktadır.

- Diğer metallerin üretimi sırasında çıkan dumandan çinko oksit üretimi;
- Bir metalin üretimi sırasında ortaya çıkan işlem sıvılarından nikel bileşiklerinin üretimi;
- Ferro-silikon üretilen fırında silikon kalsiyum (CaSi) ve silikon (Si) üretimi;

Primer alüminyum üretimi öncesinde boksitten alüminyum oksit üretimi. Bu, iazbe fırında metalik alüminyum üretiminin ayrılmaz bir parçasıdır ve bu yüzden bu belgede yer almaktadır.

- Demir dışı metal üretimi ile entegre edildiğinde alüminyum tuz cürufunun geri dönüştürülmesi.

Metal üretimi ile doğrudan entegre edildiği durumlarda, demir dışı metallerin haddeden geçirilmesi, çekilmesi ve preslenmesi konuları bu belgeye dahil edilmiştir. Döküm prosesleri bu belgeye dahil edilmemiştir ve Demirhane ve Dökümhaneler için BREF kapsamındadır [428, COM 2005].

## Kapsam

Temel imalat faaliyetlerine ek olarak, bu belge emisyonları veya kirliliği etkileyebilecek ilgili faaliyetleri kapsamaktadır. Bu nedenle, bu belge ham maddelerin hazırlanmasından bitmiş ürünlerin gönderilmesine kadar olan faaliyetleri içermektedir.

Kapsanan başlıca operasyonlar şunlardır:

hammadde depolama ve hazırlama;

yakıtların depolanması ve hazırlanması;

üretim prosesleri, yani pirometalurjik ve hidrometalurjik prosesler;

emisyon önleme ve azaltma teknikleri;

ürünler, depolama ve hazırlık.

2000 yılında, demir dışı metal BREF 2001 tarafından kapsanan sanayi sektörleri için AB-15 verileri toplanmıştır. Ayrıca, 2008 ve 2012 yıllarında AB-27 için bilgi ve veriler mümkün olduğunca güncellenmiştir.

Bu MET sonuçları kapsamındaki faaliyetler ile ilgili olan diğer referans belgeleri aşağıdaki gibidir:

Referans Dokümanı	Konu
Enerji Verimliliği (ENE)	Enerji verimliliğinin genel yönleri
Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri (CWW)	Metallerin suya emisyonlarını azaltmak için atıksu arıtma teknikleri
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Amonyak, Asitler ve Gübreler (LVIC-AAF)	Sülfürik asit üretimi
Endüstriyel Soğutma Sistemleri (ICS)	Endüstriyel soğutma sistemleri, <i>örn.</i> soğutma kuleleri, plakalı ısı değiştiriciler.
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar (EFS)	Malzemelerin depolanması ve taşınması
Ekonomik ve Ortamlar Arası Etkiler (ECM)	Tekniklerin ekonomik ve ortamlar arası etkileri
IED tesislerinden Hava ve Suya verilen Emisyonlarının İzlenmesi (ROM) <sup>(1,2)</sup>	Hava ve suya verilen emisyonlarının izlenmesi
Atık Arıtma Endüstrileri (WT)	Atık işleme ve arıtma
Büyük Yakma Tesisleri (LCP)	Buhar ve/veya elektrik üreten ve ölçülen termal giriş enerjileri $\geq 50 \text{ MW}_{\text{th}}$ olan yakma tesisleri
Organik Solventler Kullanan Yüzey İşleme (STS)	Bakır çubukların, bakır yarı mamülleri ve bakır alaşımların asitsiz paklanması
Metal ve Plastik Yüzey İşleme (STM)	Bakır çubukların, bakır yarı mamülleri ve bakır alaşımların asitli paklanması (dekapaj)

(<sup>1</sup>): *ing.* JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations.

(<sup>2</sup>): 2010/75/EU sayılı Endüstriyel Emisyon Direktifi; *ing.* Industrial Emissions Directive (IED).

Bu belgenin kapsamı, işyerinde yalnızca güvenliği ilgilendiren veya ürünlerin güvenliği ile ilgili hususları içermez, çünkü bu hususlar Direktif'in kapsamında değildir. Sadece Direktif'in kapsamındaki konuları etkiledikleri yerlerde tartışılmışlardır.

# 1 GENEL BİLGİ

## 1.1 Endüstriye genel bakış

Avrupa demir dışı metal endüstrisi, istihdam, sermaye ve ciro istatistiklerinin gösterdiğinden daha büyük bir ekonomik ve stratejik öneme sahiptir. Örneğin, yüksek saflıkta bakır elektrik üretimi ve dağıtımı için gereklidir ve az miktarda nikel çeliğin korozyon direncini geliştirir.

Demir dışı metaller ve alaşımları bu nedenle modern hayatın merkezinde yer alırlar ve özellikle enerji üretimi, bilgi işlem, elektronik, haberleşme ve ulaşım endüstrilerindeki birçok yeni teknolojik gelişmeler onlara bağlıdır.

### 1.1.1 Demir dışı metaller ve alaşımlar

Bu belgede dikkate alınan bütün demir dışı metaller kendine has özelliklere ve uygulamalara sahiptir. Ancak, bazı durumlarda, bakır ve alüminyum gibi alaşımlar saf metallere göre daha çok kullanılır çünkü alaşımlar belirli uygulamaların gereksinimlerini karşılamak için belirli bir dayanım ve tokluk gibi değerlere sahip olacak şekilde tasarlanabilirler.

Metaller doğal olarak geri dönüşümlüdürler ve özelliklerinin hiçbirini kaybetmeden tekrar tekrar geri dönüştürülebilirler. Bundan dolayı, metaller sürdürülebilir kalkınmaya önemli bir katkı yaparlar. Birincil hammaddelerden ve hurda gibi ikincil hammaddelerden üretilen saflaştırılmış metalleri birbirinden ayırmak normalde mümkün değildir.

### 1.1.2 Endüstrinin kapsamı

Endüstrinin çıktıları çeşitli birincil ve ikincil hammaddelerden elde edilir. Birincil hammaddeler cevherlerin işlenmesinden elde edilir ve daha sonra ileri işlemlere tabi tutulur, örneğin ham metal üretmek için metalurjik olarak işlemeden önce atık malzeme yıkama ve kırma gibi işlemlerle indirgenir. Cevherlerin işlenmesi madenlere yakın yapılır, artan metal üretimlerinde olduğu gibi. İkincil hammaddeler yerli hurda ve kalıntılardır.

Çoğu metal konsantreler avrupaya dünyadaki çeşitli kaynaklardan ithal edilir. Hurda metal ve diğer artıklar gibi ikincil yerli hammadde kullanımının önemi yeterince vurgulanamaz. Geri dönüştürülmüş metal endüstrinin hammadde tedarikinin önemli bir bileşenini oluşturur.

Bakır sektöründe, ikincil hammaddeler AB'nin bakır üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturur bazı durumlarda, fakat pirinç çubuk gibi, ürün sadece az miktarda birincil çinko ilavesi ile tamamen geri dönüştürülmüş bakır ve pirinçten üretilir. Bakır katotlar geri dönüştürülmüş malzemelerden üretildiği zaman yaklaşık olarak 650000 ton CO<sub>2</sub> tasarrufu sağlanır çünkü ikincil eritmelerin spesifik direk emisyonları birincil eritmelerinkine kıyasla dört kez daha düşüktür.

Alüminyum sektöründe, bir kg alüminyum üretmek için cevherden alüminyum üretimi için gerekli enerjinin %5'i kadar bir enerji tüketimi gerektirmesi dikkate alındığında, hurda alüminyumun saflaştırılması ve üretimi benzer şekilde daha az enerji gerektirir.

Endüstrinin çıktısı ya saflaştırılmış metal ya da yarı mamül olarak bilinen ürünlerdir, örneğin, metal ve metal alaşım döküm külçeleri veya dövme ürünler, ekstrüzyon ürünleri, folyolar, şeritler ve çubuklar gibi.

Metal döküm ürünleri üreten demir dışı dökümhaneler bu belgeye dahil edilmemiştir, ancak bunlar Smitheries ve dökümhaneler endüstrisi BREF belgesinde yer almaktadır. Ayrıca, bu belgede yer almayan endüstri için ikincil hammaddelerin toplanması, sınıflandırılması ve tedariği, metal geri dönüşüm endüstrisi içerisinde yer alır.

Açık bir çelişki olsa da, demir ve çelik endüstrisinde genellikle master alaşımları olarak kullanılan demir alaşımlarının üretimi demir dışı metal üretiminin bir parçası olarak düşünülür. Onların alaşım elementleri, örneğin refrakter metaller, krom, silisyum, manganez ve nikel, hepsi

demir dışı metallerdir.

Değerli metaller sektörü de ayrıca bu belgenin amaçları doğrultusunda demir dışı metal endüstrisinin bir parçası olarak Kabul edilmektedir.

### 1.1.3 Endüstrinin Yapısı

Endüstrinin yapısı metal ile değişir. Bakır, kurşun, çinko ve kadmiyum gibi birkaç metal üreten bazı pan-Avrupa şirketleri olsada, demir dışı metallerin hepsini veya önemli bir kısmını üreten bir şirket bulunmamaktadır.

Avrupa'da demir dışı metaller ve demir dışı metal alaşımları üreten şirketlerin büyüklüğü 5000'den fazla işçiyi istihdam eden birkaç şirketten, 50 ile 200 arasında işçisi olan çok sayıdaki şirket arasında değişmektedir.

Sahiplik, pan-Avrupa ve ulusal metal grupları, endüstriyel holding grupları, bağımsız kamu şirketleri ve özel şirketler arasında değişmektedir.

### 1.1.4 Endüstrinin Ekonomisi

Bu dokümanın amacı için tanımlanan Avrupa demir dışı metal endüstrisinin temel istatistikleri:

- ciro: 120 milyar EUR (% 77 imalat / dönüşüm, % 21 rafineriler, % 2 madencilik);
- iş (doğrudan); 500 000 (doğrudan) (> 2 milyon dolayı);
- dünya pazar konumu: küresel üretimin 1/5.
  - küresel ilk aşama işlemlerin % 30,
  - küresel arıtılmış metal üretiminin % 22,
  - küresel maden üretiminin % 4. [429, Eurometaux 2016]

Birçok arıtılmış demir dışı metaller uluslararası emtialardır. Önemli metaller (alüminyum, bakır, kurşun, nikel, kalay ve çinko) iki vadeli piyasalardan birinde, Londra Metal Borsası veya New York'taki COMEX'te işlem görmektedir. New York Ticaret Borsası (NYMEX) yanı sıra, değerli metaller Londra Metal Borsası (LBMA), Tokyo Ticaret Borsası (TOCOM), Zürih Altın Havuzu, Dubai Çoklu Emtia Merkezi (DMCC) ve Külçe Stok Borsasında işlem görmektedir. Toplu olarak adlandırılan "küçük" metallerin hiçbir merkezi pazarı yoktur; fiyat seviyeleri, üreticiler ya da serbest piyasada işlem yapan tüccarlar tarafından belirlenir. Birçok uygulamada, özel bir demir dışı metal, özellikle seramikler, plastikler ve diğer demir ve demir dışı metaller gibi diğer malzemelerle rekabet halindedir.

Her metal veya metal grubunun kârlılığı ve dolayısıyla sanayinin hem mutlak hem de kısa vadeli ekonomik canlılığı, çok çeşitli diğer ekonomik faktörlere bağlıdır, maden ve eritme arasında bazı sektörlerde kabul edilen ve uygulanan üretim (işleme ve arıtma) ücreti gibi.

Bununla birlikte, genel ekonomik kural geçerlidir; yani, bir mal veya ürün, küresel piyasa koşullarına ve uluslararası emtia durumuna yaklaştıkça, yatırılan sermayenin getirisi düşer.

### 1.1.5 Çevresel Performans

Endüstriyel tesislerden kaynaklanan hava kirliliği ile mücadeleye ilişkin 84/360/EEC sayılı Direktifin kabul edilmesinden bu yana endüstrinin son 30 yılda çevresel performansı ve enerji verimliliğinde sürekli bir iyileşme olmuştur.

Endüstrinin geri dönüşüm oranı çok yüksektir. Metaller genellikle geri dönüşüm rotası kullanılarak daha düşük enerji maliyetlerinde üretilir. Örneğin, bakır için, birincil eritme ile karşılaştırıldığında ikincil eritme, 4 kat daha az karbondioksit yayar, 3 kat daha az elektrik tüketir ve yanma için 2,5 kat daha az yakıt tüketir. Ancak, çevreyi korumak ve enerji verimliliğini daha da geliştirmek için düşük kaliteli, metal taşıyıcı kalıntıları geri dönüştürmek için ek çabalar gereklidir.



## 1.2 Bakır ve alaşımları

### 1.2.1 Genel bilgi

Bakır yüz yıllardır kullanılmaktadır; bakır çok yüksek ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptir ve nispeten korozyona dirençlidir. Kullanılmış bakır kalitesini kaybetmeden geri dönüştürülebilir. Çeşitli pirinçler ve bronzlar yapmak için, bakır genellikle Zn, Sn, Ni, Al ve diğer metaller ile alaşımlandırılır [ 35, COM 1997 ].

Bakır üretimi, A sınıfı bakır katotlara dayanır, % 99.95 Cu gibi. Katotlar için A sınıfı kodlaması Londra Metal Borsası sözleşmesinden gelir ve bir İngiliz Standardını işaret eder. Bunun yerini, kalite, Cu CATH1 veya yeni Avrupa alfanümerik sistemde CR001A olarak belirlenmiş bir Avrupa CEN standardı olan EN 1978 almıştır.

Yüzde olarak kabul edilebilir maksimum katışkılar Tablo 1.1'deki gibidir:

**Tablo 1.1: Maksimum kabul edilebilir katışkılar**

Element/ler	Yüzde (%)
Ag	0.0025
As	0.0005
Bi	0.00020
Fe	0.0010
Pb	0.0005
S	0.0015
Sb	0.0004
Se	0.00020
Te 0.00020 As+Cd+Cr+Mn+P+Sb içeren	0.0015
Bi+Se+Te	0.0003
Se+Te	0.0003
Ag+As+Bi+Cd+Co+Cr+Fe+Mn+Ni+P+Pb+S+Sb+Se+Si+Sn+Te+Zn	0.0065

### 1.2.2 Malzeme kaynakları

Saflaştırılmış bakır nispeten az sayıdaki bakır rafinerileri tarafından birincil ve ikincil hammaddelerden üretilir; onların ürünleri bakır katottur. Bakır eritilir, alaşımlandırılır ve ayrıca çubuklar, profiller, teller, levhalar, şeritler, borular gibi ürünler üretmek için işlenir. Bu aşama rafineri ile entegre edilebilir, fakat genellikle başka bir yerde gerçekleştirilir.

Önemli bakır maden üretimi 2011 yılında çıkarılan 426700 ton bakır ile Polonya'da (Lubin'deki KGHM Polska Miedz S.A., Polkowice-Sieroszowice ve Rudna) bulunur. Diğer ölçülebilir AB maden ülkeleri İspanya (2009 yılında 72.000 ton bakır kapasitesi ile Las Cruces'deki bakır katotların maden ve hidrometalurjik üretiminin başlatılması), Portekiz (1989 yılında Neves-Corvo'da madencilik başlatılması, 2011'de 80 000 ton bakır üretimi), İsveç (83000 ton) ve Bulgaristan (115000 ton) [ 363, Brown et al. 2013 ].

2011 yılında yerli cevherlerden çıkarılan yaklaşık 835000 ton bakır ile AB-28 ülkesi toplam dünya bakır üretiminin % 5'ni oluşturmaktadır. [363, Brown et al. 2013].

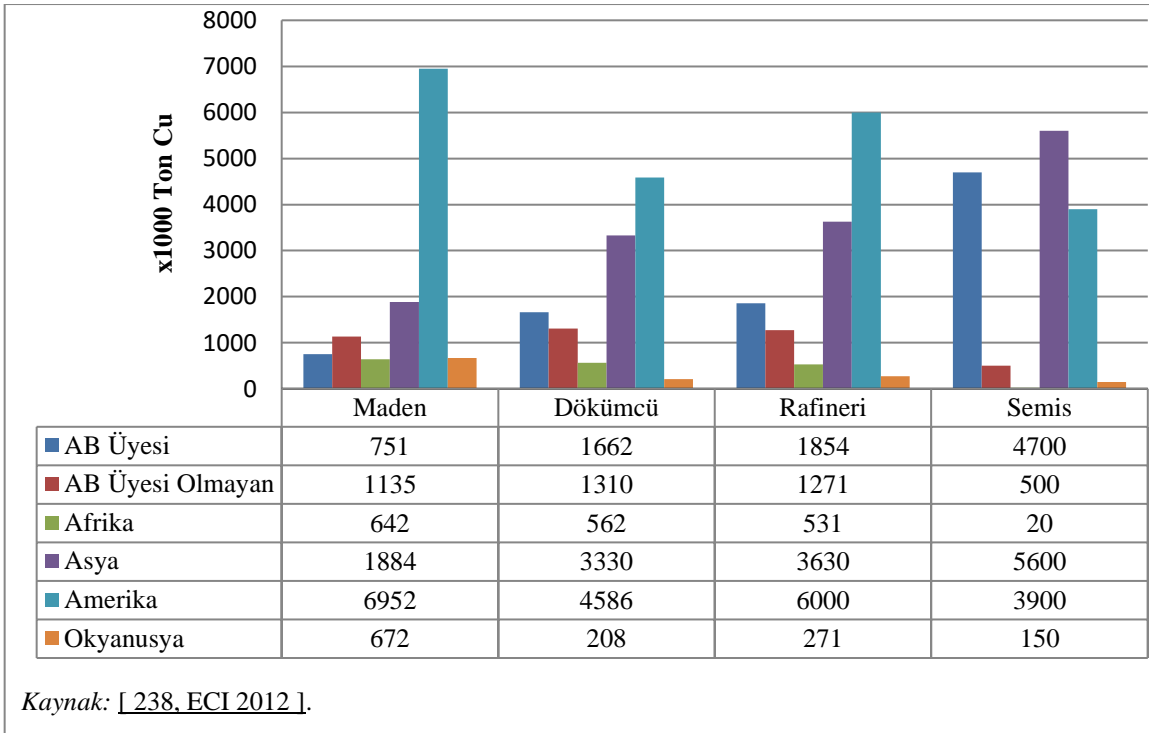
### 1.2.3 Üretim ve kullanım

Rafinerilerin ürünleri yarı mamül ürün üreticileri için temel hammaddelerdir. AB rafineri çıktılarının iki katı çıktısı olan AB-28 yarı mamül üreticileri doğrudan önemli bir miktarda, yılda bir milyon ton aralığında, hurda kullanmaktadır. Aynı zamanda, rafine edilmiş bakırın yeterli miktarda tedarik edilmesini sağlamak için uluslararası pazara da açılmalıdırlar. Hammaddelerinin yaklaşık %60'ının birincil kaynaklardan, kalan %40'nun hurda ve diğer ikincil malzemelerin doğrudan kullanımından geldiği tahmin edilmektedir [238, ECI 2012].

AB-27'de bakır ve bakır alaşım yarı mamül endüstrisinin 2005 çıktısı 5,2 milyon tonu geçmiştir (yaklaşık 4.8 milyon ton bakır eşdeğeri). Bu küresel üretimin bir çeyreğinden daha fazlasını temsil etmiştir. Nispeten bu yüksek yüzdeliğe rağmen, bu oran bu yüzyılın en düşük seviyesiydi, önceki altı yılın ortalamasından %10 daha düşük ve 2000 yılındaki zirveden % 20 daha azdı. Almanya, İtalya ve Fransa AB-28 üretiminin yaklaşık üçte ikisini oluşturur. Yarı üreticiler tarafından sağlanan ürün yelpazesi çok geniştir, ancak genelde çubuklar, profiller, teller, levhalar ve tüplerden oluşur. Uygulamalar, örneğin elektrik mühendisliği, otomobil, inşaat, sıhhi tesisat, makine, gemi yapımı, uçak, hassas aletler, saat ve saatler gibi sektörlerde kullanılan yarı mamüller ile eşit ölçüde farklıdır.

AB yarı mamül sektörünün üretim kapasitesi talebi aşmaktadır. 2005 Rakamları AB'nin yaklaşık yıllık 500000 ton ile net bir ihracatçı olduğunu gösterirken, bu fazla kapasite, sektörü ve onun ekonomik refahını, talepteki döngüsel hareketlere çok duyarlı hale getirmektedir.

Elektrik filmaşın sektörü yarı mamül üretimlerin yaklaşık olarak yarısını oluşturur. Toplamda yaklaşık 3000 kişi istihdam eden 20 şirket bu sektörde yer almaktadır. Bunun bir kısmı bakır rafinelerinin (KGHM ve Aurubis AG gibi) çıktıları doğrultusunda entegre olurken, önemli bir kısmı tel ve kablo üreticileri (Nexans and Prysmian gibi) ile zıt yönde entegre olmaktadır. Şekil 1.1 2005 yılında dünya çapında bakır üretimini göstermektedir ve yarı mamuller kütükleri, kekleri, külçeleri ve plakları ve ayrıca filmaşınları de içermektedir.



Şekil 1.1: 2005 Yılında dünya çapında bakır üretimi

Diğer bakır yarı imalat sektöründe daha fazla şirket yer alır. AB-28 içerisinde, 35000 çalışmanı olan yaklaşık 80 şirket bakır ve bakır alaşım çubukları, barlar, teller, bölümler, borular, plakalar, levhalar ve şeritler üretir. Bu sektör Fransa, Almanya, İtalya ve İspanya'da büyük üretim

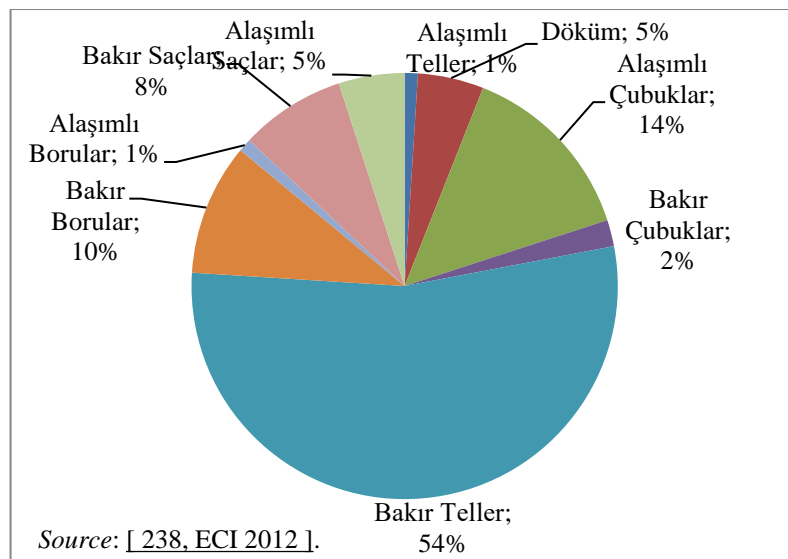
faaliyetleri gösteren KME Group SpA (IT) ve Avusturya, Almanya ve İngiltere’de faaliyet gösteren Wieland-Werke (DE) olmak üzere iki büyük şirket tarafından yönetilir. Boliden (SE) yarı mamül faaliyetleri 2004 yılında Outokumpu (FI) tarafından satın alındı. Daha sonra, bunların büyük bir kısmı 2006 yılında yeni bir şirket olan Luvata’ya devredildi. Diğer büyük şirketler Diehl (DE), Carlo Gnutti (IT) ve Halcor’dur (EL). Bu sektördeki yaklaşık 30 şirket, daha sonraki süreçler için külçe, kütük ve diğer birincil şekillerin üretimi için dökümhaneleri entegre etmiştir. Diğerleri bunları ya dökümcülerden/rafine edicilerden ya da diğer yarı ürün üreticilerinden satın alır [ 238, ECI 2012].

Tablo 1.2 AB (ve EAA)’daki bakır üretimini gösterir ve Şekil 1.2 ve Şekil 1.3 ürünleri gösterir.

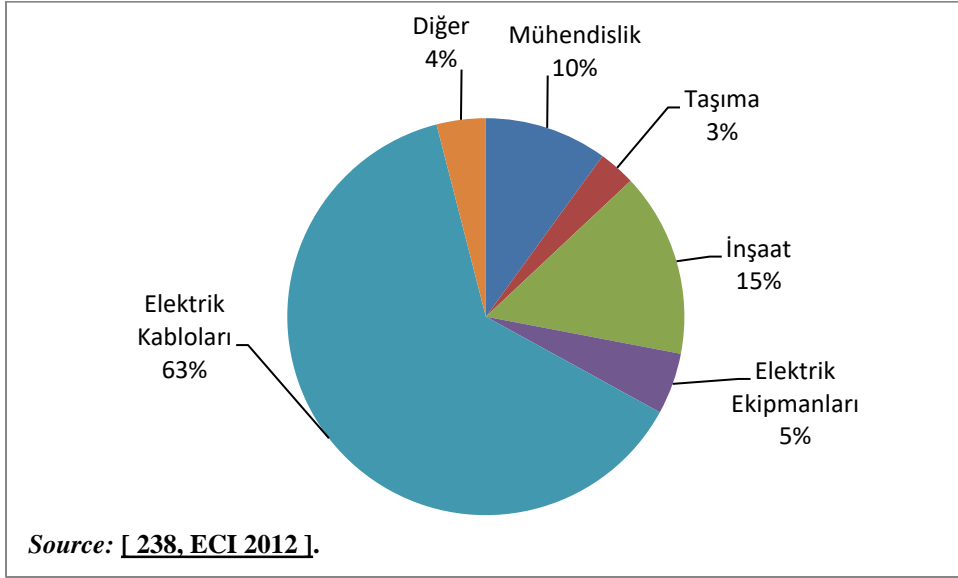
**Tablo 1.2: 2011 yılında Avrupa'daki bakır ve alaşımlarının üretimi**

Ülke	Bakır maden üretimi (kt)	Eritme bakır üretimi (kt)	Rafine edilmiş bakır üretimi (kt)
Avusturya	0	0	95
Belçika	0	0	402
Bulgaristan	118	264	226
Kıbrıs	4	0	4
Finlandiya	25	125	129
Almanya	0	352	686
İtalya	0	0	8
Norveç	0	38	38
Polonya	427	467	566
Portekiz	74	0	0
Romanya	6	0	0
İspanya	98	295	407
İsveç	82	207	214
Toplam	835	1748	2774

Kaynak: [ 363, Brown et al. 2013 ]



**Şekil 1.2: 2003 Yılında üretilen bakır yarı ürünler**



**Şekil 1.3: 2003 Yılında AB’de üretilen yarı ürünlerin son kullanımı**

### 1.2.4 Üretim Yerleri

AB-28’de yıllık artırılmış bakır üretimi 2011 yılında 2,7 milyon tona ulaştı, dünya çapındaki üretimin % 13,6’sını temsil eder. En büyük tesisler Almanya, Polonya, İspanya, İsveç, Finlandiya, Belçika ve Bulgaristan’da bulunur. Son artırılmış ürünler, bakır katotlar, elektrolitik işleme yöntemleriyle üretilir. Bunlar genellikle eritilir ve tesislerde kütük ve külçe olarak adlandırılan 'rafineri şekilleri' haline getirilir. Bazı bakır rafinerileri ayrıca ya rafinerinin bulunduğu yerde ya da başka bir yerde filmaşın üretir [ 238, ECI 2012].

AB-28 bakır rafinerilerine yapılan malzeme tedarikinin yaklaşık %45’i uluslararası piyasadan bakır konsantresi, blister, anot veya hurda olarak satın alınır. Geriye kalan %55 AB’de üretilen bakır konsantreler, bakır taşıyan artıklar ve hurdadan temin edilir.

Avrupa bakır eritme ve arıtma faaliyeti, öncelikle uluslararası pazarda hammadde temin ederek ve “yerli madencilik” den yararlanarak büyümeyi başarmıştır. Bu, tüketicilerin ve bakır işleyicilerinin ürettiği hurda bakır ve kalıntıların yanı sıra bina yıkımı ve ömrünü bitiren atıklardan (örneğin taşıtlar ve elektrikli ve elektronik atıklar gibi) oluşur. Birincil ve ikincil arzlara erişim giderek zorlaşmıştır. Bu kısmen bakır madenciliği ülkelerin kendi eritme ve arıtma tesislerini geliştirmesinden kaynaklanmaktadır, fakat aslında Çin ve Hindistan gibi hızlı sanayileşme ihtiyaçlarını karşılamak için bakır hammadde malzemeleri arayan ülkeler arasındaki büyük rekabet nedeniyle olmuştur.

2007 yılında, AB-27’de yaklaşık 10 000 kişinin çalıştığı 15 büyük bakır rafinerisi vardı.

Önemli değişiklikler [ 238, ECI 2012 ].:

KGHM Polonyanın dahil edilmesi;

Umicore’un (Union Minière) Olen ve Pirdop bakır faaliyetlerinin ayrılması yeni şirket olan Cumerio’ya aktarılması;

Hüttenwerke Kayser’in Norddeutsche Affinerie AG ile birleşmesi

Norddeutsche Affinerie AG ve Cumerio’nun Aurubis AG’ye birleşmesi;

Outokumpu Harjavalta ve Pori’nin New Boliden AB’ye birleşmesi;

Krompachy’nin Montanwerke Brixlegg’e birleşmesi ;

IMI Rafinerileri ve MKM’nin ikincil bakır dökümlerin kapatılması.

Avrupa bakır eritme ve arıtma endüstrisinin ortaya çıkan yapısı aşağıdaki gibidir:

- İspanya'nın Huelva şehrindeki Atlantic Copper S.A.;
- Finlandiya'nın Rönnskär şehrindeki ve İsveç'in Harjavalta ve Pori'deki tesisleriyle, New Boliden AB;
- Almanya'nın Hamburg ve Lünen'deki, Bulgaristan'ın Pirdop ve Belçika'nın Olen şehrindeki tesisleriyle, Aurubis AG;
- Polonya'nın Głogów (1 ve 2) ve Legnica'daki tesisleriyle, KGHM Polska Miedz S.A.
- Belçika'nın Beerse şehrindeki Metallo-Chimique ve onun İspanya Berango'daki kardeş şirketi Elmet S.L.;
- Avusturya'nın Montanwerke Brixlegg ve onun Slovakya'daki kardeş şirketi, Krompachy;
- Belçika'nın Hoboken şehrindeki Umicore.

Bunların bazıları, ana hammadde olarak bakır konsantreler kullanan, açık birincil maden eriticilerdir (Atlantic Copper, KGHM, Pirdop ve Harjavalta). Diğerleri, temel hammaddeleri alt değer zincirinden hurda ve kullanım ömrünü tamamlamış geri dönüşüm ürünleri kullanan, açık ikincil maden eriticilerdirdir. Boliden Rönnskär, KGHM Legnica ve Aurubis AG Hamburg gibi bazı şirketler hem birincil hem de ikincil hammaddeleri işleme esnekliğine sahiptirler. 2000 Yılından beri geliştirilen yeni kurulan, tesisler ve teknolojik yenilikler [238, ECI 2012 ]:

- Lünen'deki ikincil bakır malzemeler için KRS döküm;
- Hoboken'deki liç ve elektrokazanım tesisiyle birlikte ISASMELT firmı;
- Hamburg'da yaygın emisyonları yakalamak için ev içi konsepti;
- Çok fazlı süreçlerde birincil ergitme içinde kimyasal alçı tesisleri (Huelva ve Pirdop);
- Yeni fayalit cüruf atık tesisi (Pirdop).

İki şirket yıllık yaklaşık 500.000 ton veya üzerinde arıtılmış bakır kapasitesine sahiptir: KGHM, Polonya'daki üç, Głogów I ve II ve Legnica; ve Hamburg ve Lünen (Almanya) ve Olen (Belçika) ve Pirdop (Bulgaristan) yerleşkeleri ile Aurubis AG.

Diğer ikisi 300.000 ton civarında kapasiteye sahiptir: Rönnskär'da (İsveç) Boliden ve 2003 yılında Outokumpu'dan satın alınan Harjavalta/Pori (Finlandiya), ve Huelva'da (İspanya) Atlantik Bakır.

Brixlegg'deki (Avusturya) Montanwerke ve Krompachy (Slovakya) yaklaşık 100 000 ton civarında üretir ve Belçika Beerse'deki Metallo-Chimique ve İspanya'nın Berango kentindeki Elmet 50.000 tondan daha az (katot olarak fakat anot olarak 100.000 tondan daha fazla) üretir.

Hoboken (Belçika) 'daki Umicore (önceki Union Minière), Kokkola (FI) 'daki OMG ve Kıbrıs Bakır, Kıbrıs ayrıca 5000 ton ile 50 000 ton arasında kapasite ile doğrudan bir elektrokimyasal yöntem kullanarak rafine edilmiş bakır üretir.

Yeni Üye Devletlerde (Baia Mare, Romanya gibi) başka küçük tesisler de vardır fakat onlarla ilgili bilgi mevcut değildir.

Tüm şirketlerin eritme ve elektrolitik arıtma arasında dengeli kapasiteleri yoktur. Bazıları, anotlarının büyük bir bölümünü (>% 99 bakır), son katot (>% 99,9 bakır) üretimi için rafinerilere gönderir.

Hurda kaynağına bağlı olarak, AB'ye karşı ithalatlar, AB bakır eritme ve arıtma kapasiteleri son kullanıcı talebinin yarısından daha azını karşılayabilir. AB'nin rafine edilmiş bakır üretiminin bu yapısal sıkıntısının devam edeceği ve AB'nin büyük bir net ithalatçı olarak kalması bekleniliyor.

### 1.2.5 Önemli çevresel sorunlar

Tarihsel olarak, birincil kaynaklardan elde edilen bakır üretimi ile ilişkili büyük çevresel sorun, sülfür dioksitin sülfidik konsantrelerin kavrulması ve ergitilmesinden kaynaklanan havaya emisyonudur. Bu problem, şu anda, ortalama % 98,9 oranında sülfür fiksasyonu elde eden ve sülfürik asit ve sıvı kükürt dioksit üreten AB'li üreticiler tarafından etkin bir şekilde çözülmüştür.

İkincil bakır üretimi ile ilgili temel çevresel konular, aynı zamanda kullanımdaki çeşitli fırınlardan gelen baca gazları ile de ilgilidir. Ayrıca ikincil hammaddelerde küçük miktarlarda klor bulunması nedeniyle PCDD / F oluşumu potansiyeli vardır ve PCDD / F'nin imha edilmesi takip edilen bir sorundur [ 219, VDI 2007 ].

Sızan ve tespit edilemeyen emisyonlar hem birincil hem de ikincil üretim için giderek daha önemli hale gelmektedir. Proses gazlarını tespit etmek için dikkatli tesis tasarımı ve proses çalışması gereklidir.

Geri dönüşümlü malzeme bakır arıtma ve üretim tesislerinin hammadde tedarikinin önemli bir bileşenini oluşturur. Bakır, bakır uygulamalarının çoğundan geri kazanılabilir ve geri dönüşümde kalite kaybı olmadan üretim sürecine geri döner. Yerli birincil bakır kaynaklarına çok sınırlı erişimi olan AB endüstrisi, geleneksel olarak, bakır hammadde ticaret dengesinin büyük açığı azaltmak için büyük ölçüde hurda kullanımına dayanan, sözde yüzey madenlerine dikkat çekmiştir.

Yeni veya bakır hurda üretiminin neredeyse %100'ü geri dönüştürülür ve bazı çalışmalara göre, eski bakır hurdanın % 95'inin geri dönüştürüldüğü tahmin edilmektedir.

Genel olarak, ikincil hammaddeler AB bakır üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturur, ancak bazı durumlarda, pirinç çubuklar gibi, ürün sadece az miktarda birincil çinko girişi ile tamamen geri dönüştürülmüş bakır ve pirinçten üretilmiştir.

İkincil hammaddelerin kalitesi büyük ölçüde değişir ve bu malzemelerin çoğu kaynağı yarı ürün üreticileri tarafından doğrudan kullanılmaya uygun değildir. Endüstri için yeterli saflıkta malzeme sağlamak için hurda endüstrisine güvenilir ve hurdaya yönelik kabul edilmiş spesifikasyonlar olmasına rağmen, geniş çeşitliliklerle karşılaşılmaktadır. Ek işlemler veya arıtma sistemleri gerekebilir.

AB bakır endüstrisi, gelişmiş teknolojiler geliştirmiş ve karmaşık, düşük dereceli kalıntılar da dahil olmak üzere çok çeşitli bakır hurdalarını işleyebilmek ve aynı zamanda giderek daha sıkı çevre standartlarına uymak için önemli yatırımlar yapmıştır.

Endüstrinin bu yüksek geri dönüşüm oranını artırma yeteneği birçok karmaşık faktörlere bağlıdır.

## 1.3 Alüminyum

### 1.3.1 Genel bilgiler

Alüminyum özellikle ulaşım, inşaat ve ambalaj sektörlerinde, elektrik sektöründe, tüm yüksek voltajlı elektrik dağıtım sistemlerinde, ev aletlerinde ve mekanik ve tarım sektörlerinde geniş uygulama alanlarına sahip bir malzemedir [ 35, COM 1997 ]. Hafiftir, iyi elektrik iletkenliğine sahiptir ve havaya maruz kaldığında daha fazla korozyona uğramasını önleyen yüzey oksit tabakası oluşturur. Alüminyum, özellikle toz formunda oldukça reaktiftir ve çeşitli başka metallerin üretilmesi için alüminotermik reaksiyonlarda kullanılır.

Alüminyum endüstrisi, demir dışı metal endüstrilerinin en genç ve en büyüğüdür; alüminyum eritme ilk olarak 19. yüzyılın sonunda başladı. AB alüminyum endüstrisi, yaklaşık 255.000 kişilik bir

işgücünü doğrudan temsil etmektedir ve yıllık cirosu, 2013 yılında 40.000 milyon Euro seviyesindedir.

### 1.3.2 Malzeme kaynakları

Birincil alüminyum alüminaya dönüştürülen boksitten üretilir; 100 ton boksit, daha sonra 20-25 ton alüminyumun üretilebileceği 40-50 ton alumina (alüminyum oksit) üretir. Boksitin çoğu Avrupa dışında çıkarılır, fakat Avrupa’da çok sayıda alümina üretim tesisi vardır.

İkincil sanayi hurda kaynaklarına bağlıdır. Hurda, dövme ve dökme ürünlerin işlenmesi ve üretimi esnasında elde edilenler “yeni hurda” veya kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerden elde edilenler “eski hurda” olarak adlandırılır. “Yeni hurda” geri dönüşüm oranı üretilen miktarın %100’dür.

### 1.3.3 Üretim ve kullanım

Avrupa alüminyum endüstrisi, madencilik ve alümina üretimini, birincil ve ikincil eritme ve yarı işlenmiş ürünleri (örneğin çubuklar, profiller, teller, levhalar, folyolar, tüpler, borular) ve özel ürünleri (örneğin tozlar, özel alaşımlar) içerir. Tablo 1.3 AB-27’de alüminyum sektörünün ürettiği çeşitli malzemeleri göstermektedir.

**Tablo 1.3: AB-27’de 2007 ve 2012 yılında alüminyum üretimi**

Üretilen malzeme	2007 (Mt)	2012 (Mt)
<b>Metal üretimi</b>		
Boksit madenciliği	2.81	2.2
Alümina arıtma	6.9	5.8
Birincil metal üretimi	3.1	2.1
İkincil metal üretimi (arıtma + yeniden eritme)	5.1	4.1
<b>Yarı ürünler</b>		
Haddelenmiş	4.5	3.9
Ekstrüze edilmiş	3.2	2.5
Diğeri	1	1.2
<b>Toplam yarı ürünler</b>	8.7	7.6
Dökümler	33	2.9
<i>Kaynak: [ 380, European Aluminium Association 2012 ]</i>		

2007 yılında, AB-27 dünya birincil alüminyum üretiminin yaklaşık %8’ini oluştururken, net alüminyum ithalatçısı oldu. Tablo 1.4, dünya ülkelerindeki üretim ve tüketimi göstermektedir.

Tablo 1.4: Ülkelerin 2007 ve 2012 yılında birincil alüminyum üretimi ve tüketimi

	Üretim (kt)		Tüketim (kt)	
	2007	2012	2007	2012
AB-27	3093	2070	7739	6486
Avrupanın gerisi	2058	2111	528	469
US	2560	2070	5774	4869
Rusya	3949	4028	1130	934
Kanada	3083	2781	742	517
Çin	12 559	22 197	12 100	21 674
Avustralya	1963	1855	410	359
Brezilya	1655	1436	854	1033
Hindistan	1223	1714	1150	1784
Ortadoğu	1738	3709	NA	1143
Geriye kalan ülkeler	4154	3907	7642	8080
Toplam	41 128	47 878	45 808	47 348

NB: NA = Bilgi mevcut değil.  
Kaynak: [ 380, European Aluminium Association 2012 ]

Tablo 1.5 AB-27'ye ithal edilen alüminyum kaynaklarını toplam ithalatın bir yüzdesi olarak göstermektedir.

Tablo 1.5: AB-27'ye 2007 ve 2012'de birincil alüminyum ithalatları

	AB-27'ye ithalatlar (toplam ithalatın %)	
	2007	2012
Asya	3	5
Kuzey Amerika	5	4
Ortadoğu	6	11
Latin Amerika	9	1
Afrika	16	15
Rusya	17	12
Rusya dışında diğer Avrupa ülkeleri	44	52

Kaynak: [ 380, European Aluminium Association 2012 ]

2007 Yılında AB-27'nin ikincil hammaddelerden alüminyum üretimi küresel ikincil alüminyum üretiminin yaklaşık üçte birini temsil eder.

### 1.3.4 Üretim Yerleri

2007 yılında, AB-27'de toplam 25 tane birincil alüminyum eritme tesisi faaliyet gösteriyordu (2012'de 18 tane) ve ayrıca 10 tane de AÇA'da. Şirket sayısı çok daha küçüktür ve bunlar; Rio Tinto Alcan (İngiltere, Fransa ve İzlanda), Alcoa Europe (İspanya, İtalya ve İzlanda), Hydro Aluminium (Norveç ve Almanya), Zalco (Hollanda), Trimet (Almanya), Alro (Romanya), Slovalco (Slovakya), Talum (Slovenya), Mytilineos (Yunanistan), Rusal (İsveç) ve Yüzyıl (İzlanda)'dan oluşur. Bu şirketlerin bir kısmı dünyanın diğer bölgelerindeki yan kuruluşlara veya şubelere sahiptir veya uluslararası şirketlerin bir parçasıdır.

Yıllık 1000 tondan daha fazla ikincil alüminyum üreten 130'un üzerinde şirketin yer aldığı ikincil alüminyum sektöründe durum farklıdır. Üretim prosesleri ile haddeleme işlemi arasında iyi bir entegrasyon vardır fakat ekstrüzyon endüstrisi AB topraklarına yayılmış yaklaşık 300 üretim sahası ile daha az entegre edilmiştir. Birçok üretim faaliyetleri entegre edilmiştir, fakat bazı AB üreticileri faaliyetlerini sadece geri dönüşüm ve ikincil eritme veya yarı imalat gibi belirli bir segmente odaklanmaktadır.



### 1.3.5 Önemli çevresel sorunlar

Birincil alüminyum için temel çevresel sorunlar, elektroliz sırasında poliflorlu hidrokarbonların ve florürlerin oluşması, hücrelerden katı atıkların üretilmesi ve alümina üretimi sırasında katı atıkların üretilmesidir. Anotların sülfür içeriğinden SO<sub>2</sub> oluşması Hollanda'da bir sorundur. Endüstri bu emisyonları azaltmak için ilerleme göstermiştir, özellikle çevre ve enerji performanslarını geliştirmek için eritmelerin çoğunda Prebake teknolojisini benimsemiş ve geriye kalan Söderberg eritme tesislerini iyileştirmiştir.

İkincil alüminyum üretimi ile ilgili olarak, az çalışan fırınlardan ve zayıf yanma ve katı atık üretiminden (cüruf tuzu, aşınmış fırın astarları, atık ve filtre tozu) kaynaklanan toz ve PCDD/F potansiyel emisyonlardır.

Birincil alüminyum üretiminin temel maliyeti elektriktir ve bunun bir sonucu olarak üretim düşük maliyetli elektriğin mevcut olduğu yerlerde yoğunlaşma eğilimindedir, elektrik maliyeti üretim yerlerinin coğrafi dağılımı için en önemli belirleyicilerden biridir. Avrupa alüminyum endüstrisi, elektrik tüketimini azaltmak için önemli miktarda çaba sarf etmiştir, şu anda kg başına ortalama 15 kWh değerine ulaşmayı başarmıştır. İkincil alüminyumun üretimi ve artırılması enerji yönünden daha tasarrufludur, kg başına tüketim birincil alüminyum üretmek için gerekli enerjinin yaklaşık %5'i kadardır.

Hurda alüminyumun geri dönüşünü iyileştirmek için birçok girişimde bulunuluyor ve endüstri bu alanda aktif bir oyuncudur. Kullanılmış içecek kutularının (UBC) geri dönüşümü bunun bir örneğidir. Toplanan malzeme aynı alayım spesifikasyonuna sahip daha fazla içecek kutusu üretmek için kapalı bir döngü içerisinde geri dönüştürülür. İkincil endüstri doğru alayım kompozisyonunu üretmeye çok önem vermiştir ve hurda türlerinin ön sınıflandırılması önemlidir. Bunun bir örneği, belirli bir alayımı korumak için ekstrüzyon hurdasının ayrıştırılmasıdır.

## 1.4 Kurşun ve Kalay

### 1.4.1 Kurşun

#### 1.4.1.1 Genel Bilgi

Kurşun [35, COM 1997], yer kabuğunda bolca bulunan bir metaldir ve yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Saf sülfid cevherlerinde veya çinko ve az miktarda gümüş ve bakır içeren karışık cevherlerde bulunur. Kurşun yumuşak bir metaldir; düşük bir erime noktasına sahiptir ve korozyona dayanıklıdır. Bu özellikler hem saf haliyle hem de alayım veya bileşikler olarak büyük işlevsel değer sağlar.

Kurşun, ürünün kompozisyonuna göre sınıflandırılmıştır. Tablo 1.6 Avrupa Standardına göre kurşun türlerinin kimyasal bileşimini göstermektedir.

**Tablo 1.6: Avrupa Standardına göre kurşun türlerinin kimyasal bileşimi**

Tür gösterimi	Pb min.	1 Bi max.	2 Ag max.	3 Cu max.	4 Zn Max.	5 Ni max.	6 Cd max.	7 Sb max.	8 Sn max.	9 As max.	Toplam 1 ile 9 max.
PB 990R	99.990	0.010	0.0015	0.0005	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0005	0.0005	0.010
PB 985R	99.985	0.015	0.0025	0.0010	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0005	0.0005	0.015
PB 970R	99.970	0.030	0.0050	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.030
PB 940R	99.940	0.060	0.0080	0.0050	0.0005	0.0020	0.0020	0.0010	0.0010	0.0010	0.060

NB: Alman standardı DIN 1719, EN 12659 Avrupa Standardı için temeldir.

Kurşun kullanımında büyük değişiklikler olmuştur. Pil endüstrisi şu anda rafine edilmiş kurşun metalin yaklaşık %85'ini tüketmektedir ve yıllar içinde sürekli olarak artmaktadır. Kurşunun diğer kullanımları, pigmentler ve bileşikler, kablo kılıfı, mühimmat ve petrol katkıları vb. azalmaktadır. Kurşun levha gibi haddelenmiş ve ekstrüde edilmiş ürünlerde kurşun metal

kullanımı yıllar boyunca oldukça stabil olmuştur (bkz. Tablo 1.7).

**Tablo 1.7: Dünya çapında kurşun kullanımı**

Ticari kullanım	1973 (%)	1983 (%)	1993 (%)	2003 (%)	2011 (%)
Piller	29	36	60	66	82
Kurşun levha	8	6	5	5	6
Kablo kılıfı	7	4	3	1	0.9
Mühimmat	2	2	2	2	1
Alaşımlar	5	3	3	2	1
Pigmentler ve diğer bileşikler	9	9	10	8	5
Benzin katkısı	7	3	1	0.2	0.1
Diğer	2	2	4	3	2

*Kaynak: [377, ILA 2013]*

#### 1.4.1.2 Malzeme Kaynakları

Arıtılmış kurşun, kurşun veya karışık metal cevherleri ve konsantreleri formunda birincil malzemeden ve hurda ve kalıntı şeklinde ikincil malzemeden elde edilir. Birincil ve ikincil üretim arasındaki denge 1998'den beri değişmiştir ve 2011'de ikincil kaynaklar AB üretiminin % 77'sinden fazlasını oluşturmaktadır [377, ILA 2013].

Birincil üretim sonradan rafine edilen kurşun külçe üretmek için kurşun taşıyan cevherlerin eritilmesini gerektirir. Birincil kurşun cevheri üretiminin ekonomisi, cevher kütlelerinin gümüş ve çinko içeriği ile bağlantılıdır. Çoğu cevher kütükleri sülfürlü bileşiklerden (kurşun karbonat içeren cevher gövdeleri de vardır) oluştuğundan, kurşun metal üretimi sülfürik asit üretmek üzere işlenecek olan cevherlerin sülfür içeriğine ihtiyaç duyar. Birincil kurşun üreticilerinin çoğu, kendileriyle ilişkili karmaşık bir rafine etme işlemine sahiptirler ve ayrıca gümüş içeriğini bir gümüş-altın alaşımı olarak geri kazanmak için işlem yaparlar (altının oluştuğu yerlerde, cevher gövdelerinin altın içeriği düşüktür). Birincil arıtma bu nedenle kurşun-çinko cevheri gövdelerinin ekonomisine bağlıdır.

1996 Yılındaki 350.000 ton ile karşılaştırıldığında, ana üreticiler İrlanda, İsveç ve Polonya olduğu AB-27 ülkeleri 2012 yılında 200.000 ton kurşun konsantresi üretti. Dünya çapındaki başlıca kurşun cevheri üreticileri Çin, Avustralya, ABD, Peru ve Meksika'dır. 2012 Yılında dünyadaki toplam maden üretimi 5,2 milyon ton olarak bildirilmiştir. Dünya rafine edilmiş kurşun metal üretimi 2012 yılında 10.6 milyon ton olarak bildirilmiştir [377, ILA 2013].

İkincil rafine endüstrisi şimdi tüketilen kurşunun çoğunu sağlıyor. Kurşun-asit piller ikincil arıtma için ana hurda kaynağıdır. Endüstri bu pillerin geri dönüşümünü teşvik etmek için olumlu adımlar atıyor; bu oran dünya otomobil sayısı arttıkça ve eski pillerin dönüş oranı arttıkça artar. İkincil üretim ayrıca ikincil ham maddeler istenmeyen bileşikler içerebileceğinden, kükürt giderme ve diğer arıtma tesisleri gerektirir.

#### 1.4.1.3 Üretim ve kullanım

2012 Yılında AB-27'de 1 770 000 ton rafine kurşun metal üretildi ve bunun yaklaşık % 77'si ikincil kurşun üretiminden kaynaklandı. [ 377, ILA 2013]

Kurşun tüketimi kurşun asitli akülerin üretimi ve kullanımı ile bağlantılıdır ve üretimin % 80-85'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Kurşunun diğer uygulamaları çatı malzemeleri ve radyasyondan korunmayı içerir. Bazı uygulamalarda kurşun kullanımı birkaç AB yönetmeliğiyle sınırlıdır.

#### 1.4.1.4 Üretim yerleri

1998'den bu yana AB'de kurşun üretiminde kullanılan süreçlerde önemli bir değişiklik olmuştur. İki aşamalı sinterleme/şaft fırın süreçleri şu anda kapanmıştır ve Polonya'da kurşun ve çinko elde etmek için sülfidik ve oksidan materyalleri eritmek için kampanya bazında çalıştırılan bir şirket dışında işletilen tüm Imperial Eritme Fırınları da kapatılmıştır. 2008 yılında, AB-27'de iki tanesi Almanya'da ve bir tanesi İtalya'da olmak üzere sadece üç doğrudan doğruya ergitme prosesi vardı. Bakır ve değerli metalleri geri kazanmak için karmaşık bir metalurjik sürecin parçası olan kurşun üretimi etkilenmemiştir.

Tablo 1.8 AB-27'de 2006 yılındaki yıllık kurşun üretim kapasitesini verilmektedir.

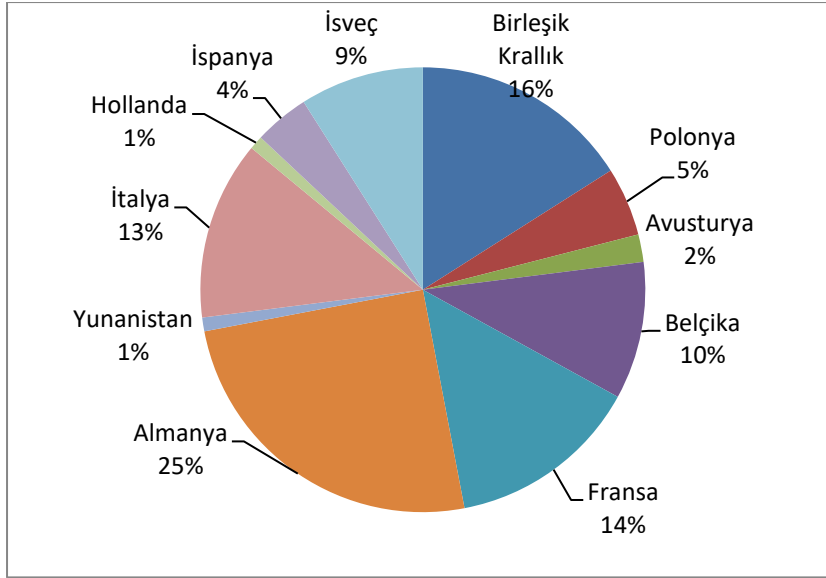
**Tablo 1.8: AB-27'de 2006 yılındaki yıllık kurşun üretim kapasitesini**

	Birincil veya birincil ve ikincil eritme birlikte (t/yr)	İkincil eritme		Total lead
		Şaft Fırını (t/yr)	Döner veya diğer fırın (t/yr)	Arıtma durumu (t/yr)
Avusturya	0	0	32 000	32 000
Belçika	30 000	50 000	40 000	120 000
Bulgaristan	70 000	30 000	0	100 000
Çekoslovakya	0	35 000	0	35 000
Fransa	0	0	120 000	120 000
Almanya	210 000	50 000	100 000	360 000
İtalya	100 000	0	160 000	260 000
Hollanda	0	0	20 000	20 000
Polonya	35 000	0	55 000	90 000
Portekiz	0	0	10 000	10 000
Romanya	40 000	0	0	40 000
İspanya	15 000	0	110 000	125 000
İsveç	65 000	45 000	0	110 000
İngiltere <sup>(1)</sup>	180 000	0	85 000	265 000
Diğerleri	30 000	0	30 000	60 000
<b>Toplam</b>	<b>775 000</b>	<b>210 000</b>	<b>762 000</b>	<b>1 747 000</b>

(<sup>1</sup>) Birincil ergitme işleminde AB dışı külçe içerir.

1997 yılından bu yana üretim kapasitesi 500.000 ton/yıl azalmıştır ve geriye kalan doğrudan eritmeler 50.000 ton/yıl ile 100.000 ton/yıl üzerinde kapasitelerini arttırmak için giderek daha fazla ikincil hammadde almaktadır.

İkincil kurşun endüstrisi, çoğu bağımsız olan çok sayıda küçük tesisle tanımlanır. AB'de 5.000 ton/yıl ile 65.000 ton/yıl üretim yapan yaklaşık 30 ikincil dökümcü/rafineri bulunmaktadır. Yerel bölgelerde üretilen hurdayı geri dönüştürürler ve arıtır. Bu rafinerilerin sayısı, çok uluslu büyük şirketler ve ana pil üretim grupları daha küçük ikincil tesisler edindikçe veya kendi geri dönüşüm tesislerini kurdukça azalmaktadır. Şekil 1.4, 2007 yılında Avrupa kurşun rafineri kapasitesini göstermektedir.



**Şekil 1.4: 2007 Yılında Avrupa kurşun eritme kapasitesi**

1998 Yılından bu yana üretim sahalarının sayısı azalmış ve toplam üretim kapasitesi 200.000 ton/yıl azalmıştır.

#### 1.4.1.5 Önemli çevresel sorunlar

Tarihsel olarak, birincil kaynaklardan kurşun üretimi ile ilişkili önemli çevresel sorun, sülfidik konsantrelerin kavrulması ve ergitilmesinden oluşan kükürt dioksitin havaya emisyonudur. Bu problem artık yüksek bir sülfür fiksasyonu elde eden ve sülfürik asit ve/veya sıvı kükürt dioksit üreten AB üreticileri tarafından etkin bir şekilde çözülmüştür. Yollardan, depolama alanlarından ve eski atık birikintilerinden gelen toz ve metal emisyonları da ayrıca potansiyel bir sorundur. [254, VDI 2004].

İkincil kurşunun üretimi ile ilgili temel çevresel sorunlar aynı zamanda kullanımdaki çeşitli fırınlardan çıkan egzoz gazları ile de ilgilidir. Ayrıca, ikincil hammaddelerde az miktarlarda bulunan klor nedeniyle PCDD/F oluşma potansiyeli vardır ve PCDD/F'nin imha edilmesi takip edilen bir konudur [254, VDI 2004].

Kurşun büyük çevresel endişe kaynağıdır ve birçok kurşun bileşiği toksik olarak sınıflandırılmaktadır. Genel politika normal olarak emisyonları teknolojinin durumu dikkate alınarak mümkün olan en düşük uygulanabilir seviyelerle sınırlamaktır ve geri dönüşüm normalde uygun ve ekonomik olduğunda yapılır. Çoğu kontrol tedbirleri esas olarak insan ve hayvan maruziyetiyle ilgilidir. Eritme tesislerinin yakınında yaşayan çocukların korunmasına yönelik önlemler özel öneme sahiptir. Çevre mevzuatı havaya salınan emisyonlardaki kurşunun azaltılması için yatırım yapılmasını gerektirir. Son yıllarda, kurşun konsantrelerinin eritilmesi için daha etkili yöntemler sunan birkaç yeni teknoloji geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu yöntemler çevreye emisyonları da azaltmıştır. Mevcut süreçler, teknoloji harikası kontrol ve önlem sistemleri kullanılarak geliştirilmiştir.

2012 Yılında, AB-27'de kullanılan rafine edilmiş kurşun metalin % 80'inden fazlasının elde edildiği piller, çok yüksek verimle geri dönüştürülmüştür. Eylül 2006 tarihli AB PİL Direktifi, 2006/66/EC, yüksek toplama oranlarını teşvik eder, kurşun pillerin imha edilmesini yasaklar ve 2010 yılından itibaren kurşun asitli akülerin ortalama ağırlığının % 65'lik bir geri kazanım oranını emreder. Kullanım ömrü sona eren araçlara ilişkin yönetmelikler (2000/53/EC) ve elektrikli ve elektronik ürünler ile ilgili yönetmelikler (2002/96/EC), belirli ürünlerde kurşun kullanımını sınırlandırmaktadır.

Kurşunu etkileyen düzenlemeler dört ana kategoriye ayrılır: mesleki maruziyet, emisyonlar (ortamın hava kalitesi), gıda ve su üzerindeki kontroller ve ürün kontrolü. Sınır değerler, koruyucu giysi, solunum cihazı, çamaşır yıkama tesisleri veya yeme, içme, sigara içme vb. ile

ilgili kurallar belirtilerek iş gücünün korunması ile ilgili kurullarla tamamlanmaktadır.

Genel atmosferdeki kurşun, Avrupa için daha temiz hava ve ortam hava kalitesine ilişkin AB genelinde havadaki kurşun seviyeleri için bir sınır belirleyen 2008/50/EC sayılı yönerge ile sınırlandırılır. Bu sınır değerler güncelleniyor. Sudaki kurşun seviyeleri ayrıca suyun türüne ve kullanımına bağlı olarak, örneğin insanların tüketimi için amaçlanan su, banyo suyu, balıkçılık suları ve yiyecek ve içme suyuyla temas eden maddeler gibi su ile ilgili çok sayıda direktiflerle kontrol edilir. Spesifik olarak, kurşun su politikası alanında Topluluk eylemi için bir çerçeve oluşturan 2000/60/EC sayılı Direktifin Ek X'inde öncelikli bir madde olarak tanımlanmaktadır.

## 1.4.2 Kalay

### 1.4.2.1 Genel Bilgi

Kalay, M.Ö. 3500 yıllarına dayanan kullanımı ilişkin referanslarla dünyanın en eski metallerinden biridir. Yerkabuğunda bulunan farklı kalay taşıyan minerallerden sadece kalay taşı (SnO<sub>2</sub>) önemlidir. Kalay taşı hem derin sert kaya madenlerinde hem de sığ alüvyon kaynaklarında bulunur ve endüstriyel yöntemler veya temel ve basit aletler kullanılarak kolaylıkla çıkarılabilir. Diğer birçok metalden farklı olarak, kalay taşı madenciliği, büyük ölçekli üreticilerin yanı sıra zanaatkâr ve küçük madenciler tarafından da gerçekleştirilmektedir.

Kalay, haddeme, ekstrüzyon ve eğirme ile soğuk işlemeye kolayca uyarlanabilen yumuşak, esnek bir metaldir. Diğer metallerle kolayca alaşımlar oluşturur, sertlik ve dayanım kazandırır. Amfoterik yapısı nedeniyle kalay güçlü asitlerle ve güçlü bazlarla reaksiyona girer ancak nötr çözümlere karşı nispeten dirençli kalır.

2011 Yılında kalayın başlıca kullanım alanları: lehim, %52; teneke, %17; kalay kimyasalları, %15; ve diğeri %16'dır [294, ITRI 2012]. Kalay çoğu zaman küçük miktarlarda imal edilen bir malzemenin üzerinde veya içersinde yer alır. Kalay, haddeme, çekme, ekstrüzyon, atomizasyon ve döküm yoluyla elde edilen döküm ve dövme formlarında birçok endüstriyel uygulamalarda kullanılır; teneke, örneğin 0,15–0,25 mm kalınlığa kadar haddelenmiş ve saf kalayla ince bir şekilde kaplanmış düşük karbonlu çelik saclar veya şeritler; çelik, dökme demir, bakır, bakır-bazlı alaşımlar ve alüminyumdan imal edilmiş ürünlere (levha veya şeritlerin dışında) uygulanan kalay kaplamalar ve kalay alaşımı kaplamaları; kalay alaşımları; ve kalay bileşikleri.

### 1.4.2.2 Malzeme kaynakları

2011 Yılında çoğu Çin'de (110.000 ton), Endonezya'da (51.000 ton), Peru'da (34.600 ton), Bolivya'da (20.700 ton) ve Brezilya'da (12.000 ton) olmak üzere yaklaşık 253.000 ton kalay çıkarılmıştır [294, ITRI 2012]. İkincil veya hurda kalay aynı zamanda metalin önemli bir kaynağıdır. Kalayın ikincil üretim yoluyla geri kazanılması veya hurda kalayın geri dönüştürülmesi hızla artmaktadır.

Geri kazanılmış kalay alaşımlarının özellikle de lehimin, pirinç ve bronzların ve kurşun alaşımlarının yeniden kullanılması dikkate alındığında, ikincil malzemeler herhangi bir tipik yılda toplam kalay kullanımının %30'undan fazlasına katkıda bulunur. Bu alaşımlar saf kalaya yeniden arıtmaya gerek kalmadan tekrar kullanılabilir. Bununla birlikte, ikincil tekrar rafine edilmiş kalay üretiminde yıllık 50.000 tonu aşan, toplam rafine metal üretiminin yaklaşık %16-17'sine eş değer ve 2011 yılında 65.000 tonun üzerinde bir miktar ile yeni bir büyüme kaydedilmiştir.

Kalay içeren alaşımlı hurda birincil metaller ve alaşımların üretilmesinin bir parçası olarak ikincil dökümcüler tarafından işlenir; kurşun rafinerileri lehim, kalay atıkları, beyaz alaşım ve bu tür metal kullanır. Bu tip hurdalar yeniden eritilir, demir, bakır, antimon ve çinko gibi kalıntılar giderilir ve hurda piyasaya ikili veya üçlü alaşım olarak geri gönderilir. Hurda metali

temizleyerek elde edilen artık birincil arıtma işlemine geri gönderilir.

### 1.4.2.3 Üretim ve kullanım

İspanya ve Portekiz kalay madeni üreten iki AB-28 ülkeleridir ve hatta daha sonra sadece küçük miktarlardadır. Tablo 1.9, dünya çapındaki madenlerden çıkarılan kalay miktarına genel bir bakış sunmaktadır.

**Tablo 1.9: 2006 ve 2012'de yıllık dünya kalay (madenden) üretimi**

Ülke	Kalay üretimi (ton olarak cevherdeki kalay)	
	2006	2012
Avustralya	2783	6158
Bolivya	17 669	19 700
Brezilya	9528	10 800
Birmanya	900	700
Burundi	44	69
Çin	126 300	115 900
Kongo Demokratik Cumhuriyeti	5485	2462
Endonezya	80 933	91 000
Laos	600	965
Malezya	2398	3726
Nijer	13	0
Nijerya	1400	1800
Peru	38 470	26 105
Portekiz	25	42
Rusya	2600	600
Ruanda	3013	3500
İspanya	0	69
Tayland	225	199
Viyetnam	5400	5400

*Kaynak: [ 363, Brown et al. 2013 ]*

### 1.4.2.4 Üretim yerleri

Ergitme kalay üretimi ile ilgili olarak, Belçika % 3,5'luk bir dünya payına sahip olan tek AB-28 üreticisidir. Tablo 1.10, dünya çapında ergitme kalay üretimine genel bir bakış sunar.

**Tablo 1.10: 2006 ve 2012'de yıllık dünya kalay (smelter) üretimi**

Ülke	Kalay üretimi (ton)	
	2006	2012
Avustralya	572	0
Belçika	8000	11 400
Bolivya	14 089	14 300
Brezilya	8780	9600
Çin	132 100	148 100
Endonezya	65 357	50 000
Japonya	854	1133
Malezya	22 850	37 822
Peru	40 495	24 811
Rusya	3700	1400
Thayland	27 540	19 996
Vietnam	2665	4000

*Kaynak: [ 363, Brown et al. 2013 ]*

### 1.4.2.5 Temel çevresel sorunlar

Kalayın erime sıcaklığı (232 °C) genel yapısal metallerinkiyle karşılaştırıldığında düşüktür, oysa kaynama sıcaklığı (2625 °C) tungsten ve platin grubu haricindeki çoğu metalden daha fazladır. Erime ve diğer metallerle alaşımlama sırasında buharlaşma ile kaybı önemsizdir. Kalay oksit çözünmez ve kalay cevheri hava koşullarına karşı güçlü bir şekilde direnç gösterir, bundan dolayı topraktaki ve doğal sulardaki kalay miktarı düşüktür. Topraktaki konsantrasyonlar 1-4 ppm aralığındadır, ancak bazı topraklarda 0.1 ppm'den az ve turba gibi diğerleri 300 ppm içerir [295, Gaver C. Jr 2013]. Tek atomlar veya moleküller olarak kalay, organizmalar için çok toksik değildir; toksik form organik formdur. Organik kalay bileşikleri uzun süre çevre içerisinde kalabilir. Organik kalay suya yayılabilir ve su ekosistemlerine zarar verebilir. Mantarlar, algler ve fitoplanktonlar için çok toksiktirler.

## 1.5 Çinko ve Kadmiyum

### 1.5.1 Kalay

#### 1.5.1.1 Genel Bilgi

Çinko [35, COM 1997], [117, Krüger, J. 1999], alüminyum ve bakırdan sonra demir dışı metaller içerisinde üçüncü en yüksek kullanımına sahiptir. Göreceli olarak düşük bir erime noktasına sahiptir ve pirinç gibi bir çok alaşımın üretiminde kullanılmaktadır. Çelik (galvanizleme) gibi diğer metallerin yüzeylerine kolaylıkla uygulanabilir ve metal kaplama olarak kullanıldığında çinko tercihen kurban kaplama olarak korozyona uğrar. Çinko ayrıca ilaç, besin, inşaat, pil ve kimya sanayinde kullanılır. Tablo 1.11'e bakınız.

**Tablo 1.11: Dünya ve Avrupada çinko kullanımı**

Çinkonun ticari kullanımı	Dünya genelinde 1995 (%)	Dünya genelinde 2000 (%)	Dünya genelinde 2005 (%)	Avrupa 2005 (%)
Galvanizleme	47.9	48.6	51.4	44.4
Çinko alaşımlama	12.9	15.7	16.4	14.5
Pirinç ve bronz	20.7	19.3	17.0	20.4
Çinko yarı mamul ürünler	6.5	6.2	5.7	12.6
Kimyasallar	8.5	7.0	6.1	6.5
Çinko tozu veya tozu	0.5	0.2	0.2	0.2
Diğerleri	3.1	3.0	1.4	1.4

Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ]

Çinko çeşitli kalitelerde piyasaya tedarik edilir, en yüksek kalitesi % 99,995 çinko içeren özel yüksek dereceli (SHG) veya Z1'dir, en düşük kalitedeki iyi sıradan marka (GOB) veya Z5 ise yaklaşık % 98 safliktadır. Sektör, barlar, çubuklar ve teller (çoğunlukla pirinç) gibi ekstrüzyon ürünleri, tabakalar ve şeritler gibi haddeleme ürünleri, döküm alaşımları ve oksitler gibi tozlar ve kimyasal bileşikler (bkz. Tablo 1.12 ve Tablo 1.13) üretir.

Tablo 1.12: Başlıca çinko kaliteleri

Kalite dereceleri	Renk kodu	Nominal çinko içeriği	1 Pb max.	2 Cd max.	3 Fe max.	4 Sn max.	5 Cu max.	6 Al max.	1-6 Topl. max.
Z1	White	99.995	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.005
Z2	Yellow	99.99	0.005	0.003	0.003	0.001	0.002	-	0.01
Z3	Green	99.95	0.03	0.005	0.02	0.001	0.002	-	0.05
Z4	Blue	99.5	0.45	0.005	0.05	-	-	-	0.5
Z5	Black	98.5	1.	0.005	0.05	-	-	-	1.5

Kaynak: [1, CEN 2003]

Tablo 1.13: Secondary zinc grades

Kalite	Nominal çinko içeriği	1 Pb max.	2 Cd max.	3 Fe max.	4 Sn max.	5 Cu max.	6 Al max.	1-6 Toplamı max.	Açıklama
ZSA	98.5	1.3	0.02	0.05	- <sup>(1)</sup>	-	0.05	1.5	Başlıca ZN külleri gibi çinko içeren proses hurdasından elde edilmiş
ZS1	98.0	1.3	0.04	0.05	0.7 <sup>(1)</sup>	-	0.1	2.0 <sup>(2)</sup> 1.5	Başlıca hurda geri dönüşümünden elde edilmiş.
ZS2	97.5	1.5	0.05	0.12	0.7 <sup>(1)</sup>	-	-	2.5 <sup>(2)</sup> 2.0	Ayrıca kullanılmış ürünler

<sup>(1)</sup> Pirinç üretimi için max. Sn % 0.3.  
<sup>(2)</sup> Galvaniz uygulamaları için, EN ISO 1461: çinko banyoları % 1.,5'den daha az alaşım elementleri ( Fe ve Sn hariç) ve % 2 (Fe ve Sn dahil) içermelidir.  
Kaynak: [1, CEN 2003]

Son kullanımlar çok sayıda uygulamalar içerir; bunların en önemlisi otomobil, cihaz ve inşaat endüstrileri için paslanmaya karşı çeliğin korumasıdır. Çinko alaşımları (örneğin, pirinç, bronz, döküm alaşımları) ve çinko yarı mamüller sırasıyla bina, cihaz ve otomobil endüstrilerindeki uygulamalarla birlikte ikinci ve üçüncü büyük tüketim alanlarıdır.

### 1.5.1.2 Malzeme Kaynakları

Metal, bir çok çinko konsantresinden pirometalurjik veya hidrometalurjik işlemlerle üretilir. Bazı konsantreler yüksek oranda kurşun içerir ve bu metaller de geri kazanılır. Çinko da kadmiyum ile ilişkilidir ve konsantreler bu metalin kaynağıdır.

AB konsantreleri 1980'lerin sonuna doğru AB rafinerisi talebinin % 45'inden fazlasını karşılamamıştır. Bu takip eden on yılda % 25'e düştü. 12 Yeni Üye Devletin (2004) katılımından sonra, AB konsantreleri talebin % 38'ini oluşturmuştur. Kuzey Amerika, Avustralya ve bazı Güney Amerika ülkelerinde maden üretim kapasitesi arttıkça, bu açık ithalat artışıyla karşılanmıştır.

Çinko içeren kalıntılarda (örn., çelik tesislerinden gelen baca tozu) geri dönüştürülmüş ürünler (örneğin Waelz oksit) ve galvanizleme kalıntıları (küller, cürufur, çamurlar, vb.) gibi ikincil hammaddeler kullanılır. Pirinç işleme ve kalıp döküm hırdası ve ömrünü tamamlamış çatı kaplama ürünleri de ayrıca çinko kaynağıdır. İkincil kaynaklardan elde edilen metal üretimi, 1994 yılında AB'nin toplam çinko üretiminin % 8'inden fazlasını oluşturmuştur. Çinko ve çinko ürünlerinin geri dönüşümü, sektör için önemli bir konudur.



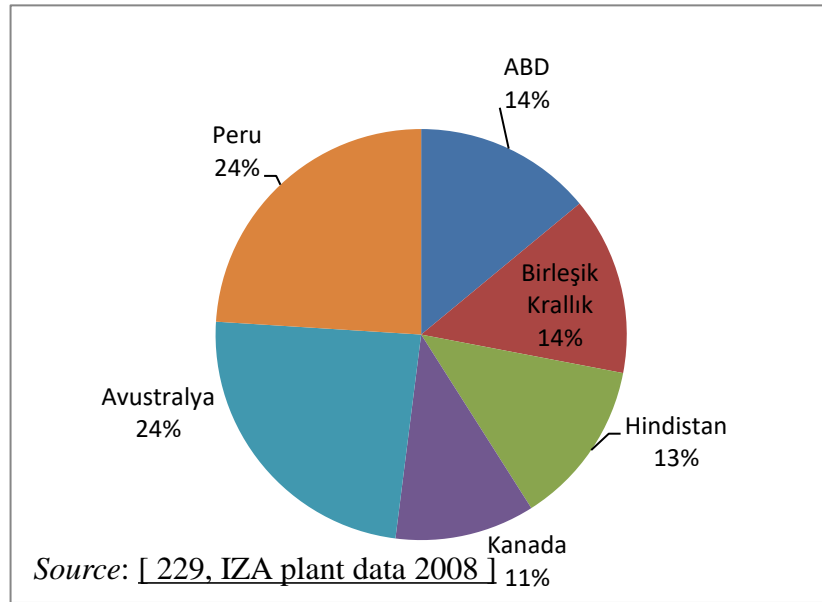
### 1.5.1.3 Üretim ve kullanım

AB'nin maden üretimi büyük ölçüde İrlanda, İsveç ve Polonya tarafından sağlanmış ve 2007 yılında çinko konsantresi üretimi 818.000 ton olmuştur. 1998'deki 400.000 tondan bu artış, süreç optimizasyonu, yeni maden işletmelerinin açılması ve Polonya'nın katılımının bir sonucudur. Rafine çinko tüketimi 1 640 000 tondan 1 770 000 tona yükselirken, pazar ekonomisi ülkelerinde çinko talebinin % 30'u, metal üretimi 1992 yılında aştığı 1,8 milyon tonluk seviyenin altına gerilemiştir. Tablo 1.14, Tablo 1.15 ve Şekil 1.5'e bakınız.

**Tablo 1.14: 2007 Yılında dünya çinko konsantresi üretimi**

	1995'de Üretim (kt)	2000'de Üretim (kt)	2005'de Üretim (kt)	2007'de Üretim (kt)
Hindistan	NA	NA	NA	745
Kanada	1121	1002	667	619
Avustralya	882	1380	1329	1402
Peru	692	910	1202	1444
ABD	644	852	748	787
AB	555	676	841	818

NB: NA = Mevcut değil  
Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ]



**Şekil 1.5: 2007 Yılında Çin hariç dünyada konsantrelerden çinko üretimi**

Çin'den sonra AB, dünyada üçüncü ve dördüncü sırada yer alan Kanada ve Japonya'nın çok ötesinde çinko üretimi ile ikinci sırada yer alıyor. 2007 yılında, AB üretimi, toplam 11 milyon ton olan pazar ekonomisinin yaklaşık % 20'sine denk gelen 2.160.000 ton ana metal üretimi olarak kaydedildi. Ayrıca Çin'den sonra, AB pazar ekonomisi ülkeleri arasında çinko için en büyük tüketici alanıdır. 2007 yılında tüketilen 2.500.000 ton çinko, rapor edilen Çin pazarının % 30'nun altındaydı ve en büyük üçüncü tüketici pazarı olan ABD'nin iki katından daha fazlaydı.

Tablo 1.15: Dünya rafine çinko üretimi

	1995'de Üretim (kt)	2000'de Üretim (kt)	2005'de Üretim (kt)	2007'de Üretim (kt)
Çin	NA	NA	NA	3700
AB	1999	2016	2034	2160
Kanada	720	780	724	802
Hindistan	NA	NA	NA	745
Japonya	664	654	638	598
US	363	371	350	266
Avustralya	322	494	457	502
CIS	410	538	608	668

NB: NA = Mevcut değil.  
Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ]

#### 1.5.1.4 Üretim yerleri

Birincil çinko esasen kavurma-liç elektrokazanım (RLE) prosesleri ve Emperyal Eritme Ocağı (ISF) damıtma işlemiyle üretilir. Tablo 1.16 Avrupa'daki sahaların yerlerini ve kapasitelerini göstermektedir.

Tablo 1.16: 2007 yılında Avrupada birincil hammaddelerden çinko üretimi

Ülke	Şirket	Yer	Proses	Kapasite (t/yr)
Belçika	Nyrstar	Balen-Overpelt	RLE	260 000
Bulgaristan	KCM OCK	Plovdiv	RLE	75 000
		Kardjali	RLE	45 000
Finlandiya	Boliden	Kokkola	RLE	305 000
Fransa	Nyrstar	Auby	RLE	130 000
Almanya	Ruhr-Zink <sup>(1)</sup> Xstrata	Datteln	RLE	150 000
		Nordenham	RLE	140 000
İtalya	Glencore	Portovesme (Sardinia)	RLE	100 000
Hollanda	Nyrstar	Budel-Dorplein	RLE	240 000
Norveç	Boliden	Odda	RLE	165 000
Polonya	ZGH Bolesław HC Miasteczko Slaskie	Bolesław	RLE	90 000
		Miasteczko	ISF	80 000
Romanya	Mytilineos	Copsa Mica	ISF	45 000
İspanya	Xstrata Española del Zinc	San Juan de Nieva	RLE	490 000
		Cartagena	RLE	NA

(<sup>1</sup>) Ruhr-Zink 31.12.2008 tarihinde üretimi durdurdu.  
NB: Mevcut değil  
RLE: Roast-leach-electrowin.  
ISF: Imperial Smelting Furnace.  
NA = Mevcut değil  
Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ]

Çinko, levhalar, pirinç ve kalıp döküm parçaları gibi ömrünü tamamlamış tekrar eritilen ve tekrar kullanılan ürünlerden geri dönüştürülür. Çinko ayrıca çinkonun baca tozu ile dumanlandığı ve geri kazanıldığı özel tesislerdeki elektrik ark ocaklarında (EAF) hurda çeliğin yeniden eritilmesinden de geri dönüştürülmektedir.

Tablo 1.17 Avrupadaki üretim yerlerini ve kapasitelerini göstermektedir.

Tablo 1.17: Avrupada (2007) ömrünü tamamlamış ürünlerden geridönüşüm miktarı

Ülke	Şirket	Yer	Yöntem	Zn olarak ortalama üretim(kt/yıl)
Bulgaristan	KCM	Plovdiv	Waelz	20
Fransa	Arcelor-Mittal Recytech	Isbergues	MHF <sup>(1)</sup>	20
		Fouquières	Waelz	25
Almanya	Befesa	Duisburg	Waelz	20
	Befesa	Freiberg	Waelz	45
	Recylex	Gosslar	Waelz	15
İtalya	Pontenossa, SpA Glencore	Pontenossa	Waelz	20
		Portovesme	Waelz	20
Lüksemburg	Arcelor-Mittal	Waiver	MHF <sup>(1)</sup>	25
Norveç	Eras Metal	Hoyanger	Plasma	15
Polonya	Bolesław recycling	Bolesław	Waelz	25
İspanya	Befesa	Bilbao	Waelz	35

<sup>(1)</sup> MHF: Çok bölmeli fırın.  
Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ]

### 1.5.1.5 Temel çevresel sorunlar

Tarihsel olarak, birincil kaynaklardan çinko üretimi ile ilişkili önemli çevresel sorun, sülfür dioksitin sülfidik konsantrelerin kavrulması ve ergitilmesinden kaynaklanan havaya emisyonudur. Bu problem, artık yüksek bir sülfür fiksasyonu elde eden ve sülfürik asit ve sıvı kükürt dioksit üreten AB üreticileri tarafından etkin bir şekilde çözülmüştür.

Kalsin ve diğer malzemelerin liç edilmesi demir içeren likör üretir. Demirin çıkarılması, çeşitli metaller içeren önemli miktarlarda katı atık üretilmesine neden olur. Bu atığın bertarafı çok yüksek bir standartta koruma ve izleme gerektirir.

Kavurma ve kalsinasyondan kaynaklanan yaygın emisyonlar da çok önemlidir ve tüm proses aşamaları için dikkate alınması gerekir. Çinkonun elektrolizinden yayılan asit buhar emisyonları bunun özel bir örneğidir.

Çinko ve çinko ürünleri büyük ölçüde geri dönüştürülebilir. Geçmiş tüketim ve ürün yaşam döngülerine dayalı tahminler, geri kazanılabilir çinkonun % 80'lik bir geri kazanım oranına ulaşıldığını göstermektedir. Çinko için geri dönüşüm sistemi sadece çinko metali için değil aynı zamanda birçok farklı form için çok ileri düzeydedir.

## 1.5.2 Kadmiyum

### 1.5.2.1 Genel bilgi

Kadmiyum periyodik tablonun çinko alt grubuna aittir ve 1817'de ZnCO<sub>3</sub>'ün araştırılması sırasında Friedrich Strohmeyer tarafından bulunmuştur. Minerallerde çinko ile 1: 300 Cd ile Zn arasında bir oranda ilişkilidir. Çinkoya fiziksel olarak benzer, ancak daha yumuşak ve daha yoğun ve parlatılabilir. Çinkodan farklı olarak, alkalilere karşı dayanıklıdır. Kadmiyum ayrıca, nötronların iyi bir emicisidir ve bu nedenle nükleer reaktörlerde sıklıkla kullanılır. Bileşiklerinde +2 oksidasyon durumuna sahiptir. Kadmiyum, dünya genelinde 0,1 ppm ile 1 ppm arasında bir içerikle toprağın üst tabakasında dağıtılmaktadır.

### 1.5.2.2 Malzeme kaynakları

Grenokit (CdS) veya otavite (CdCO<sub>3</sub>) ve CdO gibi sadece birkaç kadmiyum-spesifik mineral vardır. Bu minerallerin hiçbiri endüstriyel olarak önemli değildir. Kadmiyumu yaklaşık % 0,2'lik bir konsantrasyonda izomorfik bileşen olarak içeren çinko mineralleri, kadmiyum geri kazanımı için ekonomik öneme sahiptir. Ayrıca kurşun ve bakır cevherleri az miktarda kadmiyum içerebilir.

### 1.5.2.3 Üretim ve kullanım

Diğer metallerden farklı olarak, kadmiyum sadece nispeten yakın zamanda rafine edilmiş ve kullanılmıştır; üretim ve kullanım sadece son 50 ila 60 yıl arasında ortaya çıkmıştır. Bugünün başlıca kullanım alanları:

- elektrolitik kadmiyum kaplamalar;
- nikel kadmiyum bataryaları;
- plastikler için bazı pigmentler ve stabilizatörler;
- özel termal ve elektriksel iletkenlik uygulamaları, elektriksel temas alaşımları ve nükleer kontrol çubukları için alaşımlar;
- Güneş pilleri için küçük miktarlar kullanılır.

1988'den bu yana, küresel kadmiyum üretimi, 20 000 ton/yıl'dan 18.000 ton/yıl'a kadar sürekli olarak düşmüştür. Kadmiyumun çeşitli uygulamalarda kullanımı 1970'den beri değişmiştir ve teknik, ekonomik ve çevresel faktörlerden etkilenmiştir. Bu metal fiyatlarını etkiledi. 1970'lerde metal fiyatları lb başına 3 ABD dolarına ulaştı ve 1980'lerde lb başına 1,1 USD ile 6,9 ABD doları arasında değişti. O zamandan beri, kadmiyum fiyatı lb başına 1 ABD dolarına düştü ve hatta lb başına 0,45 ABD dolarına kadar düştü, ki bu seviye çinko fiyat seviyesine eşdeğerdir.

Ana kadmiyum üreticisi ve kullanıcı ülkeleri Tablo 1.18'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.18: 2007 Yılında başlıca kadmiyum üreticileri ve kullanıcıları**

Ülke	Üretim (t/yr) (Cd ve Cd bileşikleri)	Kullanım (t/yıl)
Kore	3704	100
Çin	3000	5407
Kanada	1388	107
Japonya	1934	2210
Belçika	0	4799 (as CdO)
Meksika	1584	140
ABD	700	441
Almanya	575	666
Fransa	300	268

Geri kazanılan kadmiyum:

- ergitme işleminden gelen baca tozundan pirometalurjik Pb-Cu geri

kazanımından;

- sinter/kavurma işleminden ve ham çinkodan gelen baca tozundan pirometalurjik Pb-Zn geri kazanımından;
- elektrolit arıtımında üretilen kadmiyum sementatında çinkodan hidrometalurjik yöntemle çıkarılması.

Baca tozları genellikle daha sonra  $CdCO_3$  olarak çökeltilen veya % 90'dan fazla kadmiyumla kadmiyum süngerine indirgenen kadmiyumu ayırmak için  $H_2SO_4$  ile liç edilir. Sünger, NaOH altında eritilebilir ve vakumla damıtılır veya çözülür ve elektroliz edilir.

Saf çinko ve % 60'tan fazla kadmiyum içeren bir Cd-Zn alaşımı üretmek için New Jersey sütunlarında ham çinko damıtılabilir. New Jersey damıtma işleminden Cd-Zn alaşımı, saf kadmiyum üretilmeden önce iki kez damıtılır.

Çimentolar genellikle yüksek saflıkta kadmiyum ( $\geq\% 99,99$  kadmiyum) üretmek için çözülür ve elektroliz edilir.

#### 1.5.2.4 Üretim yerleri

1990'larda, birkaç AB işletmeleri faaliyeti durdurdu. Kadmiyum hala kontrollü koşullar altında ana çinko işlemlerinden çıkarılır ve kalıntı atık mevzuatına göre güvenli bir şekilde biriktirilir. Geri dönüşüm gerçekleşir, ancak çok az şirket yer alır. Esas olarak, kullanılmış piller kadmiyum ve nikeli geri kazanmak için geri dönüştürülmektedir (bkz. Tablo 1.19).

**Tablo 1.19: 2007 Yılında başlıca Avrupalı birincil ve ikincil üreticiler**

Ülke	Şirket	Yer	Yöntem	Kapasite (t/yıl)
Bulgaristan	KCM OCK	Plovdiv Kardjali	RLE	320 100
Fransa	SNAM	Viviez	Recycling	300
Almanya	Xstrata Accurec	Nordenham Mülheim	RLE Recycling	475 100
İtalya	Glencore	Portovesme	RLE	450
Hollanda	Nyrstar	Budel	RLE	575
Norveç	Boliden	Odda	RLE	100
Polonya	H.C. Miasteczko Sl.	Miasteczko Slaş	ISF	350
İsveç	SAFT	Oskarshamn	Recycling	300
Romanya	Mytilineos	Copsa Mica	ISF	100

### 1.5.2.5 Temel çevresel sorunlar

Kadmiyum bileşiklerinin mevzuatının statüsü, emisyonlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Atmosferdeki kadmiyum seviyesi, ortam havasındaki arsenik, kadmiyum, cıva, nikel ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar ile ilgili 2004/107/EC sayılı Direktif ile sınırlıdır. Kadmiyum ayrıca, su politikası alanında Topluluk eylemi için bir çerçeve oluşturan 2000/60/EC sayılı Direktifin Ek X'inde öncelikli bir tehlikeli madde olarak tanımlanmaktadır.

Tipik bir çinko üretim prosesi 600 t/yıl kadmiyum üretebilir. Kadmiyum üretimi, yaygın emisyonları önlemek ve tozu çok yüksek bir standartta çıkarmak için yakından kontrol edilir. Genel nüfusun kadmiyuma maruziyetinin % 2'sinden azı, toplam yaşam döngüsündeki kadmiyum taşıyan ürünlerden çevreye olan emisyonlardan oluşmaktadır.

Birçok uygulamada, kadmiyum alaşımları önemlidir ve diğer malzemelerle yer değiştirilemez. Benzer şekilde, şarj edilebilir pillerdeki kadmiyum kullanımı da çevresel fayda sağlayabilir.

Kadmiyumun insanlardaki kritik etkisi renal tübüler bozukluğudur. Tübüler hasar ileri evrelerde tedavi edilemez, bu nedenle önleme tanıdan daha önemlidir. Kadmiyumun uzun biyolojik yarı ömrü, uzun yıllar boyunca böbrek seviyelerinde sürekli bir artışa yol açabilir ve bu nedenle geçmiş maruziyet genellikle mevcut maruziyetten daha önemlidir. Bu perspektifte, AB işletmelerin çoğu 2006 yılında güncellenen EMI/CdA kılavuz belgesinde yer alan risk önleme ve risk yönetimi önlemlerini uygulamaktadır.

## 1.6 Değerli metaller

### 1.6.1 Genel bilgi

Kıymetli metaller [35, COM 1997], altın ve gümüş gibi iyi bilinen metalleri ve altı platin grubu metalini (PGM'ler) içerirler: platin, paladyum, rodyum, iridyum, rutenyum ve osmiyum. Nadir ve içsel değeri nedeniyle değerli metaller olarak adlandırılırlar.

AB, bu metallerin gerçek mineral kaynakları sınırlı olmasına rağmen, dünyadaki değerli metaller için en büyük arıtma ve üretim kapasitesine sahiptir. Değerli metallerin hurda ve endüstriyel atıklardan geri dönüşümü, AB değerli metal endüstrisi için her zaman önemli bir hammadde kaynağı olmuştur.

AB'de başlıca altın tüketimi mücevher içindir, elektronik ve diğer endüstriyel ve dekoratif uygulamalarda tüketimi daha düşüktür. Gümüşün başlıca kullanıcıları endüstriyel uygulamalardır (% 47), fotoğrafçılık ve kuyumculuk sektörleri sırasıyla % 6 ve % 15'tir. Platin grubu metaller

katalizörler olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve AB'de satılan araçlar üzerindeki emisyon sınırlamalarının uygulanması, katalitik konvertörlerde kullanımlarına yönelik talebi artırmıştır.

### 1.6.2 Malzeme Kaynakları

Dünyanın her yerinde bulunan maden ocakları, büyük miktarlarda değerli metalleri, ham cevher veya yan ürün formlarında AB rafinerilerine gönderir. Önemli değerli metal kapasiteleri olan rafineriler Belçika, Almanya, İsveç, Finlandiya ve Birleşik Krallık'ta bulunur. Bulgaristan, Polonya ve Romanya, değerli metaller veya kıymetli metal içerikli baz metallerde önemli madencilik faaliyetlerine sahiptir. Bu faaliyetler genellikle kurşun ve çinko, bakır veya nikel cevherleri gibi değerli metalleri ve her türden düşük dereceli hurda malzemelerini geri kazanmakta ve saf metalleri çubuklar veya levhalar, tane veya sünger içinde tedarik etmektedir.

Avrupa'da değerli maden cevherlerinin küçük yatakları vardır; Tablo 1.20, 2005 ve 2012 yıllarında maden üretimini göstermektedir. Polonya, Meksika'dan sonra dünyanın ikinci en büyük gümüş üreticisi konumundadır. Bu kaynaklar, dünyanın başlıca gümüşünün yaklaşık % 25'ini, dünyanın başlıca altınlarının % 1,1'ini ve dünyanın başlıca PGM'lerinin % 0,08'ini oluşturmaktadır. Yunanistan'da altın depozitleri geliştirilmekte ve katkıları önümüzdeki yıllarda önemli olacaktır.

**Tablo 1.20: 2005 ve 2012 yıllarında değerli metal madeni üretimi**

Ülke	Gümüş (t)	Gümüş (t)	Altın (t) 2005	Altın (t) 2012	PGM (t) 2005	PGM (t) 2012
Finlandiya	15.0	128.2	0.5	10.8	0.1	0
Fransa	1.0	NR	3.5	NR	NR	NR
Yunanistan	25	31	NR	NR	NR	NR
İrlanda	4.0	9.4	NR	NR	NR	NR
İtalya	5.0	0	NR	NR	NR	NR
Polonya	1244	1149	0.71	0.92	0.07	0.05
Portekiz	24	29.9	NR	NR	NR	NR
Romanya	20	18	0.5	0.5	0.01	NR
İspanya	5.0	32.6	5.4	1.3	NR	NR
İsveç	268	309.3	6.3	6.0	NR	NR

NB: NR = Rapor edilmemiş  
Kaynak: [ 363, Brown et al. 2013 ]

Avrupa, gerçek tespit ve arıtma aşamaları gerçekleşmeden önce hurda ve ikincil malzemelerin toplanması, ön-işlemesi ve ticaretinde uzmanlaşan bir çok şirkete sahiptir. Tipik ürünler, atılan katalizörler, baskılı devre kartları, eski bilgisayarlar, eski fotoğraf filmi, X-ışını plakaları ve solüsyonlar, harcanan elektrokaplama banyoları vb.

### 1.6.3 Üretim ve Kullanım

Geri kazanım ve geri dönüşüm maliyeti, bu hurda ve kalıntılarda bulunan kıymetli metallerin yüksek içsel değeri ile karşılanmaktadır. Sadece kıymetli metallerin geri dönüşümünü teşvik eden ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda çöp için gönderilen atık malzemelerin tolere edilebilir metal içeriği üzerinde daha katı sınırların koyulduğu çevresel konular da söz konusudur.

AB'de altın, gümüş ve platin grubu metallerin rafinasyonu, uzman değerli metal arıtma ve imalat şirketlerinde veya ana metal rafinerilerde gerçekleşir. AB firmalarının toplam değerli metal rafineri kapasitesi dünyanın en büyüğüdür (bkz. Tablo 1.21).

**Tablo 1.21: 2006 yılında Avrupa rafinerilerinin yıllık kapasiteleri**

Ülke	Gümüş (t/yıl)	Altın (t/yıl)	PGM (t/yıl)
Avusturya	190	70	1
Belçika	2440	60	45
Fransa	1520	135	12
Almanya	2700	193	92
İtalya	1050	115	15
Hollanda	130	15	1
Polonya	1500	3	0
İspanya	830	30	5
İsveç	250	15	1
İngiltere	2320	300	100
İsviçre	620	565	14
Diğer AB ülkeleri	50	10	5

Rafineri kapasitesi gerçek işlenen miktarın yaklaşık iki katıdır, bu nedenle işlenmiş metalin hızlı bir şekilde geri dönüşü sağlanabilir.

Değerli metallerin çoğu saf metaller veya alaşımlar olarak oldukça kolay bir şekilde üretilir. Özellikle altın ve gümüşler, aşınma direncini veya rengini iyileştirmek için genellikle mücevher veya dental amaçlı özel alaşımlara dönüştürülür. Yüksek içsel değer ve gerekli olan çok çeşitli form ve alaşımlar nedeniyle, bu metaller genellikle baz metallerle karşılaştırıldığında nispeten küçük miktarlarda imal edilir veya işlenir. Tonaj miktarlarında üretilen az sayıdaki değerli metal ürünlerden biri, fotoğraf endüstrisi için gümüş nitrattır.

Değerli metaller için Avrupa talebi yüksektir. Mücevher ticareti en fazla altın tüketimine ve gümüşün endüstriyel uygulamalarına sahiptir. En yüksek platin tüketimi, oto katalizör üretimindedir. Diğer başlıca kullanımlar kimyasallar, dişçilik ve madeni paralar gibi yatırımlardır. 2006 Yılında değerli metaller için talep aşağıdaki Tablo 1.22'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.22: 2006 Yılında değerli metal talebi**

Toplam talep	Gümüş (t/yıl)	Altın (t/yıl)	PGM (t/yıl)
Avrupa	5710	881	85
Dünya	26142	3692	488

#### 1.6.4 Üretim yerleri

AB'nin önde gelen değerli metal rafinerileri ve imalatçıları uluslararası ölçekte faaliyet göstermekte ve kendi alanında dünya lideridir. Önde gelen isimler Almanya'da Umicore ve Heraeus, Birleşik Krallık'ta ise Johnson Matthey ve Vale'dir. ABD değerli metaller şirketi Engelhard Corporation, AB'de birkaç yıl boyunca faaliyet gösterdi. Engelhard'ın katalizör üretim ve rafineri tesisleri, 2008 yılında BASF tarafından satın alındı.

Önemli değerli metal içeren büyük AB baz metal rafineri, Belçika'da Umicore, Almanya'da Aurubis, Finlandiya'da Norilsk Nikel, Polonya'da KGHM Polska Miedz ve İsveç'te Yeni Boliden'dir.



### 1.6.5 Çevresel sorunlar

AB değerli metal rafinerileri, çok güçlü bir şekilde araştırma ve geliştirmeye odaklanmış, teknik olarak gelişmiş, yüksek performanslı bir endüstri oluşturmaktadır. İşlemler genellikle HCl, HNO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub> ve organik çözücüler gibi tehlikeli reaktifler kullanır. Bu materyalleri içermek için gelişmiş işleme teknikleri kullanılır ve küçük ölçekli üretim, bu tekniklerin potansiyel emisyonları en aza indirmek ve azaltmak için etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlar. Bu, sadece değerli metaller için yeni kullanımları değil, aynı zamanda mevcut uygulamalarda kullanılan değerli metallerin miktarlarını ekonomik hale getirme tekniklerinin keşfini de kapsamaktadır. Hammaddeler yoğun örnekleme ve testlere tabi tutulur ve herhangi bir işlem atığı aynı standartta analiz edilir.

Bu metallerin ikincil hammaddelerden geri kazanımı özellikle önemlidir ve bu malzemelerin çoğu diğer endüstriler tarafından atıklar olarak sınıflandırılır.

## 1.7 Ferro-alaşımalar

### 1.7.1 Genel Bilgi

Ferro alaşımlar, alaşım elementleri olarak bir miktar demir ve bir veya daha fazla demir içermeyen metal içeren ana alaşımlardır. Silikon metal, ferro-silikon ile aynı metalürjik işlemde üretilir ve bu nedenle bir ferro-alaşımı olarak kabul edilir. Ferro alaşımlar çelik üretiminde deoksidasyon elemanları olarak kullanılırlar ve krom, silikon, manganez, nikel, vanadyum ve molibden gibi alaşım elementlerinin metalürjik süreçlere güvenli ve ekonomik olarak dahil edilmesini sağlarlar, bu şekilde alaşımlı metale bazı istenen özellikler kazandırılır, örneğin Korozyon direnci, sertlik veya aşınma direnci.

Demir alaşımlarının önemi, daha gelişmiş ve daha gelişmiş çelik kalitelerinde daha iyi kontrol edilen miktarlar elde etmek için çeşitlendirilmiş alaşım elementleri talep eden çelik metalürjisinin ilerlemesiyle artmıştır. Ferro-alaşımlı sanayi, çelik endüstrisi için önemli bir tedarikçi oldu.

Silikon metal, alüminyum ve kimyasal ve elektronik endüstrilerinde, güneş pillerinde, vb. Bir alaşım elemanı olarak kullanılır.

Ferro alaşımlar genellikle iki grupta sınıflandırılır:

- elektrikli ark ocaklarında büyük miktarlarda üretilen dökme demir alaşımları (ferro-krom, silikon metal ile birlikte ferro-silikon, ferro manganez, siliko-manganez ve ferro-nikel);
- Daha az miktarlarda üretilen özel ferro alaşımlar (ferro-titanyum, ferro-vanadyum, ferro-tungsten, ferro-niyobyum, ferro-molibden, ferro-bor, alaşımlı veya rafine edilmiş ferro-silikon, silikon metal ve üçlü / dördü alaşımlar) ama artan önemi ile.

Dökme demir alaşımları çoğunlukla çelik üretimi ve çelik veya demir dökümhanelerinde kullanılmaktadır. Özel ferro alaşımların kullanımları çok daha çeşitlidir ve çelik üretiminde kullanılan oran son yıllarda alüminyum ve kimya endüstrilerinde, özellikle de silikon ürünlerinde kullanılanlar lehine azalmıştır.

### 1.7.2 Malzemelerin Kaynakları

Ferro alaşımların üretimi için hammaddeler (alaşım elementleri) ana ürünlerdir (silikon için kuvarsit, krom için kromit, nikel için mat, vb.) Veya madencilik yan ürünleri (bakır madenciliğinden gelen molibdenit). Tabii ki, iki kaynak aynı anda var olabilir. Çoğu durumda FeCr ve FeMn üretimi için demir kısım da cevherden alınır ve demir eklenmez.

Ham maddeler ayrıca, çoğunlukla demir ve çelik hurdadan gelen bileşimin demir payında olduğu gibi, aynı zamanda alaşım elementinin kendisi için, örneğin titanyum olan hurdadan da geri kazanılabilir. Çelik ark ocağı ve dönüştürücü filtre tozu gibi çelik fabrikalarından elde edilen artıklar, kumlama ve öğütme tozunun yanı sıra artan önem taşıyan önemli ikincil hammaddelerdir. Alaşım elementleri için ana hammadde kaynakları ve maden yatakları aşağıda verilmiştir.

- Kromit çoğunlukla Güney Afrika ve Kazakistan'da bulunan iki büyük yatakta yoğunlaşmıştır. Hindistan, Brezilya ve Avrupa (Finlandiya, Türkiye, Arnavutluk ve Yunanistan) gibi diğer yerlerde daha küçük mevduatlar bulunur.
- Ferro-silikon ve silikon metal üretmek için hammadde, dünyanın her yerinde mevcuttur, ancak tüm kaynaklar, silikon alaşımlarının tüm aralıklarında kabul edilebilir ekonomik ve kaliteli koşullar altında üretime izin vermez.
- Manganez içeren cevher çoğunlukla Güney Afrika, Ukrayna, Gabon ve Avustralya'da bulunur. Brezilya, Hindistan, Meksika ve Myanmar'da daha küçük olaylar bulunur. Cevherin kalitesi (manganez içeriği ve kirliliklerin seviyesi / seviyesi) ferro-alaşım üretiminin ekonomisini büyük ölçüde etkileyebilir.
- Nikel içeren cevher çoğunlukla Avustralya, Yeni Kaledonya, Endonezya, Filipinler, Çin,

Brezilya, Kolombiya, Kanada, Kazakistan, Rusya ve Afrika'da bulunur. Cevherin içindeki nikel konsantrasyonu, kullanılan ekonominin üretimini etkileyen metalürjik işlemin türü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

- Özel alaşım elementleri genellikle birkaç ülkede yoğunlaşmaktadır (Kuzey Amerika, Şili ve Çin'de molibden, Brezilya'da niyobyum) ve fiyatlar ve bulunabilirlik ekonomik koşullara çok hassastır.
- Zengin cürüflar da önemli bir ham maddedir ve FeMn proseslerinden ve batarya geri kazanımından gelir.

### 1.7.3 Üretim ve Kullanım

Yaklaşık 1978 yılından bu yana, ferro-alaşım pazarı dünya çapında önemli ölçüde değişti. Gelişmekte olan ülkelerdeki tüketim, çelik üretim endüstrilerinin gelişmesiyle büyük ölçüde artmış ve şu anda çelik üretiminin durgunlaştığı ya da yavaş bir oranda büyüdüğü sanayileşmiş ülkelerin geleneksel pazarlarının artan payını almıştır. AB ferro-alaşımli sanayi bu nedenle, yeni sanayileşmiş ülkelere ve son yıllarda Doğu Avrupa, BDT ve Çin ülkelerinden artan oranda ithalatla karşı karşıya bulunuyor.

Sonuç olarak, AB ferro-alaşımli üretim, AB'de üretilen toplam ferro alaşımların azalan bir eğilimine neden olan zorlu rekabete maruz kalmıştır. Gerçek toplam Avrupa ferro alaşımlarının farklı alaşımlara ayrılması ve üretildikleri ülkeler Tablo 1.23'te görülebilir. Küresel ferro alaşım üretimi, 2003 ile 2007 arasında 22,6 milyon tondan 31,8 milyon tona yükselirken (bakınız Tablo 1.24) Avrupa ferro-alaşım üretimi 3 milyar tondan 2,1 milyon tona geriledi. 2007 yılında önde gelen ferro-alaşımli üretici ülkeler, Çin, Güney Afrika, Ukrayna, Rusya ve Kazakistan'ın azalan sırasına göre artmıştır. Bu ülkeler dünya ferro-alaşım üretiminin% 78'ini oluşturmaktadır.

Dökme demir alaşımları üretimi için kullanılan son Avrupa yüksek fırın 2003 yılında kapandı ve şimdi Avrupa'daki tüm dökme demir alaşımları elektrik ark ocaklarında üretildi.

**Tablo 1.23: Yıllık ton başına 2006'dan 2012'ye kadar dökme demir alaşımlarının Avrupa'daki üretimi [ 363, Brown et al. 2013 ].**

Ülke	Alt emtia	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Avusturya	Ferro-molibden	5.000	5.000	5.000	4.500	4.000	4.000	4.000	4.000
	Demirli nikel <sup>(1)</sup>	2.500	2.500	3.000	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500
	Ferro-vanadyum	6.250	6.250	6.500	6.300	6.200	8.000	8.000	8.000
Bulgaristan	Ferro-silikon	10.000	10.000	10.000	6.000	3.000	0	0	0
Çek Cumhuriyeti	Ferro-vanadyum	2.600	2.800	1.700	2.800	1.900	3.400	4.600	5.700
Finlandiya	Ferro-krom	234.881	243.350	241.760	233.550	123.310	238.000	231.000	229.000
Fransa	Ferro-mangan	NA	NA	144.000	46.600	46.000	138.100	130.500	131.000
	Ferro manganez ve spiegeleisen	109.111	139.533	0	0	0	0	0	0
	Ferro-siliko manganez	52.300	63.300	65.400	60.200	54.100	62.400	63.400	64.000
	Ferro-silikon	67.000	34.000	31.000	30.000	18.300	27.000	59.000	60.000
	Silikon metal	100.000	100.000	120.000	118.000	80.000	112.000	128.000	130.000
Almanya	Ferro-krom	22.672	26.710	22.030	26.960	13.667	17.300	17.800	17.800
	Diğer ferro	25.400	24.100	5.000	5.000	6.336	9.200	9.000	9.000
	Silikon metal	29.349	29.865	29.379	29.092	27.620	30.105	30.134	28.574
Yunanistan	Ferro-nikel	96.000	89.000	93.300	83.200	42.400	69.600	94.000	96.435
İzlanda	Ferro-silikon	114.844	113.798	114.886	107.882	112.992	114.230	120.076	131.818
İtalya	Ferro-mangan	32.000	30.000	30.000	30.000	20.000	25.000	25.000	27.000
	Ferro-siliko manganez	99.000	96.600	87.000	87.000	56.000	108.000	145.000	110.000
Norveç	Ferro-mangan	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000
	Ferro-siliko manganez	288.137	325.708	293.699	273.485	247.615	281.266	248.700	266.000
	Ferro-silikon	329.316	123.819	170.024	185.344	233.974	200.000	170.102	203.886
	Diğer ferro	60.000	60.000	62.000	60.000	150.000	150.000	150.000	150.000
	Silikon metal	178.572	150.000	140.000	180.135	169.643	170.000	170.000	170.000
Polonya	Ferro-mangan	7.782	4.089	2.093	8.475	1.736	800	800	800
	Ferro-siliko manganez	10.242	3.310	15.590	25.061	72	100	400	200
	Ferro-silikon	65.118	13.034	58.538	56.031	9.673	53.206	72.668	79.400
	Diğer ferro	3.663	4.488	6.255	2.948	4.190	200	300	300
Romanya	Ferro-krom	0	0	0	6.179	15.377	14.353	0	0
	Ferro-mangan	18.625	3.777	0	0	0	0	0	0
	Ferro-siliko manganez	100.957	66.476	26.868	9.979	0	20.605	30.000	30.000
Slovakya	Ferro-krom	867	19	0	0	0	0	0	0
	Ferro-siliko manganez	47.843	59.128	71.587	59.940	32.000	34.960	25.036	50.089
	Ferro-silikon	16.512	16.155	8.583	10.844	4.600	26.419	32.304	32.726
	Diğer ferro	48.161	65.498	74.065	61.194	22.250	38.860	18.575	12.862
Slovenya	Ferro-silikon	15.529	12.550	6.000	0	0	0	0	0
İspanya	Ferro-mangan	35.000	148.000	155.000	161.000	60.100	134.000	108.000	108.000
	Ferro-siliko manganez	100.000	100.000	153.000	158.000	59.200	132.000	164.000	165.000
	Ferro-silikon	70.000	67.000	71.000	74.000	44.000	64.400	57.000	57.000
	Silikon metal	32.000	32.000	32.000	33.000	23.000	32.500	43.000	45.000
İsveç	Ferro-krom	127.500	136.400	124.400	118.700	31.100	64.400	80.140	35.800
	Ferro-silikon	9.800	4.600	4.300	0	0	0	0	0

NB: NA = mevcut değil.

<sup>(1)</sup> Avusturya ferro-nikel üretimini 2013 yılında durdurdu.

**Tablo 1.24: Yılda ton olarak (2003-2007) fırın tipi ve alaşım tipine göre küresel ferro alaşım üretimi (brüt ağırlık, t/yıl)**

Fırın Türü	Alaşım Tipi	2003	2004	2005	2006	2007
Yüksek Fırın	Ferro-mangan	899.000	826.000	648.000	764.000	774.000
	spiegeleisen	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
	Diğer	104.000	104.000	63.500	63.500	83.500
Elektrikli Fırın	Ferro-krom	6.070.000	6.590.000	6.910.000	7.340.000	8.370.000
	Ferro krom silisyum	123.000	131.000	128.000	129.000	133.000
	Ferro-mangan	3.130.000	3.840.000	3.770.000	4.190.000	4.420.000
	Ferro-nikel	983.000	1.050.000	1.080.000	1.140.000	1.170.000
	Ferro-niobyum (ferrocolumbium)	37.000	26.200	39.900	42.600	43.100
	Ferro-silikon	4.950.000	5.660.000	5.800.000	6.480.000	6.760.000
	Siliko mangan	4.620.000	6.020.000	6.080.000	6.930.000	7.310.000
	Silikon metal	703.000	760.000	811.000	628.000	641.000
	Diğer 27	1.000.000	1.360.000	2.330.000	4.100.000	4.630.000

Teknik ve metalürjik gelişmeler ve demir-çelik üretimindeki değişiklikler nedeniyle, özellikle sanayileşmiş ülkelerde ferro-alaşımın tüketim örüntüsü değişmiştir:

- karbon çeliği, hurdadan elektrik ark ocaklarında artan bir şekilde üretilir; bu, alaşım elementlerinin geri kazanılmasını mümkün kılar ve ferro-alaşımın nispi tüketimini azaltır;
- Daha verimli karbon çeliği üretimi (örneğin sürekli döküm) ve daha gelişmiş bir metalürji, manganezin tüketiminde önemli bir düşüşe neden olmuştur (7 kg / ton çelikten 20 kg'da 5 kg / ton'a) ve ferro- silikon (20 yılda 5 kg / ton çelikten 3.5 kg / ton'a);
- Metalürjik olarak gelişmiş alaşım elementleri (niobyum, molibden) ve arıtma elemanları (kalsiyum) için artan bir ihtiyaç, artan özel alaşım tüketimine yol açmıştır;
- Artan paslanmaz çelik üretimi, krom alaşımının (özellikle yüksek karbonlu ferro krom) tüketiminde önemli bir artışa yol açmıştır.

Batı Avrupa tüketimi, yılda 4,2 milyon ton az ya da çok durgun olmuştur ve üretimi 1988'den beri 4 milyon tondan 3 milyon tona düşmüştür.

#### 1.7.4 Üretim Sahaları

Avrupa'da yaklaşık 60 sanayi üretim sahasında farklı ferro alaşım üreten bir çok şirket var. En büyük Avrupa ferro-alaşım üretici ülkeler, özellikle mangan ve silikon alaşımının üretimi için dökme demir alaşım ve Fransa ve İspanya üretimi için Norveç'tir. Finlandiya, yerel bir krom cevheri madenden gelen büyük bir ferro krom üreticisidir. İsveç'te, ağırlıklı olarak ferro-krom ve ferro-silikon üretilmektedir. Avusturya ve Almanya'da ferro-molibden, ferro-vanadyum ve ferro-titanyum gibi özel ferro alaşım üretilmektedir.

#### 1.7.5 Önemli çevresel hususlar

Ferro alaşımın üretimi genellikle elektrik ark ocakları ve nispeten dalgalanan fiziksel bileşimlere sahip doğal ürünlerin (örneğin kuartz, kireç, çeşitli cevherler ve odun) yüklü olduğu

reaksiyon potansiyellerinin kullanılmasını içerir. Bu nedenle, ferro alaşımların üretilmesindeki temel çevresel etkiler, eritme işlemlerinden kaynaklanan toz ve duman emisyonlarıdır. Toz emisyonları, yaygın toz emisyonlarının önemli bir rol oynadığı hammaddelerin depolanması, işlenmesi ve önmuamelesinden de kaynaklanmaktadır. Kullanılan hammaddeye ve kullanılan işleme bağlı olarak, havaya diğer emisyonlar SO<sub>2</sub>, NO<sub>X</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve Hg, As ve Cr gibi metallerdir. Yanma bölgesinde ve baca gazı arıtma sisteminin soğutma bölümünde (de novo sentezi) PCDD / F oluşumu mümkün olabilir [226, Nordic Report 2008].

Önemli işlem artıkları ve yan ürünler cüruf, filtre tozu ve çamur ve harcanan refrakterlerdir. Bu malzemeler halihazırda büyük ölçüde geri dönüştürülmekte ve mümkün olduğu ölçüde yeniden kullanılmaktadır. Nispeten yüksek oranda metal oksit içeren cüruf anlamına gelen zengin cüruf, diğer ferro alaşımların üretiminde hammadde olarak kullanılır. Örneğin, ferro-manganez üretiminden elde edilen zengin cüruf, siliko manganez üretimi için en önemli hammaddelerden biridir. Atık su, soğutma, granülasyon ve diğer işlemlerden üretilir.

Temel aleti, metal oksitlerin karbonla azaltıldığı bir elektrik ark ocağı olan ferro alaşımlar endüstrisi, büyük bir enerji tüketicisi ve bir karbondioksit (CO<sub>2</sub>) üreticisidir. Bu nedenle, her zaman enerji tüketiminin azaltılmasının hayati önceliği olduğu düşünülmüştür. Kullanılan reaksiyonları yöneten termodinamik yasaları, eritme işlemi için gerekli olan enerjinin olası azaltılmasını sınırlar. Bu nedenle, genel enerji tüketiminin azaltılması, çoğu durumda yalnızca verimli bir enerji geri kazanım sistemi kullanılarak mümkün olmaktadır. Geri kazanılan enerji, elektrik enerjisine aktarılabilir veya çeşitli amaçlar için ısı olarak kullanılabilir. Kapalı fırınlardan gelen CO-zengin egzoz gazı, ikincil yakıt olarak ya da kimyasal prosesler için bir hammadde olarak da kullanılabilir. Enerjinin geri kazanımı diğer doğal enerji kaynaklarının kullanımını ve dolayısıyla küresel ısınmanın etkisini azaltır.

## 1.8 Nikel ve Kobalt

### 1.8.1 Nikel

#### 1.8.1.1 Genel Bilgi

Nikel [35, COM 1997], [92, Laine, L. 1998] tipik metalik özelliklere sahip gümüş-beyaz bir metaldir. Sadece 1751'de bir metal olarak bulunmasına rağmen, alaşımları birkaç yüzyıl boyunca kullanılmıştır. Çinliler görünüşte gümüşe benzeyen 'beyaz bakır' yapıyorlardı. 1870 ve 1880 yılları arasında nikelin alaşımlı çeliklerde kullanımı kanıtlanmış ve elektrolitik nikel kaplama başarılı bir şekilde geliştirilmiştir.

Nikelin büyük önemi, diğer elementlerle alaşımlandığında, geniş bir sıcaklık aralığında bir metalin mukavemetini, tokluğunu ve korozyon direncini arttırması yeteneğinde yatmaktadır. Nikel bu nedenle son derece önemli bir ticari unsurdur. Bu yararlı özellikler göz önüne alındığında, nikel çok çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Birincil nikelin çoğu alaşımlarda kullanılır; en önemlisi paslanmaz çeliktir. Diğer kullanımlar elektrokaplama, dökümhaneler, katalizörler, piller, sikkeler ve diğer çeşitli uygulamaları içerir. Nikel, ulaştırma ürünleri, elektronik cihazlar, kimyasallar, inşaat malzemeleri, petrol ürünleri, uçak ve havacılık parçaları ve ekipmanları ve dayanıklı tüketim mallarında bulunur. Nikel, sanayileşmiş toplumlar için hayati bir metaldir.

Kimyasal olarak nikel, demir ve kobaltın yanı sıra bakırı andırır. Nikel, birkaç bileşik oluşturabilir, örn. sülfat, klorür, oksit ve hidroksit. Nikelin bir özelliği, ortam sıcaklıklarında uçucu olan bir ikili karbonil kompleksi oluşturmak için doğrudan karbon monoksit ile reaksiyona girme kabiliyetidir. Orta sıcaklıklarda nikel, havaya, deniz suyuna ve oksitlenmeyen asitlere karşı korozyona dayanıklıdır. Nikelin diğer bir özelliği de alkalilere karşı korozyon direncidir. Aksine, nikel sulu amonyak çözeltileri tarafından saldırıya uğrar.

#### 1.8.1.2 Malzemelerin Kaynakları

Nikel, doğada çoğunlukla sülfür, oksit ve silikat mineralleri şeklinde doğal olarak bulunan bir elementtir. Depositler iki ana tiptir.

- Nikel sülfidler genellikle ekonomik olarak geri kazanılabilir miktarlarda bakır, kobalt, altın, gümüş, platin grubu metalleri ve diğer birçok metal ile birlikte ortaya çıkar. En önemli olaylar Afrika, Avustralya, Kanada ve Sibirya'da.
- Nikel lateritler, orijinal olarak çok az miktarda nikel içeren ultra-bazik kayaların ayrışmasının ürünleridir. Zaman içinde kirliler tortulardan arındırılır ve nikel, silikon, demir ve magnezyumun kompleks bir oksitidir. Kobalt ve demir genellikle nikel ile ilişkilidir, ancak lateritler diğer değerli bileşenleri içermez. En önemli olaylar Güneydoğu Asya, Avustralya, Yeni Kaledonya, Güney Amerika, Karayip Denizi ve Balkanlar bölgesi tropikal bölgelerinde, özellikle de Yunanistan'ın yazdığı dönemde Avrupa'daki tek nikel cevheri kaynağıdır (2014).

Nikelin karmaşık metalurjisi, operasyonda geniş çapta özütleme ve rafinasyon işlemlerine yansır. Her tesis, benzersiz bir süreç özellikleri ve çevresel konular sunar. Sülfürik cevherlerin nikel muhtevası, genellikle, konsantrenin eritilmesinden ve nikel ürünlerine rafine edilmeden önce nispeten ekonomik cevher hazırlama teknikleri ile birkaç kez konsantre edilebilir.

Laterit cevherleri, aksine, sadece fiziksel yöntemlerle sınırlı fayda sağlamaya uygundur, örn. Manyetik veya ağır medya teknikleri ve dolayısıyla neredeyse tüm cevher hacmi doğrudan metalurjik tesislere gitmelidir. Böylelikle, laterit işleme daha maliyet-yoğun olma eğilimindedir, ancak madencilik maliyetleri genellikle sülfidik cevherlerden çok daha düşüktür. Bu farklılıklar ve yan ürün değerinin mevcudiyeti, belirli bir depozitin canlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir ve rafine edilmiş metal veya ferro-nikelin kendisinden üretilip üretilmediğine dair önemli bir etkiye sahip olabilir.

### 1.8.1.3 Üretim ve Kullanım

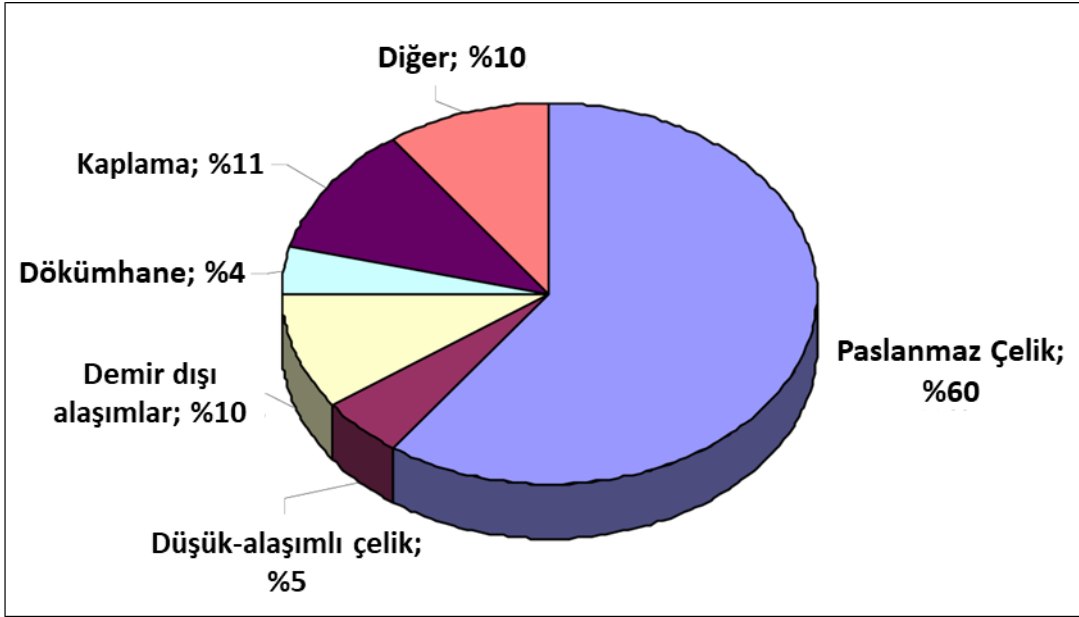
Nikel ürünleri uluslararası olarak tanınan sanayi sınıflandırmasına göre üç gruba ayrılabilir:

Sınıf I - rafine nikel,% 99 veya daha fazla nikel içeriği. Grup elektrolitik nikel, pelet, briket, granül, rondel ve toz / pul içerir.

Sınıf II - nikel,% 99'dan daha az nikel içeriği. Grup ferro-nikel, nikel oksit sinter ve faydalı nikel içerir.

Sınıf III - kimyasallar: nikel oksitler, sülfat, klorür, karbonat, asetat, hidroksit vb.

2005 yılında küresel birincil nikel üretimi yaklaşık 1,3 milyon ton ve üretim kapasitesi yaklaşık 1,45 milyon ton oldu. Avrupa'da üretim kapasitesi yaklaşık 229 000 ton olup, tüketim 2005 yılında yaklaşık 410 000 ton olmuştur (bkz. Şekil 1.6). Tablo 1.25'te verilen sahalardan elde edilen gerçek üretim, 2008 yılında 2000 yılında 182 000 tona göre 279 000 ton civarındaydı.



Şekil 1.1: 2005 yılında nikelin Avrupa'da kullanımı

1950 ile 2005 yılları arasında Batı Avrupa'da birincil nikel kullanımındaki artış (yıllık% 4.7) küresel kullanımındaki artışı aşmış olsa da, 2000 yılından bu yana yükselme oldukça düşmüştür (yıllık% 1'in biraz altında). Batı Avrupa'nın küresel birincil nikel kullanımı içindeki payı, 1998'deki zirveden (% 38), 2005'te% 33'e kadar kademeli olarak azalmaktadır.

### 1.8.1.4 Üretim Sahaları

Tablo 1.25, Tablo 1.26 ve Şekil 1.7, Avrupa'da nikelin üretildiği üretim yerlerini göstermektedir (2013 yılında Treibacher'in artık nikel üretmediği bildirilmiştir).

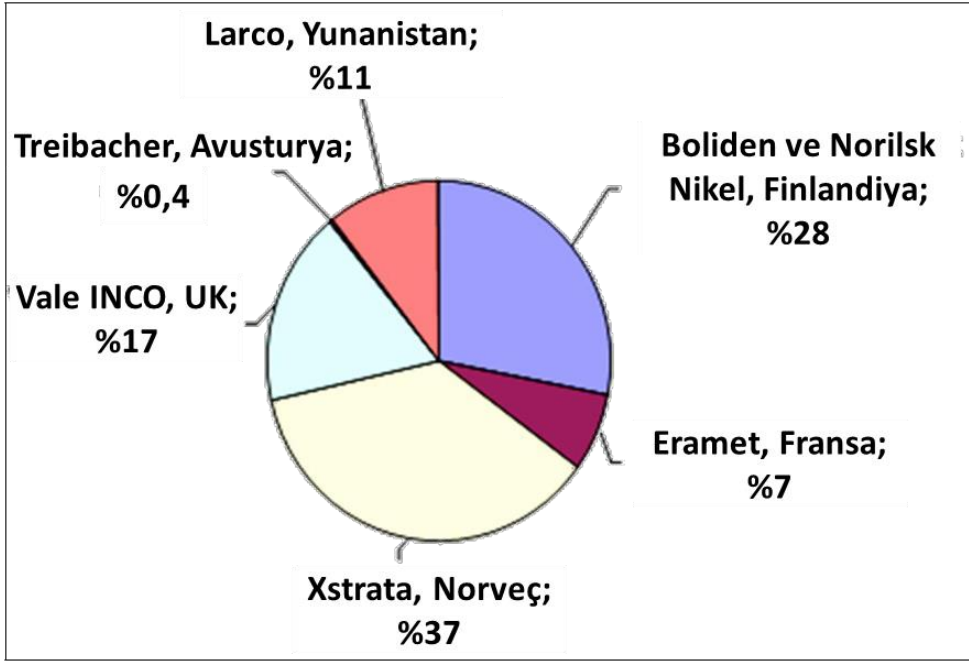


Tablo 1.25: 2006 yılında Avrupa'da nikel üretim tesisleri

Üretici	Hammadde Kaynağı	Üretim Kapasitesi (t Ni/yıl)	Yan Ürünler
Boliden, Finland and Norilsk Nickel, Finland	Finland, Brazil and Australia	66.000	Cu çökeltisi Sülfürik asit Co sülfat çözültisi Ni sülfat Ni hidroksikarbonat Kobalt klorür Demir klorür
Eramet, Fransa	New Caledonia <sup>(1)</sup>		Cobalt chloride Ferric chloride
Xstrata, Norveç	Canada ve Botswana	86.000	Cu, Co, Sülfürik asit
Vale, Birleşik Krallık	Canada <sup>(1)</sup>	41.000	Nikel metal
Treibacher, Avusturya	İkincil hammadeler	< 1.000	FeNi
Larco, Yunanistan	Yunanistan, Türkiye	25.000	FeNi
Toplam		235.000	
<sup>(1)</sup> : Mattaki nikel.			

Tablo 1.26: Yılda ton başına 2006'dan 2012'ye kadar Avrupa nikel üretimi [363, Brown et al. 2013].

Ülke	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Finlandiya	47.469	55.000	51.963	41.556	49.772	49.823	46.275
Fransa	13.700	14.800	13.700	13.900	14.400	13.700	14.500
Yunanistan	17.700	18.668	16.640	8.269	13.960	18.530	18.630
Yeni Kaledonya	48.723	44.954	37.467	38.230	39.802	40.513	43.030
Norveç	82.257	87.600	88.700	88.577	92.185	92.000	92.000
Birleşik Krallık	36.750	34.050	40.800	17.800	31.600	37.400	34.300
Genel Toplam	247.499	255.972	249.770	209.032	242.719	252.966	249.735
NB: Veriler, rafine nikel artı ferro-nikel, nikel oksit ve nikel tuzlarının nikel içeriği ile ilgilidir.							



Şekil 1.2: 2006 yılında Avrupa nikel üretimi

#### 1.8.1.5 Önemli çevresel hususlar

Kükürt dioksitin sülfidik konsantrelerin kavrulması ve eritilmesinden kaynaklanan hava emisyonu, potansiyel olarak ciddi bir çevresel sorun teşkil etmektedir. Bu problem, şu anda, sülfürün% 98.9'luk bir sabitlemesini elde eden ve sülfürik asit ve sıvı kükürt dioksit üreten AB simsarları tarafından etkin bir şekilde çözülmüştür. Toz, metal ve çözücülerden kaynaklanan yaygın yayılımlar da bir konudur ve önlenmeli veya kontrol edilmelidir. Bazı süreçlerde klor kullanımı, sağlam sızıntı önleme tedbirleri ve alarmlarla birleştirilir.

Sekonder nikel üretimi ile ilgili temel çevresel konular, aynı zamanda kullanımdaki çeşitli fırınlardan çıkan egzoz gazları ile de ilgilidir. Bu gazlar, kumaş filtrelerinde temizlenir ve böylece kurşun gibi toz ve metal bileşiklerinin emisyonlarını azaltabilir. Ayrıca ikincil hammaddelerde küçük miktarlarda klor bulunması nedeniyle PCDD / F oluşumu potansiyeli vardır ve PCDD / F'nin imhası takip edilmekte olan bir konudur.

Nikel sürdürülebilir bir emtiadır. Paslanmaz çelik ve diğer nikel taşıyan alaşımlar birincil ikincil nikel kaynaklarıdır. Üretilen nikelin yaklaşık% 80'inin yeni ve eski paslanmaz çelik hurdadan geri dönüştürüldüğü ve bu kullanımın geri döndüğü tahmin edilmektedir. Çökeltiler ve tortular gibi diğer nikel içeren malzemeler birincil üretime geri dönüştürülür.

Birçok uygulamada, nikel alaşımları önemlidir ve diğer malzemelerle ikame edilemez. Güç, korozyon direnci, yüksek iletkenlik, manyetik özellikler ve katalitik özelliklerin kullanıldığı uygulamalarda nikel kullanımı, olumlu bir çevresel fayda olarak görülmektedir. Benzer şekilde, şarj edilebilir pillerdeki nikel kullanımı da çevresel fayda sağlar.

Atmosferdeki nikel seviyesi, ortam havasındaki arsenik, kadmiyum, cıva, nikel ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar ile ilgili 2004/107 / EC sayılı Direktif ile sınırlıdır. Nikel ayrıca, su politikası alanında Topluluk eylemi için bir çerçeve oluşturan 2000/60 / EC sayılı Direktifin Ek X'inde de öncelikli bir madde olarak tanımlanmaktadır.

## 1.8.2 Kobalt

### 1.8.2.1 Genel Bilgi

Kobalt [35, COM 1997], [92, Laine, L. 1998], tipik metalik özelliklere sahip gümüş-beyaz bir metaldir ve ilk olarak 1735'te izole edilmiştir. Saf metalik kobalt, birkaç uygulamaya sahiptir, ancak bunun için bir alaşım elemanı olarak kullanımı ısı veya aşınmaya dayanıklı uygulamalar ve bir kimyasal kaynağı olarak onu stratejik olarak önemli bir metal yapar.

20. yüzyıla kadar çok az kobalt metali kullanılmasına rağmen, cevherleri cam ve çanak çömlekler için mavi renklendirici maddeler olarak binlerce yıldır kullanılmaktadır. M.Ö. 2600 civarında Mısır çanak çömlek ve 700 MS civarında Çin çanak çömlek üzerinde. Kobalt'ın metal olarak kullanılması, E. Haynes'in modern süperalaşımın öncüsü olan bir dizi kobalt-krom alaşımını patent altına almasıyla 1907'den beri uzanmaktadır. Kalıcı mıknatısların özelliklerini geliştirmek için kobaltın yeteneği 1930'da gösterilmiştir.

Kobalt, uçak motorları için süper alaşımlar, güçlü kalıcı mıknatıslar için manyetik alaşımlar, kesici takım malzemeleri için sert metal alaşımlar, çimentolu karbürler, aşınma veya korozyona dayanıklı alaşımlar ve aşınmaya ve korozyona karşı dirençli elektro-biriktirilmiş alaşımlar dahil olmak üzere alaşımlarda kullanılır. metal kaplamalar. Şarj edilebilir pillerdeki kullanımı, son birkaç yılda hızla büyüyen bir uygulama olmuştur.

Şarj edilebilir pillerde kobalt kimyasallar kullanılır; cam, seramik ve boya endüstrilerinde pigmentler olarak; petrol endüstrisinde katalizörler olarak; boya kurutucuları olarak; ve tarımsal ve tıbbi kullanım için eser metal katkı maddeleri olarak.

### 1.8.2.2 Malzemelerin Kaynakları

20. yüzyılın başından itibaren dünyanın başlıca kobalt kaynağı Avrupa'dan Afrika, Avustralya, Rusya ve Kanada'ya taşındı. 2007 yılında üretim 60.000 t/yıl civarındaydı.

Kobalt esas olarak bakır ve nikel cevherlerinin madenciliğinin ve işlenmesinin bir yan ürünü olarak üretilir. Gümüş, altın, kurşun ve çinko cevheri de önemli miktarlarda kobalt içerebilir, ancak bunların işlenmesi her zaman iyileşmesine yol açmaz. Cevherlerin kaynakları şunlardır:

- Demokratik Kongo Cumhuriyeti ve Zambiya'daki bakır-kobalt yatakları;
- Avustralya, Kanada, Finlandiya ve Rusya'daki nikel sülfür cevheri gövdeleri;
- Küba, Yeni Kaledonya, Avustralya ve Rusya'daki nikel oksit cevheri gövdeleri.

İkincil kaynaklardan geri kazanım, teknik ve ekonomik özelliklerine bağlı olarak, geri dönüştürülmüş malzemenin bir ana arıtma veya dönüştürme işleminde uygun bir aşamada tanıtılması yoluyla gerçekleştirilebilir. Ek veya tedavi öncesi adımlar gerekli olabilir. Son ürünler katotlar, tozlar, oksitler, tuzlar veya çözeltiler olabilir.

Üretim aşağıdaki kaynaklardan gelir:

- nikel endüstrisi %43;
- bakır endüstrisi ve diğer %32;
- birincil kobalt işlemleri %25.

### 1.8.2.3 Üretim ve Kullanım

Birincil kobalt her zaman diğer metallerle, özellikle bakır ve nikel ile ilişkili olarak oluşur ve bunlar genellikle baskındır. Besleme malzemesine bağlı olarak, pirometalurjik ve hidrometalurjik adımları içeren çeşitli işlemler geliştirilmiştir. Bu adımlar ya üretir:

- entegre tesislerde kobalt açısından zengin bir çözelti;

## Bölüm 1

- Başka bir yerde daha fazla inceltme yapılırsa kobalt açısından zengin bir sülfid, hidroksit veya karbonat;
- kobalt açısından zengin bir alaşım.

Daha ileri arıtma hidrometalurjiktir, ancak son aşama, bir ticari ürünün üretimi yüksek sıcaklıkta bir işlem olabilir; Özellikle ürün bir toz olduğunda ve arıtma aktivitesi dönüşüm sürecine entegre edildiğinde. 2012 yılında dünya çapında rafine edilmiş kobalt üretimi yaklaşık 77505 ton olmuştur.

Kobalt, Tablo 1.27'de özetlenen bir dizi önemli uygulamaya sahiptir.

**Tablo 1.27: Toplam kobalt üretiminin farklı sektörlere dağılımı**

Kullanım Alanı	Toplam kobalt üretiminin dağılımı
Piller	% 25
Süperalaşımlar	% 22
Katalizörler	% 9
Sert metaller	% 12
Pigmentler	% 10
Lastik yapıştırıcılar / sabunlar / kurutucular	% 6
Mıknatıslar	% 6
Diğerleri	% 10

Dünya çapındaki kobalt talebi 2007 yılında yaklaşık 55 500 t/yıl idi ve bölgesel bazda şu şekilde parçalanabilir:

- Afrika <% 1;
- Asya % 39;
- Avrupa % 19;
- Çin % 21;
- Amerika 18%;
- Okyanusya <% 1;
- Diğer % 1.

Kimya sektörü, toplam kullanımın yaklaşık% 50'si için en büyük kobalt muhasebesi tüketicisidir. Ana uygulama, son yıllarda önemli ölçüde büyüyen bir sektör olan şarj edilebilir pillerde. Diğer kullanımlar arasında katalizörler için kobalt, boya / mürekkep kurutucuları, pigmentler ve renkler, elektrokaplama, kauçuk yapıştırıcılar, hayvan takviyeleri ve tıbbi uygulamalar yer alır. Kobalt metalik forma hem mukavemet hem de yüzey stabilitesi kazandırdığından, kobalt tüketiminin yaklaşık % 22'sini oluşturan süperalaşımlarda önemli bir rol oynar. Bu alaşımlar, jet motorlarının türbin bölümünde bulunurlar, çünkü bunlar, özellikle ısı ve oksidasyon ile ilişkili olduğunda, sakıncalı ortamlarda bulunan koşullara dirençli kılan özelliklere sahiptir. 2007 yılına kadar bu, kobalt için en büyük tek kullanımlık sektördü, ancak bu artık şarj edilebilir piller tarafından üstlenildi. Kobalt ayrıca endüstriyel kesme aletleri (yüksek hız çelikleri ve elmas aletler) ve aşınma direncinin gerekli olduğu özel metalik uygulamalarda kullanılır. Kobalt ayrıca protez kalça ve diz eklemlerini yapmak için kullanılan özel cerrahi alaşımlarda önemli bir bileşendir. Metal aynı zamanda olağanüstü manyetik ve paramanyetik özelliklere de sahiptir ve bu uygulamada daha az önemli olmasına rağmen, bu uygulamada sınırlı ölçüde ve manyetik bantlarda kullanılmaktadır.

### 1.8.2.4 Üretim Sahaları

Kobalt üretimi özellikle nikel üreten yerler ve bakırın bulunduğu yerler ile ilişkilidir. En önemli kobalt kaynağı Kongo ve Zambiya Demokratik Cumhuriyeti'nde bulunabilir. Kanada ve Rusya'daki nikel operasyonları ile birlikte önemli kobalt bolluğu da bulunur. Finlandiya, Norveç, Belçika ve Çin, rafine edilmiş kobaltın önemli bir üretimini göstermektedir, ancak bu, esas olarak ithal cevher ve konsantrenin işlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Dünya çapında kobalt üretimi Tablo 1.28'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.28: Dünya çapında kobalt üretimi [ 363, Brown et al. 2013 ].**

Kaynak	Rafine edilmiş kobalt üretimi 2007 yılında (%)	Rafine edilmiş kobalt üretimi 2012 yılında (%)
Afrika	14,3	15
Avustralya	6,8	6,2
Belçika (1)	5,3	5,4
Brezilya	2,3	2,3
Kanada	10,6	7,7
Çin	25,0	38,4
Finlandiya	17,1	13,6
Fransa	0,6	0,4
Hindistan	1,8	1,1
Japonya	2,0	3,3
Norveç	7,4	3,8
Rusya	6,8	2,8
(1) Umicore'in Çin tesisinden rafine üretim dahildir.		

### 1.8.2.5 Önemli çevresel hususlar

Bazı kobalt bileşiklerinin durumunun emisyonların değerlendirilmesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ögütme işlemlerinden ve daha az bir ölçüde hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanan potansiyel toz ve metal emisyonları vardır; elektrowinningte klor ve solvent ekstraksiyonunda VOC'ler; Hidrometalurjik saflaştırma ve geri kazanım işlemlerinde su çıkışlarında metaller; ve saf atık ve arıtma işleminden katı atık. Endüstri, sürdürülebilir bir şekilde çalışmayı ve hammaddelere ve son ürünler karışımına bağlı olarak kobaltın geri kazanılması ve üretilmesi için çeşitli teknikler kullanmaktadır ve bu nedenle bu sorunların gerçek oluşumu ve önemi sahaya özgüdür.

## 1.9 Karbon ve grafit Genel Bilgi

### 1.9.1 Genel Bilgiler

Karbon ve grafit materyalleri esas olarak elektrik enerjisinin (katotlar ve grafit elektrotlar) ve alüminyum endüstrisinde (anotlar) kimyasal indirgeme ajanları olarak uygulanır.

Karbon ve grafit ürünleri temel olarak beş ürün grubuna ayrılabilir.

- Yeşil karışım ve macun: ağırlıklı olarak alüminyum ve ferro-alaşımli çelik endüstrilerinde kullanılır.
- Anotlar, çoğunlukla alüminyum endüstrisinde bir redüksiyon maddesi olarak kullanılmaktadır.
- Karbon ve grafit, daha çok çelik endüstrisinde çeliğin geri dönüşümünde ve alüminyum endüstrisinde katot olarak kullanılmaktadır.
- Özel karbon ve grafit: çok yüksek saflıktan çok yüksek mekanik mukavemet ve termal dirence kadar geniş bir ürün yelpazesi.

Kalsine antrasit ve petrol kok kömürü çelik üretiminde yeniden karbonlama olarak kullanılır.

- Karbon spesiyallerinin uygulanması kabaca bölünebilir:
- yüksek saflıkta karbon ve grafit;
- son derece mekanik ve termal uygulamalar;
- karbon ve grafit elyaf gibi mühendislik ürünleri;
- grafit folyolar ve proses ekipmanları.

Karbon veya grafit elektrotlar ve fırın kaplamaları, çeşitli demir ve demir dışı metal üretim süreçleri için üretilir ve metallerin üretimi sırasında tüketilir. Diğer uygulamalar için 2000'den fazla farklı boyut, şekil ve özellikteki ürünler üretilmektedir. Yarı-iletken ve mikroçiplerin üretimi için karbon ve yüksek saflıkta grafit malzemeler, artıkların geri kazanımı ve kirletici maddelerin arıtılması için çelik hurdalarının geri dönüştürülmesi için grafit elektrotlar ve yüksek derecede kimyasal maddelere dayanıklı karbon ve grafit kullanılmaktadır.

### 1.9.2 Malzemelerin Kaynakları

Karbon ve grafit malzemelerin üretimi esas olarak petrol kok kömürü ve kömür (antrasit) ve kömür katranına dayalı yüksek derecede tavllanmış bir koka dayanmaktadır. Petrol zifti ve kömür katranı zifti, son olarak kalsinasyon, imalat veya kullanım sırasında inert katı karbon, kok veya grafitte dönüştürülen bir bağlayıcı malzeme olarak kullanılır. Uygulama öncesi sertleştirilen reçine bazlı bağlayıcı sistemler kullanılır.

Kok ve kömürün kalitesi (antrasit) kaynağa bağlı olarak değişir, ancak en önemli faktör, kalsinasyon, üretim veya kullanım sırasında kükürt dioksit olarak sallanacağı için kokun sülfür içeriğidir. Normalde, petrole dayalı koklar veya düşük veya orta kükürt içerikli kömür, macun, anot ve elektrot gibi ana ürünler için kullanılır.

Hammaddelerin özellikleri çok tutarlı olmalı ve fiziksel ve kimyasal testlerle kontrol edilmelidir. Yeni hammaddeler, uygunluklarını kontrol etmek ve üretim parametrelerini yeni malzemeye göre ayarlamak için üretim denemelerinde test edilir. Hammaddelerin nihai kalitesi sadece üretilen karbon ve grafit ürününün performansına ve kabulüne dayanır.

Diğer malzemeler, uzman karbonların üretiminde kullanılır ve metal ve metal tozları ve çeşitli reçineleri içerir.

### 1.9.3 Üretim ve Kullanım

Kok veya kömür (antrasit) genellikle yeşil bir macun üretmek için ziftle (% 14-18 ağırlı) bağlanır. Elektrot macunu üretimi için, kalsine antrasit ya da petrol kokunun eğimi (ağırlıkça% 20-30) ile bağlanır. Bu macun daha sonra nihai ürünü üretmek için bir dizi şekillendirme, pişirme, emprenye ve grafitleme aşamalarına tabi tutulur. Yeşil macun da doğrudan Söderberg elektrotları için kullanılır. Pişirme işlemi, malzemenin kütesinin ~% 5'inde bir kayıpla sonuçlanır. Paketleme kokusu bazı fırınlarda kullanılır ve bu durumlarda ürün başına ton başına ~ 14 kg oranında tüketilir.

Karbon, kalsine antrasit ve grafit çoğunlukla uygulama sırasında tüketilir ve karbondioksit döndürülür (yani alüminyum ve çelik elektrotlar için anotlar). Çelik üretimi, ton çelik başına 1.5 kg ila 3 kg arasında elektrotlar tüketiyor. Bazı endüstrilerde tüketim oranlarının önemli ölçüde azalması nedeniyle, alüminyum ve çelik üretiminde kullanılan karbon ve grafit miktarları azaltılmıştır.

İşlem aşaması ve işlemin büyüklüğü, ürüne bağlı olarak değişir. Alüminyum endüstrisi, şimdiye kadar, en çok kullanılan karbon malzemelerinin, önceden karıştırılmış anotlar, Söderberg macunu ve katot blokları biçimindedir. Genel olarak, uzman grafit ürünleri elektrot ürünlerinden daha küçüktür.

### 1.9.4 Üretim Sahaları

Karbon ve grafit ürünleri, Avrupa'da yıllık kapasitesi ~ 2 milyon ton olan 88 tesiste yapılmaktadır (bkz. Tablo 1.29).

**Tablo 1.29: 2012 yılında Avrupa'da bazı büyük karbon ve grafit ürünlerinin üretimi (ton)**

Ülke	Pişmemiş yeşil malzemeler (kalsine antrasit + sıkıştırma macunu dahil)	Karbon elektrotlar	Grafit elektrotlar	Katotlar	Özel Grafit
Avusturya	35.000	0	30.000	0	0
Fransa	0	0	45.000	45.000	0
Almanya	134.500	0	79.000	0	9.700
İtalya	25.000	0	20.000	0	0
Hollanda	0	0	0	0	0
Norveç	100.000	0	0	0	12.000
İspanya	60.000	0	115.000	0	0
Polonya	0	15.000	0	40.000	0
İsveç	0	0	0	0	36.000
UK	10.000	0	0	13.000	0
<b>GENEL</b>	<b>364.500</b>	<b>15.000</b>	<b>289.000</b>	<b>98.000</b>	<b>57.700</b>

Kaynak: [ 381, ECGA 2012 ]

Yerinde anot üretimini kapatma ve saha dışı bir kaynağa geçme eğilimi güçlü. 150 000 t / yıl'a varan kapasiteye sahip daha büyük tesis üreticileri de anotlu daha küçük primer alüminyum kesiciler tedarik etmektedir. Avrupa'da ve muhtemelen dünyanın en büyük karbon üreten tesisi, 565 000 t / yıl üretim kapasitesi ile Hollanda'da yer almaktadır. Bununla birlikte, anotların çoğu hala yerinde çok sayıda ünite üretilmektedir.

Alüminyum endüstrisinin talep ettiği çok uzun ömürlü olması nedeniyle sadece birkaç şirket katot üretmektedir. Bir katot bloğunun yaşam döngüsü 6 ila 10 yıl arasında değişir. Özellikler ömür, elektrik direnci ve aşınma açısından çok iyi bir performans garanti etmelidir.

### 1.9.5 Önemli çevresel hususlar

Bu işlemlerin ana çevresel etkileri, katranların ve PAH'ın havaya olan emisyonlarının, bağlayıcı ve emprenye sahalarının karmaşık karışımlarından, kok ve yakıtlardan gelen kükürt dioksitten ve emprenye maddelerinden elde edilen VOC'lerden kaynaklanan etkileridir. Son yakma

## Bölüm 1

---

sistemlerini kullanarak katranları ve PAH'ı yok etmek için çeşitli yeni azaltma süreçleri geliştirilmiştir. [116, VDI 1998].

Sahalar, karbonize olurken polisiklik hidrokarbon bileşiklerini serbest bırakır. Benzo (a) pyrene veya PAH, emisyonların karakterini izlemek için kılavuz madde olarak kullanılır. Emme, karıştırma ve şekillendirme sırasında pişirme fırınlarında ve emprenye sırasında karbonlama sırasında meydana gelir. Atmosferdeki PAH, ortam havasındaki arsenik, kadmiyum, cıva, nikel ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar ile ilgili 2004/107 / EC sayılı Direktif ile sınırlıdır.

Özel karbon ürünlerinin üretimi sırasında artan sülfür içeriği veya kükürt katkı maddeleri içeren koklar kullanılırsa, sülfür dioksit oluşturulabilir ve serbest bırakılabilir.

Toz veya parçacık emisyonları potansiyel olarak önemlidir. İnce taneli malzemeler normalde yapıştır, anot veya elektrot üretimi için kullanılmaz, ancak diğer ürünler içindir.

Su kirliliği genel olarak karbon endüstrisi için küçük bir konudur. Üretim süreçleri kuru ve genellikle kullanılan soğutma suyu sistemlerini kullanır. İstisnai olarak, soğutma için yüzey suyu, yerel koşullardan dolayı uygun olduğu yerlerde kullanılabilir.

En başarılı çabalar karbon ve grafit endüstrisinin karbon malzemelerini (kullanılmış ve kullanılmamış) geri dönüşümünde ve bu materyaller için diğer doğal kaynakların yerini alarak yeni uygulama alanları bulmasındandır.



## 2 GENEL SÜREÇ VE TEKNİKLER

Demir dışı metallerin üretiminde kullanılan birçok süreç, ekipmandaki değişiklikler ve teknikler vardır. Üretim proseslerinin tekniklerinin ve bireysel aşamalarının çoğu, üretilen demir dışı metallerin çoğu için yaygındır ve bu nedenle, aşırı tekrardan kaçınmak için, bu ortak aşamalar birlikte tarif edilir. Bu ortak aşamalar şunlardır:

- yönetim sistemleri;
- enerji yönetimi;
- izleme;
- yayılı emisyonlar;
- hammadde yönetimi;
- metal üretim süreçleri;
- havaya yayılan emisyonlar;
- su ve atık su yönetimi;
- kalıntı yönetimi;
- hizmet dışı bırakma;
- güvenlik sorunları.

Bir kurulumun çevresel etkisini azaltmak için teknikler üç kategoride tanımlanabilir:

1. yönetim teknikleri: bir sürecin tasarlanması ve çalıştırılması ile eğitim operatörleri ve diğer personel için sistem ve prosedürlere ilişkin;

2. süreç-entegre teknikler: depolama, reaksiyon, ayırma ve arıtma gibi faaliyetlerden kaynaklanan emisyonları önlemek veya azaltmak için tekniklerin kullanımı ile ilgili;

3. enerji azaltma ve kirlilik azaltma teknikleri: havaya, suya ve toprağa emisyonları azaltmak için boru çıkışı tekniklerine ilişkin.

Bu bölümde, bu sektörde kullanılan genel teknikler kısaca açıklanmaktadır. Her bir çevresel ortama emisyonları önleyebilen veya azaltabilen tekniklerin bir yönlendirme (mümkün olduğunda) verilmektedir. Bu bölüm aynı zamanda mevcut süreçlerin iyileştirilmesi için bu tekniklerin çeşitli süreç aşamalarında nerede kullanılabileceğini de gösterir. Bu tema, takip eden metal spesifik bölümlerde geliştirilmiştir.

Teknik Çalışma Grubu tarafından belirlenen sekiz grup için metalürjik üretim süreçleri 3 ila 10'uncu bölümlerde ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu bölümlerde MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler daha ayrıntılı süreç açıklamaları, örnekler ve diyagramları içermektedir. Ayrıca, entegre sürecin nasıl işlediğine ve Bölüm 2'de anlatılan MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken tekniklerdeki değişikliklere dair daha fazla ayrıntılar verilmektedir.

Çok sayıda kurulum farklı gruplardan çeşitli metaller üretir veya bunlarla entegre edilmiş süreçlere sahip olabilir. Örnekler alüminyum izabesinde boksitin işlenmesi; bir alüminyum izabesinde bir anot üretim tesisinin varlığı veya karmaşık ham maddelerden, özellikle bakır, kurşun, çinko ve değerli metallerden bir dizi farklı metalin üretilmesi.

Tablo 2.1, entegre tesisler oluşturabilecek süreçleri göstermektedir ve bu konuların hangi bölümlerde olduğunu açıklamaktadır. Aynı zamanda bu tablo karmaşık bir tesisin nasıl ele alınabileceğini göstermektedir.

Tablo 2.1: Entegre tesisler oluşturabilecek süreçler

Aynı kurulumda üretilen malzemeler	Süreç ve diğer detayları içeren bölümler	Süreçlere genel bakış içeren bölümler	Yorumlar
Alüminyum izabesinde boksitten alumina	Bölüm 4	Bölüm 4	Birkaç kurulumla entegre
Alüminyum izabesinde üretilen önpişirmeli anotlar	Bölüm 4	Bölüm 4	Dikkate alınan genel depolama ve karışma tekniklerinin etkileri
Bakır üretimi ile kurşun, çinko veya değerli metaller	Bölümler 5, 6 and 7	Bölüm 3	Bölüm 3 ve diğer bölümler arasında bazı tekrarlar
Nikel, kobalt ve bakır	Bölümler 3 and 9	Bölüm 9	
Diğer metallerin üretilmesi sırasında cıva	Bölüm 2	Bölüm 3 and 5	Asit tesisinden önce izabe gazından cıva kaldırma
Demirli alaşımlar (FeCr, FeSi, FeMn, gibi.)	Bölüm 8	Bölüm 8	Genel azalma tekniklerinin etkileri. Genel enerji geri kazanım teknikleri

Bölüm 2, tam üretim döngüsünü sağlamak için 3 ila 10 arasındaki bölümler ile birlikte kullanılmalıdır, örn. Bölüm 2 ve 3, bakır ve alaşımlarının üretimi için genel süreç aşamalarını verecektir.

## 2.1 Yönetim Sistemleri

Etkili yönetim, iyi çevresel performans elde etmek için önemlidir. Bu aynı zamanda MET'in önemli bir bileşenidir ve Direktifin 3. maddesinde verilen tekniklerin tanımının bir parçasını oluşturur.

Bu belgenin hazırlanmasında üstlenilen çalışma, iyi yönetilen ve işletilen bir sürecin çevresel performansı ile kötü yönetilen ve işletilen özdeş bir süreç arasında çok önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Yönetim ve iletişim sistemleri bu farkın en önemli faktörlerinden bazılarıdır.

İyi bir performansın elde edilmesi, bir şirketteki tüm seviyelerde, kuruldan ya da politika seviyesinden başlayarak taahhüt gerektirir ve site yönetimini, amirleri ve operatörleri içerir. Sistem hedefler belirlemeli, hedefler ayarlamalı ve talimatlar ve sonuçları iletmelidir. ISO 14001 ve EMAS gibi çevre yönetim sistemleri, OHSAS 18001 gibi iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri veya ISO 9000 gibi bir kalite yönetim sistemi, sistemin resmileştirilmesine yardımcı olabilir.

IED'nin bir gereği olmamasına rağmen, bir kurulum böyle bir sistemi benimsemekten kaynaklanan faydaları dikkate almalıdır. Kullanılan teknikler, işletme verimliliğini artırarak, enerji veya bertaraf maliyetleri gibi maliyetleri azaltarak ve metal verimlerini artırarak ekonomik performansı da artırabilir. Bu teknikler modern bir kurulum için temel faktörlerdir.

### 2.1.1 Yönetim politikası ve taahhüdü

Etkin bir yönetim sistemi aşağıdaki faktörleri içerebilir.

- Faaliyetlerin, ürünlerin ve süreçlerin tüm sağlık, güvenlik ve çevresel etkilerinin tanımlanması, örn. OHSAS 18001.
- Belirlenen önlemlerin geliştirilmesi ve uygulanması için bir taahhüt.
- Politikanın, çalışanların ve yüklenicilerin taahhüdün farkında olduklarını ve teslimatında yer aldıklarından emin olmaları için iletişim kurması.

- Daha geniş şirket ve site karar verme sistemlerine tamamen entegre olan çevresel sorunları yönetmek için açık bir yapının kullanılması.
- Sürecin çevresel performansı, süreç operatörünün dikkat ve farkındalığına büyük ölçüde bağlıdır.
- Genel çevresel performans düzenli olarak izlenebilir ve sonuçlar yönetim değerlendirme sürecinin bir parçasını oluşturabilir. Çevresel performans göstergeleri, operatörlere dağıtılabilir ve operatörlerden geri bildirim alınabilir ve kullanılabilir.
- Oluşabilecek olası kaza türlerini belirleyen ve bunların nasıl yönetileceği ve kimin sorumlu olacağına dair açık bir rehberlik sağlayan beklenmedik durum planları hazırlanabilir. Tüm şikayetleri ve olayları tanımlamak, bunlara yanıt vermek ve öğrenmek için prosedürler hazırlanabilir.
- Yeni süreçlerin devreye alındığı veya değişikliklerden sonra mevcut süreçlerin yeniden düzenlendiği durumlarda, devreye alma süreci boyunca sürecin çevresel performansından sorumlu olan kişi ve kişilerin durumunu açıkça belirleyen bir devreye alma planı hazırlanabilir.

### 2.1.2 Tasarım ve bakım

İyi tasarım ve bakım, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasının sağlanmasında anahtar rol oynar ve mevcut tesislerin ve yeni, büyük ölçüde değişmiş süreçlerin hava, su ve toprağın korunması üzerindeki etkisini vurgulamaya yardımcı olabilir. Güvenlik ve çevre için kritik yedek parçaların yeterli miktarda temin edilmesi, sorunların giderilmesi ve dolayısıyla kaza sonucu emisyonların ve bunların etkilerinin en aza indirilmesi için gereklidir. Birçok şirket tasarım ve bakım konusunda uzmanlaşmıştır. İyi tasarım ve bakım prosedürleri aşağıdaki adımları içermektedir.

- Projenin en erken aşamalarında yeni veya büyük ölçüde değiştirilmiş bir işlemin veya hammaddenin çevresel etkilerini (gürültü dahil) göz önüne alarak ve bunu daha sonra düzenli aralıklarla gözden geçirmeye devam etmek. Tasarım hata modu ve etki analizi (dFMEA) ve süreç hatası modu ve etki analizi (pFMEA) gibi resmi yöntemler, risklerin etkin ve etkili bir şekilde kontrol edilmesinde yararlı olabilir. Bu, genel çevresel performansa iyileştirmeler getirmenin en uygun maliyetli yöntemidir. Tasarım ve karar verme sürecinin denetim geçmişi, çeşitli süreç ve azaltma seçeneklerinin nasıl ele alındığını göstermek için yararlı bir yöntemdir. Yeni veya değiştirilmiş tesisler için işletmeye alma sorunları planlanmalıdır.
- Tüm aşamalarda potansiyel yayılı emisyonları dikkate alarak.
- Önleyici bakım programının kullanılması ve kaydedilmesi. Bu uygun olduğunda diyagnostik test ile birleştirilmelidir.
- Güvenlik ve çevre koruma için önemli olan ekipmanın yedek parçalarının tutulması. [243, Fransa 2008]
- Lokal ekstraksiyon sistemlerini düzenli olarak incelemek ve kusurları veya hasarları derhal tamir etmek.
- Tüm personelin, örneğin davlumbaz ve kanal sistemi hasarları veya tesis arızaları ile ilgili olarak uyanık olarak oynayabilecekleri rolün farkında olmaları. Personelin katılımını teşvik etmek ve raporlara yanıt vermeye teşvik etmek için uygun prosedürler kullanılmalıdır.
- Modifikasyonları yetkilendirmek ve bir işlem başlamadan önce değişikliklerden sonra kontrolleri üstlenmek için bir iç prosedür kullanmak.

### 2.1.3 Eğitim

Eğitim önemli bir faktördür ve eğitim programlarına aşağıdaki noktalar dahil edilmelidir.

- Tüm personel, sürecin çevre ve iş aktivitelerinin etkilerinden haberdar olmalıdır.
- Her bir iş için gereken beceri ve yeterliliklerin açık bir ifadesi olmalıdır.
- Süreç operasyonuna dahil olan personele verilen eğitim, çalışmalarının çevresel etkilerini ve olaylarla başa çıkma prosedürlerini içermelidir.
- Proses operasyon personeline verilen eğitim kayıtları, aşamalı ve tam eğitimin

sağlanmasında çok yararlı olabilir.

- Çevresel konularla ilgili diğer departmanları eğitmek ve kurulumu etkileyebilecek sonuçlar, çevresel performansı etkileyebilecek çatışmaların önlenmesinde de etkili olabilir. Örneğin, finans ve satış ekipleri çevresel performans üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Tam muhasebe önlemleri, fazla hammadde kullanımını belirleyebilir ve proses aşamaları için gerçek enerji ve bertaraf maliyetlerini belirleyebilir; plansız teslimatlar ve satışlar, üretimde kısa duruşlara yol açabilir ve kazalara neden olabilir.

## 2.2 Enerji Yönetimi

IED'nin 11 (f) maddesi, enerjinin verimli kullanılmasını gerektirir. Bu belge, enerji kullanımı hakkındaki yorumları ve MET'in metal üretim bölümlerinin her birinin altında değerlendirilmesindeki yerini içermektedir. Demir dışı metal endüstrisindeki enerji kullanımı, Gösterilen Enerji Teknolojilerinin (CADET) Analizi ve Yayılması Merkezi tarafından hazırlanan bir dizi rapor kapsamındadır. Bu raporlar, tekniklerin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmıştır. Enerji Verimliliği Üzerine BREF [333, EC 2008] ayrıca belirtilmelidir.

Demir dışı metal üretimi için, çoğu konsantreler, dünya çapında çeşitli kaynaklardan Avrupa'ya ithal edilmekte ve bu nedenle taşıma için enerji kullanılmaktadır. Daha az enerji tüketiminin faydalarından dolayı hurda metal ve diğer artıklar gibi yerli ikincil hammaddelerin kullanılması önemlidir.

Bakır sektöründe ikincil hammaddeler AB bakırının yaklaşık %45'ini oluşturur, ancak bazı durumlarda pirinç çubuklar gibi, ürünler neredeyse tamamen geri dönüştürülmüş bakır ve pirinçten yapılır, sadece küçük bir miktar çinko girişi vardır. Geri dönüştürülmüş malzemelerden bakır katotlar üretildiğinde, yaklaşık 650.000 ton CO<sub>2</sub> tasarrufu söz konusudur; çünkü, özgül doğrudan ikincil kirletici emisyonları, birincil kirleticilerden dört kat daha düşüktür.

Alüminyum sektöründe, ikincil alüminyumun üretimi ve rafine edilmesi de enerji açısından çok daha az talepkardır; Birincil alüminyum üretmek için kg başına ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık %5'ine denk gelmektedir.

### 2.2.1 Uygulanan süreçler ve teknikler

Demir dışı metallerin üretimi ve dökümü sırasında enerji ve ısı geri kazanımı yaygın olarak uygulanır. Enerji Verimliliğine dair BREF'de [333, EC 2008] bildirilen bir teknik, bir enerji verimliliği yönetim sisteminin kullanılmasıdır. Enerji verimli yönetim sistemi için bir çerçeve sunan uluslararası standartlar da (örneğin ISO 50001) bulunmaktadır.

Pirometalurjik süreçler normalde yüksek derecede ısı yoğunudur ve proses gazları çok fazla ısı enerjisi içerir. Sonuç olarak, bu ısıyı geri kazanmak için rejeneratif brülörler, iyileştirici brülörler, ısı değiştiriciler ve kazanlar kullanılmaktadır. Bu sistemler, bölgede veya kapalı alanlarda kullanılmak üzere buhar veya elektrik üretilebilir, örneğin bölgesel ısıtma programlarında veya yakıt gazları için ön ısıtma işlemlerinde kullanılabilirler [115, ETSU (İngiltere) 1996]. Isıyı geri kazanmak için kullanılan teknikler, sahadan sahaya değişir ve bunlar, ekserjik içerik, Sahadaki veya yakınındaki ısı ve enerji için potansiyel kullanımlar, çalışma ölçeği ve gaz eşanjörleri veya bileşenleri için eşanjörleri kirletme veya kaplama potansiyeli gibi bir dizi faktör tarafından yönetilir.

Aşağıdaki örnekler tipik olmayan ve demir dışı metaller üretmek için kullanılan süreçlerde kullanılması düşünülen tekniklerdir [115, ETSU (UK) 1996]. Tarif edilen teknikler birçok mevcut sürece dahil edilebilir.

Sülfürik cevherlerin ergitilmesi veya kızartılması sırasında üretilen sıcak gazlar neredeyse her zaman buharlı kazanlardan geçirilir. Üretilen buhar, elektrik üretmek ve/veya ısıtma gereksinimleri için kullanılabilir. Bunun bir örneği, bir bakır izabesinin, bir flaş fırının atık ısı kazanı (WHB) tarafından üretilen buhardan elektrik gereksinimlerinin (10.5 MW) %25'ini üretmesidir. Elektrik üretimine ek olarak, konsantre kurutma makinesinde proses buharı olarak buhar kullanılır ve geriye kalan atık ısı yakma havasının ön ısıtılması için kullanılır.

Diğer pirometalurjik prosesler, özellikle yakma havasının oksijenle zenginleştirilmesinin kullanıldığı durumlarda, güçlü bir şekilde ekzotermiktir. Birçok proses, ek yakıt kullanılmadan ikincil malzemelerin eritilmesi için ergitme veya dönüştürme aşamaları sırasında üretilen fazla ısıyı kullanır. Örneğin, Peirce-Smith dönüştürücüsünde verilen ısı anot hurdasını eritmek için kullanılır. Bu durumda, hurda malzeme proses soğutması için kullanılır ve eklemeler dikkatle kontrol edilir. Bu, dönüştürücünün, çevrimin çeşitli zamanlarında başka yollardan soğutulması ihtiyacını ortadan kaldırır. Diğer birçok dönüştürücü, soğutma için hurda eklentileri kullanabilir ve buna izin vermek için işlem geliştirmelerine tabi tutulamayacak olanlar kullanabilir.

Brülörlerde oksijen bakımından zengin hava veya oksijen kullanımı, otojen ergitmeye veya karbonlu malzemenin tamamen yanmasına izin vererek enerji tüketimini azaltır. Atık gaz hacimleri önemli ölçüde azalır, böylece daha küçük fanlar vb. kullanılabilir.

Fırın kaplama malzemesi, ergitme işleminin enerji dengesini de etkileyebilir. Bu durumda, düşük kütle refrakterlerinin, bir tesisattaki termal iletkenliği ve depolamayı azaltarak faydalı bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [103, COM 1998]. Bu faktör fırın kaplamasının dayanıklılığına ve astar içine metal sızmasına karşı dengelenmeli ve her durumda

Konsantre ve hammaddelerin düşük sıcaklıklarda ayrı kurutulması, enerji gereksinimlerini azaltır. Bu, buharın bir izabe içinde aşırı ısınması için gereken enerjiden ve üretilen buhardan dolayı toplam gaz hacmindeki önemli artıştan kaynaklanır. Daha büyük gaz hacmi fırından çıkan ısıyı arttırır ve sonuç olarak, artan gaz hacmiyle baş etmek için gerekli olan fan boyut olarak arttırılmalıdır. Bu kurutma, bazı durumlarda, toz emisyonlarını önlemek ve/veya kendiliğinden tutuşmayı önlemek için minimum nem içeriğinin muhafaza edilmesi gereği ile şartlandırılabilir.

Kavurma ve ergitme aşamalarından çıkan sülfür dioksitten yayılan sülfürik asit üretimi ekzotermik bir işlemdir ve bir dizi gaz soğutma aşamasını içerir. Dönüşüm sırasında gazlarda oluşan ısı ve üretilen asitte bulunan ısı, buhar ve/veya sıcak su üretmek için kullanılabilir.

Isı, fırın yükünü önceden ısıtmak için ergitme aşamalarındaki sıcak gazlar kullanılarak geri kazanılır. Benzer şekilde, yakıt gazı ve yakma havası önceden ısıtılabilir veya fırında bir reküperatif brülör kullanılabilir. Bu durumlarda termal verim artmaktadır. Örneğin, neredeyse tüm katot/bakır hurda eritme şaftı fırınları doğal gazla ateşlenir; tasarım, fırının çapına ve yüksekliğine bağlı olarak %58 ile %60 arasında bir termal verimlilik (yakıt kullanımı) sağlar. Gaz tüketimi yaklaşık 330 kWh/ton metaldir. Bir şaft fırınının verimi, esas olarak fırının içindeki ön ısıtma işleminden kaynaklanmaktadır. Geri kazanılacak egzoz gazında yeterli miktarda artık ısı olabilir ve yanma havasını ve gazı ısıtmak için yeniden kullanılabilir. Isı geri kazanım düzenlemesi, uygun şekilde boyutlandırılmış bir ısı eşanjörü, transfer fanı ve kanal sistemi aracılığıyla fırın yığını gazlarının yönlendirilmesini gerektirir. Geri kazanılan ısı, fırın yakıt tüketiminin yaklaşık %4 ila %6'sıdır.

Bir kumaş filtre kurulumundan önce soğutma, filtre için sıcaklık koruması sağladığı ve daha geniş bir kumaş seçimine izin verdiği için önemli bir tekniktir. Bu aşamada ısıyı geri kazanmak bazen mümkündür. Örneğin, eriyik metali için bir şaft fırınının tipik bir düzenlemesinde, fırının tepesinden gelen gazlar, önceden ısıtılmış fırın yanma havası üreten iki ısı eşanjörünün ilkine kanallanır. Bu ısı değiştiriciden sonraki gazların sıcaklığı 200°C ile 450°C arasında olabilir. İkinci ısı değiştirici, kumaş filtresinden önce gaz sıcaklığını 130°C'ye düşürür. Isı eşanjörlerini normal olarak daha büyük partikülleri uzaklaştıran ve kıvılcım önleyici olarak hareket eden bir siklon takip eder.

Bir elektrik veya şaft/yüksek fırında üretilen karbon monoksit toplanır ve birkaç farklı işlem için bir yakıt olarak yakılır veya buhar üretilir, örn. bölgesel ısıtma veya diğer enerji amaçlı. Gazın önemli miktarları üretilebilir ve bir kurulumun kullandığı enerjinin büyük bir kısmının bir elektrik ark fırını tesisinden toplanan CO'dan üretildiği örnekler mevcuttur. Diğer durumlarda, bir elektrikli fırında oluşturulan CO, fırında yakılır ve ergitme işlemi için gerekli olan ısının bir kısmını sağlar. Bu tekniğin uygulanabilirliği, egzoz gazının bileşimi ve işlemin türüyle (ör. kesikli üretim) kısıtlanabilir.

Kirlenmiş egzoz gazının oksijen-yakıt brülöründen tekrar sirkülasyonu da önemli miktarda enerji

tasarrufu sağlar. Brülör gazdaki atık ısını geri kazanır, kirleticilerin enerji içeriğini kullanır ve bunları giderir [113, ALFED 1998]. Böyle bir işlem azot oksitleri de azaltabilir.

Süzme likörlerinin sıcaklığını arttırmak için proses gazları veya buharın ısı içeriğinin kullanımı sıklıkla uygulanır. Bazı durumlarda, gaz akışının bir kısmı, suya ısı vermek için bir gaz yıkayıcıya yönlendirilebilir, daha sonra süzme amaçlı kullanılır. Soğutulan gaz daha sonra azaltma için ana akışa geri döndürülür.

Elektronik hurda veya batarya hurdalarının ergitilmesi sırasında, yanıcı plastik içerik, ergitme işleminde kullanılan enerjiye katkıda bulunur ve ihtiyaç duyulan fosil yakıt miktarını azaltır.

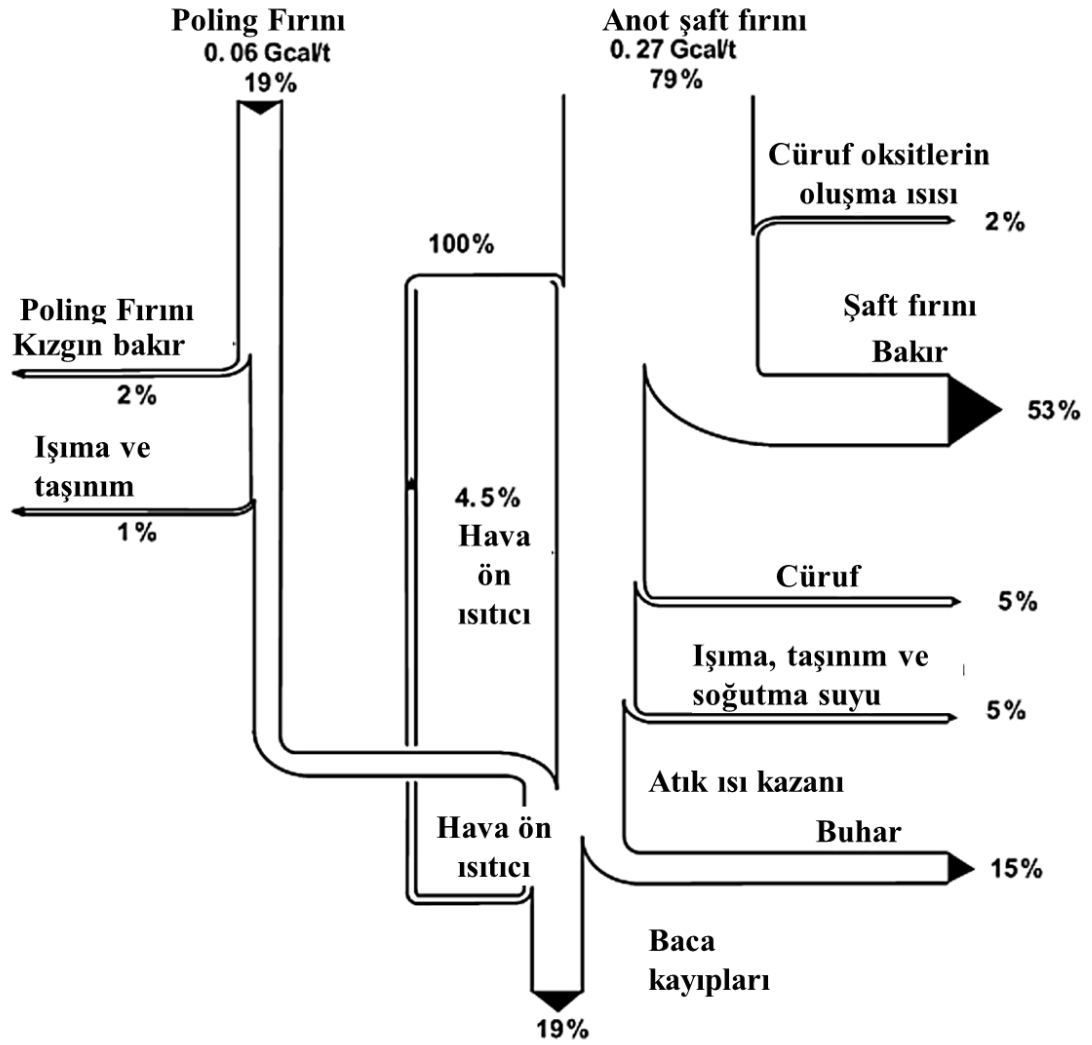
Brülörlerde kullanılan yanma havasının ön ısıtılmasının avantajı iyi belgelenmiştir. Eğer 400 ° C'lik bir ön ısıtma kullanılırsa, 200°C'lik alev sıcaklığında bir artış olurken, ön ısıtma 500 ° C ise, alev sıcaklığı 300°C artar. Alev sıcaklığındaki bu artış, daha yüksek bir ergime verimine ve enerji tüketiminde bir azalmaya neden olur. Rejeneratif brülörlerin, yanma havasını 900 ° C'ye ısıtmak için kullanılabileceği ve enerji tüketimini %70 oranında azalttığı bildirilmiştir. Bu iyi kurulum ile bir yıldan az geri ödeme süreleri elde edilir.

Yakma havasının ön ısıtılmasına alternatif, fırına yüklenen malzemenin önceden ısıtılmasıdır. Her 100°C'de ön ısıtma için teorik olarak %8 enerji tasarrufu sağlanabilir ve pratikte 400°C'ye ön ısıtmanın %25 enerji tasarrufuna yol açtığı, 500°C'lik ön ısıtmanın ise %30 enerji tasarrufuna yol açtığı iddia edilir. Ön ısıtma çeşitli proseslerde gerçekleştirilir, örneğin ferro-krom ve ikinci alüminyum üretimi sırasında sıcak fırın egzoz gazları kullanılarak fırın yükünün ön ısıtılması. İkinci durumda, bir ön ısıtma odasının kullanılması çok etkilidir. İçerikler, hurdadan pirolize edildiğinden, yükün ön ısıtması sırasında hidrokarbonlar salınır. Üretilen gazlar, hidrokarbonları yok eden ve ergime için enerji içeriğini kullanan fırın brülör sistemine yönlendirilir.

Birçok durumda, hammaddelerin önlenmesi enerji tasarrufu sağlar çünkü üretilen buhara eklenen gizli ısı boşa gitmez ve aynı zamanda gaz hacimleri daha düşüktür ve böylece büyük boyutlarda fanlar ve azaltma tesislerine ve yüksek miktarlar enerji tüketimine ihtiyaç duyulmaz.

Kurutma veya diğer işlem aşamalarında kullanılmak üzere anot fırınlarından çıkan gazlar düşünülmelidir. Havalandırmadan çıkan sıcak gazlar, önceden ısıtılmış yakma havası olarak kullanılabilir.

Şekil 2.1, şarjı ön ısıtmak için bir shaft ocağındaki yükselen, sıcak gazları kullanan Contimelt işleminin enerji dengesini göstermektedir.



Kaynak: [121, Rentz, O. et al. 1999]

Şekil 2.1: Continelt sürecinin enerji dengesi

Demir dışı metal endüstrilerinde ısı ve enerji geri kazanımı açıkça önemli bir faktördür ve enerjinin temsil ettiği yüksek maliyet oranını yansıtmaktadır. Enerji geri kazanımı için pek çok teknik, donanım iyileştirmesi için nispeten kolaydır [115, ETSU (UK) 1996], ancak bazen eşanjörlerinin metal bileşenlerinde birikme problemleri olabilir. Bu nedenle iyi tasarım, bileşenlerin yaydığı ses bilgisini ve çeşitli sıcaklıklardaki davranışlarını içerir. Isı değiştirici temizleme mekanizmaları da termal verimliliği korumak için kullanılır.

Bu tasarruflar, kurulumların bireysel bileşenlerinde tasarruf örnekleri iken, uygulama ve ekonomi, sahaya ve işleme özgü koşullara bağlıdır.

## 2.3 Görüntüleme

Bu bölüm, bu belgede bildirilen emisyonların, sonuçların temsili, karşılıklı olarak karşılaştırılabilir olması ve tesisin ilgili işletme durumunu net bir şekilde tanımlayacak şekilde ölçülmesini sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Örneklemeye ve analiz için kullanılan yöntemler ve araçlar, ilgili Avrupa'daki, ulusal veya uluslararası yöntemlerdir (örneğin, Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN); ISO) [293, COM 2017]. Genel ilkeler aşağıda verilmiştir.

Emisyonların ölçümü, temiz gaz veya atık sudaki maddelerin belirlenmeleri, raporlanabilmeleri, süreç veya azaltma tesisini kontrol etmek için kullanılmaları veya çevresel etkileri tahmin etmek için kullanılır. Teknikler genellikle İzleme Referans Raporu (ROM) [293, COM 2017] kapsamındadır.

Ölçümden önce, aşağıdakileri dikkate almak için planlar yapılabilir:

- çalışma şekli;
- atık gaz arıtma veya atık su arıtma tesislerinin çalışma durumu;
- fabrikadaki çalışma koşulları (sürekli, süreksiz, başlatma ve kapatma işlemleri, yük değişimi); ve
- termodinamik girişim faktörlerinin etkisi.

Gazların veya atık suyun seyreltilmesi kabul edilebilir değildir. Sürecin varyasyonları, emisyonların niteliği ve potansiyel tehlikesi ve ölçülebilir miktarda kirletici veya temsili bilgi elde etmek için gereken süre gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Bu faktörler daha sonra en yüksek emisyonların kaydedilebileceği çalışma koşullarının seçimi, ölçümlerin sayısı ve süresi, en uygun ölçüm yöntemi ve ölçüm yerlerinin konumu için temel oluşturabilir. Atık su emisyonları için, nitelikli rasgele örnekler kullanılabilir veya akış oransal veya zaman ortalamalı numunelere dayalı 24 saatlik kompozit numuneler alınabilir.

Sürekli işlemler için, minimum örnek toplama zamanı veya yarım saat (yarım saatlik ortalama değer) ölçüm süresi genellikle gereklidir. Toz içeriği düşükse veya PCDD/PCDF belirlenirse, daha uzun ölçüm süreleri ve sonuç olarak, saptama sınırlaması nedeniyle diğer referans süreleri gerekli olabilir. Numune alma veya ölçüm işlemi sadece işlem sırasında gerçekleştirilmelidir ve seyreltme havası dışarıda tutulmalıdır. Emisyon özelliklerinde sadece hafif dalgalanmalar olduğunda sürekli çalışma için, en yüksek emisyon seviyesinde üç ayrı ölçüm gerçekleştirilebilir. Sürekli çalışma sırasında emisyon seviyelerinin çok değişken olması beklenirse, daha fazla ölçüm yapılabilir; örneklemeye ve ortalama süresi emisyon fazıyla sınırlıdır.

Kesikli operasyonlar için, ölçüm süresi ve ortalama süresi, tüm kesikli operasyon üzerinde bir numune veya numuneler alınabilecek şekilde değiştirilmelidir. Bu sonuçlar, ortalamaları hesaplamak veya döngü sırasında piklerin nerede meydana geldiğini göstermek için kullanılabilir. Yine, örneklemeye veya ölçümler sadece çalışma dönemlerinde alınmalı ve seyreltme havası dışarıda tutulmalıdır.

### 2.3.1 Örneklemeye Yerleri

Örneklemeye noktaları, ilgili ulusal kılavuzların gereklerini karşılamalıdır. Örneklemeye noktaları normal şartlarda:

- açıkça işaretlenmeli;
- mümkünse, ölçüm bölümünde düzensiz bir akışın olmadığı yerlerde yapılmalı;
- kapatılabilecek izleme noktalarına sahip olmalı;
- gerekli enerji kaynaklarına sahip olmalı;
- yeterince geniş çalışma platformlarına sahip olmalı; ve
- işyerinde güvenlik gereksinimlerinin karşılandığından emin olunmalı.



### 2.3.2 Bileşenler ve parametreler

Demir dışı metal sektöründe ölçülen bileşenler arasında toz, metaller, kükürt dioksit, toplam karbon (ayrıca VOC'ler, katranlar ve hidrokarbonlar), PCDD/F, karbon oksitleri ve azot oksitler bulunur. HCl ve HF gibi asitler, klorür ve florür gibi bazı işlemler için izlenir. Spesifik belirleyiciler arasında birincil alüminyum için PFC'ler ve anot pişirme için PAH, Söderberg teknolojisi kullanılan birincil alüminyum ve karbon ve grafit bulunur. Bazı belirleyiciler, değerli metal üretimi için kullanılan bazı reaktiflere özgüdür. Bileşenler, metale özgü bölümlerde raporlanmakta ve örnekleme ve analiz yöntemleri, izleme ve analiz ile ilgili ulusal ve uluslararası kılavuzlarda verilmektedir [317, UBA (D) 2009].

Bazı parametrelerin analizi, diğer organlar tarafından oluşturulan yöntemler ile, örneğin OSPARCOM ile karşılanabilir. Belirli sektörlerde PAH'ın ölçümü ve tespiti (örneğin anot, Söderberg teknolojisi kullanılan birincil alüminyum ve karbon ve grafit), bir markör olarak BaP kullanılarak yapılır.

### 2.3.3 Referans koşullar

Havaya olan emisyonlar için, 273 K, 101,3 kPa standart koşullarında, ölçülen oksijen içeriği ve kuru gazın elde edilen emisyon konsantrasyonlarını dönüştürmek için aşağıdaki atık gaz parametreleri de belirlenmelidir:

- hacimsel gaz dışı akış (konsantrasyon ve emisyon kütle akışını hesaplamak için);
- atık gaz sıcaklığı;
- atık gaz su buharı içeriği;
- atık gaz kanalındaki statik basınç; ve
- atmosferik basınç.

Üretim oranı, emisyonların, tonlarca metal için spesifik emisyonlar olarak rapor edilebilmesi için de raporlanabilir. Metalin tonu başına Nm<sup>3</sup> cinsinden spesifik gaz hacmi de hesaplanabilir.

### 2.3.4 Kanalize emisyonların sürekli ve periyodik ölçümü

Emisyonların sürekli izlenmesi, sahada kalıcı olarak kurulan otomatik ölçüm sistemi (AMS) ile ölçüm yapılmasını içerir.

Gazlar veya atık sudaki çeşitli bileşenlerin sürekli ölçümü mümkündür ve birçok durumda doğru konsantrasyonlar sürekli olarak veya kabul edilen zaman periyotları boyunca (yarım saatlik, günlük, vb.) ortalama değerler olarak rapor edilebilir. Bu durumlarda, ortalamaların analizi ve yüzdelliklerin kullanımı izin koşullarına uyumu göstermek için esnek bir yöntem sağlayabilir ve ortalamalar kolayca ve otomatik olarak değerlendirilebilir. Üye Devletler genellikle, örneğin kısa vadeli pik emisyonlarına izin veren, uygunluğu değerlendirmek için kendi yöntemlerine sahiptir.

Önemli çevresel etkiye sahip olabilecek emisyon kaynakları ve bileşenleri için sürekli izleme belirtilmelidir. Toz, önemli çevresel ve sağlık etkilerine sahip olabilir. Metal sektörlerinde, tozlar toksik bileşenler içerebilir ve tozun sürekli olarak izlenmesi sadece uyum değerlendirmesi için değil, aynı zamanda azaltma tesislerinin herhangi bir başarısızlığının meydana gelip gelmediğini (örneğin torba patlamaları) da değerlendirmek için önemlidir. Torba arızalarını tespit etmek için konsantrasyon eğilimleri analiz edilebilir veya pik emisyonları, örn. torbaların ters jetle temizlenmesi sırasında gözlemlenebilir. Modern toz monitörleri, filtrenin hangi bölümünün sızıntı yapan torbalar içerdiğini belirlemek için temizleme sistemi ile arayüz oluşturabilir, böylece filtrenin bakımı gerçekleştirilebilir.

Sürekli olarak ölçmek için bazı yöntemler mevcuttur:

- toz;
- SO<sub>2</sub>;
- NO<sub>x</sub>;
- CO;

- gazlı flor ve bileşikleri;
- gaz halindeki klor ve bileşikleri;
- toplam organik karbon;
- buhar fazında cıva.

Yetkili makamlar, kirleticinin kütle akışına bağlı olarak sürekli ölçüm yapılmasını gerektirebilir. Su için iletkenlik, bulanıklık, pH, akış hızı, sıcaklık ve bazı iyonik türler sürekli olarak izlenebilir.

Mutlak değerlerin güvenilir olarak kabul edilemediği durumlarda bile, sürekli izleme kullanımı emisyonlarda ve proses veya azaltma tesisi için kontrol parametreleri olarak eğilimler vermek için kullanılabilir ve bu nedenle çok önemlidir.

Periyodik ölçümler, manüel veya otomatik yöntemler kullanarak belirli zaman aralıklarında bir ölçütün belirlenmesini içerir. Genel olarak belirtilen zaman aralıkları düzenlidir (ör. Ayda bir kez veya yılda bir/iki kez). Örnekleme süresi, numunenin alındığı zaman periyodu olarak tanımlanır. Pratikte bazen 'nokta örnekleme' ifadesi 'periyodik ölçüm' yöntemine benzer şekilde kullanılır.

Bazı fiziksel parametreler, gaz akışındaki belirli bileşenlerin varlığının bir belirtisini vermek için yerine geçen parametreler olarak da kullanılabilir. Örneğin, bir anot etkisinin varlığı, birincil alüminyum üretiminde PFC'lerin üretimini gösterebilir ve gazın sıcaklığı, oksijen ve toz içeriği, PCDD/F'nin yok edilmesinin bir işaretini verebilir. PH, metallerin etkili çökmesini göstermek için de kullanılabilir.

### 2.3.5 Yayılı emisyon Ölçümleri

Yayılı emisyonların, doğası gereği belirli bir meydan okuma oluşturduğu genel olarak kabul edilir. Aşağıdakileri belirlemek için ölçüm metodolojileri [323, VDI 2008], [324, VDI 2008] kullanılmıştır:

- Belirli bir tesisten gelen yayılı emisyonların küresel etkisi. Bir tesisin yakınındaki emisyonların ölçülmesi yararlı bilgiler verebilir, ancak rüzgâr yönündeki değişiklikler sonuçları yorumlamayı zorlaştırabilir. Bir tesisin yakınında yeterli ölçüm cihazları mevcut olduğunda, dikkate alınan tesisle (metaller, asit sisi vb., ancak toz hariç) özellikle bağlantılı küresel olarak yayılan madde miktarı hakkında bir tahminde bulunulabilir. Bununla birlikte, böyle bir alıştırmanın doğruluğu %50'den daha iyi değildir ve bu yöntem sadece daha uzun zaman periyotları için yapılan değerlendirmeler için uygundur. Ayrıca, doğruluğu düşük seviyelerde olan bu yöntem oldukça sorgulanabilir durumdadır.

- Yayılı emisyon kaynakları. Yayılı emisyonlar çeşitli kaynaklardan ortaya çıkar ve yayılı emisyonların niceliği, emisyon kaynağının türüne bağlıdır.

Yayılı emisyonları tahmin etmek için kullanılan birkaç yöntem aşağıda belirtildiği gibi [229, IZA tesis verileri 2008] rapor edilmiştir.

- Tahliye ve pencerelerden akış oranını ve yoğunluğunu belirlemek için ölçümler de dahil olmak üzere binalardan gelen yayılı emisyonlar için. Tek bir alanda birkaç yıl boyunca güvenilir bir yöntem kullanılmıştır [160, Steudtner 1998]. Yaygın toz emisyonlarının hacmini ve bileşimini ölçmek için kullanılan bir başka yöntemin, bir birincil bakır izabesinde göreceli olarak Tablo 2.2'de verilen izleme sonuçlarına göre güvenilir olduğu kanıtlanmıştır [158, Petersen, K. 1999]. Sonuçlar, yayılı emisyonların büyüklüğünün toplanan ve azaltılmış emisyonlardan çok daha önemli olabileceğini göstermektedir. Kontrollü emisyonlar ne kadar düşük olursa, yayılı emisyonlar o kadar belirgin olur.

**Tablo 2.2: Birincil bakır izabesinde azaltılmış ve yaygın toz yüklerinin karşılaştırması**

	Toz Emisyonu(kg/yıl)	
	Ek ikincil gaz toplamadan önce (1992)	Ek ikincil gaz toplamadan sonra

		(1996) (1)
Anot üretimi (t/yr)	220 000	325 000
Yayıllı emisyonlar:Toplam	66 490	32 200
izabe	56 160	17 020
İzabe çatı hattı		
Kontrollü emisyonlar (birincil izabe):		
İzabe/Asit tesisi	7990	7600
İkincil davlumbaz yığını	2547	2116
Gelişmiş bir yaygın gaz yakalama ve arıtma sistemi kurmak için 10 milyon EURO'luk bir yatırımdan sonra emisyonlar. Ek enerji = 13,6 GWh/yıl. <i>Kaynak: [158, Petersen, K. 1999]</i>		

Yayıllı emisyon kaynaklarının akış koşulları sabit değildir ve bu nedenle çatı vanalarından örnekleme emisyonları doğru değildir. Çatı hattı menfezlerinin ölçüm düzleminin enine kesiti, özdeş alt yüzey (ızgara ölçümü) alanlarına ayrılırsa, doğruluk artırılabilir. Ölçümler sırasında, örnekleme problemleri seçilen yerlerde kurulur. Kullanılan örnekleme ekipmanı sonsuz değişken emiş kontrolü için tasarlanmalıdır. Farklı örnekleme prob çaplarını seçerek, örnek akış hızı, mevcut atık gaz akış hızına uyarlanabilir. Örnek gaz akışlarının toz içeriği bir filtre ortamı üzerinde toplanır ve gravimetrik yöntemler ile belirlenir [293, COM 2017].

- Sabit veya portatif örnekleyiciler kullanarak işyerindeki toz konsantrasyonunun sürekli olarak izlenmesi, yayıllı emisyonların ana kaynaklarını belirleyebilir. Sonuçların örnekleme sırasında gerçekleşen süreç işlemleriyle ilişkili olması halinde, süreçlerdeki kritik adımlar hakkında bilgi verebilir. [229, IZA tesis verileri 2008].
- Dökme malzemelerin (girdi malzemeleri, hurda, vb.) depolanması, yükleme-boşaltılması ve taşınması sırasında meydana gelen yaygın toz emisyonlarını tahmin etmek için emisyon özelliklerini (emisyon faktörleri) esas alma. Bu bağlamda emisyon faktörlerinin kullanımı, emisyonun büyüklüğüne sadece kaba bir yol haritası verebilir.
- İlgili toz kaynaklarını tahmin etmek için ters dağılım modelleme (RDM) [322, CEN 2008] kullanma. Genel olarak, elde edilen sonuçlar, özel kurulum ve ölçülen bileşenler için değerlidir. Belçika'da bazı iyi uygulamaların örnekleri bildirilmiştir [298, Mensink 2005]. Bu yöntemin uygulanması, tesisin ürettiği toz miktarının arka plandaki toza kıyasla küçük olduğu durumlarda zorlaşır. Bu yöntem hem maliyetli hem de zaman alıcı olabilir. RDM, EN 15445-2008 CEN metodolojisinde tarif edilmiştir.
- Bir kurulumdaki belirli noktalardan bilinen oranlarda izleyicilerin (işaretleyici gazlar) salınması ve kirleticilerle birlikte aşağı doğru akımlarının ölçülmesi. Sonuçlar, difüzyon ve absorpsiyon varsayımlarına dayanarak kirletici emisyonlarını tahmin etmek için kullanılabilir.

Bazı kurulumlar, sitelerinde yayıllı emisyonları tahmin etmek için bu ölçüm metodolojilerini kullanır. Bu metodolojiler, yerel uzmanlık, yerel koşulların bilgisi, deneyim, tesisin spesifik konfigürasyonu vb. ile deneme yanılma esasına göre geliştirilmiştir. Bunlar, doğru ve güvenilir gerçek rakamlar elde edebilecekleri bir aşamada değildir, ancak belirli bir zaman zarfında emisyon emisyonlarını veya emisyon eğilimlerini gösterebilirler.

Tüm siteler tarafından genel kullanım için geçerli bir ölçüm yöntemi yoktur ve bir ölçüm metodolojisi bir siteden diğerine farklılık gösterebilir. Sitenin yakın çevresinde diğer faaliyetler, trafik ve diğer kaynaklar gibi ekstrapolasyonu çok zorlaştıran unsurların önemli etkiler vardır. Elde edilen sonuçlar, yayıllı emisyonları azaltmak için alınan önlemlerin azaldığını gösteren göreceli veya karşılaştırmalı değerlerdir.

Yayıllı emisyonların etkisinin ve zaman içindeki azalmanın değerlendirilmesi, belirli alandaki yayılma ve nokta kaynağı emisyonlarının nispi oranıyla karşılaştırılmalıdır. Bu sonuçların çevresel kalite standartlarıyla (EQS) karşılaştırılması, mesleki maruziyet sınırı (OEL) ya da ses bilimine dayanan tahmin etkisiz konsantrasyon (PNEC) değerleri, çevredeki dağılık

emisyolların payını veya etkisini değerlendirmek için kullanılır.

Örnekleme yerleri, iş sağlığı ve güvenliği standartlarını karşılamalı, kolayca erişilebilir ve yeterli büyüklükte olmalıdır.

Alan kaynaklarından gelen yayılı emisyonların ölçümü daha karmaşıktır ve daha ayrıntılı teknikler gerektirir çünkü:

- emisyon kaynağı geniş bir alan olabilir ve sadece kabaca tanımlanabilir;
- emisyon özellikleri meteorolojik koşullara tabidir ve büyük dalgalanmalara gösterebilir;
- ölçülen verilerle ilgili belirsizlikler önemli olabilir.

Işıklı saptama ve tarama teknikleri (LIDAR), toz, duman ve SO<sub>2</sub> ve VOC gibi bazı yaygın gaz bileşenlerini ölçmek için de kullanılabilir.

## 2.4 Yayılı emisyonlar

Yayılı emisyonlar NFM sektöründe çok önemli bir emisyon kaynağıdır. Büyüklükleri, toplanan ve azaltılmış emisyonlardan çok daha önemli olabilir (bazı kaynaklar, belirli bir yere özü ve zamanla ilgili olmasına rağmen yayılı emisyonların kontrollü emisyon miktarının iki ila üç katından fazla olabileceğini tahmin etmektedir [219, VDI 2007]).

İzleme ile ilgili Referans Raporunda yaygın ve kaçak emisyonlar tanımlanmıştır.

(ROM) [293, COM 2017]

*Yayılı emisyonlar*, normal çalışma koşullarında, ortamdaki uçucu bileşiklerin veya tozun doğrudan (kanalize olmayan) temasından kaynaklanan emisyonlardır. Bunlar aşağıdakilerden kaynaklanabilir:

- ekipmanın doğal tasarımı (örn. Filtreler, kurutucular);
- çalışma koşulları (örneğin, kaplar arasında malzeme transferi sırasında);
- işlem türü (örneğin bakım faaliyetleri);
- veya başka bir ortama kademeli salımdan (ör., Soğutma suyuna veya atık suya).

Yayılı emisyon kaynakları nokta, doğrusal, yüzeysel veya hacimsel kaynaklar olabilir. Bir bina içindeki çoklu emisyonların, kirleticiler binadan doğal havalandırma ile çıkarken normal olarak yayılı emisyonları artırdığı kabul edilir, oysaki cebri havalandırma sistemi egzozu kanalize bir emisyon olarak sınıflandırılır.

Yayılı emisyonların örnekleri, yükleme ve boşaltma sırasında depolama tesislerinden kaynaklanan emisyonları, açık havada tozlu katı maddenin depolanmasını, şarj ve kılavuz çekme gibi fırın işlemlerinden kaynaklanan emisyonları ve elektrolitik hücrelerden kaynaklanan emisyonları, çözücülerini içeren işlemlerden oluşur.

*Kaçak emisyonlar*, kapalı bir sıvı (gaz veya sıvı) içerecek şekilde tasarlanmış bir ekipman parçasının kademeli olarak sızdırmazlığından kaynaklanan çevreye yayılan emisyonlardır. Tipik olarak bu bir basınç farkı ve sonuçta meydana gelen bir sızıntıdan kaynaklanabilir. Kaçak emisyonlar, yayılı emisyonların bir alt kümesidir.

Kaçak emisyonların örnekleri arasında, bir flanştan, pompadan veya ekipmandan kaynaklanan sızıntılar ve gaz veya sıvı ürünlerin depolama tesislerinden kaynaklanan kayıplar sayılabilir.

Metal üretim süreçlerinden yayılan yayılı emisyonların önlenmesi için, Bölüm 2.4.3'te bir bilgi verilirken, metal spesifik bölümlerde ayrıntılı bir açıklama bulunabilir.

### 2.4.1 Dağınık emisyon kaynakları

Metalurjik tesislerde, yayılı emisyonlar aşağıdaki kaynaklardan ortaya çıkabilir.

- doğrudan rüzgâr hızıyla ilgili emisyonlar ile taşıma, boşaltma, depolama ve yükleme-boşaltma sistemleri;
- trafik hareketleri ve taşıt tekerlekleri ve şasisinin kirlenmesi nedeniyle karayollarından gelen tozların uzaklaştırılması;
- Tozlu malzemelerin terk edilmiş çalışmalardan, depolama alanlarından veya rüzgâr hızına bağlı rüzgâr hızına bağlı bertaraf noktalarından yeniden süspansiyon edilmesi;
- Üretim süreçlerinin kendileri.

Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF [290, EC 2006] ve bu dokümanın 2.4.2 bölümü, yayılı emisyonların ilk üç kaynağı hakkında rapor vermektedir.

Yükleme, depolama, boşaltma ve sıvıların ve gazların transferi sırasında hava ve suya karışan potansiyel VOC emisyonları vardır. VOC'ler ayrıca, tankın hava almasından ve boru hattı sızıntılarından havaya da verilebilir. Yükleme ve boşaltma işlemlerinden hava ve karaya potansiyel toz emisyonları, katı malzemenin taşınması ve depolanması ve depolama alanlarından ve konveyörlerden gelen tozun yeniden süspansiyonu söz konusudur. Askıda katı maddeler, metaller, yağ ve sülfat gibi çeşitli anyonlar (cevher ve işlemine bağlı olarak) suya verilebilir.

Bölüm 2.4.3'te rapor edilen süreç kaynakları da önemlidir [219, VDI 2007]. Çünkü yayılı emisyonlar, sızdırmazlığı sağlanmamış işlemlerden ve yükleme, eritme ve dokunma işlemleri sırasında ve aynı zamanda erimiş ürünlerin veya ara ürünlerin bir işlemde diğerine aktarılması sırasında da meydana gelebilir. Çeşitli metal, cüruf ya da mat fraksiyonlarının hâkim sıcaklıklarının, düşük kaynama noktalı ilave metallerin (örneğin çinko) ve oksitlerin (örn. SnO ve PbO) uçuculaşma noktalarının üstünde olması önemlidir; çünkü ikincisi yayılan buhar içinde birikir. Mümkün olduğu kadarıyla, kaynakta ikincil davlumbazlar aracılığıyla yayılı emisyonlar yakalanmalı ve çıkarılan atık gaz, gaz temizleme sistemine yönlendirilmelidir.

Duvarlardaki açıklıklardan ve binaların çatılarından çıkan tozlu havalandırma havası da bir fabrikadan yayılan yayılı emisyon kaynağıdır. Önleme tedbirlerini dikkate alırken, çalışan koşullarına özel önem verilmelidir. Örneğin binaların pencerelerinin kapatılması ya da bina içinde başka bir yerde bulundurulması ile bir binadaki yayılı emisyonları en aza indirmek, binadaki çalışanların maruziyetine verilmesi gereken önem nedeniyle uygun bir yaklaşım değildir. Bir binadaki yayılı emisyonların toplanması, bu nedenle, kaynaktaki emisyonların önlenmesine odaklanılmalıdır (örneğin, izabenin içine daha yumuşak bir şekilde beslenmesi veya uygulanabilir ve mümkün olan yerlerde cüruf çekme kapağının geliştirilmesi gibi önlemler). İşyeri ölçümleri ve çalışanlardaki kan ve idrar seviyelerinin izlenmesi, aynı zamanda, yayılan emisyonların daha iyi yakalanmasının başarısını da gösterebilir [229, IZA tesis verileri 2008]

### 2.4.2 Giriş malzemelerinin depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek için uygulanan süreçler ve teknikler

Demir dışı metallerin üretiminde kullanılan ana hammaddeler, cevherler ve konsantreler, ikincil hammaddeler, yakıtlar (petrol, gazlar ve katı yakıt) ve proses gazlarıdır (oksijen, klor ve inert gazlar). Ayrıca, akışkanlar, katkı maddeleri ve işlem kimyasalları (örneğin, azaltma sistemleri için) gibi başka malzemeler de kullanılır. Bu malzeme çeşitliliği birçok taşıma ve depolama sorununa sahiptir ve kullanılan spesifik teknik, malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır (ayrıca bkz. BREF'in Depolamadan Kaynaklanan Emisyonları [290, EC 2006]). Genel olarak, tozlu malzemenin açık alanlarda saklanması önlenmelidir. Taşıma sistemleri muhafazalarla donatılmalıdır. Kumaş filtrelerin düzenli olarak incelenmesi ve bakımının yapılması gerekir [307, Avusturya 2006]. Çevreye olan emisyonları önlemek için aşağıdaki uygulanmış süreçler ve teknikler kullanılabilir.

### 2.4.2.1 Cevher ve konsantreler için uygulanan işlemler ve teknikler

Cevherler ve konsantreler, karayolu, demiryolu, mavnaya veya gemi ile sahaya teslim edilebilir. Deşarj noktalarında toz önleme teknikleri ve toz toplama ve azaltma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Süreç kontrolü, dönüşüm verimliliğinin artırılması, enerji tüketiminin azaltılması ve emisyonların azaltılması için daha önemli hale gelmektedir ve çoğunlukla, optimum proses çalışma koşullarını oluşturmak için etkili örnekleme, analiz ve hammaddelerin kaydedilmesine dayanmaktadır. Bu, depolama ve işleme teknikleri seçimini etkiler.

Katı malzemenin boşaltılması, depolanması ve dağıtımı katı yakıtlar için kullanılanlara benzer tekniklerle gerçekleştirilir. Genellikle, genellikle daha reaktif olduklarından, daha küçük bir parçacık boyutuna sahip olduklarından ve havada daha kolay süspansiyon edildiklerinden veya su içinde yıkandıklarından, bu malzemeler için daha sıkı muhafaza yöntemleri benimsenmektedir. Otomatik hızlı sızdırmazlık cihazları yaygın olarak kullanılır. Akı ve dolgu maddeleri de yerinde alınır ve cevherlere ve konsantrelere benzer şekilde işlenir.

Cevherler veya konsantreler (toz oluştururlarsa) ve diğer tozlu malzemeler genellikle kapalı binalarda depolanır. Kapalı, üzeri kaplanmış stok ve silolar da kullanılır. Açık stoklar büyük, topaklı malzemeler için kullanılır, ancak genellikle maddi kayıpları, arazi kirlenmesini ve cevherin kirlenmesini önlemek için beton gibi sert ve geçirimsiz bir yüzeye yerleştirilir. Bazı büyük materyaller sert bir yüzeyde saklanmaz, çünkü sıklıkla hasar meydana gelebilir ve gizli sorunlara neden olabilir. Koşullar genellikle farklı dereceli cevherleri ayırmak için kullanılır.

Cevherler ve konsantreler normal olarak büyük tesisler tarafından kullanılır ve bu nedenle silolar birincil depolama için sıklıkla kullanılmazlar, ancak ara depolama ve cevher/akı karışımlarının hazırlanması için kullanılabilirler. 'Kayıpsız' dozaj sistemleri ve bant tartıları, etkili optimum karışımları ve gelişmiş proses kontrolünü elde etmek için cevherleri ve akıları ölçmek için kullanılır.

Su püskürme işlemi tozları bastırmak için sıklıkla kullanılır, ancak bazı operatörler kuru besleme gerektiren süreçlere de su spreyleri kullanmaktan çekinmezler. İnce su buharı vermek için atomize spreylerin kullanılması gibi alternatif yöntemler, malzemenin aşırı ıslanmasına gerek kalmadan toz bastırma için kullanılır. Bazı konsantreler doğal olarak toz oluşumunu önlemek için yeterli su içerir.

Rüzgârlı koşullarda toz oluşumunu önlemek için sızdırmazlık maddeleri (melas, kireç veya polivinil asetat gibi) kullanılabilir. Sızdırmazlık, yüzey tabakalarının oksitlenmesini ve ardından malzemenin toprağa veya yüzey sularına sızmasını önleyebilir.

Minerallerin boşaltılması, potansiyel toz emisyonlarının potansiyel kaynağı olabilir. Ana sorun, bir tren vagonu ya da diğer devrilme aracı, yer çekimi ile boşaldığında ortaya çıkar. Deşarj oranı kontrol edilmez ve toz emme sistemlerine zarar verebilecek yüksek miktarda yer değiştirmiş hava ve toz ile sonuçlanır. Otomatik kapı kapatma kullanılarak kapalı dağıtım salonları kullanılır.

Devrilme araçlarına karşı kullanılan şeffaf plastik ekranlar kullanılır. Bu durumda, yer değiştiren hava, boşaltımın enerjisini emmek için esnek bir bölüme ve sevk konteynerine geçirilir; Hava hacmindeki artış, ekstraksiyon sisteminin başa çıkmasına izin vererek sönmüştür.

Malzeme, tozlu malzemeyi taşımak için kullanılan tamamen kapalı konveyörlerle bir alt besleme konveyörü, vinç veya ön uç yükleyici tarafından geri alınabilir. Pnömatik, yoğun faz sistemleri ile transfer de kullanılır. Tozlu materyallerin çıkarılması için, statik boşaltma noktalarından ve konveyör transfer noktalarından gelen tozla başa çıkmak için filtre sistemleri kullanılabilir. Açık konveyörler kullanıldığında, kayış çok hızlı çalışıyorsa (yani 3.5 m/s'den fazla) toz üretilebilir. Bir ön uç yükleyici kullanıldığında, tüm taşıma mesafesi boyunca toz oluşturulabilir.

Katılar tekerleklerle ve diğer araç parçalarına yapışabilir ve hem arazide hem de yollarda yolları kirlenebilir ve araçların temizlenmesi için tekerlek ve vücut altı yıkama işlemlerinin (veya donma sıcaklıklarına rastlanırsa diğer temizleme tekniklerinin) kullanılması sıklıkla yapılır. Gerekinden

daha büyük olan ön-uç yükleyicilerin kullanılması bu sorunu daha da kötüleştirebilir.

Yol süpürücüler ya da su jetleri ve vakum toplamanın bir kombinasyonu kullanan diğer özel ekipmanlar yaygın olarak iç alanları temiz tutmak ve tozların yeniden süspansiyonunu önlemek için, eski depolama alanları da dahil olmak üzere, biriken toz temizlemek için kullanılır.

Yerel topoğrafyaya bağlı olarak, sele karşı önlemler ve bunun sonucunda oluşan toksik maddelerin emisyonları dikkate alınmalıdır.

#### 2.4.2.2 İkincil hammaddeler için uygulanan işlemler ve teknikler

Bu endüstri özellikle metallerin çeşitli kaynaklardan geri kazanımında aktiftir ve dolayısıyla geniş bir ikincil hammadde kullanır. Demir dışı metallerin kaynağı olarak hurda metal, sıvı yüzü tortusu / posa ve baca veya filtre tozu kullanılır ve bu malzemeler bir dizi metal veya metal bileşiği içerir. Bir kurulumda veya yakın bir grup şirket arasında entegre bir yaklaşım ikincil hammadde kullanımını teşvik edebilir [277, Heino 2004]. İkincil hammaddeler de bazı birincil süreçlerde kullanılır.

İkincil hammaddenin kaynağı, asitlerin, yağların, organik kirleticilerin (eritme işlemleri sırasında PCDD/F üretebilen), anyonların ve nemli sıvı yüzü tortusu / posa reaksiyonundan oluşan amonyak gibi bileşenlerin varlığından dolayı potansiyel emisyonlar hakkında bilgi verebilir. Bu, hava, su ve toprak için potansiyel emisyonları doğrudan etkiler ve bu malzemelerin herhangi bir bileşeni yayılabilir. Malzemeler, öngörülemeyen safsızlıklar ve kirlenme için kontrol edilir (ör., İnceleme ve sıralama) ve bu, daha temiz bir ürünün muhafaza edilmesi ve emisyonların azaltılması için uygun maliyetli olabilir.

Malzemenin fiziksel durumu ayrıca depolama ve taşıma yöntemlerini de etkiler. Bu malzemeler tozlu veya yağlı olabilir ve ince tozlardan tüm bileşenlere kadar geniş bir aralıkta olabilir. Bu faktörler kullanılan dağıtım, taşıma ve depolama yöntemlerini etkiler. Birincil ham maddeler için kullanılan teknikler aşağıda verilenlerle birlikte kullanılır.

İkincil hammaddeler, alana, büyük torbalarda veya tamburlarda gevşek malzeme olarak verilebilir. Malzemenin fiziksel durumu, dağıtım yöntemini ve kullanılan depolama yöntemini belirler. Malzemenin kaynağı da önemli bir etkiye sahiptir ve derecelendirme materyali için çeşitli yöntemler mevcuttur. Çoğu durumda besleme materyalinin kalite kontrolü ve analizi uygulanmaktadır.

Büyük parçalar ve taşlama talaşı gibi malzemeler açık, kapalı veya bina içi olabilecek beton alanlarda depolanır. Bazı büyük materyaller, yüzeyin zarar görmesi durumunda sert bir yüzeyde saklanmaz. Malzeme genellikle farklı derecelerde ve alaşım bileşimlerini ayrı tutmak için ayrılmış yığınlarda depolanır.

Tozlu materyaller ve sıvı yüzü tortusu / posa açık, kapalı veya binalarda olabilecek ayrı yığınlarda da depolanır. Bu malzemeler piroforik olabilir veya bileşime bağlı olarak amonyak veya arsan veya stiban gibi diğer gazları oluşturmak için nem ile reaksiyona girebilir. Bu nedenle uygulanan depolama yöntemi, bu faktörleri dikkate alır. Soğuk tozlu malzeme, toz oluşturmayan kuru bir kırıntı oluşturmak için melas gibi bir malzeme ile kaplanabilir. Kaplama malzemesi pirometalurjik süreçleri etkilemez.

İkincil hammaddeler, drenaj sistemlerine yıkanabilecek yağlar, asitler ve organik maddeler gibi çeşitli başka malzemelerle kirlenmiş olabilir. Yağmur suyu ve diğer suların bu tür kirleticiler tarafından potansiyel kirlenmesi, depolama yöntemlerinin tasarımında ve bu alanlardan akan suyun arıtılmasında dikkate alınır. Suya emisyonları önlemek için, paket alanlar, sızdırmaz zeminler ve yağ önleyiciler kullanılmaktadır.

Malzemeler, depolamaya bağlı olarak çeşitli yöntemlerle ele alınmaktadır. Kovalar, konveyör ve kürek kullanılır. İkincil malzemelerin sıklıkla işlem veya ön arıtmadan önce karıştırılması gerekir ve daha sonra ara depolama kullanılır.

**2.4.2.3 Yakıtlar için uygulanan süreçler ve teknikler**

Yakıt doğrudan bir ısı kaynağı olarak, bir indirgeyici madde olarak veya her ikisi olarak kullanılabilir. Bu durum her kurulum için bu tanımlanmalıdır. Yakıtlar siteye boru hattı, yol, demiryolu veya gemi ile teslim edilebilir. Teslim için kullanılan yöntemler bu dokümanın kapsamı dışındadır, ancak sık teslimatlar için karayolu taşımacılığının kullanılması, mahalde veya yörede gürültü ve tıkanıklığa yol açabilir.

Yakıtın dağıtımını ve depolanması, genellikle dökülme ve sızıntıları önlemek için operatör tarafından kontrol edilir ve kullanılan teknikler aşağıdakileri içerir:

**Sıvı yakıtlar**

- Yol ve demiryolu tankerleri en yaygın olarak teslimat için kullanılır. Saha depolama sistemleri, en büyük depolama tankının içeriğini (veya daha büyükse toplam tank hacminin %10'u) barındırmak için yeterli kapasiteye sahip kapalı alanlarda veya bacalarda yerleştirilmiş havalandırılmalı veya yüzer tavan depolama tanklarının kullanımına sahiptir. Taşma sularının yerinde tahliyesini önlemek için verimli yağ önleyiciler kullanılmaktadır.
- Yüzer tavan depolama tankları kullanılmadığı sürece, depolama tankından gelen gazların dağıtım tankına geri gönderilmesi sıklıkla uygulanır. Sıvı ve sıvılaştırılmış gazlar teslim edildiğinde bağlantı hortumlarının otomatik olarak tekrar kapatılması uygulanır. Teslimat bağlantıları kutunun içine yerleştirilmiştir.
- Sızıntıları ve güvenli hacmi belirlemek için tank içeriğinin düzenli kontrolleri genel uygulamadır. Alarmlar kullanılır. Bazen inert atmosferler kullanılır.
- Boru hatları sıvı yakıt dağıtımını için de kullanılabilir ve ara tank deposu içerebilir. Saha depolama tanklarından prosese yakıt dağıtımını genellikle havai boru hattıyla, servis tünelleriyle veya daha az yaygın olarak gömülü boru hattı ile yapılır. Havai boru hatlarını hasara karşı korumak için engeller kullanılır. Yeraltı borularının kullanılması, zeminin ve yeraltı suyunun kirlenmesine neden olabilecek yakıt sızıntılarının hızlı bir şekilde belirlenmesini engelleyebilir.
- Yeraltı suyu kirlenmesi riski varsa, depolama alanı depolanacak malzemeye karşı geçirimsiz ve dayanıklı olmalıdır.

**Gazlı yakıtlar**

- Boru hatları, gaz yakıtlar için en yaygın dağıtım sistemidir. Sıvı petrol gazları (LPG) bir sıvı olarak sınıflandırılmasına rağmen, gazlar için aynı teknikler kullanılır.
- Bazı pirometalurjik süreçler (yani kapalı daldırılmalı elektrik ark ocaklarında karbonlu alaşımların karbotermik üretimi) bir yan ürün olarak karbon-monoksit açısından zengin bir egzoz gazı üretir. Metal miktarı ve üretim sürecine bağlı olarak CO'nun miktarı büyük ölçüde değişir. Egzoz gazı, düşük miktarlarda (düşük CV gazı) %90'a kadar (yüksek CV gazı) CO içerebilir. Gaz, basamaklı bir ıslak gaz yıkayıcıda temizlenir ve daha sonra sitede bir ikincil yakıt olarak dağıtılır veya komşu fabrikalara satılır. Fazla gaz, elektrik üretimi için kullanılabilir veya söndürülmüş olabilir.
- Gazların iletimi genellikle basınç azaltma ekipmanı veya bazen de sıkıştırma ekipmanı ile ilişkilidir. Her durumda, sızıntıları tespit etmek için basınç ve hacim izlemesi sıklıkla kullanılmaktadır ve gaz monitörleri bazen işyerini ve depolama tanklarının yakınında izlemek için kullanılmaktadır.
- Servis tünellerindeki boru hatları veya havai boru hatları ile dağıtım yaygın uygulamalardır ve hasar koruma yöntemleri benimsenmiştir.

**Katı yakıtlar**

- Katı yakıt taşımacılığı için karayolu, demiryolu veya gemi taşımacılığı kullanılır. Silolarda depolama, kapalı stoklar, açık stoklar ve binalarda yakıtın türüne (örneğin kok, kömür) ve toz oluşturma eğilimine bağlı olarak kullanılır.
- Açık stoklar sıklıkla kullanılmaz, ancak var olanlar rüzgara eşit, eğimli bir yüz verecek şekilde tasarlanmıştır ve rüzgâr etkisini azaltmak ve malzemeyi tutmak için istinat duvarlarına sahip olabilirler. Malzeme, bir alt besleme konveyörü, bir kepçe vinci veya bir



- ön uç yükleyici kullanılarak geri kazanılabilir.
- Konveyör sistemleri, dökülmeyi ve toz oluşumunu azaltmak için bu değişikliklerde minimum sayıda yön değişikliği ve minimum düşme yüksekliği ile tasarlanmıştır. Kapalı, üzeri kaplanmış veya açık konveyörler, toz oluşumu potansiyeline bağlı olarak kullanılır; Gerekirse ekstraksiyon ve toz filtrasyonu kullanılır. Açık konveyörler kullanılması durumunda, kayış çok hızlı bir şekilde çalışıyorsa (yani 3.5 m/s'den fazla) toz üretilebilir. Bant sıyrıcıları dökülmeyi önlemek için kayışın geri dönüş bölümünü temizlemek için kullanılır.
  - Tozun serbest kalmasını önlemek için yakıtın nem içeriği kontrol edilebilir. Toz patlamaları kuru ve ince malzemelerle mümkündür. Yakıt ve kabul edilebilir ince taneler içeriği için bir sözleşme şartı, etkinin azaltılmasına yardımcı olabilir [243, Fransa 2008].
  - Bazı açık stoklar, rüzgarlı koşullarda toz oluşumunu ve yakıtın yüzey oksidasyonunu önlemek için su spreylere veya sızdırmazlık maddeleri (polivinil asetat veya melas gibi) ile işleme tabi tutulur. Katı madde drenaj sistemlerine ykanabilir ve açık stoklardan gelen su emisyonlarını önlemek için sık sık etkin bir çöktürme kullanılır.
  - Katı yakıt, kamyon, konveyör veya pnömatik sistemlerle sahada dağıtılabilir. Genellikle silolarda veya haznelerde günlük depolama veya ani depolama, sıklıkla kullanılır. Bu sistemler genellikle toz emme ve filtreleme ekipmanlarını içerir.

#### 2.4.2.4 Proses kimyasalları ve gazları için uygulanan işlemler ve teknikler

Asitler ve alkaliler ve diğer kimyasal reaktifler genellikle ana işlemde ve azaltma ekipmanlarında kullanılır ve işlem sırasında da üretilebilir. Metalleri süzmek, bileşikleri çöktürmek için de kullanılabilirler veya gazsız veya atık su arıtma işlemlerinde kullanılabilirler. Kimyasal bileşikler ana işlemin bir parçası olarak üretilebilir.

Tedarikçi genellikle bu malzemelerin uygun depolandığını açıkça belirtir. Bu reaktiflerin birçoğu birlikte tepki verebilir ve depolama ve işleme yöntemleri genellikle reaktif materyalleri ayırmak suretiyle bunu hesaba katar. Sıvılar, genellikle açık veya kapalı demirli alanlarda tamburlarda veya tanklarda depolanır; Asit veya kimyasal maddelere dayanıklı kaplamalar kullanılır. Katı maddeler genellikle izole edilmiş drenaj sistemleriyle birlikte tamburlarda veya torbalarda (büyük torbalar) depolanır; kireç gibi bazı malzemeler için silolar kullanılır. Pnömatik taşıma sistemleri kullanılmaktadır.

Gazlar, demir dışı metallerin üretiminde çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Endüstri büyük miktarda proses gazı kullanabilir. Belirli gazların tüketimi, taşıma ve dağıtım için kullanılan yöntemi etkiler.

Oksijen, yanmayı iyileştirmek, oksidasyon sağlamak ve dönüşüm süreçlerini ve doğal gazı iyileştirmek için kullanılır; metal oksitleri azaltmak için bütan veya propan kullanılır. Karbon dioksit, azot ve argon, inert atmosferler sağlamak ve erimiş metali eritmek için kullanılır. Klor, elektrolitik magnezyum üretiminin klorinasyon aşamasında, erimiş metali gassızlaştırmak ve alüminyumdan ve Boliden-Norzink prosesinde istenmeyen metalik bileşenleri (örneğin magnezyum) çıkarmak için kullanılır. Ana işlemlerde karbon monoksit ve hidrojen kullanılır. Oksitleri ve tuzları azaltmak için hidrojen ve sülfür dioksit kullanılır. Süzme işlemlerinde klor ve oksijen kullanılır ve ayrıca Boliden-Norzink işleminde de klor kullanılır. Özel uygulamalar 3 ila 9'uncu bölümlerde bireysel metal üretim süreçleri altında tartışılmaktadır.

Operatör, yerinde gaz üretebilir, ancak sözleşmeli gaz üretimi uygulansa bile, bu kurulumlar başka yerleri de destekler. Birçok bölge yanmayı iyileştirmek için oksijeni ve piroforik malzemelerin kıvılcımını bastırması için azot kullanır. Aynı kriyojenik veya basınç salınım süreci, her iki gaz da üretir ve üretilen düşük dereceli azot, bazı inertleme işlemleri için uygun olabilir. Benzer şekilde, düşük oksijen içeriğine sahip olan yanma gazları, kendiliğinden tutuşmayı önlemek için kullanılabilir.

Gazlar tanker ve boru hatları ile taşınabilir. Klor genellikle tambur veya tanklarda bir sıvı olarak depolanır ve buharlaşma ve emme hattı ile dağıtılır, dolayısıyla gaz kaçağı önlenir. Envanter ve basınç kontrolü ve izleme tüm gazlar için sızıntı tespitini sağlayabilir.

Akış dengelemesi ve basınç tahliyesi, gazların karıştırılması için kullanılır (örneğin, argon/klor

## Bölüm 2

---

karişimları). Küçük hacimler için önceden kariştirilmiş gazlar temin edilebilir.

Site içerisindeki gazların dağılımı, normalde iyi hasar koruma sistemleri kullanan havai boru hatları ile sağlanır. Sağlık ve güvenlik düzenlemeleri, klorun kullanımını ve dağıtımını düzenler.

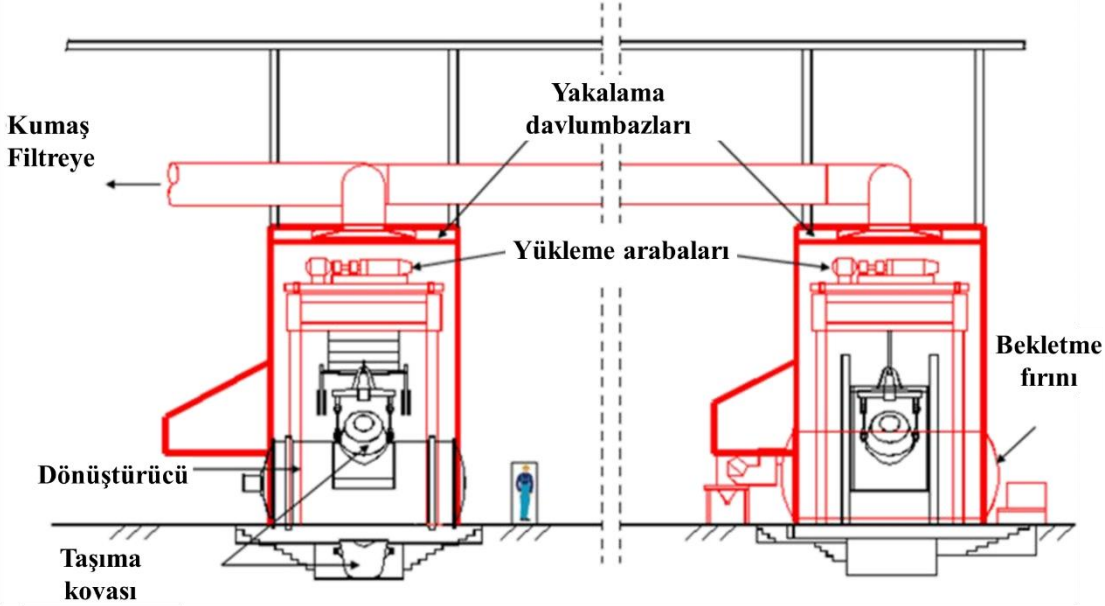
### 2.4.3 Yayılı emisyonları önlemek ve metal üretim süreçlerinden çıkan gazları toplamak için uygulanan süreçler ve teknikler

Bu bölüm, yayılı emisyonların önlenmesi ve yetersiz tasarlanmış veya yetersiz bakılan gaz toplama sistemlerinden kaynaklanan yayılı emisyonlar dahil olmak üzere, metal üretim proseslerinden çıkan gazların toplanması ile ilgilidir. İşlemlerden kaçan gazlar ve dumanlar çalışma alanına bırakılır ve daha sonra çevreye kaçar. Bu nedenle, operatörün sağlığını ve güvenliğini etkiler, aynı zamanda sürecin çevresel etkisine katkıda bulunurlar. Bu yayılı emisyonları önlemek ve en aza indirmek için proses gazı toplama teknikleri kullanılır.

Metal üretim işlemlerinden kaynaklanan toz, duman ve gazlar, kapalı fırın sistemleri, toplam veya kısmi dolum, fırın boşaltma sistemleri, transfer noktaları ve diğer elleçleme sistemleri ile veya davlumbaz ile toplanır [73, Theodore, L. ve ark. 1992]. Oluklardan gelen sıcak gazlar, yanma havası olarak toplanabilir ve aktarılabilir, böylece ısı içeriği de geri kazanılır. Sızdırmaz fırınlar, sızdırmaz üfleme boruları veya brülör sistemleri, içi boş elektrotlar, davlumbazlar, tuyerler veya şarj sırasında fırının üzerine sabitlenen yerleştirme sistemleri ile yüklenebilir. Davlumbazlar proses işlemleri için odadan çıkarken, kaynak emisyonlarına olabildiğince yakın olacak şekilde tasarlanmıştır. Bazı uygulamalarda hareketli davlumbazlar kullanılır ve bazı işlemler birincil ve ikincil dumanları toplamak için davlumbaz kullanır. Tüm kalan emisyonları toplamak için tasarlanan ayrı üçüncül toplama sistemleri de kullanılır; Genellikle 'ev-içi' ya da 'köpek kulübesi' sistemleri olarak adlandırılırlar (Şekil 2.2).

Yukarıda belirtilen tekniklerin yanı sıra, yayılı emisyonları önlemek ve metal üretim süreçlerinden çıkan gazları toplamak için aşağıdaki önlemler de rapor edilmiştir.

- Daha iyi bir sızdırmazlık sağlamak ve gaz çıkışını iyileştirmek için fırının veya hücrenin yükünün artırılması.
- Atık gaz toplama ve filtre ünitelerinin yenilenmesi veya optimizasyonu.
- Refrakter astarın iyileştirilmesiyle, fırın duruş süresinin azaltılması (böylece, sınırlı bir süre için daha yüksek emisyonlara neden olan başlatma ve kapatma sürelerini azaltır).
- Proses binalarının çatılarının kapatılması ve filtrelerin modernizasyonu.
- Fırın gazlarının akışını modellemek için bilgisayarlı akışkanlar dinamiği (CFD) çalışmaları ve izleyicileri ve aynı zamanda erimiş elektrolitlerin hareketini [233, COM 2008] kullanarak yayılı emisyonların önlenmesi veya en aza indirilmesi. Bu tekniklerin kullanımı optimize edilmiş gaz toplama sistemleri ile sonuçlanmıştır. Küçük ve eşit miktarda hammadde ilavesi için fırınlar veya elektrolit yükleme sistemlerinde yapılan değişiklikler paralel olarak geliştirilmiş ve aynı zamanda yayılı emisyonların önlenmesine katkıda bulunmuştur [233, COM 2008].
- Tasarım kriterleri. Kollektör sistemleri ve ekstraksiyon oranları, toplanacak malzemenin (boyut, konsantrasyon, vb.) özellikleri, toz bulutunun çalışma şekli ve hacmi, sıcaklığın etkileri ve sistemdeki basınç değişimleri hakkında iyi bilgiler temelinde tasarlanmıştır. Hesaplamalı akışkan dinamiği çalışmaları, optimum tasarım ve ekstraksiyon verimi elde etmek için kullanılabilir [226, Nordic Report 2008]. Gaz hacminin, sıcaklığının ve basıncının doğru ölçümü veya tahmini, pik gaz akışları sırasında yeterli özütleme oranlarının korunmasını sağlamak için yapılır. Gaz ve tozun bazı özellikleri, aşınma, birikme, korozyon veya yoğunlaşma problemlerini önlemek için iyi bir tasarım açısından da kritik öneme sahiptir ve bunlar ölçülmektedir. Diğer bir önemli faktör, iyi toplama oranlarını muhafaza ederken, fırın dolum veya boşaltma alanlarına erişim sağlanmasıdır; bunu sağlamak için tasarım aşamasında operatör deneyimi kullanılır.
- Önlenebilir veya bahsedilmeyen yayılı emisyonları toplamak için başka teknikler mevcuttur [73, Theodore, L. ve ark. 1992], [77, Soud, H.N. 1995], [74, Startin, A. 1998], [76, Soud, H.N 1993].
- Eski depolama veya atık alanlarının kapatılması ve dekontaminasyonu.



Şekil 2.2: Ev içinde ev toplama sistemi

Kollektör ve tahliye istemleri için tasarım kriterlerinin uygulanması, yalnızca havaya olan emisyonların önlenmesi için değil, aynı zamanda enerji tüketiminin azaltılması için de yararlıdır, çünkü gaz toplama, önemli miktarlarda havanın hareketini gerektirdiğinden, bu da büyük miktarlarda elektrik enerjisi tüketebilir. Modern sistemler, yakalama oranını arttırmak ve taşınan havanın hacmini en aza indirmek için yakalama sistemlerine odaklanmıştır [121, Rentz, O. et al. 1999]. Toplama veya davlumbaz sisteminin tasarımı bu faktörün, sistemin geri kalanında aşırı güç tüketimi olmaksızın yakalama verimliliğini sağlayabilmesi açısından çok önemlidir. Kapalı fırınlar gibi sızdırmaz sistemler, çok yüksek bir yakalama verimliliğinin elde edilmesine ve yarı kapalı fırınlara göre avantajlı olmasına izin verebilir. Dönüştürücüler gibi seri süreçler geniş çapta değişen gaz akış oranlarına sahiptir ve aynı zamanda sızdırmazlığının sağlanması güçtür ve çoğu zaman ikincil bir davlumbaza ihtiyaç vardır [243, Fransa 2008].

Kanallar ve fanlar toplanan gazları azaltma veya arıtma işlemlerine iletmek için kullanılır. Toplamanın etkinliği, davlumbazların verimliliğine, kanalların bütünlüğüne ve iyi bir basınç/akış kontrol sisteminin kullanımına bağlıdır. Değişken hızlı fanlar, minimum enerji tüketimi ile gaz hacmi gibi değişen koşullara uygun tahliye oranları sağlamak için kullanılır. Ayrıca, söz konusu ev-içi sistemde olduğu gibi, duman üreten proses aşamalarında fanları otomatik olarak çalıştırmak için akıllı bir sistem kullanmak da mümkündür. Sistemler, aynı zamanda, ilişkili olduğu tesisin özelliklerini de dikkate alarak tasarlanabilir; örneğin azaltma tesisi veya sülfürik asit tesisi. Sistemlerin iyi tasarımı ve bakımı yapılır.

## 2.5 Hammadde yönetimi

Cevherler, konsantreler ve ikincil hammaddeler bazen doğrudan ana işlemde kullanılamayan bir formdadır. Kontrol veya güvenlik nedeniyle kurutma/çözdürme gerekebilir. Reaksiyon boyutunu arttırmak veya oksidasyonu azaltmak için malzeme büyüklüğünün artırılması veya azaltılması gerekebilir. Metalürjik prosesi kontrol etmek için kömür veya kok ve akı veya diğer cüruf oluşturuç maddeler gibi azaltıcı maddelerin eklenmesi gerekebilir. Hedef metalin geri kazanımını optimize etmek ve kirleri ayırmak için akışkanlar eklenir.

İşlem azaltma problemlerini önlemek ve erime oranlarını artırmak için kaplamaların çıkarılması gerekebilir. Tüm bu teknikler, ana işlem için daha kontrol edilebilir ve güvenilir bir besleme üretmek için kullanılır ve aynı zamanda, hammaddeyi tahlil etmek için değerli metallerin geri kazanılmasında da kullanılır, böylece geri kazanım masrafları hesaplanabilir.

### 2.5.1 Uygulamalı süreçler ve teknikler

#### 2.5.1.1 Çözdürme

Çözdürme, dondurulmuş malzemenin işlenmesini sağlamak için gerçekleştirilir. Bu, örneğin, cevherler ya da konsantreler ya da kömür gibi katı fosil yakıtlar kış aylarında bir tren ya da gemiden boşaldığında ortaya çıkar. Çözdürme, ham malzemenin boşaltılmasını mümkün kılmak için buzu eritmek amacıyla buhar jetleri kullanılarak gerçekleştirilebilir.

#### 2.5.1.2 Kurutma

Kurutma işlemleri, ana üretim prosesine uygun bir hammadde üretmek için kullanılır. Bu işlemde döner, buhar bobini ve diğer dolaylı kurutucular kullanılır ve bunların ekonomisi, kullanılabilirliği, güvenilirliği ve kullanılan enerji kaynağı dikkate alınmalıdır.

Çeşitli nedenlerle suyun varlığı sıklıkla önlenir.

- Çok sıcak bir fırında çok miktarda buhar hızlı bir şekilde üretildiğinde, patlama ile sonuçlanabileceğinden tehlikelidir.
- Su, konsantre bir brülörde değişken bir ısı talebi üretebilir, bu da proses kontrolünü bertaraf eder ve ototermal çalışmayı engelleyebilir.
- Düşük sıcaklıklarda ayrı kurutma, enerji ihtiyacını azaltır. Bu, buharın bir izabe içinde aşırı ısınması için gerekli olan enerjiden ve fanın görevini arttıran genel kirlitici baca gazı hacmindeki önemli artıştan kaynaklanmaktadır.
- Tesis ve boru tesisatının korozyonu vb. sebep olabilir.
- Su buharı  $H_2$  ve CO oluşturmak için karbonla reaksiyona girebilir.
- Büyük miktarda buhar, dağınık emisyonlara neden olabilir, çünkü işlem gazı çıkış kapasitesi bunlarla başa çıkmak için yetersiz olabilir.

Kurutma genellikle bir brülörden veya buhar püskürtücülerinden doğrudan ısı uygulanmasıyla veya ısı değiştirici bobinlerde buhar veya sıcak hava kullanılarak dolaylı olarak gerçekleştirilir. Pirometalürjik işlemlerden üretilen ısı, örn. anotlu fırınlar, bu amaç için sık sık kullanılır, ayrıca hammaddeyi kurutmak için yakılabilen CO zengini egzoz gazı da kullanılır. Döner fırınlar ve akışkan yataklı kurutucular da kullanılmaktadır. Kurutulmuş materyal genellikle çok tozlidir ve tozlu gazları toplamak için tahliye ve azaltma sistemleri kullanılır. Toplanan tozlar işleme geri döndürülür. Kurutulmuş cevherler ve konsantreler de piroforik olabilir ve azaltma sisteminin tasarımı genellikle bunu dikkate alır. Ateşlemeyi bastırmak için nitrojen battaniyesi (bazen oksijen üretiminden yan ürün olarak) veya yanma gazlarındaki düşük kalıntı oksijen kullanılabilir. Kurutucu gazları  $SO_2$  içerebilir ve bu nedenle gazların işlenmesi göz önünde bulundurulabilir.

**2.5.1.3 Kıрма, boyut küçültme ve eleme**

Ürünlerin, kalıntılarının veya hammaddelerin büyüklüğünü azaltmak için kırma, boyut küçültme ve eleme uygulamaları yapılmaktadır. Konik kırıcılar ve bilyeli kırıcılar dahil olmak üzere birçok tipte kırıcı kullanılmaktadır. Islak veya kuru malzemeler ezilir ve bir karıştırma aşaması dahil edilebilir. Kullanılan spesifik ekipman, işlenecek olan ham maddelere bağlı olacaktır. Kuru ezme potansiyel olarak büyük bir toz emisyon kaynağıdır ve toplanan tozlar genellikle işleme geri döndüğünde tahliye ve azaltma sistemleri kullanılır. Toz oluşumu sorunlara neden olabildiği ve ıslak peletleme aşamalarının izlendiği yerlerde nemli malzemeler ezilebilir.

Granülasyon, kumlama materyali, yol dolgusu veya metal içeriği geri kazanmak için yeniden işlenebilen bir materyal olarak uygun küçük cüruf partikülleri üretmek için kullanılır. Erimiş cüruf, bir su banyosuna dökülür veya bir su akışı içinden geçirilir. Granülasyon, metal çekim yapmak için de kullanılır. Granülasyon prosesleri, kontrol edilmesi gereken ince toz ve aerosoller oluşturma potansiyeline sahiptir.

Elektronik bileşenler, birkaç demir dışı metal kaynağıdır ve bunlar, devre kartlarını ve metalik bileşenlerden diğer malzemeleri serbest bırakmak için öğütücüler veya değirmenlerde öğütülebilir, böylelikle ayırma gerçekleştirilir.

**2.5.1.4 Pilerin kırılması**

Batarya kırılması kurşun, nikel, kadmiyum ve bataryalardan diğer malzemeleri kurtarmak için kullanılır. Kurşun-asit aküleri için, çekiçli değirmenler, kurşun (ızgara olarak) ve kurşun bileşikleri (macun halinde) serbest bırakmak ve plastik kasa malzemesinin (esas olarak polipropilen) geri kazanımını sağlamak için pil kutularını kırmak için kullanılır. Elektrolit de bertaraf edilir, arıtılır veya kullanılır. Partikül büyüklüğünü kontrol etmek ve tek aşamalı bir değirmende kurşun oksidin plastiğe çarpmasını önlemek için iki kademeli kırma kullanılabilir. Plastik malzeme ayrılır ve kaliteyi arttırmak ve geri dönüşüme uygun plastik üretmek için yıkanır. Pillerin asit içeriği toplanmadığında ve gerektiği gibi kullanılmadığında toprağı ve suyu kirletebilir. Yalıtımlı, aside dayanıklı drenaj sistemleri, tahsis edilmiş toplama ve depolama tankları ile kullanılabilir. Öğütme aşamaları bir asit sisi oluşturabilir ve bu, ıslak temizleyiciler veya buğu filtrelerinde toplanabilir.

Nikel-kadmiyum bataryaları plastik kaplamaları çıkarmak ve bataryaları açmak için pirolize edilir. Piroliz düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir ve gazlar bir son yakıcıda ve daha sonra bir kumaş filtresinde işlenir. Kadmiyum ve nikel, elektrotlardan ve gövde malzemesindeki çelikten geri kazanılır.

**2.5.1.5 Karıştırma**

Harmanlama, değişen kalitedeki cevherleri veya konsantreleri karıştırmak ve ana prosese kararlı bir besleme üretmek için akıntıları veya indirgeyici maddeleri birleştirmek üzere birleştirilir. Karıştırma, özel harmanlama ekipmanında, öğütme aşamasında veya taşıma, kurutma ve depolama aşamalarında gerçekleştirilebilir. Doğru karışımlar, yataklama tesisleri, ağırlık kaybı dozaj sistemleri, bant tartıları veya yükleme ekipmanından hacme göre ölçülerek üretilir. Karıştırma çok tozlu bir işlem olabilir ve yüksek seviyede tutma, çıkarma ve tozsuzlaştırma kullanılır. Toplanan tozlar işleme geri döndürülür. Islak karıştırma, tozların üretimini önlemek için de kullanılır; Bulamaç, daha sonra sudan arındırılır ve bir peletleme işleminde kullanılır. Bu amaç için kaplama ve bağlayıcı maddeler de kullanılabilir. Süreye bağlı olarak, harmanlanmış malzemeyi, sinterleme gibi bir sonraki işlemde önce peletlemek gerekebilir.

### 2.5.1.6 Briketleme, peletleme ve diğer aglomerasyon yöntemleri

Konsantreler, baca tozları ve diğer ikincil malzemelerin işlenmesi için birçok teknik kullanılmaktadır ve bunlar telin veya küçük hurdanın balyalanmasını, daha önce bahsedildiği gibi malzemenin briketlerini sıkıştırarak ve çift boyutlu malzeme topları üretmek için ekstrüzyon veya haddeleme macunlarını içermektedir. Kaplama ve bağlama maddeleri, bu işlem için sonraki işlem aşamalarında toz oluşumunu azaltmak için kullanılır.

İnce taneli cevher veya konsantre, geri dönüştürülmüş toz ve indirgeyici maddeler gibi ek malzemeler içeren briketler ve peletler genellikle verimli eritme koşullarını sağlamak için üretilir. Bağlayıcılar veya su ilave edildikten sonra, karışım bir yastık şekilli briket üretmek için bir presin içine veya pelet haline getirme için bir peletleme diskine veya bir döner peletleme tamburuna, peletleme diskine veya karıştırma makinesine beslenir. Bağlama malzemesi, briketlerin kolaylıkla işlenebilmelerini ve fırına yüklendiklerinde kırılmadan kalmaları için yeterli yeşil dayanıma sahip olacak özelliklere sahip olmalıdır. Siyah hamur (kağıt hamuru endüstrisinden), melas ve kireç, sodyum silikat, çelik cürufu veya çimento gibi çeşitli bağlayıcılar kullanılabilir ve bunlar da toz oluşumunu azaltır. Yeşil dayanımı geliştirmek için zift eklenebilir. Fırın torbası filtresinden filtre tozunun kaba fraksiyonları ve kırma ve eleme işlemlerinden gelen filtre tozları, briketlenerek diğer malzemelerle karıştırılabilir.

### 2.5.1.7 Sinterleme ve kalsinasyon

Bu işlemler ham maddenin veya kimyasal bileşimin boyutunu arttırmak için kullanılır, bu sonraki işlemler için daha uygundur. Aglomerasyon ve sinterleme, bir fırın yatağından daha düzgün bir gaz akışına izin verir ve toz oluşumu, gaz hacmi ve dağınık emisyonları azaltır [106, Raffinot, P. 1993].

Sinterleme ve kalsinasyon ayrıca bu amaç için kullanılır ve ilave olarak karışımın kimyasal formunu ayarlamak veya mevcut herhangi bir sülfürü dönüştürmek için kullanılır, örn. magnezyum üretiminde dolomitin dolime kalsinasyonu. Cevher sinterlemesinde ana bağlama mekanizması, cevherin gang minerallerinin erimeye başladığı bir sıcaklığa getirilmesiyle elde edilir, böylece bireysel parçacıklar bir erimiş cüruf matrisi içinde birbirine kaynaştırılır. Bazı durumlarda, eski tanecik sınırları boyunca yeni kristallerin oluşumu sinterleme sürecinde bir rol oynayacaktır. Sinter genellikle ezilir ve sınıflandırılır ve ince malzemeler sinterleme işlemine geri gönderilir. Bazen iade edilen malzeme üretilen sinterden iki ila dört kat daha büyüktür. Besleme parçacıkları daha sonra izabeye geri gönderilir.

Sülfürik cevherlerin sinterlenmesi ve kızartılması genellikle yüksek sıcaklıklarda birlikte gerçekleştirilir ve bu durumda üretilen gazlar sülfür dioksit içinde yüksektir. Sülfür oksidasyonu işlem için gerekli ısıyı sağlar. Genel olarak, cevher, geri dönen sinter ve akıcı maddelerle karıştırılır ve sinterlemeden önce pelet haline getirilebilir. İkincil hammaddeler gibi oksitlerin durumunda kok da eklenir.

Sinter tesisleri, malzemeyi ısıtma ve soğutma bölgeleri boyunca taşımak için hareketli bir ızgara, sürekli ızgara veya çelik kayış kullanır; Bazı tesisler, beslemeyi tutmak için çelik palet kullanırlar. Gazlar yataktan yukarı veya aşağı doğru çekilir (yukarı ya da düşey sinterleme). Ayrıca, yukarı ve kırılma aşamalarının bir kombinasyonunu kullanan bir sinterleme makinesi de kullanılır ve bu makine gaz miktarlarını ve yayılı emisyonları en aza indirir ve ısıyı verimli bir şekilde geri kazanır. Bazen ızgara arasında bir sinterlenmiş malzeme tabakası kullanılır ve harman, çelik ızgarayı korumak için kullanılır.

Sülfürik cevherlerin sinterlenmesi ekzotermiktir, ancak diğer malzemeler bir yakıt olarak doğal gaz kullanır. Sıcak gazlar genellikle yatağın ya da yanma havasının ön ısıtılması için geri dönüştürülür. Sinter, yatak üzerindeki bir hava akımı veya bir su söndürme ile soğutulur. Sinter daha sonra elenir ve bazen tekdüze bir boyutta bir nihai besleme malzemesi üretmek üzere ezilir. İnce malzemeler sinterleme sürecine geri döndürülür.

Kalsinasyon, döner, akışkanlaştırılmış yatak veya çok ocaklı fırınlarda gerçekleştirilir ve işlem sırasında normal olarak karbon eklenmez. Sülfürik konsantrasyonun kalsinasyonu, kavurma aşamasını gerçekleştirir ve bu konu metal üretimi için 3 ila 9 arasındaki bölümlerde tartışılmıştır.

### 2.5.1.8 Dumanlama süreçleri

Bu işlemler, bir substrattan kurşun veya çinko gibi uçucu metalleri dumanlamak için kullanılır. Süreçler, metalleri malzemeden dumanlayarak veya buharlaştırarak bir inert cüruv üretmek için yüksek sıcaklıklar ve bir karbon kaynağı kullanır. Bu, daha fazla işlem için metallerin genellikle bir oksit olarak geri kazanılmasını sağlar. Waelz fırınları, Herreshoff ve cüruv fume fırınları kullanılmaktadır. Ayrıca, işlem sırasında uçucu metaller uzaklaştırıldığında, yığın dönüştürme işlemleri sırasında da dumanlanma sağlanır.

### 2.5.1.9 Kaplama sökme ve yağdan arındırma

Boya sökme ve boşaltma işlemleri genellikle beslemenin organik içeriğini bazı ana işlemlere indirmek için ikincil hammaddeler üzerinde gerçekleştirilir. Yıkama ve piroliz işlemleri kullanılır. Santrifüjleme yağı geri kazanabilir ve termal sistemin yükünü azaltabilir. Organik içerikteki büyük değişiklikler bazı fırınlarda verimsiz yanmaya neden olabilir ve artık organik bileşikler içeren yüksek hacimde yanma gazları üretebilir. Boyaların varlığı ayrıca erime oranını önemli ölçüde azaltabilir [122, ETSU 1994], [118, Lahey, R. ve diğ. 1998]. Bu olaylar, gaz toplama ve yanma sistemleri yeterince sağlam olmadıkça, yüksek miktarda duman, PCDD/F ve metal tozları emisyonlarına neden olabilir. Kıvılcıklar veya yanma parçacıkları üretilebilir ve azaltma ekipmanında önemli hasara neden olabilir. Kirletilmiş hurdaların ocak içinde temizlenmesi, çoğu durumda, daha fazla çapak üretimi [122, ETSU 1994] nedeniyle ayrı bir fırında rendelenmiş malzemenin kaplama sökme işleminden daha az verimlidir, ancak bazı fırınlar özellikle organik kirletici maddeleri almak için tasarlanmıştır.

Yağ ve bazı kaplamaların çıkarılması, talaş kurutucu gibi özel olarak tasarlanmış bir fırında elde edilir. Çoğu durumda, yağ ve suyu buharlaştırmak için düşük sıcaklıkta bir döner fırın kullanılır. Malzemenin doğrudan ve dolaylı olarak ısıtılması kullanılır. Fırında üretilen organik ürünleri yok etmek için yüksek sıcaklıkta (850°C'den fazla) çalışan bir yakıcı kullanılır ve gazlar genellikle bir kumaş filtresinde filtrelenir.

Mekanik sıyırma ayrıca kablolardan ve diğer malzemelerden gelen kaplamalardan yalıtımını kaldırmak için sıklıkla kullanılır. Bazı süreçler, kaplamayı kırılabilir hale getirmek için kriyojenik teknikler kullanır ve bu nedenle daha kolay çıkarılabilir. Çözücülerle (bazen klorlu) veya deterjanla yıkamak da kullanılabilir. Entegre kondenserli solvent buhar sistemleri en yaygın olanlardır. Bu işlemler ayrıca üretim kalemlerini temizlemek için kullanılır. Bu durumlarda su kirliliğini önlemek için arıtma sistemleri kullanılır.

### 2.5.1.10 Yakma ve piroliz

Yakma ve piroliz işlemleri, normal olarak, fotografik filmi, süpürgeleri, katalizörleri ve değerli metal içeriğini yoğunlaştırmak veya nikeli geri kazanmak için diğer malzemeleri işlemek için kullanılır. Ayrıca, daha fazla işlemden önce organik içeriği uzaklaştırmak için katalizörleri önceden işlemek için kullanılırlar. Bu işlemler genellikle metallerin taşınmasını önlemek için düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Yakma fırınından üretilen gazlar daha sonra bir yakıcı ve kumaş filtresinde işlenir. Bu süreçler için potansiyel PCDD/F oluşumu not edilmelidir.

Basit kutu fırınları ve döner fırınlar yakma veya piroliz aşaması için kullanılır. Hammaddeler tepsiyerdeki kutu fırınlarına beslenir. Metal açısından zengin küller, daha fazla işlenmeden önce toplanır veya söndürülür.



### 2.5.1.11 Süzme ve yıkama prosedürleri

Süzme veya yıkama prosedürleri, metali cevherlerden veya bir sıvı fazdan konsantre etmek için kullanılır. Yıkama, alkali ve toprak alkali bileşikleri gibi safsızlıkları, bazı konsantrelerden ve ikincil hammaddeden başka işlemlerden önce çıkarmak için kullanılır. Yıkama aynı zamanda artıklardaki, kadmiyum, klorür ve sülfat vb. içeriklerini azaltarak işlemlerin gereksinimlerini karşılamak veya geri kazanmak için kullanılır.

Süzme ve yıkama prosedürlerine örnekler aşağıda verilmiştir:

- Waelz oksit, birincil işlemde kullanılmak üzere uygun olan malzemeyi üretmek için yıkanabilir;
- Filtre tozundaki kadmiyum tozu bir izabeye geri gönderilmeden önce çıkarılabilir;
- ikincil kurşun malzemeler, yeniden ergitemeden önce klorürleri, alkalileri ve çinkoyu uzaklaştırmak için süzülür.

Süzme, aynı zamanda, kompleks matrislerden metalleri uzaklaştırmak ya da katalizörleri kaplamak için kullanılan değerli metalleri konsantre etmek için de kullanılır. Kuvars gibi cevherler, kullanımdan önce yıkanır ve elenir. Açık veya kapalı devre yıkama işlemleri kullanılır ve kapalı devre sisteminde bir sıvı boşaltma kullanılır. Atık su deşarjdan önce arıtılır.

### 2.5.1.12 Ayırma teknikleri

Bu işlemler, kullanımdan önce ham maddelerden safsızlıkları uzaklaştırmak için kullanılır.

Demir dışı metal fabrikalarında, ayırma teknikleri ikincil hammaddeler için daha sık kullanılır ve en yaygın olanları demir parçalarını çıkarmak için manyetik ayırmadır. Manuel ve mekanik ayırma teknikleri, akülerin, cıva kontaklarının vb. elektronik cihazların WEEE Yönergesine uygun olarak çıkarılması veya araba katalizörünün çelik mahfazadan ayrılması gibi atık akışlarını ön işlem için kullanılır. Ayırma, özel süreçlerde daha fazla metalin kurtarılmasını mümkün kılar. Ağır ortam ve nispi yoğunluk ayırma (batırma/yüzme), hurda işleme endüstrisi tarafından kullanılır, ancak demir dışı metal endüstrisinde, örneğin plastik malzemenin çıkarılması için batarya hurdalarının işlenmesinde de görülebilir. Bu durumda, çeşitli fraksiyonların yoğunluk ve boyut farkı, bir su taşıyıcıyı kullanarak metal, metal oksitler ve plastik bileşenleri ayırmak için kullanılır. Hava sınıflandırması ayrıca, metalleri ve elektronik hurdalardaki lifler gibi daha az yoğun malzemeden ayırmak için de kullanılır. Flotasyon ayrıca süzme kalıntılarını zenginleştirmek için kullanılır ve fırın cürufundan bakır elde etmek için bakır sektöründe kullanılır. Jigging olarak adlandırılan su darbelerinin kullanımı, katıların ayrılması için kullanılır [243, Fransa 2008].

Manyetik ayırma, alaşımların kirlenmesini azaltmak için demir parçalarını çıkarmak için kullanılır. Genel olarak, konveyörlerin üzerinde bantlı mıknatıslar kullanılır. Bir yanma fırını içindeki eğimli ocaklar çinko, kurşun ve alüminyumun sonraki işlemler için ocakta daha yüksek erime noktası safsızlığı (örneğin demir) bırakacak şekilde eritilmesi için kullanılır.

Hareketli elektromanyetik alanlar (girdap akımı ayırma), alüminyum diğer malzemelerden ayırmak için kullanılır. Bu teknikteki bir varyasyon, metal ve mekanik bileşenler arasında doğrudan temas olmaksızın, erimiş alüminyum veya diğer metalleri pompalamak için bu hareketli elektromanyetik alanı kullanır.

Diğer ayırma teknikleri, mekanik, pnömatik ayırıcılarla birlikte renk, UV, IR, X-ışını, lazer ve diğer algılama sistemlerinin kullanımını içerir. Bunlar, örneğin diğer uygulamalar için teknikler hala geliştirilmekle birlikte, nikel-kadmiyum bataryalarını diğer batarya tiplerinden ayırmak için kullanılır.

### 2.5.1.13 Transfer ve şarj sistemleri

Bu sistemler, hammaddelerin ön arıtma aşamaları arasında taşınması ve daha sonra ana işleme aktarılması için kullanılır. Hammaddelerde kullanılanlara benzer teknikler kullanılır ve toz üretimi, muhafaza ve tahliye gibi benzer problemler vardır. Pnömatik, yoğun hava ve hava kaydırma sistemleri de kullanılır ve hatta besleme kalitesinde farklılıklar olabilir. Toplanan materyal tekrar kullanılır.

Ön işlem görmüş malzemeler hammaddeden daha kuru olabilir ve toz emisyonlarını önlemek için daha sıkı yöntemler kullanılır. Su püskürtme sistemleri genellikle kullanılmaz, ancak yüksek temizlik standartları gereklidir. Toz oluşturan malzemelerin taşınması için konveyörlerin üzeri genellikle kapalıdır ve bu durumlarda, konveyör değişim noktaları gibi açığa çıkmış hassas alanlarda etkili tahliye ve azaltma sistemleri kullanılmaktadır. Bir alternatif, ince su sprelerinin veya buğuların kullanılmasıdır. Bantın geri dönüş kısmındaki malzemenin taşınmasını önlemek için alt kazıyıcılar konveyörlerde kullanılır. Yoğun fazda, pnömatik taşıma sistemleri de sıklıkla kullanılmaktadır.

Bazı malzemeler varillere, büyük torbalara veya diğer ambalajlarla ulaşır. Malzeme tozlu ise, bu kapların boşaltılması toz yakalama sistemlerinde, örn. aspirasyon altında, yağmurlama altında veya kapalı binalarda izolasyonlu araçlarla yapılmalıdır. Bazı durumlarda, bu materyallerin suyla veya ıslak ham maddelerle karıştırılması, reaksiyon oluşmadığı sürece malzemeye bağlı olarak uygundur. Diğer durumlarda, bunları kapalı sistemlerde ayrı ayrı ele almak tercih edilir.

## 2.6 Metal üretim prosesi

Metal üretmek veya eritmek için çeşitli prosesler veya proses kombinasyonları bulunmaktadır. Bu prosesler çoğunlukla metale özgü proseslerdir ve bu nedenle bu prosesler metale özgü ilgili bölümlerde detaylı olarak açıklanmaktadır. Yine de pirometlurjik ve hidrometalurjik prosesler ve bu her iki prosesin bir kombinasyonu ile ilgili genel bir bakış Ek-13.1'de bulunmaktadır.

Metal üretim prosesinden kaynaklanan kontrollü emisyonların kaynakları bilinmektedir ve bu emisyonlar yakalanabilmekte ve arıtılabilmektedir.

Toz, gaz halindeki bileşikler ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$  ve  $\text{NO}_x$  gibi), dioksinler, kükürt dioksit ve cıvanın bertaraf edilmesinde kullanılan teknikler Bölüm 2.12.5'de açıklanmıştır. Toz ve asit gazları genellikle bertaraf edilir, değerli veya toksik metal bileşikleri ise diğer proseslerde kullanılmak üzere geri kazanılır. Azaltım sürecinin tasarımı kritik bir öneme sahiptir ve verimlilik, metodun uygulanabilirliği ve toplanacak malzemenin girdi ve çıktı yüklemesi gibi faktörler tasarımda kullanılır.

## 2.7 Kükürt dioksit

Kükürt dioksit, sülfidik konsantrelerin ve diğer maddelerin kurutulması ve izabesi sırasında ortaya çıkar. Kalsinasyon, izabe, dönüştürme ve diğer işlemler farklı konsantrasyonlarda kükürt dioksit üretir ve kullanılacak bertaraf sistemi karşılaşılan konsantrasyona bağlıdır.

Ham maddelerin içerisinde bulunan kükürt, uygun kimyasallar kullanılarak cüruf veya matlar içerisine dahil edilebilir ve bu matlar proseste kullanılabilir. Bir izabe prosesinde, mat veya cüruf içerisinde yakalanamayan kükürt, genellikle SO<sub>2</sub> olarak bulunur ve elementel kükürt, sıvı SO<sub>2</sub>, jips veya sülfürik asit olarak geri kazanılabilir. Bu ürünler için satış imkanının bulunması, son ürün seçimini etkiler ancak çevresel açıdan en güvenilir seçenek diğer ürünler için güvenilir satıcılar bulunmadığında jips veya elementel kükürt üretimidir. Kükürt dioksit, sülfidik konsantrelerin kavrulması ve izabesinden ve ilgili dönüştürme işlemlerinden üretilir. Bu prosesler, kükürt geri kazanım verimini artırmak için maksimum kükürt dioksit konsantrasyonunun üretilmesi amacıyla işletilirler. Kükürt geri kazanımı ortamlar arası sorunları ortadan kaldırır.

### 2.7.1 Uygulanan prosesler ve teknikler

%1'den daha az SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar ve yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlarda, SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan teknikler arasında bir ayırım yapılabilir.

#### % 1'e kadar kükürt dioksit içeren gazlar için teknikler

1. Kumaş bir filtreden kireç enjeksiyonu
2. Sodyum bisüfit üretmek için zayıf gazların sodyum sülfid ve su ile reaksiyonu. Konsantre haldeki kükürt dioksit bu çözeltiden sıyrılabilir ve sıvı kükürt dioksit veya kükürt gibi başka ürünler üretilebilir (Wellman-Lord yenilenebilir proses).
3. Kükürt dioksiti absorplayabilen amin veya polieter bazlı bir çözelti ile temizleme sonrasında ayrıştırılır ve bir sülfürik asit tesisine yan akım olarak gönderilir ya da sülfürik asit veya sıvı kükürt dioksit üretmek amacıyla su ile reaksiyon sokularak giderilir.
4. Sülfürik asit üretmek için hidrojen peroksit ile oksidasyon.
5. Sülfürik asit üretmek için bir aktif karbon katalizörü ile oksidasyon.
6. Kireç, NaHCO<sub>3</sub> veya ıslak kireç taşı kullanılan kuru veya yarı kuru bir gaz yıkacıya da jips veya diğer desülfürizasyon ürünlerini üretmek için baca gazı desülfürizasyonu. Bu teknik genellikle enerji tesislerinde kullanılmaktadır.
7. Kostik soda ile çift alkali temizleme ve jips çökeltme.
8. Deniz suyu ile gaz yıkama.
9. Alümina absorpsiyonu ve jips çökeltimi (Dowa prosesi).
10. Mg(OH)<sub>2</sub> ile gaz yıkama ve magnezyum sülfat kristalizasyonu.
11. Çinko özütleme aşamasında işlenebilen, çinko sülfid veya sülfat üretmek için çinko oksit ile ıslak veya kuru gaz yıkama

#### Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar için teknikler (>%1)

Kükürt dioksit, çok çeşitli sülfidik cevher veya konsantrelerin sinterlenmesi, tavlanması ve izabesi sırasında daha yüksek konsantrasyonlarda üretilir. Üretilen metaller bakır, nikel, kurşun, çinko, molibden ve bazı karışık metal akımlarıdır. Bu gazların arıtımında kullanılan teknikler aşağıda listelenmiştir.

1. Kükürt dioksitin soğuk su içerisinde absorpsiyonunu takiben kükürt dioksitin sıvı olarak vakum sıyrıcı ile geri kazanılması. Bu proses çözünmemiş kükürt dioksitin geri kazanılması için bir sülfürik asit tesisi ile birlikte kullanılır. Sıvı kükürt dioksitin üretilme potansiyeli yerel olarak pazarın varlığına bağlıdır.
2. Sülfürik asit üretimi. Kükürt dioksit üretebilmek için kükürt yakarak sülfürik asit üretimi iyi bilinen bir kimyasal prostestir. Bu tesisler gazın sabit ve yüksek konsantrasyonundan faydalanır ve bu nedenle daha az proses sınırlamaları vardır. Tavlama veya izabe fırından çıkan gazlar bu karakteristiklere sahip değildir, işlenmesi daha zordur ve aynı

seviyeye veya dönüşüm tutarlılığına ulaşamayabilirler.

Fırından çıkan izabe gazları Şekil 2.3’de gösterildiği gibi temizlenir, soğutulur ve belki kurutulabilir (see also Section 4.4.11 of the LVIC-AAF BREF). Gazın içerisindeki kükürt dioksit, gaz bir vanadyum pentoksit katalizör yatağından geçirildiğinde bir temas prosesinde kükürt trioksite dönüştürülür. Bazen katalizör sezyum oksit ile katkılanarak, özellikle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu düşük ve değişken olduğunda veya sıcaklık düşük olduğunda, performansı artırılabilir. Tesis dizaynı daha düşük sıcaklıklarda işletmeye izin vermelidir (ısı değişim performansına bağlı olarak). See Section 4.4.4 of the LVIC-AAF BREF. Tek ve çift temaslı/çift absorpsiyonlu tesislerde dönüşüm verimini arttırmak için gelişmiş katalizörler kullanılmaktadır [339, COM 2007].

Tek temaslı bir tesiste yüksek dönüşüm verimi sağlamak amacıyla gazlar üç veya daha fazla katalizör yatak dizisinden geçirilir. Kükürt tiroksit üretimi egzotermik bir prostestir ve eğer kükürt dioksit içeriği yeterli ısıyı üretebilecek kadar yüksek ise gazlar her geçiş sırasında soğutulur. Düşük kükürt dioksit içeriğine sahip gazlar için, geçmeden önce ısı eklenmelidir. Oluşan kükürt trioksit daha sonra %98 sülfürik asit içerisinde absorplanır ve sülfürik asit vermek üzere seyreltilir.

%1-4 SO<sub>2</sub> içeren gazlar için uygun olan ıslak sülfürik asit prosesi, asidin yoğunlaşmasına (absorpsiyona değil) bağlı bir prostestir. %99’a kadar dönüşüm sağlanabilir.

Kükürt trioksit varlığı kükürt dioksit dönüşümünü inhibe eder ve bir çift temaslı kontak/çift absorpsiyon prosesi, kükürt dioksit içeriği yeterince yüksek olduğunda daha verimli kükürt dioksit dönüşümü sağladığı için en yaygın kullanılan prostestir. Bu durumda kükürt trioksit ikinci veya üçüncü geçişten sonra %98 sülfürik asit içerisinde absorplanır ve sonraki geçişlerde daha fazla kükürt dioksit dönüşümüne izin verir. Bunu daha sonra kükürt trioksit absorpsiyon aşaması takip eder. Çift temas/çift absorpsiyon tesisi kükürt dioksit giderim verimini %98’den %99,7’ye kadar artırır [130, Eurometaux 1998]. Ayrıca tesis dizaynı düşük sıcaklıklarda işletmeye izin veriyorsa (ısı değiştirici performansına bağlı olarak) sezyum katkılı katalizörlerin bu verimi %99,9’a kadar yükseltebildiği belirtilmiştir [137, Riekkola-Vanhanen, M. 1999]. Çok özel şartlarda %99,97’lik dönüşüm oranı tespit edilmiştir [240, Nyrstar Budel 2008]. Katalizörler yaşlandıkça etkinlikleri azalır ve üç yıllık işletme periyodu sonucunda dönüşümde %0,1’lik bir azalmaya yol açabilir [339, COM 2007]. Çift temas/çift absorpsiyon tesisi Şekil 2.4’te gösterilmiştir.

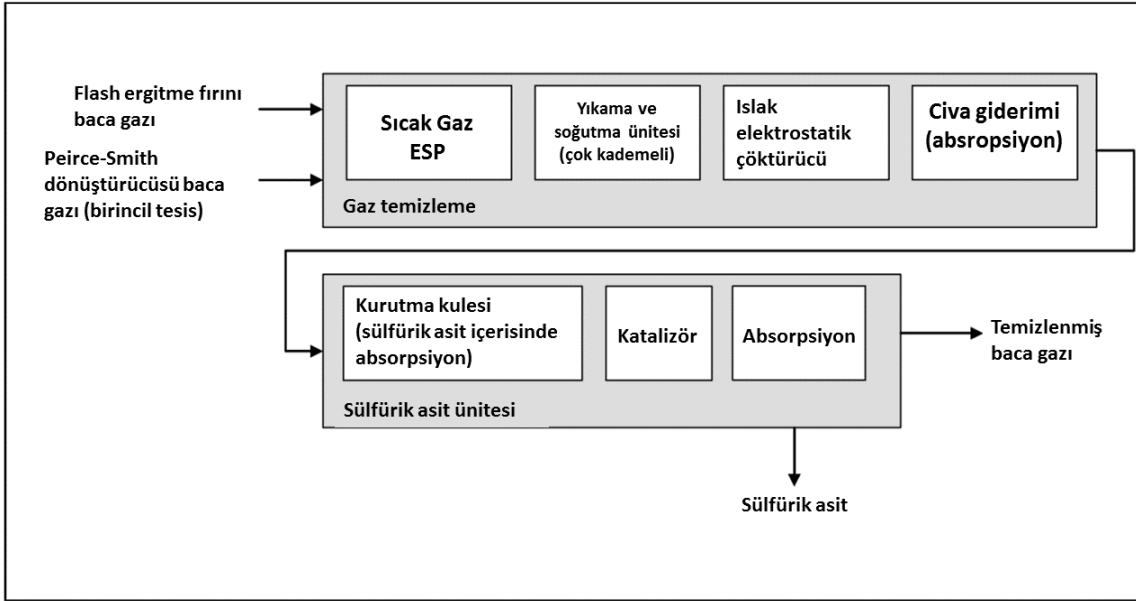
Çift temas/çift absorpsiyon prosesine dönüşüm işlemi karmaşık ve pahalı bir işlemdir ancak daha düşük kalıntı SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına ulaşabilmek için bir tek temas tesisi ile atık gaz desülfürizasyon ünitesi kullanılabilir. Satış yapılmak üzere jips üretilebilir veya alternatif olarak çinko özütleme aşamasında kullanılan çinko sülfür (veya sülfat) üretilebilir. Bu seçenekler enerji tasarrufu ve daha düşük atık üretimi sağlar ancak yerel şartlarda dönüşüm maliyeti karşılaştırılmalıdır. Eğer jips satışı için uygun pazar yoksa jipslerin araziye gömülme maliyeti de değerlendirilmelidir.

Temas prosesi öncesinde katalizörlerin korunması ve saf bir gaz üretilebilmesi açısından toz giderimi yapılması gereklidir. Bu, birçok metalin örneğin çinkonun, konsantrasyonunu üretilen asitte kabul edilebilir seviyelere indirir ve katalizörün zehirlenmesini önler. Gaz akımının ön arıtımı genellikle, gaz akımı içerisindeki kirleticilere bağlı olarak birkaç aşamadan oluşur. Bu aşamalar ısı geri kazanımı ile soğutma, sıcak bir elektrostatik çöktürücü, civa vb. giderimi için gaz yıkayıcı ve bir ıslak elektrostatik çöktürücüden oluşabilir. Gaz yıkama aşamasında ortaya çıkan zayıf gaz genellikle %1-50 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içerir. Halojenürler HCl (10-5000 ppm) ve HF (10-1000 ppm H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> dahil) olarak da bulunacaktır. Polonyada bulunan Głogów 2 tesisinde, soğutmalı ve yıkamalı gaz yıkayıcıya giren gazın içeriğinde yüksek miktarda (500-2000 ppm) florür bulunmaktadır. Gaz akımından florürün giderilmesi için gaz yıkayıcı hattına bir çözelti dozlayan bir sistem kullanılır. Ayrıca asit bakır, çinko ve demir (2500 ppm’e kadar), civa (1900 ppm’e kadar) ve kurşun (50 ppm’e kadar) gibi metalleri içerebilir. 10000 ppm’e kadar arsenik de bulunabilir. İzabe fırınının beslemesinde bulunan kirleticilere bağlı olarak alüminyum, nikel, krom, kadmiyum, bizmut, antimon vb. gibi diğer elementler de bulunabilir. Zayıf asit SO<sub>2</sub> ile doyurulacaktır (SO<sub>2</sub> içeriğine bağlı olarak genellikle 2000 ppm ile 5000 ppm arasında). Bu asit

ayrışabilir, asit tesisini geçen gazlar eğer yakında bir özütleme prosesi varsa satış için jips üretmek, temizlemek, bertaraf etmek veya kullanmak amacıyla nötralize edilebilirler.

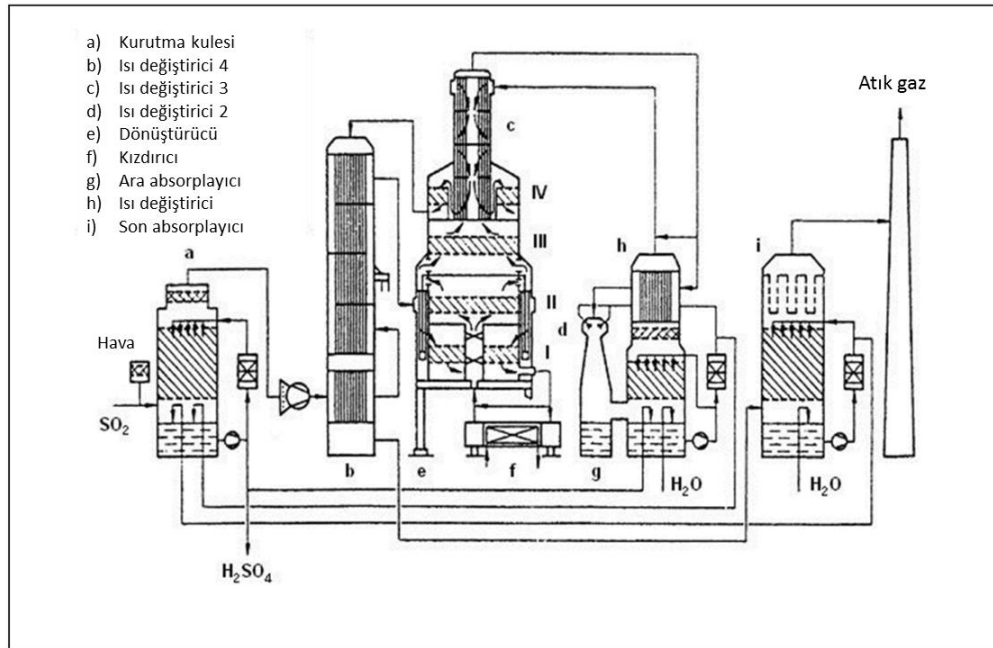
Sülfürik asit üretim prosesi, temas prosesinden önce toz veya metal kalıntısını temizler böylece bu kalıntılar asit prosesine iletilmemiş olurlar. Temas prosesinden önce toz ve metallerin giderilmesi (Şekil 2.3) bunların havaya atılan gaz içerisinde çok önemli olmadığını göstermektedir [234, UBA (D) 2007]. Bacadan asit dumanları yayılabilir ve bu dumanların önlenmesi için mum filtreler veya ıslak gaz yıkayıcılar kullanılabilir. Gazın içeriğindeki yüksek florür konsantrasyonlarının mum filtrelerde duman giderim verimini düşürdüğü belirtilmiştir [103, COM 1998] (see also the LVIC-AAF BREF [339, COM 2007]).

Sülfürik asit tesisinde arıtılan gaz içerisinde bulunan NO<sub>x</sub>'ler üretilen asit içerisinde absorplanır. Eğer konsantrasyonlar yüksek ise kahverengi bir asit ortaya çıkar ve bu durum potansiyel alıcılar için kabul edilmeyebilir. Bu nedenle asıl sorun potansiyel satışlardır. Sülfürik asit içeriğindeki organik bileşiklerden ötürü kahverengi ise renk giderimi için hidrojen peroksit eklenebilir.



**Şekil 2.3: Bir sülfürik asit tesisi için tipik bir gaz temizleme şeması**

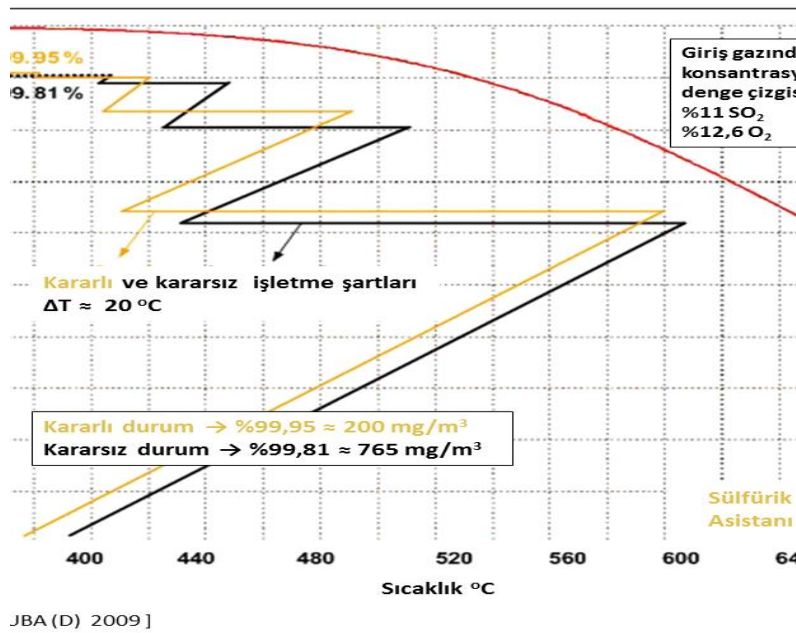
Polonya'daki Głogów 2 tesisinde flash fırınından çıkan yüksek NO<sub>x</sub> (1000 ppm'e kadar) içeren baca gazı asit tesisine girer. Üretilen asidin içerisinde olması gereken 5 ppm seviyelerini sağlayabilmek için azot oksitlerin ayrışmasını sağlayan iki sistem bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesinde asit devrelerinin kurutulması ve absorplanması için hidrazin dozlanır, diğerinde ise SO<sub>2</sub> bakımından zengin olan bir gazla seyreltilerek püskürtülür ve duman giderici kondenslerden gelen azot bileşiklerini ayrıştırılır (Lurgi metodu) [238, ECI 2012]. Hollanda'da bulunan bir tesiste ise ilk kademede aynı asit kalitesini yakalayabilmek için bir SCR kullanılmaktadır ve nihai NO<sub>x</sub> emisyonu 12 mg/Nm<sup>3</sup> olarak belirtilmiştir [240, Nyrstar Budel 2008].



Şekil 2.4: Tipik çift absorpsiyonlu sülfürik asit tesisi

Baca gazından ölçülen  $\text{SO}_2$  konsantrasyonuna bağlı olarak yürütülen proses kontrolü, prosesin geç reaksiyon vermesine neden olur. Demir dışı metal sektöründe, oksijen seviyesi proses kontrolü için kullanılabilir ancak sülfürik asit tesisinin kontrolünü, kükürt yakma işleminden daha karmaşık hale getirir [234, UBA (D) 2007].

Bu sektördeki çok değişken  $\text{SO}_2$  giriş konsantrasyonlarına sahip olan sülfürik asit tesisleri, maksimum katalizör sıcaklığı olan  $20^\circ\text{C}$ 'nin altında çalıştırılmalı böylece katalizör devre dışı bırakılmamalıdır. Şekil 2.5'de etkisi görülmektedir. Katalizörler sıcaklık çok düşük olduğunda da çalışmayabilirler bu nedenle, düşük  $\text{SO}_2$  girişinin olduğu durumlarda ortaya çıkan katalizörlerin aniden durması problemi önlemek için sıcaklık seviyelerinin olabildiğince yüksek tutulması çok önemlidir. Sıcaklığın, kararlı işletme şartlarından  $10\text{-}30^\circ\text{C}$  yüksek olması, dönüşüm oranının önemli ölçüde düşmesine sebep olmaktadır. Bu sektördeki bir sülfürik asit tesisi için sıcaklık işletme penceresi bir kükürt geri kazanım tekniği olarak kullanılır, bu nedenle  $\text{H}_2\text{SO}_4$  üretim tesisi gibi kullanılan kükürt yakma tesisinden daha kısıtlıdır. Aynı sebeplerle  $\text{H}_2\text{SO}_4$  üretim tesisine göre  $\text{SO}_2$  dönüşüm verimleri de daha düşüktür.



Şekil 2.5: Kararlı ve kararsız  $\text{SO}_2$  giriş konsantrasyonlarının dönüşüm verimliliği üzerindeki etkisinin karşılaştırılması

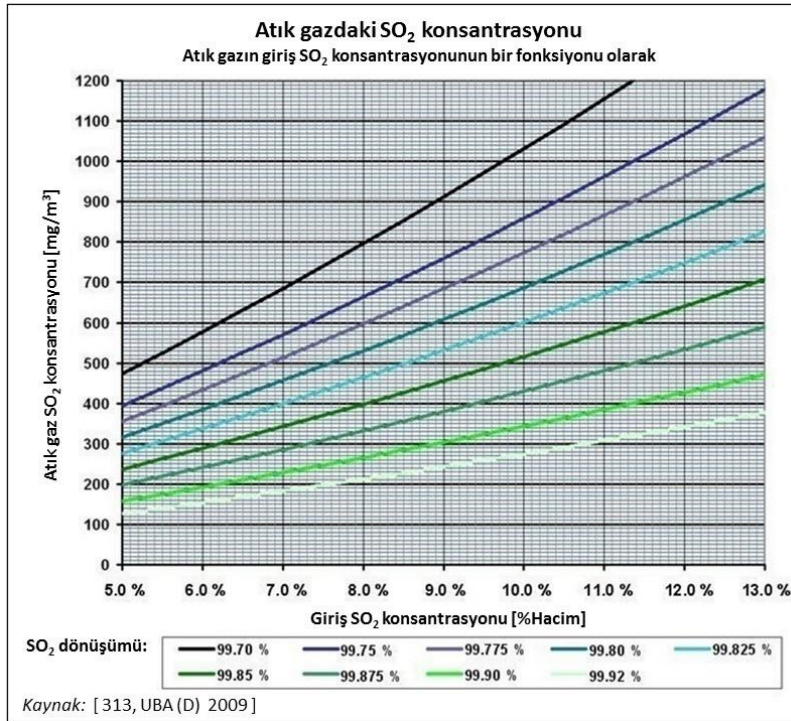
## Bölüm 2

Sülfürik asit tesisinden kaynaklanan kükürt dioksit emisyonları, besleme gazı içerisindeki kükürt dioksit içeriğinin sabit olması şartıyla, dönüşüm oranı ile orantılıdır [313, UBA (D) 2009]. Birkaç giriş gazı içeriğine ait, dönüşüm oranı ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonları için veriler LVIC-AAF BREF dokümanında verilmiştir [339, COM 2007]. Ancak LVIC-AAF BREF [339, COM 2007] dokümanındaki bazı bilgilerin eksik olması nedeniyle, diğer çift temas/çift absorpsiyon tesisleri için hesaplanan sayı (680 mg/Nm<sup>3</sup>), proses sırasında SO<sub>3</sub>'ün absorplanması nedeniyle oluşan gaz hacmindeki azalma dikkate alınmamıştır. Çıkış konsantrasyonu ve dönüşüm oranı hesabı için doğru eşitlik Şekil 2.6'da verilmiştir. Burada η, dönüşüm oranı ve ρ ise yoğunluktur:

$$C_{SO_2, out} = \frac{(1 - \eta_{SO_2}) \times \rho_{SO_2} \times C_{SO_2, inlet} \times 10^6}{(1 - 1.5 \times C_{SO_2, inlet})}$$

Şekil 2.6: Çıkış konsantrasyonu ve dönüşüm oranı hesabı eşitliği

LVIC-AAF BREF [339, COM 2007] dokümanında bulunan tesisler için veriler %11 SO<sub>2</sub> giriş konsantrasyonunda %99,8 oranı ile hesaplanmış ve 680 mg/Nm<sup>3</sup>lük bir atık gaz konsantrasyonu tahmin edilmiştir. Doğru grafikte aynı dönüşüm oranı ve gaz giriş konsantrasyonu kullanıldığında 770 mg/Nm<sup>3</sup> atık gaz konsantrasyonu tahmini ile eşdeğer sonuçlar vermektedir [313, UBA (D) 2009], [314, UBA (D) 2009]. Sonuç olarak LVIC-AAF BREF dokümanında diğer çift temas/çift absorpsiyon tesisleri (680 mg/Nm<sup>3</sup>) için Tablo 4.24'de verilen konsantrasyon şimdi 770 mg/Nm<sup>3</sup>tür. Şimdi eksik olan veriler tamamlanmış ve Şekil 2.7'de doğru grafikte verilmiştir.



Şekil 2.7: SO<sub>2</sub>'nin sülfürik asite dönüşümü

### 2.7.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

Demir dışı metal üretimi ile ilişkili AB-28 sülfürik asit tesislerinin performansı Tablo 2.3, Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'te verilmiştir [238, ECI 2012], [230, COM 2007], [229, Umicore etc. 2007], [233, COM 2008], [231, COM 2007].



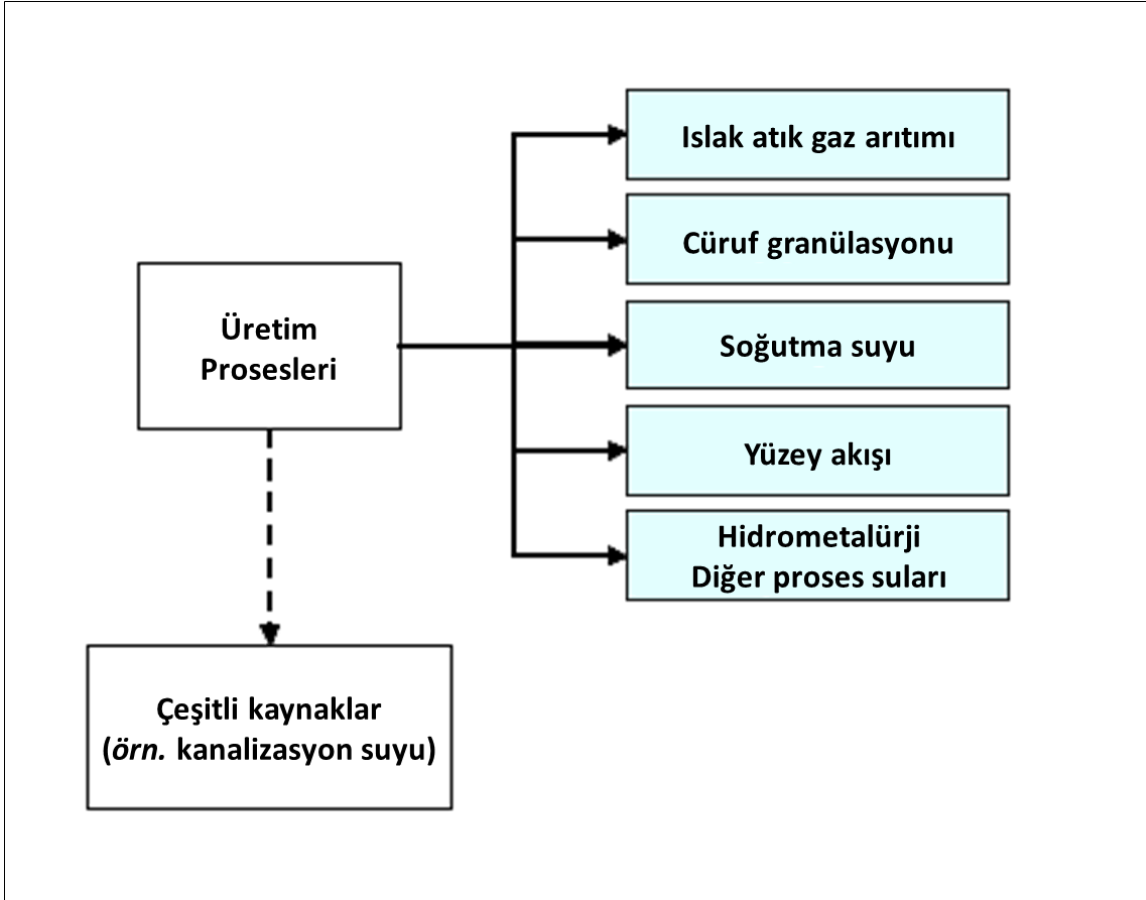


## 2.8 Atık ve atıksu yönetimi

Bu bölüm, ortak bir işlemden sıvı atıklarının oluşturulmasına genel bir bakış sunmaktadır. Atık su hacmini azaltma yolları ve suyun geri dönüşümü pratiği, metal gruplar arasında aktarılabilecek bazı kavramların anlaşılması için tartışılmıştır [27, M. Barry et al. 1993]. Atık su arıtma tesisindeki atık su arıtma tesisi Bölüm 2.12.6'da açıklanmıştır.

### 2.8.1 Atıksuların ana kaynakları

Demir dışı metallerin pirometalurjik ve hidrometalurjik yöntemlerle üretilmesi, farklı sıvı atıklarının üretilmesi ile ilişkilidir. En önemli atık akışlarının ana kaynakları Şekil 2.8'de gösterildiği gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.8: Atıksu sınıflandırması

Yukarıdaki atık su akımları, üretim proseslerinden metal bileşikler tarafından kirlenmiş olabilir ve yüksek çevresel etkiye sahip olabilir. Düşük konsantrasyonlarda bile, cıva ve kadmiyum gibi bazı metaller çok zehirlidir. Bu durum, cıva ve kadmiyumun, 1984 tarihli Kuzey Denizi Konferansı'nda çizilen ve Kuzey Denizi'ne emisyonları% 50 oranında azaltan, öncelikli tehlikeli maddeler listesine girmesiyle açıklanabilir. Bazı metal bileşiklerinin toksik etkisi, doğru kimyasal koşullar altında metallerin çözünebilir türler olarak doğal su yollarına kolayca girebilmeleri ve gıda zincirine hızlı ve geri dönüşsüz olarak asimile edilebilmelerinden kaynaklanmaktadır [166, Clark, J.H. 1995] (ayrıca bkz. MERAG metodolojisi için Ek 13.2.2 [301, MERAG 2007]).

#### 2.8.1.1 Atık gaz arıtımından çıkan atıksular

Islak hava kirliliği kontrol ekipmanı yavaş yavaş kuru kontrol teknikleri ile değiştirilmektedir. Kumaş filtreleri gibi kuru azaltma teknikleri, çamur veya atık suyun arıtılmaması ve toplanan tozun genellikle doğrudan ana işleme geri dönüştürülebilmesi avantajına sahiptir ve bu nedenle çapraz-ortam sorunları ıslak sistemlere kıyasla azaltılmaktadır.

Islak hava temizleme teknikleri, ör. ıslak sıyırıcılar veya ıslak elektrostatik çökticiler, uygulanmalıdır. Bunlar, özellikle, diğer azaltma sistemlerinin uygun olmadığı, yanıcı parçacıklardan patlama veya yanma riski bulunduğu ve gaz halindeki maddelerin (örneğin, sülfür dioksit veya trioksit) ve ayrıca parçacıkların dışarıdan çıkarılması gerektiğinde kullanılır. gaz akışı. Nemli, yüksek toz içeriğine sahip doymuş gazların temizlenmesi gerektiğinde, ıslak elektrostatik çökticiler gereklidir. Örneğin, birincil çinko ve bakır üretimi sırasında, toz ve kükürt içeren işlemde çıkan gazlar

dioksit, bir temizleyici ve bir ıslak elektrostatik çöktici kullanılarak temizlenir. Islak elektrostatik çökticiler de, bir elektrot pişirme fırınından çıkan gazlardaki katran dumanını toplamak için kullanılır. Islak yıkayıcılarda, gaz akışının hızlandırılması ve yavaşlatılması ve atomize fırçalama sıvısı, gazlar, toz ve sıvı damlacıkları arasında yüksek türbülans oluşturur. Toz parçacıkları çok hızlı ıslatılır ve kimyasal reaksiyonlar hızlandırılır. Sonraki bir toplayıcı, sıvı damlacıklarını ve ıslanan tozu gaz buharından çıkarır. Kirlenmiş atık su daha sonra arıtılmak üzere uzaklaştırılabilir. Ovma sıvısı içinde çözünebilir bileşenlerin zenginleştirilmemesi durumunda, askıda katı maddelerin bir kalınlaştırıcı ile uzaklaştırılması, ovma sıvısının yeniden kullanılmasını mümkün kılar. Bununla birlikte, bazı durumlarda, harcanan fırçalama sıvısını tekrar kullanmak için çözünebilir bileşenlerin çökmesi gerçekleştirilmelidir.

Sıvı atık, genellikle, katı-sıvı ayırma için nötralizasyon ve / veya çöktirme gibi ilave işlemlere ihtiyaç duyar. Bazen, iyon değiştirici gibi özel tedavi önlemleri, çok zararlı veya değerli metal bileşiklerini çıkarmak için kullanılır. Örneğin, iyon değişimi, bir molibdenit kıvartıcıdan çıkan gazı temizleyerek üretilen yıkayıcı atık suyundan renyum elde etmek için kullanılır. Bu işlem hem metal bileşimi atık sudan uzaklaştırmak hem de renyum metali üretimi için en önemli kaynak olarak kullanılır.

Islak elektrostatik çökticilerde üretilen zayıf asit, çeşitli yollarla tedavi edilebilir:

- SO<sub>2</sub>, asit fabrikasında geri kazanılabildiği zaman, eritme fırını içinde konsantrasyon ve daha sonra ayrıştırma ile;
- Muamele edilen sıvı normal olarak ıslak temizleme sistemine geri gönderilebilir, ancak ovma sıvısının bileşimini kontrol etmek için bir kanamaya ihtiyaç duyulur;
- Bu işlemlerden gelen zayıf asit, mevcutsa diğer işlemlerde de tekrar kullanılabilir.

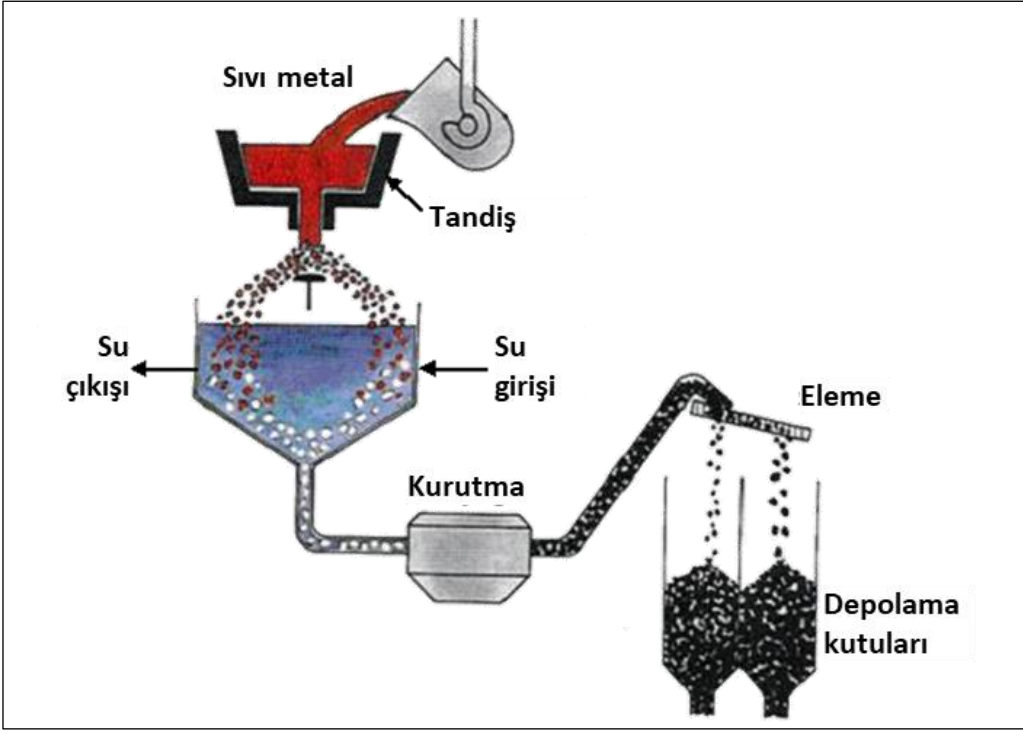
Birçok durumda, bir eritme fırınının ıslak ovma sisteminden gelen işlem suyunun, karbonun atmosferik azotla reaksiyonuyla oluşturulan siyanürler içerdiği bildirilmiştir. Cyanid seviyesi cüruf granülasyonu için ovma suyu kullanılarak azaltılabilir ve bu da siyanürlerin çoğunun buharlaşmasına ve oksidasyonuna yol açar.

Diğer bir ana atık akışı, bazı kavurucu gazlardan cıva çıkarılmasıyla ortaya çıkar. Cıva çıkarma aşaması, bir cıva klorür (HgCl<sub>2</sub>) çöktirici ile bir gaz-sıvı temas tanki içerir. Bu cıva klorür, katı bir Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> çöktirici (kalomel) oluşturmak üzere gazdan metalik cıva ile reaksiyona girer. Çökelen bulamaç kaldırıldı ve HgCl<sub>2</sub> yıkama çöktiricisini oluşturmak için Cl<sub>2</sub> ile oksitlendi. Bulamacın bir kısmı bir filtre presi ile sudan arındırılmakta ve cıva atığı için Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> olarak satılmakta ya da özel bir atık olarak bertaraf edilmektedir.

İşlemden çıkan akışkanlar, nihai bir atık arıtma tesisinde işlenmeden önce, çinko tozu ile reaksiyona girerek veya HgS olarak çöktirme ile cıva çıkarılması için lokal olarak ön işlemden geçirilir.

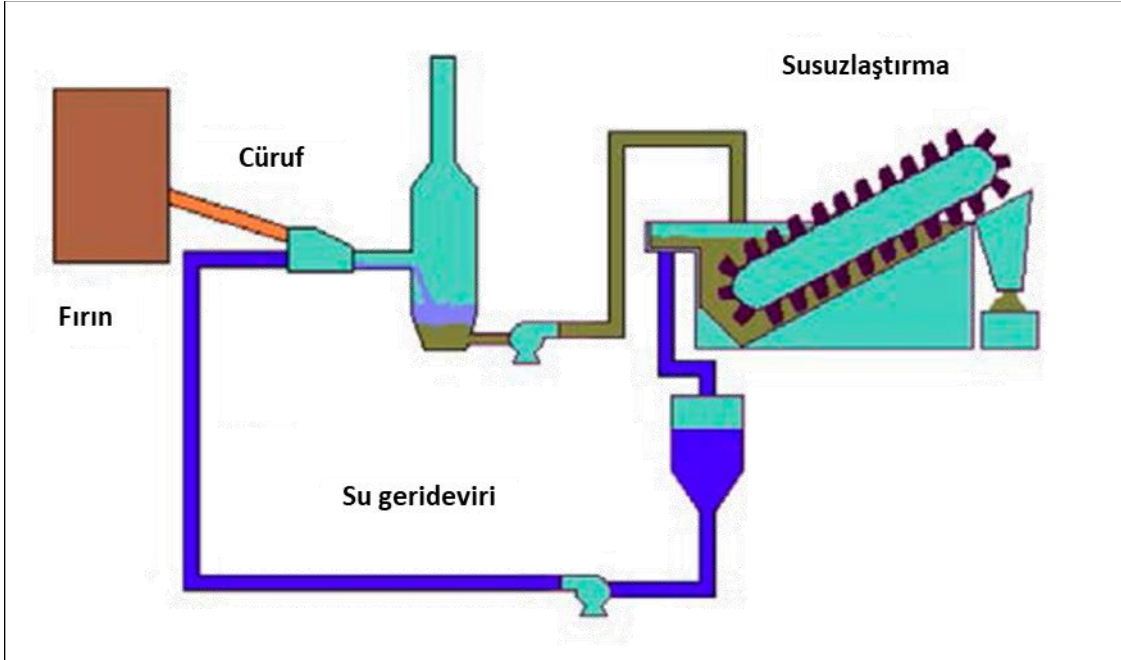
### 2.8.1.2 Mat veya cüruf granülasyonu, metal bilya üretimi ve yoğunlukla ayırma işlemlerinin atıksuyu

Demir dışı metallerin üretimi sırasında, mat, cüruf ve üretilen metal fırınlardan çıkarılır. Malzemeler, eşit boyutlu parçacıklar oluşturmak için yüksek basınçlı su jeti veya başka söndürme sistemleri kullanılarak suya dökülerek ayrı olarak granüle edilebilir. Granüle metal daha sonra metal çekim olarak satılabilir. Granüle cüruf başka amaçlar için kullanılabilir ve granüle mat bir dönüştürücü aşamasında kullanılabilir. Şekil 2.9'da tipik bir granülasyon aşaması gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Erimiş metalin granülasyonu [149, Schei, A, et al. 1998].

Granülasyon adımından ortaya çıkan sıvı atık, genellikle kapalı bir devrede geri dönüştürülür (bkz. Şekil 2.10). Askıda katı maddelerin ve metal bileşiklerin birikmesini önlemek için, blöf sistemi sürekli olarak su sirkülasyon sisteminden çıkarılmalıdır.



Şekil 2.10: Granülasyon sistemlerinde kapalı su döngüsü.

Bağıl yoğunluk ayrımı (batma veya yüzdürme) ayrıca metal parçacıklarını ve bileşiklerini hafif kirleticilerden ayırmak için kullanılır, örneğin parçalamadan sonra plastik bileşenlerin çıkarılması. Ortaya çıkan sıvı atık genellikle geri dönüştürülür ve yüzer materyal çıkarılır. Asılı katı madde ve metallerin birikmesini önlemek için, blöf sistemi sürekli olarak su sirkülasyon sisteminden çıkarılmalıdır.

Blöf veya atık su genellikle bir merkezi atık su arıtma tesisine gönderilir.

### 2.8.1.3 Soğutma suyu

Metal üreten endüstrilerde farklı soğutma gereksinimleri için soğutma suyu büyük bir ölçekte kullanılmaktadır. Temassız soğutma suyuna ve aşağıda açıklandığı gibi doğrudan temaslı soğutma suyuna bölünebilir.

Temassız soğutma suyu, fırınlar, fırın davlumbazları, döküm makineleri vb. İçin kullanılır. Tesisin konumuna bağlı olarak soğutma, tek geçişli bir sistem veya evaporatif soğutma kuleleri olan bir sirkülasyon sistemi ile sağlanabilir. Bir kerelik soğutma sisteminden gelen su normal olarak doğal bir kaynağa, örneğin bir nehir veya bir soğutma havuzuna geri gönderilir. Bu durumda, suyun doğal su kütlesine boşaltılmasından önce potansiyel sıcaklık artışı dikkate alınmalıdır. Temassız soğutma suyu, soğutma kuleleri vasıtasıyla da geri dönüştürülebilir.

Bazı döküm işlemleri sırasında doğrudan temaslı soğutma kullanılır. Bu soğutma suyu normal olarak metaller ve askıda katı maddelerle kirlenmiş ve genellikle büyük miktarlarda ortaya çıkar. Özel matris ve seyreltme etkilerinden kaçınmak için, doğrudan temaslı soğutma suyu esas olarak diğer atık sularından ayrı olarak arıtılmalıdır.

Isı emisyonları ve maksimum deşarj sıcaklıkları yerel koşullara bağlıdır. Spesifik olarak, sucul ortam üzerindeki etki, duruma göre değerlendirilmelidir. Gerekirse, süreçlerin soğutulması açıkça tasarlanmalıdır. İşlem soğutması gerekiyorsa, aşağıdakiler tarafından uygulanabilir:

- su ile ısı değişimi (yüzey suyu veya benzeri);
- hava ile ısı değişimi;
- buharlaşma soğutma kuleleri.

Soğutmanın çevre üzerindeki etkisini en aza indirmek için, Endüstriyel Soğutma Sistemlerinde BREF kullanılmalıdır.

### 2.8.1.4 Yüzey akışı suyu

Yüzey akış suyu, üretim tesisindeki bina çatılarından ve asfalt alanlarından toplanan yağmur suyunun kirlenmesinden kaynaklanır. Yağmur suyunun kirlenmesi, depolama, yüzey biriktirme vb. İçeren metaller içeren tozlar veya yağlar drenaj sistemine yıkandığında ortaya çıkar. Yüzey sularının kirlenmesi, hammaddelerin depolanması için iyi uygulamaların yanı sıra tüm üretim tesisinin iyi bakım ve temizliği ile önlenabilir veya en aza indirilebilir.

Yüzey akma suyu ayrı olarak toplanabilir. Bir çökeltme aşamasından veya kimyasal işlemden sonra, üretim prosesinde, örneğin soğutma suyu veya toz oluşumunu önlemek için su spreyleri gibi başka amaçlar için yeniden kullanılabilir.

### 2.8.1.5 Hidrometalürjik proseslerden kaynaklanan atıksu

Demir dışı metallerin hidrometalürjik üretiminden kaynaklanan ana sıvı atıkları aşağıda Tablo 2.6'da listelenmiştir.

**Tablo 2.3: Demir dışı metallerin hidrometalürjik üretiminden kaynaklanan sıvı atıkların potansiyel kaynakları**

Process unit	Operation/source	Use options
Roaster gas cleaning	Wet cleaning of roaster gases	Waste water treatment plant consisting of precipitation steps, sometimes with removal of metals using ion exchangers
Leaching	General operations including wet gas cleaning	Return to leaching
Purification	General operations	Return to leaching or next process step
Electrolysis	Cleaning of cells, anodes and cathodes. Spent electrolyte. Electrolyte bleed	Return to leaching. Return to electrolysis after treatment

Hidrometalurjik üretim prosesi genellikle bir liç işlemiyle başlar. Sızma sırasında, istenen metal ve diğer elementler mineralden ayrılacak ve sıvı faza çözülecektir.

Tipik liç reaktifleri ve reaksiyonları aşağıda gösterilmiştir [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]:

- suda çözünür bileşikler için su (bakır sülfat);
- metal oksitler için sülfürik, hidroklorik ve nitrik asitler veya sodyum hidroksit;
- kompleks oluşturmalar, ör. siyanür (altın, gümüş) veya amonyak (bakır ve nikel mineraller);
- bir mineralin uygun bir gaz veya oksidasyon ile indirgenmesi, örneğin, manganez dioksit, kükürt dioksit ve nikel ile klorin;
- asit-baz reaksiyonları, örn. Bir tungsten kompleksinin yüksek bir pH'ta tungstenden geri kazanımı.

Liç sıvısı içindeki istenen metalin miktarını arttırmak için bir takım hidrometalurjik saflaştırma ve zenginleştirme teknikleri kullanılabilir. Hedef metal, sementasyon, gaz reaksiyonları, seçici çökeltme, iyon değişimi, çözücü ekstraksiyonu, kristalleştirme, buharlaşma konsantrasyonu veya elektroliz gibi farklı teknikler kullanılarak saflaştırılmış solüsyondan geri kazanılabilir. Bu işlemlerin bazılarında doğru bir denge sağlamak için, normal olarak sıvının bir kısmını sürekli olarak çıkarmak gereklidir.

Örneğin çinko üretimi sırasında, elektrolit, elektrolitik hücrelerin çalışması üzerinde zararlı bir etki yaratabilen magnezyum birikimini kontrol etmek için kanştınlabılır. Elektrolitik hücrelerdeki akışlar, liç ve saflaştırma aşamaları olarak aynı (kapalı) su devresine aittir: elektroliz sırasında oluşan sülfürik asit, süzdürme işlemine beslenir ve kalan sıvı, saflaştırılır ve elektrolitik prosese beslenir.

Elektroliz-liç arıtma devresinin çıkış sıvısı güçlü bir şekilde asidiktir ve yüksek konsantrasyonlarda çinko ve askıda katı madde içerir. Kanamanın hacmi, kavurmada kullanılan çinko konsantratlarının bileşimine kuvvetle bağlıdır. Devrede, özellikle magnezyumda birikme eğiliminde olan bileşenler (yani çözüldüden yeterince uzaklaştırılmaz), kanama akışını belirleyecektir.

Birçok tesis, elektrolit kanaması olarak üretilen atık suların, mevcut kirletici maddelere bağlı olarak liç işlemine geri dönüştürülebileceğini göstermiştir. Elektrolit sızıntısı aynı zamanda kirletici maddelerin veya düşük değerli elemanların çıkarılmasından sonra elektrolize dönüştürülebilir.

### 2.8.1.6 Diğer proses suları

Bu sektörde başka atık kaynakları vardır. En önemlileri:

- alumina üreten Bayer prosesi sırasında üretilen sıvılar;
- Kurşun-asit bataryalarının işlenmesi ya da kıymetli metallerin işlenmesi sırasında oluşan asidik atık sular;
- sülfürik asit tesislerinden zayıf sülfürik asit;
- germanyum, galyum vb. rafinasyonundan kaynaklanan atıksular

Bu atık sular, metal-spesifik bölümlerde daha detaylı olarak kapsamaktadır, fakat kullanılan işlemler bazen likörlerin prosese geri dönüşünü veya diğer proseslerdeki asit değerini kullanabilmektedir.

Asitleme işlemleri aynı zamanda proses sularının kaynağıdır ve aşağıdaki iki örnek asitsiz asitlemenin nasıl kullanılabileceğini ve asit dekapajının etkisinin nasıl en aza indirilebileceğini göstermektedir.

### Asitsiz paklama

Bu işlem kapalı bir devrede çalışır. Çubuklar, bölümlendirilmiş yatay çelik borudan oluşan bir

hat içi sistemde toplanabilir. Suda %2.5-5'lik bir izopropanol (IPA) çözeltisi kullanılır. Bakırda, bakır fazdaki bakır oksid skalasının bakır (dönüştürücü) üzerinde dönüştürülmesi işlemi, Burns prosesi olarak bilinir [90, Traulsen, H. 1998]. Harcanan dekapaj çözeltisi, IPA geri kazanımı veya vakumla damıtılması için işlenebilir. Dekapaj çözeltilerinden ayrılan çamurlar / katılar metal geri kazanımı için kullanılır. IPA geri kazanımından ve harcanan dekapaj solüsyonundan gelen su, emülsiyon preparasyonu için geri dönüştürülebilir veya atık su arıtımı için gönderilebilir.

### Asit paklama

Asitli paklama (dekapaj) bölmeli yatay bir sistem kullanır [90, Traulsen, H. 1998]. İlk aşamada, malzeme seyreltilmiş sülfürik asitle paklanır; daha sonra artık asit, metal yüzeyinden su spreyları ile birkaç aşamada yıkanır, ardından basınçlı hava kullanılarak kurutulur. Yüzey temizleme genellikle sülfürik asit ile yapılır, ancak bazı alaşımlar ve titanyum gibi metaller için bazen sülfürik asitle birlikte nitrik asit sürekli hatlarda veya otomatik sistemlerde kullanılır. Nitrik asit dumanlarını geri kazanmak veya uzaklaştırmak için gaz temizleme sistemleri kullanılır; Asit zaman zaman değiştirilir. Tüketilen asit arıtma ve metalin geri kazanımı için gönderilir. Asitleme sistemleri işçi koruması için havalandırılır.

Ürünler durulanır, durulama suyu arıtma için gönderilir ve çamurlar mümkünse geri dönüştürülür. Rulo ürünlerin yüzeyden yağdan arındırılması için deterjanlar kullanılır. Harcanan su ultrafiltrasyon ile temizlenir. Yüzey yağ giderme için organik çözücüler kullanılıyorsa, bir buhar yağ giderme sistemi kullanılır. Bu durumda, üretilen herhangi bir atık su arıtma çamurunda klorlu hidrokarbonlar mevcut olabilir.

Bazı bakır çubuk üretimi için alternatif bir işlem kullanılır. Suyla dolu uzun bir tüpte kısmi soğutmadan sonra, çubuk, bobinin çapına karşılık gelen spiraller halinde oluşturulmaktadır. Bu spiraller, su sprinkleri ile sıcaklığın 20 °C'ye düştüğü bir silindir masasına yayılır. Aside dayanıklı bir alaşım konveyör, bu spiralleri, çubuğun %20 sülfürik asit çözeltisi ile karıştırıldığı dekapaj tanklarına taşır. Asit dekapaj sistemi, tüm oksitlerin çubuk yüzeyinden mükemmel bir şekilde çıkarılmasını sağlar. Halkalar daha sonra durulama suyu ile yıkanır ve son olarak bir balmumu çözeltisi ile korunur.

Elektrikli özütleme (*ing.* electrowinning), paklama asidiyle çözünen metali geri kazanmak için kullanılabilir. Yıkama çözeltisi ayrıca iyon değişimi ile de arıtılabilir.

#### 2.8.1.7 Çeşitli kaynaklar

Demir dışı metaller üretmek için bir endüstriyel tesiste çok sayıda başka kaynak bulunmaktadır. Örnekler, hammadde sağlayan kamyonlar için temizleme istasyonlarından sıvı atıklardır; pompalardan su sızdırmazlığı; ve ekipmanın, zeminlerin vs. temizlenmesi de dahil olmak üzere genel işlemler. Bu sıvı atık maddeler normal olarak toplanır ve işlenir. Sıhhi tesisat sistemindeki su normal olarak kamu kanalizasyon sistemine deşarj edilir.

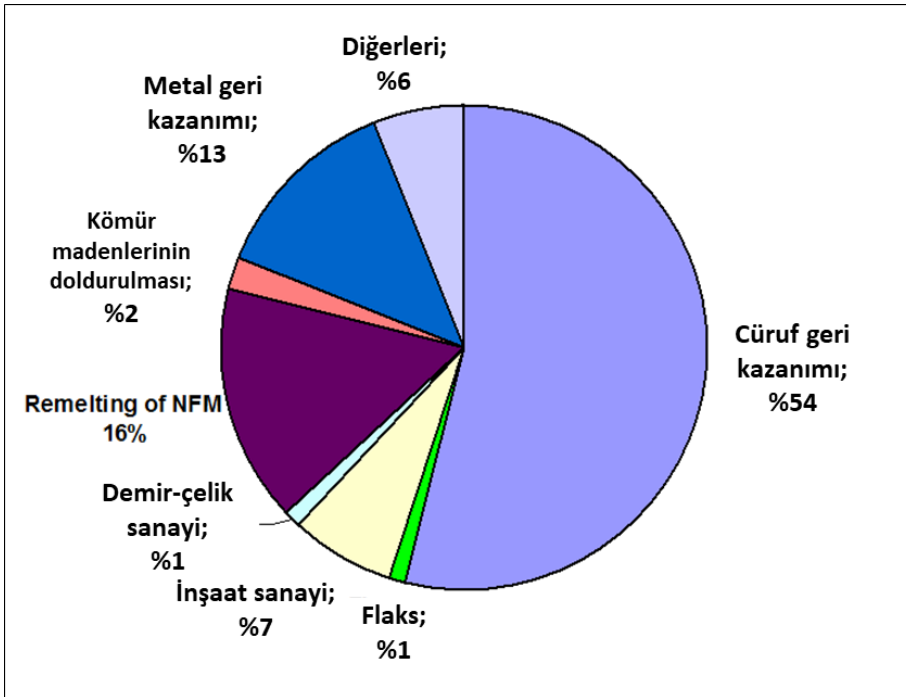
#### 2.8.2 Uygulamalı prosesler ve teknikler

Proses-entegre önlemler ve atıksu arıtma teknikleri anlatılmaktadır.

## 2.9 Güvenlik Hususları

Birincil ve ikincil hammaddeden demir dışı metallerin üretimi, çok çeşitli yan ürünler, ara ürünler ve atıkların potansiyel üretimi ile ilgilidir. Olumsuz çapraz medya etkisi olmaması koşuluyla, odağı her zaman en uygun hale getirerek, işlemi optimize ederek ve kalıntıları ve atıkları mümkün olduğunca en aza indirerek harcamayı en aza indirmelidir. Bu tortular, metalürjik işlemler ve eritme işleminin yanı sıra atık gaz ve atık su arıtımı gibi üretim sürecinin farklı aşamalarından kaynaklanmaktadır [83, NRW (D) 1997]. Kalıntıda bulunan elemanların içeriği ve değeri, yeniden kullanım potansiyelini etkiler, örn. anot balçık değerli metallerin geri kazanımı için uygun bir hammaddedir. Bir atığın bertaraf için atık olarak tanımlanması bunu dikkate alınmalıdır. Ayrıca ferro-silikon ve silikon metalin eritme işleminden kaynaklanan silika dumanları gibi bazı filtre tozları da yan ürün olarak kullanılabilir [226, Nordic Report 2008].

Mevcut AB mevzuatına göre [Atık konusunda 2008/98/AT sayılı Direktif (Atık Çerçeve Direktifi)], bu artıkların çoğu atık olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, demir dışı metal endüstrisi uzun yıllardır diğer işlemler için hammadde olarak çok sayıda kalıntı kullanmıştır ve metallerin geri kazanımını arttırmak ve atıkların bertaraf edilmesini azaltmak için uzun bir süre önce metalürjik operatörler ağı kurulmuştur. Atık hareketlerini kontrol etmek için bazı yasal önlemlerin, metalürjik işlemlerden kaynaklanan artıkların geri dönüşümünü engellediği bildirilmiştir [96, Bontoux, L. ve diğ. 1997]. Metal üreten endüstrilerin tüm endüstriyel sektörlerde en yüksek geri dönüşüm oranlarından birini elde ettiği de bilinmektedir: Yukarıda listelenen malzemelerin çoğu, diğer endüstrilerde olduğu gibi, demir dışı metal endüstrilerinde de geri dönüştürülür veya tekrar kullanılır. çimentoda, aşındırıcı imalat ve inşaat endüstrilerinde (bkz. Şekil 2.11). Onları atmak veya atmak niyetinde değildir. Bunlar, geri kazanımları ve karmaşık kaynaklardan saf metallerin üretimi için gerekli olan metal ayırmanın bir sonucudur. Bu, çapraz medya sorunlarını en aza indirmeye yardımcı olur. Bununla birlikte, üretim tesislerinden gelen artıkların problemi ve bu malzemelerin bazılarının belirlenmesi, gelecekteki izinlerde de önemli bir rol oynayacaktır ve teknikler bu konu üzerinde yoğunlaşma eğilimi göstermektedir. Bununla birlikte, bir madde, üretimi, nakliyesi, kullanımı veya geri kazanımı bağlamına bağlı olarak bir atık veya ikincil bir hammadde olarak tarif edilebilir.



Şekil 2.11: Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal fabrikaları tarafından üretilen kalıntı miktarına göre farklı geri dönüşüm yolları [81, NRW (D) 1997], [165, Neuhaus, W. 1999].

Kuzey Ren-Vestfalya'daki çok sayıda demir dışı metal eritme tesisinden gelen atıkların önlenmesi ve geri dönüştürülmesi ile ilgili bir araştırma projesine göre, Şekil 2.11'deki aşağıdaki bozulma farklı geri dönüşüm yollarının önemini göstermektedir.

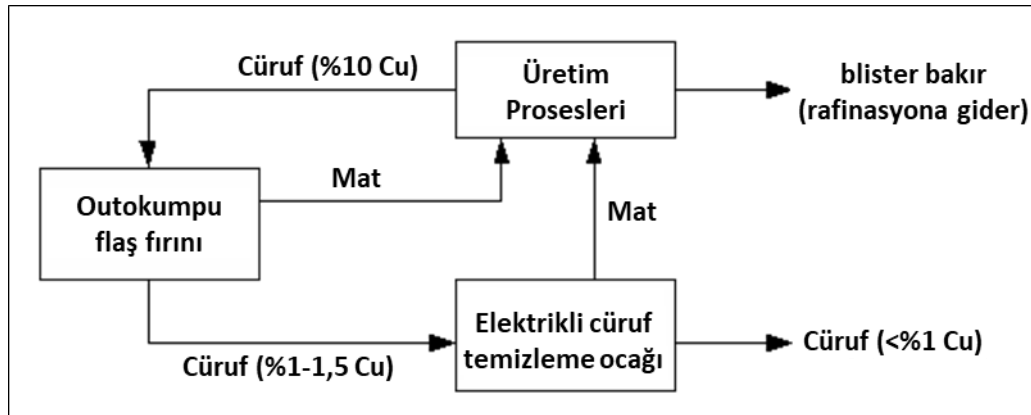


En sık uygulanan süreç ve tekniklerin bir göstergesi aşağıdaki bölümlerde verilmiştir. Ayrıntılı bilgi, metallere bahsedilen bölümlerde bulunabilir.

### 2.9.1 İzabe işleminden gelen artıklara uygulanan prosesler ve teknikler

Demir dışı metallerin ergitilmesinden kaynaklanan ana kalıntılar, pirometalurjik süreçler sırasında cüruf, cüruf ve kaymadır. Cüruf, cüruf oluşturucu ekli elemanların (örn. Fe) ilave edilen akışlarla reaksiyonu ile üretilir. Eritme işleminde, cüruf sıvıdır ve erimiş metale farklı bir yoğunluğa sahiptir ve bu nedenle ayrı olarak ayrılabilir.

Demir dışı metallerin üretim işlemlerinde aşağı akış veya arıtma işlemleriyle üretilen cürufun çoğu, genellikle geri dönüştürülebilir veya daha fazla metal geri kazanımı için kullanılabilir. Şekil 2.12 cürufun iç geri dönüşümünü sağlamak için bakır cüruflarının elektrikli fırında temizlenmesini göstermektedir. Bu örnekte, dönüştürücüden elde edilen yüksek bir bakır içeriğine sahip erimiş cüruf, eritme noktasına geri döndürülür. Suyu terk eden cüruf, bir elektrikli cüruf temizleme fırını içinde bakırından ayrılır. Bu fırın sürekli olarak sürekli bir cüruf akışı ile çalışır. Yerel tesislere bağlı olarak, ortaya çıkan temiz cüruf ya aşındırıcılar üretmek için ya granül haline getirilir ya da yavaşça soğutulur ve dolgu ya da inşaat malzemesi için agrega haline getirilir.



Şekil 2.12: Bakır cüruflarının elektrikli fırında arıtımı.

Yüksek bir metal içeriğine sahip cüruf arasında bir süreç vardır, bu süreç içerisinde geri dönüştürülür veya geri kazanım için başka bir işleme veya alana aktarılır ve düşük bir metal içeriğine sahip son cüruftur.

Demir dışı metal endüstrilerindeki birçok tesis, daha fazla faydalı kullanım için cüruf satabilecekleri bir pazarın olduğunu göstermiştir. Agregaların yerini almak için cürufun bir yapı malzemesi olarak kullanılması, ancak, sızan metal bileşikler miktarının düşük olması durumunda mümkündür. Bunu göstermek için çeşitli testler vardır, örneğin, [268, Belçika 2008], [289, USEPA 2008]. Aşındırıcı olarak veya inşaat mühendisliği ve inşaatında kullanılamaz cüruf geri dönüşüm için kullanılır veya özel durumlarda (örneğin, imha alanlarının inşası) inşaat malzemesi olarak veya bertaraf için gönderilir.

Tuz cürufu hafif metallerin (alüminyum, magnezyum) eritilmesiyle üretilir. Bir tuz akışının kullanılması, erimiş metalin oksitlenmesini önler ve safsızlıkları işlemde uzaklaştırır. Tuz ve metal geri kazanımı için kullanılan farklı tedavi tekniklerinin yanı sıra kullanılan tuz akışının miktarını en aza indirmenin farklı yolları vardır ve bunlar Bölüm 4'te daha ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Cüruf ve yağsızlıklar, banyo yüzeyindeki metallerin oksidasyonu veya fırın kaplamaları olarak kullanılan yanmaz malzeme ile reaksiyonlar sonucu oluşur. Yağsızlık / çapak metal içeriği nispeten yüksektir (% 20 ile % 80 arasında), bu nedenle normal olarak ana işleme geri dönüştürülebilir veya metallerin geri kazanımı için diğer demir dışı metal tesislerine verilebilirler.

Bir başka kalıntı kaynağı da astar ve refrakter geçirir. Bunlar, refrakter malzeme fırın

kaplamalarından dışarı düştüğünde veya fırın kaplamasının tamamen yenilenmesi sırasında ortaya çıkar. Bir fırın kaplamasının dayanıklılığı, işleme ve metale bağlı olarak birkaç hafta ile birkaç yıl arasındadır (örneğin, birincil bakır üretiminde Outotec flaş fırını için 6 ila 10 yıl mümkündür). Erimiş metale bağlı olarak ortaya çıkan harcanmış fırın kaplama malzemesi miktarı, erimiş metale bağlı olarak üretilen metal tonu başına 5 kg'a kadar çıkabilir [83, NRW (D) 1997]. Aşağıdaki uygulamalar fırın astarları için kullanılır: bir inert cüruf oluşturmak için bir eritme cihazında muamele, örn. Bir pirinç eritme işleminden astarlar doğrudan bir yerel ikincil bakır eritme cihazına gönderilir; taphole kütlelerinde bir bileşen olarak kullanmak; inert astarların bertarafı. Tablo 2.7, Almanya'daki bazı demir dışı metal eritme fırınlarından geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılmış ve deşarj edilen kalıntı miktarına genel bir bakış sunmaktadır. Bu anlamda geri dönüşüm, tortunun üretildiği işleme geri döndüğü anlamına gelir. Yeniden kullanım, tortunun başka bir amaç için kullanıldığı anlamına gelir, örn. cüruf bir inşaat malzemesi olarak yeniden kullanılabilir.

**Tablo 2.4: Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal tesisleri için 1996 yılında rapor edilen geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılmış ve deşarj edilmiş kalıntı miktarı [81, NRW (D) 1997].**

Kalıntı Türü	1996 yılında ton olarak bildirilen kalıntı miktarı		
	Geri dönüştürülen ve yeniden kullanılan	Bertaraf edilen	Toplam miktar
Ateşe dayanıklı atık	21	188	209
Refrakter atık	1.655	1.145	2.800
Zararlı bileşenler ile	637	728	1.365
Cüruf	16.869	3	16.872
Kurşun eritme gelen	1.903	0	1.903
Alüminyum içeren	45.904	927	46.831
Magnezyum içeren	615	81	696
Alüminyum ergitme tuz	112.438	0	112.438
Diğer kalıntıları	348	0	348

## 2.9.2 Emisyon Azaltım sistemlerinin artıklar için uygulanan işlemler ve teknikler

Azaltma sistemleri bir başka katı malzeme kaynağıdır. Bunlar, hava kirliliği kontrol ekipmanından elde edilen baca gazı tozu ve çamurunun yanı sıra filtre torbaları gibi kullanılmış filtre malzemesi gibi diğer katı atıklardır.

Hammaddenin depolanması ve işlenmesinden veya ön işlem birimi işlemlerinden gelen toz, toz giderme sistemi (genellikle bir kumaş filtresi) ile toplanır ve ana işleme veya başka bir tasfiyeye geri gönderilir. Bazı durumlarda, toz hammadde depolama ve işleme istasyonuna geri dönüştürülebilmeden önce aglomere edilmelidir.

Eritme ve arıtma tesislerinden gelen toz yüklü gazlar, farklı azaltma teknikleri kullanılarak (Bölüm 2.12.5'de açıklandığı gibi) temizlenebilir. Gazı temizleme ile toz olarak toplanan malzeme toprak haline getirilebilir ve diğer tesislerde daha fazla metal geri kazanımı için hammadde olarak veya geri dönüşüme gönderilebilir. Bir örnek olarak, bir çinko geri kazanım tesisinde bir yan ürün olarak işlenebilen ve bir hammadde olarak tekrar kullanılabilen, bir birincil bakır eritme işleminde bir dönüştürücü veya bir elektrikli cüruf temizleme fırını çinko açısından zengin toz [90, Traulsen, H 1998]. Bir başka örnek ise, silis dumanlarının (mikro silika), silikonlu metal veya ferro-silikonun eritilerek kumaş filtresinde toplanması ve inşaat sektörüne değerli bir yan ürün olarak satılmasıdır.

Bir gaz yıkayıcıdan gelen ve metal içeren çamur suyunda ayrılır (örneğin, bir filtre preste) ve yeniden izabe fırınına geri gönderilir.

Atık gaz temizleme kuru toz giderme sisteminde gerçekleştiğinde, filtre malzemesi zaman zaman değiştirilmelidir. Filtreler, işlemde metal bileşikler ve parçacıklar içerir. Pirometalurjik işlemlerde

filtre malzemesinin kullanıldığı birkaç örnek vardır. Bu mümkün değilse, bir atık yakma tesisine ya da başka bir atık sahasına nihai bertaraf için gönderilir. Tablo 2.8, Almanya'daki bazı demir dışı metal tesislerindeki geri dönüşümlü, yeniden kullanılmış ve deşarj edilen kalıntı miktarları hakkında bilgi vermektedir.

Harcanan filtre torbası miktarı, daha sağlam olan modern filtre malzemeleri kullanılarak azaltılabilir. Kumaş filtreler, çok fazla bakım gerektirmeyen bir azaltma tekniği olarak karakterize edilir. Torba hasarı durumunda, uygun filtre bölmesi, onarımlar güvenli bir şekilde gerçekleştirilinceye kadar kapak plakaları ile izole edilebilir. Filtre değişimi normalde sadece filtre bölmelerinin % 10-20'sinin hizmet dışı kalması durumunda gereklidir.

Filtre torbalarının modern, güvenilir kumaşlarla değiştirilmesi genellikle kolaydır, ancak teknik gereksinimler ve bireysel vakaların ilgili yatırım maliyetleri dikkate alınmalıdır. Filtre sisteminin dönüşümü veya yenilenmesi durumunda, servis ömrü ve filtre duyarlılığı daha az torba gerektirebilir. Bu, ek kurulum maliyetleri ile sonuçlanırsa, genellikle torba arızalarının sayısında azalma ile telafi edilebilir.

**Tablo 2.5: Kuzey Ren-Vestfalya'daki bazı demir dışı metal fabrikaları için 1996 yılında rapor edilen geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılmış ve bertaraf edilmiş kalıntı miktarı [82, NRW (D) 1997].**

Kalıntı Türü	1996 yılında ton olarak bildirilen kalıntı miktarı		
	Geri dönüştürülen ve yeniden kullanılan	Bertaraf edilen	Toplam miktar
Metal içeren toz	6.550	1.886	8.436
Toz	201	13	214
Azaltım sisteminden mineral kalıntıları	2.638	1.752	4.390
Arıtma çamuru	508	4	512
Alüminyum içeren toz	1.477	66	1.543

### 2.9.3 Atıksu arıtımından kaynaklanan artıklar için uygulanan işlemler ve teknikler

Demir dışı metallerin üretimi için pirometalurjik işlemler normalde zararlı atık su üretmez. Su, fırınların, üfleme mızraklarının ve döküm makinelerinin, doğrudan veya dolaylı olarak soğutulması için kullanılır; Bakır anot veya sürekli döküm için. Bu su, ekipman soğutulmuş ısıtılır, ancak normal olarak kimyasal safsızlıklar veya metal parçacıkları ile kirletilmez. Bu nedenle, soğutma suyu genellikle yerleşimden veya başka bir işlem basamağından sonra doğrudan alıcı kaynağa boşaltılır. Çıkarılan katı malzeme, eritme noktasına geri döndürülür.

Proses gazının temizlenmesi için bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılırsa, atık su üretilir. Bu atık su akışı, metal bileşiklerin miktarını azaltmak için tedavi edilmelidir. Bu işlem metal açısından zengin olabilen çamur üretir ve bazen metal içeriği yeterince yüksekse işleme geri dönüştürülebilir.

Proses suyu, hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanır ve yüksek bir su kirliliği riski arz eder. Bu nedenle atık su arıtma tesisinde temizlenmelidir. Temizlik, spesifik iyonların nötralizasyonu veya çökmesi ile gerçekleşir. Bu atık su arıtım sistemlerinden gelen ana kalıntılar jips ( $\text{CaSO}_4$ ), metal hidroksitler ve sülfidlerdir. Çamur, bazen ana üretim sürecine geri dönüştürülür.

### 2.9.4 Demir dışı metallerin hidrometalurjik üretiminden kaynaklanan kalıntılar için uygulanan işlemler ve teknikler

Demir dışı metallerin hidrometalurjik işlemlerle üretilmesi, bir başka önemli katı kalıntı kaynağıdır. Süzme işlemi, nispeten büyük miktarlarda çamurlar (örneğin konsantrenin kalitesine

## Bölüm 2

bağlı olarak, bir ton çinko için yaklaşık 0.3-0.5 ton demir bazlı katı madde) üretebilir. Bu tortular normal olarak özel olarak mühürlenmiş lagünlerde veya yeraltı yataklarında, örn. patlatılmış dağ mağaraları. Bazı artıklar da bertaraf edilmeden önce Jarofix işleminde sıkıştırılmış veya işlenmiştir.

Liç ve saflaştırma prosesi ve elektrolitik işlem ayrıca diğer metal bakımından zengin katılar da üretir. Bunlar genellikle belirli bir metal açısından zengindir ve bazen üretim prosesine geri dönüştürülebilir veya diğer demir dışı metal tesislerine (örneğin değerli metaller, kurşun, bakır ve kadmiyum üretimi için) metal geri kazanımı için gönderilebilir. Örneğin, bakır tank evinden gelen anot balçık, değerli metallerin geri kazanımı için en önemli hammaddelerden biridir ve bu nedenle bakır üretiminin değerli bir ürünü olarak kabul edilir. Bu konular bireysel metal grupları ile ilgili bölümlerde tartışılmaktadır.

### 2.9.5 Demir dışı metallerin üretiminden kaynaklanan diğer kalıntılar için uygulanan işlemler ve teknikler

Uygulanabilir olduğu yerlerde, ana süreçlere ait atık akımlar, kurtarma veya uygun güvenli bertaraf için ayrılmalıdır.

Endüstriyel bir tesiste çalıştırılan tüm makineler yağlayıcı olarak yağ kullanır. Bu, metal toplama ve yağdaki kimyasal reaksiyonlar nedeniyle değiştirilmelidir. Düzenli bakım, onarım ve koruyucu bakım, yağ kaybını kaçak ile en aza indirebilir ve yağ değişimi arasındaki aralıkları arttırır. Kullanılan yağ miktarında bir azalma da servis ömrünün uzatılmasını sağlayan filtrasyon kullanılarak elde edilir. Örneğin, yağın küçük bir bölümünü sürekli olarak temizlemek için baypas filtreleri monte edilebilir. Bu önlemler, belirli filtre sistemine bağlı olarak servis ömrünün 10 katına çıkarılmasına neden olur. Kullanılmış yağ filtreleri ayrı olarak toplanırsa, parçalayıcıda ezilebilirler. Metal bir ikincil ham madde olarak bir eritme kabında yeniden kullanılabilir ve yağ santrifüj edilebilir ve daha sonra kullanılmış bir petrol rafinerisine gönderilebilir (veya bazı ülkelerde, örneğin İtalya, bir konsorsiyum veya ajansa göndermek zorunludur).

Bazı durumlarda, bu yağ kalıntıları sahada bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir, ancak bu teknik atıkların (birlikte) yakılmasını içerdiğinden, kurulum IED'nin IV. Bölümüne uygun olmalıdır.

### 2.9.6 Geri dönüşüm ve yeniden kullanım örnekleri

Bu bölümde daha önce gösterildiği gibi, demirli olmayan metallerin üretimindeki artıklar geri dönüştürülebilir ve büyük ölçüde yeniden kullanılabilir. Tablo 2.9, bu kalıntıların geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması için farklı olasılıkları özetler. Metallere özel bölümlerde daha fazla bilgi bulunabilir.

**Tablo 2.6: Kalıntılar ve potansiyel kullanımlar**

Kalıntıların kaynağı	İlgili metaller	Ara ürün veya kalıntı	Geri dönüşüm veya yeniden kullanma seçenekleri
Hammadde kullanımı, vb.	Tüm metaller	Toz, süpürme	Ana işlem için besleme
Eritme fırını	Tüm metaller	Cüruf	Eritme işlemine dönüş; inşaat malzemesi; aşındırıcı sanayi; cürufun bir kısmı refrakter malzeme olarak kullanılabilir, örn. krom metal üretiminden cüruf
	Bazı ferro alaşımlar	Zengin cüruf	Diğer ferro-alaşım süreçleri için hammadde
Dönüştürme fırın	Cu	Cüruf	Eritmeye geri dönüş
Arıtma fırınları	Cu	Cüruf	Eritmeye geri dönüş
	Pb	Dros	Diğer değerli metallerin geri kazanımı

	Değerli metaller	Dros ve cüruf	İç veya dış geri dönüşüm	
Cüruf tedavisi	Cu ve Ni	Temizlenmiş cüruf	Yapı malzemesi, aşındırıcılar, drenaj dolgu malzemesi, çimento üretiminde dolgu maddesi	
		Mat	Metal kurtarma	
Eritme fırını	Tüm metaller	Dros	Tedaviden sonra işleme dön	
		Cüruf	Metal kurtarma	
Elektrikli arıtma	İkincil Al	Tuzlu cüruf	Metal, tuz ve oksit geri kazanımı	
		Cu	Elektrolit kanaması	Ni'nin geri kazanımı
			Anot kalıntıları	Dönüştürücüye geri dön
		Anot balçık	Kıymetli metallerin geri kazanımı	
Elektrikli özütleme	Zn, Ni, Co, PM'ler	Geçirdi elektrolit	Liç işleminde yeniden kullanım	
Kaynaşmış tuz elektrolizi	Al, Na ve Li	SPL	Carburant veya bertarafı	
		Aşırı banyo	Elektrolit olarak satış	
		Anot taslakları	Kurtarma	
		Hücre malzemesi	Temizlikten sonra hurda demir	
Damıtma	Hg	Kalıntıları	Proses akışı olarak yeniden kullan	
	Zn, Cd	Kalıntıları	ISF'ye dönüş	
Çözeltme	Zn	Ferrit kalıntıları	Bertaraf, likörün tekrar kullanılması	
	Cu	Kalıntıları	yok etme	
	Ni	Cu / Fe kalıntıları	Kurtarma, bertaraf	
Sülfürik asit tesisi		katalizatör	Rejenerasyon, geri dönüşüm veya bertaraf	
		Asit çamurları	Metal geri kazanımı, bertarafı	
		Zayıf asit	Liç, ayrışma, nötralizasyon, alçı üretimi	
Fırın balataları	Tüm metaller	ısıya dayanıklı	Slagging ajan olarak kullanmak, imha; refrakter olarak yeniden kullan	
Öğütme, taşlama	Karbon	Karbon ve grafit tozları	Diğer işlemlerde hammadde olarak kullanmak	
Asitli paklama	Cu, Ti	Tükenmiş asit	Kurtarma	
Kuru azaltma sistemleri	Çoğu metal (kumaş filtreler veya ESP'ler kullanarak)	Filtre toz	İşleme dönüş; diğer metallerin geri kazanımı	
Islak azaltım sistemleri	Çoğu metal (kumaş filtreler veya ESP'ler kullanarak)	Filtre çamuru	Diğer metallerin işlemine veya geri kazanılmasına geri dönün; bertaraf (ör. Hg)	
Atık su arıtma çamuru	Çoğu metaller	Hidroksit veya sülfür çamurları	Bertaraf, yeniden	
sindirim	alüminyum oksit	kırmızı çamur	Bertaraf, likörün tekrar kullanılması	

## 2.10 Hizmetten Çıkarma

IED'nin 11 (h) Maddesi, herhangi bir kirlilik riskinden kaçınmak için faaliyetlerin kesin olarak sona erdirilmesi ve operasyon sahasının tatminkâr bir duruma dönmesi için gerekli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Toprak ve su koruma önemli bir öneme sahiptir ve toprak ile tozun havaya yeniden süspansiyon edilmesinin önlenmesi gerekir, böylece tesisat veya tesisatın bir kısmı kapatıldıktan sonra yayılı emisyon oluşturmazlar [237, UBA (A) 2004]. Entegre bir yaklaşım, en azından aşağıdaki önlemlerin alındığı anlamına gelir.

- İnşaat nedeniyle kazılması veya değiştirilmesi gereken toprak miktarını en aza indirin ve kazılmış toprak malzemesinin (toprak özelliklerinde zararlı değişikliklerden kaçınmak için) dikkatli bir şekilde işlendiğinden emin olun.
- Bir tesisin işletme aşamasında sızıntı, hava biriktirme ve hammaddelerin, ürünlerin veya işlem kalıntılarının uygun olmayan şekilde depolanması yoluyla maddelerin toprağa girişini en aza indirin.
- Bir tesis kapatıldığında temiz bir kapatma sağlamak için düzenlemeden önceki koşulları dikkate almak üzere tarihsel kirlenmeyi değerlendirin, örn. Bölgenin gelecekteki kullanımına izin vermek için temizlik ve rehabilitasyon. Eğer uygulanabilir ise, doğal toprak fonksiyonları korunmalıdır.

Saha raporları, sonraki saha kirliliğinin değerlendirilebilmesine bir temel oluşturmak için en erken fırsatta yapılabilir. Bu temel rapor daha sonra kurulum satıldığında, kapatıldığında veya yeniden geliştirildiğinde daha sonraki raporlarla karşılaştırılabilir. Temel rapor ayrıca, kurulumda alınacak aksiyonu öncelikli hale getirmek için de kullanılabilir.

Alınabilecek iyileştirme önlemleri, münferit sahalara özgüdür, ancak ara kapak, sızıntı suyu toplama, yüzey örtüsü, kirlenmiş toprağın kaldırılması ve jeolojik engellerin teminini içerebilir [237, UBA (A) 2004], [248, UBA (A) 2009].

Yeni tesisler için, kirlenmenin önlenmesi için tasarım aşamasında devre dışı bırakma düşünülmelidir. Birleşik Krallık Çevre Ajansı, tasarım aşamasında kullanılacak teknikleri tanımlayan bir kılavuz yayınladı, böylece hizmetten çıkarma, toplam konseptin bir parçasını oluşturdu. Kılavuz, Bath Üniversitesi tarafından hazırlanmıştır [288, UK 2002]. Birleşik Krallık Çevre Ajansı ayrıca IED Ek I'de listelenen faaliyetlerin işletmecilerine izinlerini tamamlamak için bir hizmetten çıkarma planı sunmalarını talep etmektedir. Mevcut tesisler için, operatörden bir İyileştirme Programının bir parçası olarak planı üretmesi istenir.

## 2.11 Güvenlik Hususları

Güvenlik konuları, OHSAS 18001 veya PAS 99 gibi bir Entegre Yönetim Sistemi standardına dayanan bir yönetim sisteminde ele alınabilir. Endüstriyel kazaların önlenmesi, hazırlanması ve bunlara müdahalenin genel politikası aşağıda açıklanan ilkelere dayanmaktadır.

### 2.11.1 Önleme Prensibi

Bir tesisin inşaatı ve işletmesi yapılmalıdır:

- anormal çalışmanın kontrolsüz gelişimini önleyecek şekilde;
- Kazaların sonuçları azaltılacak şekilde;
- mevcut en iyi güvenlik tekniklerine göre (son teknoloji güvenlik teknolojisi).

### 2.11.2 Endüstrilerde karmaşık sistemlerin göz önünde bulundurulması

Karmaşık sistemler sadece sistematik, mantıksal yöntemler vasıtasıyla yeterince incelenebilir. Bu uygulanarak dikkate alınır:

- tehlike ve işleyiş çalışmaları (HAZOP) veya başarısızlık modu ve etki analizi (FMEA) gibi sistematik analitik araştırma yöntemleri;
- Bireysel durumun koşullarını göz önünde bulundurarak detaylı bir güvenlik analizi.

### 2.11.3 İmkanların uygunluğu

Güvenlik gereksinimleri, 'beklenen tehlikelerin türü ve kapsamına göre derecelendirilir'. Bu amaçla, Üye Devletler içindeki kurallar genellikle şöyle ayarlanır:

- kazalarla ilgili maddeler (madde kriterleri, maddelerin listesi);
- Kazalarla ilgili endüstriyel faaliyetler (tesis listesi).

Afet potansiyeli ile tehlikeli madde miktarı arasındaki ilişki, miktarın bir fonksiyonu olarak farklı güvenlik gereksinimleri seviyelerini tanımlayan bir miktar eşik konsepti ile ele alınmaktadır.

## 2.12 MET'lerin Belirlenmesinde Dikkate Alınacak Genel Teknikler

Bu bölüm, bu belgenin kapsamındaki faaliyetler için yüksek düzeyde bir çevre korumasına ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri (veya bunların kombinasyonlarını) ve ilgili izleme yöntemleri içermektedir. Anlatılan teknikler hem kullanılan teknolojileri hem de tesislerin nasıl tasarlandığını, yapıldığını, bakımının yapıldığını, işletildiğini ve devre dışı bırakıldığını açıklamaktadır.

Çevre yönetim sistemlerini, süreçle entegreli teknikleri ve tesis çıkışındaki ölçümleri kapsamaktadır. Atık minimizasyonu ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere atık önleme ve atık yönetimi ve ayrıca kullanım ve yeniden kullanımın optimize edilmesiyle hammadde, su ve enerji tüketimini azaltan teknikler mütalaa edilmiştir. Açıklanan teknikler, yaşanabilecek kazaların ve olayların çevresel sonuçlarını önlemek ve sınırlamak için ve bunun yanı sıra saha iyileştirmek için alınacak önlemleri de kapsamaktadır. Ayrıca, normal çalışma koşullarının dışındaki durumlarda (başlatma ve kapatma işlemleri, kaçaklar, arızalar, anlık duraksamalar ve operasyonların kesin kesilmesi gibi) ortaya çıkan emisyonları önlemek veya azaltmak için alınması gereken önlemler de açıklanmıştır.

Direktifin Ek III'ü, MET'in belirlenmesi için birtakım kriterler içermektedir ve bu bölümdeki bilgiler bu hususları ele almıştır. Mümkün olduğunca, Tablo 2.10'daki standart yapı, tekniklerin karşılaştırılması ve direktifteki MET tanımına kıyasla değerlendirmeyi mümkün kılmak için her bir teknik hakkındaki bilgileri özetlemek için kullanılır.

Bu bölüm, sektörde uygulanabilecek tekniklerin eksiksiz bir listesini sağlamamaktadır. Bir tesisin kurulumu için MET'in belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler de bulunabilir veya geliştirilebilir.

**Tablo 2.7: Herbir teknik için bilgi**

<b>Bölmeler içindeki başlıklar</b>
Açıklama
Teknik Açıklama
Elde edilen çevresel faydalar
Çevresel performans ve işletim verileri
Çapraz ortam etkileri
Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütalaa
Ekonomi
Uygulamanın sağladığı faydalar
Örnek tesisler
Referans literatür

### 2.12.1 Çevresel Yönetim Sistemleri (ÇYS)

#### **Açıklama**

Çevresel hedeflere uygunluğu gösteren resmi bir sistemdir.

#### **Teknik açıklama**

Direktif, “teknikleri” (“mevcut en iyi teknikler” tanımı altında) “hem kullanılan teknoloji hem de kurulumun tasarlandığı, yapıldığı, sürdürüldüğü, işletildiği ve hizmet dışı bırakıldığı usül” şeklinde tanımlamaktadır.

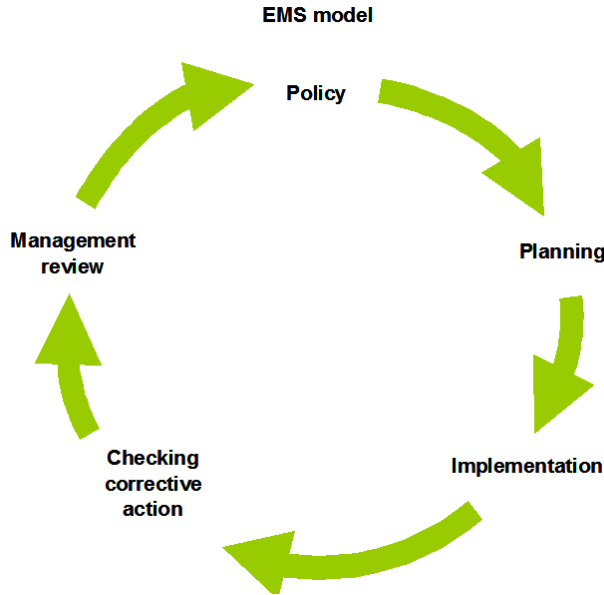
Bu bağlamda, bir çevre yönetim sistemi (ÇYS), kurulumu yapan uzmanların çevresel sorunları sistematik bir şekilde ele almasını ve açıkça gösterebilmesini sağlayan bir tekniktir. ÇYS'leri,



genel yönetimin ve kurulumun işleyişinin ayrılmaz bir parçasını oluşturdukları yerlerde en etkili ve etkilidir.

Bir ÇYS, uzmanın dikkatini kurulumun çevresel performansı üzerine odaklar; özellikle normal ve normal olmayan çalışma koşulları için açık işletme prosedürlerinin uygulanması ve ilgili sorumluluk alanlarının belirlenmesi yoluyla.

Tüm etkili ÇYS'leri, sürekli iyileştirme kavramını benimsemekte, bu da çevre yönetiminin zamanı geldiğinde sona eren bir proje değil, süregelen bir proses olduğu anlamına gelmektedir. Çeşitli proses tasarımları vardır, ancak çoğu ÇYS, (diğer şirket yönetim bağlamlarında yaygın olarak kullanılan) “planla-yap-kontrol et-harekete geç” döngüsüne dayanmaktadır. Bu döngü, bir döngünün tamamlanması ile bir sonrakinin başlangıcına akan yinelemeli dinamik bir modeldir (Şekil 2.13).



**Şekil 2.13: Bir ÇYS modelinde sürekli geliştirme.**

ÇYS, standartlaştırılmış veya standartlaştırılmamış (“özelleştirilmiş”) bir sistem olabilir. EN ISO 14001:2015 gibi uluslararası kabul görmüş standartlaştırılmış bir sisteme uyulması, özellikle doğru şekilde gerçekleştirilen bir dış doğrulama işlemine tabi tutulduğunda, ÇYS’ye daha yüksek güvenilirlik sağlayabilir. EMAS, çevresel beyanlar ve yürürlükteki çevre mevzuatına uyumu sağlamayan mekanizma aracılığıyla halkla etkileşim nedeniyle ek güvenilirlik sağlar. Bununla birlikte, standartlaştırılmamış sistemler, prensipte, uygun şekilde tasarlanmış ve uygulanmış olmaları koşuluyla eşit derecede etkili olabilirler.

Hem standart sistemler (EN ISO 14001:2015 veya EMAS) ve hem de standartlaştırılmamış sistemler prensipte kuruluşlara uygulanırken, bu doküman bir organizasyonun tüm faaliyetlerini (örneğin; üretilen ürünler ve hizmetler ile ilgili hususlar) içermeyen daha dar bir yaklaşım benimsemektedir, çünkü direktif sadece tesisatları/tesisleri düzenlemektedir.

Bir ÇYS aşağıdaki bileşenleri içerebilir:

1. Üst yönetim de dahil olmak üzere yönetimin taahhüdü;
2. Tesisatın sürekli iyileştirilmesini içeren bir çevre politikasının yönetim tarafından tanınması;
3. Finansal planlama ve yatırım ile birlikte gerekli prosedürleri, amaç ve hedefleri planlamak ve tesis etmek;
4. Prosedürlerin uygulanması sırasında şunlara özel dikkat gösterilmesi:
  - a) yapı ve sorumluluk,
  - b) işe alım, eğitim, farkındalık ve yeterlilik,
  - c) iletişim,

- d) çalışanların katılımı,
  - e) dokümantasyon,
  - f) etkin süreç kontrolü,
  - g) bakım programları,
  - h) acil durum hazırlığı ve müdahalesi,
  - i) çevre mevzuatına uygunluğun korunması;
5. Performansı denetlemek ve düzeltici önlem almak, şu hususlara özel dikkat göstererek:
    - a) izleme ve ölçüm (*bkz.* IED tesisleri – ROM; hava ve su emisyonlarının izlenmesi ile ilgili referans raporu),
    - b) düzeltici ve önleyici eylem
    - c) kayıtların saklanması,
    - d) ÇYS'nin planlanan düzenlemelere uyup uymadığını ve düzgün bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek için bağımsız (uygulanabilir olduğu durumlarda) iç veya dış denetleme;
  6. Üst yönetim tarafından ÇYS'nin gözden geçirilmesi ve uygunluğunun, yeterliliğinin ve etkinliğinin devam ettirilmesi;
  7. Düzenli bir çevre bildiriminin hazırlanması;
  8. Sertifikasyon kuruluşu veya harici bir ÇYS doğrulayıcısı tarafından onaylama;
  9. Daha temiz teknolojilerin gelişmesinin takibi;
  10. Yeni bir tesis tasarlama aşamasında, tesisin nihai olarak kaldırılmasından kaynaklanan ve işletme ömrü boyunca gerçekleşecek çevresel etkilerin dikkate alınması;
  11. sektörel kıyaslanmanın düzenli olarak uygulanması (*ing.* benchmarking).

Ayrıca, difüz toz emisyonları ile ilgili bir eylem planının oluşturulması ve uygulanması (*bkz.* MET 5) da ÇYS'nin bir parçasıdır.

### Elde edilen çevresel faydalar

Bir ÇYS, tesisin çevresel performansının sürekli iyileştirilmesini teşvik eder ve destekler. Eğer tesis zaten iyi bir genel çevresel performansa sahipse, ÇYS işleticinin yüksek performans seviyesini korumasına yardımcı olur.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Tüm önemli tüketim (enerji dahil) ve emisyonlar, işletici tarafından finansal planlama ve yatırım döngüleri ile bağlantılı olarak kısa, orta ve uzun vadede koordineli olarak yönetilir. Bu, örneğin emisyonlar ile ilgili sorunların sadece tesis çıkışında kısa vadede geçici çözümler intibak ettirilerek çözülmesi sonucu uzun vadede daha fazla enerji tüketimine ve potansiyel olarak daha çevre dostu çözümlere yatırımın ertelenmesine neden olabilir. Burada çapraz-ortam meselelerinin dikkate alınmasını gereklidir, ve bunlara ilişkin rehberlik edici bilgiler ve maliyet ve maliyet-fayda hususları Ekonomi ve Çapraz-Ortam Etkileri Referans Belgesi'nde [336, EC 2006] ve Enerji Verimliliği Referans Belgesi'nde [333, EC 2008] verilmiştir.

### Çapraz-ortam etkileri

Hiçbiri rapor edilmedi. ÇYS bağlamındaki iyileştirmelerin ilk çevresel etkilerin ve kapsamın sistematik analizi, tüm çevresel ortamlar için en iyi çözümlerin değerlendirilmesi için temel oluşturur.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Yukarıda tarif edilen bileşenler tipik olarak bu dokümanın kapsamı içindeki tüm tesislere uygulanabilir. ÇYS'nin kapsamı (*örn.*, detay seviyesi) ve türü (örneğin standartlaştırılmış veya standartlaştırılmamış), tesisin yapısı, ölçeği ve karmaşıklığı ve sahip olabileceği çevresel etkilerin alt ve üst sınırları ile ilişkili olacaktır.

### Ekonomi

İyi çalışan bir ÇYS'nin hayata geçirilmesinin maliyetini ve ekonomik faydalarını hassas olarak hesaplamak zordur. Bir ÇYS kullanmanın ekonomik faydaları bulunmaktadır ve bunlar sektörden sektöre geniş ölçüde değişmektedir.

Sistemin doğrulanmasıyla (verifikasyon) ilgili ek maliyetler Uluslararası Akreditasyon Forumu

tarafından verilen kılavuzdan tahmin edilebilir [417, IAF 2010].

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Bir ÇYS'nin uygulanmasının sağladığı faydalar şunlardır:

- Daha iyileştirilmiş bir çevresel performans;
- Müşterilerin, kanun düzenleyici makamların, bankaların, sigorta şirketlerinin veya diğer paydaşların (örn.; tesisin yakın çevresinde yaşayan veya çalışan kişiler) çevresel gereksinimlerini yerine getirmek için kullanılabilen şirketin çevresel yönleri hakkında daha iyi bir anlayış;
- Karar verme süreçlerinin daha iyi çalışması için ilkelerin oluşturulması;
- Personelin motivasyonunun artması (örn., yöneticilerin çevresel etkilerin kontrol edildiğine güven duymaları ve çalışanların bir çevre sorumlusu şirkette görev aldıklarını hissetmeleri);
- İşletme maliyetlerinin azaltılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi için ek fırsatların doğması;
- şirket imajının iyileşmesi;
- mesuliyet, sigorta ve ceza maliyetlerinin azalması.

### Örnek tesisler

ÇYS'leri, Avrupa Birliği sathında birçok tesiste uygulanmıştır.

### Referans literatür

[333, COM 2009], [336, COM 2006], [417, IAF 2010], [420, AT 2009], [430, CEN 2015].

## 2.12.2 Enerji Yönetimi

Aşağıda listelenen tekniklerin dışında, Bölüm 2.2.1'de açıklanan teknikler de dikkate alınması gereklidir.

### 2.12.2.1 Yanma havası için oksijen zenginleştirmesinin kullanılması

#### Açıklama

Oksijen zenginleştirmesi, sülfür esaslı cevherlerin ototermal oksidasyonunu sağlamak, belirli fırınların kapasitesini veya ergitme hızını arttırmak ve indirgenme bölgesinden farklı bir yerde tam yanmayı sağlamak için oksijence zengin ayrı bölgeler oluşturmak.

#### Teknik Açıklama

Demir dışı metallerin üretimi sırasında yanma havasının oksijenle zenginleştirilmesi işlemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu işlemler, tonaj oksijeni doğrudan veya fırın gövdesinde kullanır.

Oksijenin kullanımı, teçhizatın açığa çıkan ek ısı ile baş edebilmesi koşuluyla hem maddi hem de çevresel faydalar sağlayabilir. Oksijen zenginleştirmesi sonucu daha yüksek konsantrasyonlarda azot oksit üretilmesi ihtimali vardır, ancak gaz hacmindeki azalmaya bağlı olarak genellikle üretilen toplam kütle azalacaktır. Bu, ilgili metallerden bahsedilen bölümlerde daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Metallerin, tozların ve diğer bileşiklerin havaya verilen emisyonları önlenir.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Oksijen zenginleşmesi ile aşağıdaki iyileştirmeler elde edilebilir.

- Fırın içinde açığa çıkan ısının artışı, kapasite veya ergitme hızının artmasına ve kullanılan

yakıt miktarında bir azalmaya sebep olur; böylece, açığa çıkan sera gazı emisyonları da azaltılır. Metalürjik süreci kontrol etmek ve emisyonları önlemek için bazı prosesleri ototermal olarak çalıştırmak ve oksijen zenginleştirme derecesini anlık olarak (çevrimiçi) değiştirmek mümkündür.

- Açığa çıkan proses gazlarının hacminde önemli bir azalma sağlanarak üretilen azot muhtevası azaltılır, bu da gaz tahliye kanallarının ve emisyon azaltma sistemlerinin boyutlarında önemli bir azalmaya imkan verir ve aksi taktirde nitrojeni ısıtmak için gerekli olan enerjinin kaybını önler.
- Proses gazlarında kükürt dioksit (veya diğer ürünler) konsantrasyonunda bir artış sağlanır, bu da özel katalizörler kullanılmadan dönüştürme ve geri kazanım işlemlerinin daha verimli olmasını sağlar.
- Bir brülörde saf oksijenin kullanılması alevdeki kısmi azot basıncında bir azalmaya yol açar ve bu nedenle termal NO<sub>x</sub> oluşumu azaltılabilir.
- Tesiste tonaj oksijen üretimi, havadan ayrılan azot gazı üretimi ile ilişkilidir. Üretilen azot, bazen tesisdeki inert gaz gereksinimleri için kullanılır. Piroforik malzemeler (örn. kuru Cu konsantreleri) mevcut olduğunda erimiş metalin gazının giderilmesinde, cüruf ve dros soğutma alanlarında ve döküm işlemleri sırasında duman kontrolünde inert gazlar kullanılır.
- Ana brülörün mansabında ayrı noktalardan oksijen enjeksiyonu, ana fırın işlemlerinden bağımsız olarak sıcaklık ve oksitleyici koşulların kontrol edilmesini sağlar. Bu, ergitme hızının, sıcaklıkta kabul edilemez bir artış olmaksızın artırılmasına izin verir. Örneğin; bir yüksek fırında entegre bir art-yakma bölgesinin temin edilmesi.

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu, kullarımdaki yanma ve pirometalürjik işlemlerin çoğuna uygulanabilen bir tekniktir. Tam yarar en iyi şekilde, yanma odası ve emisyon azaltma sistemlerinin daha düşük gaz hacimleri için tasarlanabildiği yeni tesislerle elde edilir. Bu teknik, mevcut tesislere de bir tadilat sonrası uygulanabilir.

Kükürt veya karbon içeren hammaddeler kullanan fırınlar için, brülörlerde oksijen bakımından zenginleştirilmiş hava veya saf oksijen kullanılması, karbonlu materyalin otojen ergitilmesine veya tamamen yanmasına imkân sağlar.

### Ekonomi

İkincil alüminyum üretiminde oksî-yakıt ateşlemeye ilişkin maliyetler hakkında bazı veriler Tablo 2.11’de verilmiştir.

Gaz tüketiminden 12 Euro/t tasarruf edileceği rapor edilmiştir; 13,500 t/yıl üretim (bir fırın için) baz alınır, bu yıllık 152,000 Euro’luk bir tasarruf anlamına gelmektedir. Oksijen tüketimi, 12 Euro/t bir ek maliyeti temsil etmektedir; bunun da yıllık maliyeti 152,000 Euro’dur.

Bu nedenle ekonomik avantajlar, esas olarak üretim oranı açısından iyileştirmelerle ilgilidir. 1999 yılında, sabit maliyetler iki fırın için 145 Euro/t civarındaydı (22,561 t/yıl üretim). Oksî-yakıt brülörleri kullanılarak sağlanan daha yüksek üretkenlik, bu maliyetlerde yaklaşık 122 Euro/ton [22,651×(145/27,000)] oranında bir kesintiye neden olacaktır. Bu nedenle 27,000 t/yıl’lık bir üretim oranı için 23 Euro/ton’luk potansiyel bir tasarruf vardır.

**Tablo 2.8: Bir hava-yakıt brülörüne ile bir oksî-yakıt brülörünün tekno-ekonomik karşılaştırması**

Parametre	Fayda/Maliyet	Yorum
Ergitme Süresi	-2.45 saat/şarj	Azaltılmış ergitme süresi

Üretkenlik	+0.84 t/saat	Fırının artan verimliliği
Gaz tüketimi	-80 m <sup>3</sup> /t (ton oksijen)	Azaltılmış gaz tüketimi
O <sub>2</sub> tüketimi	+126 m <sup>3</sup> /t	Ek oksijen tüketimi

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların azaltılması.
- Enerji tasarrufu.

### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE ve UK'deki tesisler.

### Referans literatür

[ 122, ETSU 1994 ], [ 276, Schmitt G. 2008 ], [ 103, COM 1998 ].

## 2.12.2.2 Rejeneratif brülör kullanımı

### Açıklama

Rejeneratif bir brülörde, egzoz gazı ve yanma havası, bir ısı depolama ünitesinden doğru dönüşümlü olarak akar; şarj egzoz gazı akışı ile ve boşaltma hava akışı ile sağlanır.

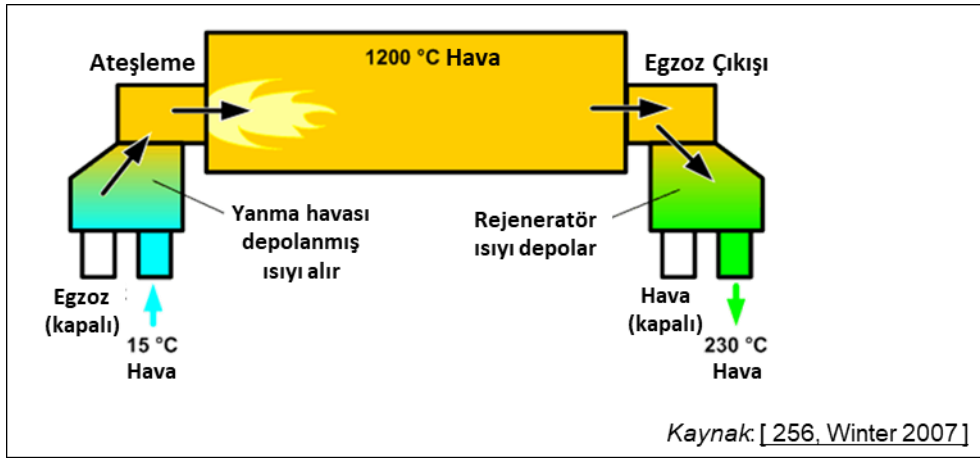
### Teknik Açıklama

Rejeneratörler, yanmanın olduğu odadan gelen egzoz gazının tüm sıcaklığını kabul edecek ve içerisindeki korozif elementlere direnecek malzemelerden yapılmışsa, genellikle reküperatörlerde görülen zorlukların hiçbiri yaşanmaz.

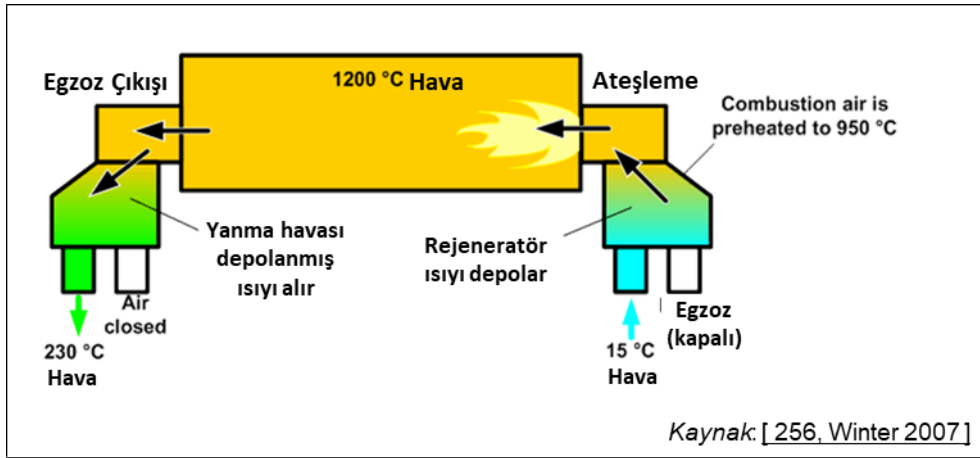
Bir çift yataklı rejeneratif brülör, kompakt ve hızlı-çevrime sahip olan seramik rejeneratöre bağlı, tamamen seramikten yüksek sıcaklıklı bir brülörden oluşur. Çevrimin aşamasına göre brülör iki görev görür; ateşlemenin olduğu hazneye hava girişini veya egzoz gazı çıkışını sağlar. Bir adet komple çift yataklı rejeneratif brülör seti, iki brülör, iki rejeneratör, ters çevirim valfları ve bir kontrol sistemi içerir.

- Brülörlerden biri, rejeneratörünün tabanına beslenen soğuk havayı kullanarak ateşlenirken, diğer brülörün içinden doğru egzoz gazı çekilip dolgu malzemesinin (seramik bilyeler) ön ısıtılması için aşağıya doğru ilgili rejeneratöre indirilir, daha sonra gaz arıtma ünitesine aktarılır. Isıtılan rejeneratör yeterince doldurulduğunda, hava akımı tersine çevrilir. Böylece soğuk hava yeni ısınmış rejeneratöre akar ve önceden ısıtılmış olur; daha önce soğutulmuş rejeneratör, diğer brülörün ateşlenmesi ile üretilen egzoz gazı tarafından tekrar ısıtılır. Çevrimin birinci ve ikinci aşamaları Şekil 2.14 ve Şekil 2.15'te gösterilmiştir.





Şekil 2.14: Rejeneratif brülör çevriminin birinci aşaması.



Şekil 2.15: Rejeneratif brülör çevriminin ikinci aşaması.

### Elde edilen çevresel faydalar

Sıcak gazların enerji içeriği, destek malzemelerini ısıtmak için kullanılır ve enerji tüketimini normal bir brülöre kıyasla %70 oranında azaltabilir. Rejeneratif brülörlerin, reküperatif brülörlere göre %30 daha az enerji kullandığı bildirilmiştir.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Rejeneratif brülörler çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Süreç, ısıtma ve soğutma döngülerinin gerçekleştiği seramik bilyelerin bulunduğu bir dizi destek bölgesi içinden dönüşümlü olarak gazların çevrimine dayanır. Yanma havası yaklaşık 900°C'ye kadar ısıtılabilir.

### Çapraz ortam etkileri

Hiçbiri rapor edilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknik, çeşitli yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. İşlenen malzemeye bağlı olarak gazların proses sonrası ek işleminden geçirilmesi gerekebilir.

### Ekonomi

İkincil alüminyum sektöründe rejeneratif brülörler için geri ödeme süresinin bir yıldan az olduğu bildirilmiştir.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

İyileştirilmiş enerji verimi.

### Örnek tesisler

Avusturya’da bir tesis bulunmaktadır.

### Referans literatür

[ 103, COM 1998 ], [ 256, Winter 2007 ]

#### 2.12.2.3 Rejeneratif Artyakıcıların kullanımı

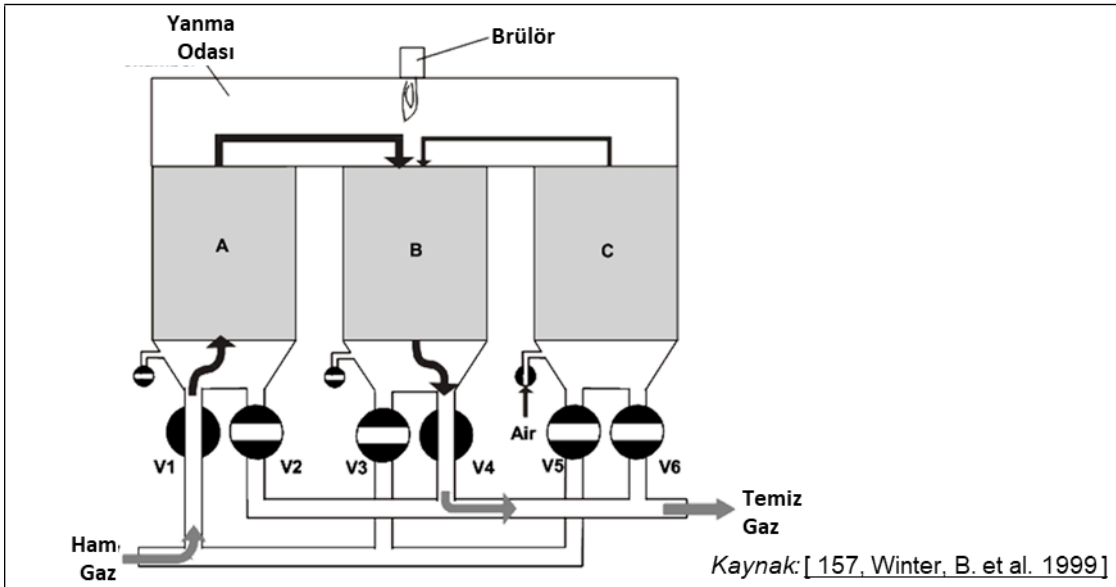
##### Açıklama

Ek refrakter yatakları kullanarak gaz ve karbon bileşiklerindeki termal enerjiden faydalanmak için rejeneratif bir işlem kullanan bir yakma sistemidir. Yatağı temizlemek için gaz akışının yönünü değiştiren bir manifold sistemine ihtiyaç duyulur.

##### Teknik Açıklama

Rejeneratif termal oksitleyiciler (RTO) olarak da bilinen rejeneratif artyakıcılar, çıkış gazlarının işlenmesine yarar. Süreç, ısıtma, soğutma ve temizleme döngülerinin gerçekleştiği bir dizi destek bölgesi boyunca dönüşümlü bir gaz çevrimine dayanır. Yanabilir fraksiyon ısıtma bölgesinde ısıtılır ve yanmanın tamamlandığı ortak bir bekletme bölümüne geçer. Sıcak gazlar, daha sonraki aşamada ısıtılarak ısıtma bölgesine dönüşecek olan bir soğutma bölümüne geçer. Bölümlerin ısıtma/soğutma bölgeleri haline dönüştürülmesi ve temizlenmesi için bir manifold sistemi kullanılır.

Şekil 2.16’da rejeneratif bir artyakıcı gösterilmiştir.



Şekil 2.16: Rejeneratif artyakıcı.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Sıcak gazların ve kirleticilerin (hidrokarbonlar ve PAH) enerji içeriği, destek malzemelerini ısıtmak için kullanılır ve böylece enerji tüketimini normal bir artyakıcıya kıyasla %70 oranında azaltabilir.

##### Çevresel performans ve işletim verileri

Rejeneratif brülörler veya artyakıcılar çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Süreç, ısıtma ve soğutma çevrimlerinin gerçekleştiği seramik parçaların bulunduğu bir dizi destek bölgesi boyunca yönü değişen bir gaz çevrimine dayanır. Yanma havası yaklaşık 900°C’ye kadar ısıtılabilir. RTO performansı ile ilişkili emisyon seviyeleri, ilgili metallerden bahsedilen bölümlerde bulunabilir.

##### Çapraz ortam etkileri

Bir yüksek fırına bağlı çalışan bir rejeneratif bir artyakıcı tesisatı için PCDD/F



konsantrasyonlarında artışlar bildirilmiştir. Bunun sebebinin “de novo sentezi” sıcaklık aralığında gazların daha uzun süre kalmaları olduğu düşünülmektedir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Bu teknik, yanabilen bir kirletici maddenin emisyonunun azaltılması gerektiğinde çeşitli proseslere uygulanabilir. Temel prensip iyidir, ancak tasarım zayıfsa, temizleme aşamasına geçiş ve “de novo sentezi” sıcaklık aralığında gazların daha uzun kalma süresi yanmamış malzeme emisyonlarına neden olabilir. Rejeneratif arıyıcı için gazların ön ve son işlemlerden geçirilmesi gerekebilir.

### **Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak birkaç tesis ekonomik olarak çalışmaktadır.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

TVOC, PAH ve PCDD/F emisyonlarının azaltılması ve geliştirilmiş enerji verimliliği.

### **Örnek tesisler**

AT, DE, UK ve Hollanda'daki tesisler.

### **Referans literatür**

[ 103, COM 1998 ], [ 157, Winter, B. et al. 1999 ], [ 242, Infomil 2008 ].

## **2.12.2.4 Düşük dereceli ısı kullanımı**

### **Açıklama**

Tüm pirometalurjik süreçler, sıcak gazlar veya sıcak su olarak ısı üretir. Düşük dereceli ısıyı geri kazanma, seçenekler sınırlı olduğu için her zaman zor bir mesele olmuştur. Yaklaşık 55°C'lik sıcaklığa sahip sıvılardan ısı elde etmek mümkündür ve iki örnek bildirilmiştir.

### **Teknik Açıklama**

İlk örnek, metalurjik cürufun sprey soğutmasından gelen suyun bir karterde toplanıp etilen glikol içeren bir devrenin ısıtılması için bir ısı eşanjöründen geçirilerek kullanılmasıdır. Düşük dereceli ısı, devreden başka bir ısı eşanjörü kullanarak çıkarılabilir [233, COM 2008].

İkinci örnekte düşük dereceli ısı elektrik üretmek için kullanılmaktadır ve bu da 85°C ve üzeri sıcaklıklara sahip atık sulardan elektrik üretme olanağı sağlar.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

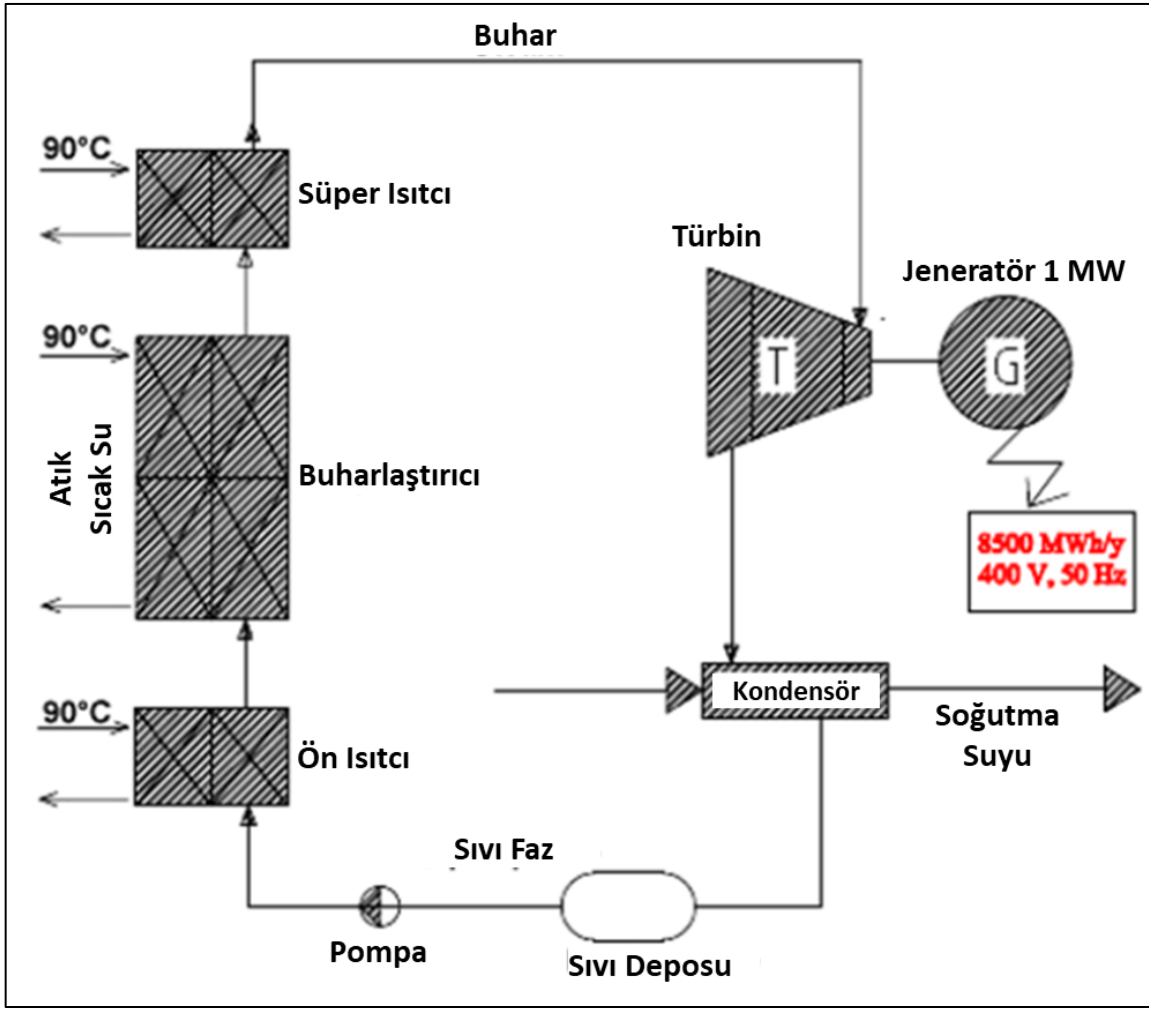
Isı geri kazanımı ve ısı emisyonunun önlenmesi.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Isı değiştirilir ve bir taşıyıcı akışkan içeren kapalı bir devreye aktarılır. taşıyıcı akışkan genişleyerek bir jeneratörü tahrik eden bir türbini harekete geçirir (bkz. Şekil 2.17). Tahrik edilen jeneratör elektrik gücü sağlar.

Küçük kapasiteli elektrik santralleri, üzerine iki konteyner monte edilmiş üniteler kullanır. Bunlar 12.2 metre uzunluğunda, 2.3 metre genişliğinde ve 3.0 metre yüksekliğinde, brüt 25 ton ağırlıktadırlar.

Konteynerler, sıcak atık su akış hatlarına bağlantıların yanı sıra gerekli soğutma suyu girişi bağlantıları ile donatılmıştır. Konteynerler ayrıca mevcut elektrik dağıtım şebekelerine bağlanmak için gerekli cihazları barındırırlar. Daha büyük tesisler yerinde inşa edilip kurulabilir veya alternatif olarak gerekli sayıda konteynerler birbirine paralel olarak bağlanarak kurulabilir.



Şekil 2.17: Düşük dereceli ısıdan elektrik üretimi

#### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknik, çeşitli proseslerde uygulanabilir.

#### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak birkaç tesis ekonomik olarak çalışmaktadır.

#### Uygulamanın sağladığı faydalar

Geliştirilmiş enerji verimliliği.

#### Örnek tesisler

Norveç'teki tesisler.

#### Referans literatür

[ 233, COM 2008 ]

#### 2.12.2.5 Atıkların yakıt veya indirgeyici madde olarak kullanılması

Geleneksel yakıtlar veya indirgeyici maddeler yerine atık malzemeler ikame edilebilir. Demir dışı metal endüstrilerinde farklı türde atıklar, yakıt veya indirgeyici maddeler olarak kullanılmaktadır. Bu teknik, atıkların yakılmasını içerdiğinden, tesis "Atık Yakma Direktifi" (2000/76/EC) ile uyumlu olmalıdır.

Çoğu durumda atıklar, sadece belirli ön arıtma aşamalarından geçip yakma işlemi için özel olarak hazırlandıktan sonra kullanılabilirler. Atık muamele işlemleri bu belge kapsamında olmadığı için “Atık Arıtma Endüstrileri için MET Referans Dokümanı”nda daha faydalı bilgiler bulunabilir [341, EC 2006].

### Açıklama

Atık yağlar, solventler ve plastikler gibi geri kazanılabilir net kalorifik değerlere sahip belli başlı atıklar, belirli özelliklere sahip olmaları ve spesifikasyonlara uymaları koşuluyla, geleneksel fosil yakıtların yerine yakıt olarak kullanılabilirler. Fırın işletimi ve emisyonlar üzerinde etkisi olabilecek farklı kriterler, atık yakıtların seçiminde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Atık yakıtın uygun özelliklere sahip olduğunun garanti etmek için bir kalite güvence sistemi gereklidir. Bu sistem özellikle örnekleme, örnek hazırlama, analizlerin yapılması ve dış izleme için hükümler içermelidir. CEN/TC 343 “Geri Kazanılmış Katı Yakıtlar” belgesi gibi Avrupa Standardizasyon Komitesi’nin yayınladığı teknik özelliklerde daha yararlı bilgiler bulunabilir.

### Teknik Açıklama

Atık yakıtların seçimi, aşağıdaki ana noktalar dahil olmak üzere birbiriyle ilişkili bir dizi faktör tarafından yönlendirilir:

- Emisyonların azaltılması, *örn.* fosil yakıtlardan gelen CO<sub>2</sub>;
- Doğal kaynakların kullanımının azaltılması, *örn.* fosil yakıtlar;
- Nakliye mesafelerinin azaltılması;
- Atıkların düzenli katı atık depolama sahalarında bertarafının azaltılması;
- Atık için güvenli bir geri kazanım yolu.

### Çapraz ortam etkileri

Atık yakıtların özelliklerine bağlı olarak, *örn.* yüksek metal konsantrasyonları, oluşan emisyonların içeriği etkilenebilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

“Atık yakma ve birlikte yakma kontrolü için birlik mevzuatının uygulanmasının ve muhtemel geliştirilmesinin değerlendirilmesi” çalışmasında demir dışı metal endüstrisinde yakıt olarak atık kullanan altı tesis tespit edilmiştir. Çalışma, 2007 yılında Ökopol tarafından Avrupa Komisyonu adına yürütülmüştür [315, Okopol 2007].

Demir dışı metal endüstrisinde yakıt olarak kullanılan atıklar, yüksek bir net kalorifik değere sahiptir; *örn.* net kalorifik değeri 37 MJ/kg olan atık yağ ve net kalorifik değeri 26 MJ/kg olan solventler.

Avusturya’da bir nikel kavurma tesisinin döner fırınında, geleneksel yakıtlar atık yağ ve çözücülerle değiştirilmiştir.

### Uygulanabilirlik

Prensipte bu yakıtlar organik maddelerin tamamen yanmasının güvence altına alındığı yerlerde kullanılabilir ve atık girişinin kontrolü ve emisyon kontrolü düşük bir emisyon seviyesini garanti eder, *örn.* metaller ve dioksinler.

### Ekonomi

Klasik fosil yakıtların kullanımına kıyasla, atık yakıtların kullanımı işletme maliyetlerini düşürebilir.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Yakıt maliyetlerinin azaltılması ve diğer kaynakların kullanılabilirliğinin artırılması.

### Örnek tesisler

Avusturya’daki tesisler.

### Referans literatür

[ 311, Mauschitz 2007 ], [ 315, Okopol 2007 ].

## 2.12.3 İzleme ve Proses Kontrolü

### 2.12.3.1 Proses control teknikleri

#### Açıklama

Süreci kontrol etmek ve düzgün ve istikrarlı bir işlem işlemini desteklemek için teknikler kümesi.

#### Teknik Açıklama

Proses çalışması ve kontrolü çeşitli süreçlere uygulanır. Ana teknikler aşağıda açıklanmıştır.

- Giriş malzemelerinin işleme ve seçim yöntemlerine göre seçimi ve azaltılması teknikleri uygulanır. Tipik prosedürler şunlardır (çoğu yazılı biçimde):
  - Nakliye kağıtlarının doğrulanması;
  - Teslim edilen malzemenin sözleşmede belirtilen ile aynı olduğunu ve beraberindeki nakliye belgelerine uygun olduğunu görsel olarak doğrulama;
  - Kütlenin belirlenmesi;
  - Çevreye veya tesis ekipmanına etki edebilecek veya sağlık ve güvenlik sorunlarına neden olduğundan şüphelenilen herhangi bir yabancı maddenin bulunup bulunmadığını belirlemek için teslim edilen malzemenin muayenesi:
    - Görsel denetim,
    - Materyal türüne bağlı olarak rastgele kontrol analizleri,
    - Radyoaktivite testi;
  - Giriş malzemelerinin kabulü (veya reddi);
  - Bir depolama alanının tahsisi;
  - Gerekğinde nakliye araçlarının boşaltılması ve temizlenmesi;
  - Gerekirse ve mümkünse:
    - Yabancı maddelerin sınıflandırılması: Tedarikçiye iade veya uygun şekilde bertaraf etme,
    - Uygun biçimde işleme – gerekirse “adaptasyon” süreci;
  - Teknik veya ticari amaçlarla, temsili örnekler alınması ve kimyasal bileşimin belirlenmesi.
- Optimum proses performansı, daha yüksek dönüşüm verimliliği, tüm çevre ortamlarına daha az emisyon verilmesi, daha az enerji kullanımı, daha yüksek kalite ve daha az reddedilen ürün miktarı için farklı ham maddelerin iyi karıştırılması sağlanmalıdır. Küçük ölçekli pota fırınları doğru ham madde karışım oranlarını belirlemek için kullanılır. Bir fırına beslenen malzemenin nem içeriğindeki dalgalanmalar, tasarlanan aspirasyon kapasitesi için çok büyük olan proses gaz hacimleri oluşturarak difüz emisyonlara neden olabilir.

Beslenen malzemenin tartılması ve ölçülmesini sağlayan sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla, azalan ağırlık (*ing. loss-in-weight*) besleme sistemli silolar, kayışlı kantarlar ve tartılar yaygın olarak kullanılmaktadır.
- İşlemciler, malzeme besleme hızını, kritik işlemi ve yanma koşullarını, ayrıca gaz ilavelerini kontrol etmek için kullanılır. Aşağıda listelenen çeşitli parametreler, işlemlerin kontrol edilmesine izin verecek şekilde ölçülür ve kritik parametreler için alarmlar tesis edilir:
  - Sıcaklığın, fırın basıncının (veya depresyonun) ve gaz hacminin veya akışının çevrimiçi (on-line) izlenmesi;
  - Gaz bileşenleri (O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO);
  - Tıkanıklıkları ve olası ekipman arızalarını tespit etmek için titreşimin çevrimiçi izlenmesi;
  - Elektrolitik süreçlerinde elektrik akımının ve geriliminin çevrimiçi izlenmesi;
  - Kritik proses parametrelerini kontrol etmek için emisyonların çevrimiçi izlenmesi;

- Asitin kuvveti ve metal konsantrasyonlarının çevrimiçi izlenmesi;
- Hidrometalurjik prosesler için parametrelerin (örn. pH, redoks potansiyeli, sıcaklık) çevrimiçi izlenmesi;
- Hidrometalurjik proseslerde ara ve son çözeltilerin örneklenmesi ve analizi.
- Aşırı ısınma ile metal ve metal oksit dumanlarının oluşumunu önlemek için ergitme fırınlarında sıcaklığın izlenmesi ve kontrolü.
- Elektrolitik hücrelerindeki sıcaklığının kısa devreler sonucu oluşan sıcak noktaları belirlemek için izlenmesi ve kontrolü.
- Bir fırının oksijen katsayısı, besleme ve fırın sıcaklıklarının bileşimindeki değişiklikleri tahmin eden bir matematiksel model ile otomatik olarak kontrol edilebilir; model, 50'den fazla proses değişkenine dayandırılabilir. Birincil alüminyum endüstrisinde matematiksel modeller, anot etkilerini önlemek için hücre çalışma koşullarının izlenmesi ile birlikte kullanılırlar. Bir rapora göre 1990'dan beri poliflorokarbon (PFC) emisyonlarında %80'lik bir azalma elde edilmiştir [299, COM 2007]. Birincil çinko üretiminde, kavurma işleminde otomatik bir kontrol sistemi kullanılarak yatak stabilitesini artırılmış ve işletim sorunları, difüz emisyonlar ve arıza sonucu kapanmalar azaltılmıştır.
- Proses gazları kapalı veya yarı kapalı fırın sistemleri kullanılarak toplanır. Etkileşimli değişken hızlı fanlar, optimum gaz toplama oranlarının korunmasını ve enerji maliyetlerinin en aza indirilmesini sağlamak için kullanılırlar.
- Solvent buharları, sızdırmaz hale getirilmiş reaktörler veya lokal buhar toplama teçhizatı ile birlikte soğutucular veya kondenserler kullanılarak mümkün olduğu kadar toplanır ve geri kazanılır. VOC ve koku emisyonlarını önlemek için, solvent buharlarının daha fazla oranda uzaklaştırılması ve yakılması işlemleri uygulanır.
- Operatörler, mühendisler ve diğerleri, işletim talimatlarının takip edilmesi, tarif edilen modern kontrol tekniklerinin kullanımı ve alarmların önemi ve devreye girdiklerinde alınacak önlemler konusunda düzenli olarak eğitilmeli ve sınanmalıdır.
- Operatörün sorumluluğunu korurken, denetim seviyesi yukarıda sıralanan maddelerden faydalanmak için optimize edilir.
- Çevre yönetimi ve kalite sistemleri kullanılır.
- Tüm proses değişiklikleri için tasarım aşamalarında tehlike ve operasyon çalışmaları yürütülür.
- Operatör ekiplerinin bir parçası olarak özel bakım personelinin atanmasının ve bakım ekiplerinin desteklenmesinin artırılmasını da kapsayan sağlam bakım sistemleri kullanılır.
- Proses tasarımı özellikleri, bu sektörde yaygın olarak kullanıldığından bu belgenin çeşitli bölümlerinde açıklanmaktadır. Tam proses tasarımı, proses ve bunun çevresel etkileri ve gereksinimleri hakkında bilgi ve deneyime sahip profesyonel mühendisler tarafından özen gösterilerek yapılır.
- Cüruf, metal ve mat belli aralıklarla alınan numunelerden analiz edilir, böylece flaks ve diğer hammaddelerin kullanım miktarları optimize edilebilir, metalurjik proses koşulları tanımlanabilir ve malzemelerin üzerinde mutabık kalınan metal içeriği belirlenebilir.
- Bazı işlemler için Seveso veya "Atık Yakma Direktifleri" gibi özel düzenlemelerin dikkate alınması gerekebilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Metallerin, tozların ve diğer bileşiklerin hava karışan emisyonlarının önlenmesi.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Hiçbir operasyonel veri bildirilmemiştir, ancak metal türlerine göre düzenlenmiş aşağıdaki bölümlerde daha fazla bilgi mevcuttur.

### **Çapraz ortam etkileri**

Hiçbiri rapor edilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Bu teknikler genellikle çoğu tesise uygulanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak bu proseslerin ekonomik olarak çalıştığı biliniyor.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.
- Duraksamasız çalışma süreci.

### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE, PL ve NL'deki tesisler.

### Referans literatür

[299, COM 2007] [196, Finkeldei, L. 1999].

## 2.12.3.2 Bir emisyon azaltma birimi için tasarım ve kontrol teknikleri

### Açıklama

Havaya karışan emisyonları azaltma biriminin uygun şekilde çalışmasını desteklemek için bir dizi teknikler.

### Teknik Açıklama

Uygun bir azaltma tekniğinin seçimi ve tasarımı özellikle önemlidir. Bazı teknikler mevcuttur ancak, bazılarının çok yüksek bir performans sergilediği görülse de gazların, tozun ve diğer bileşenlerin miktarı ve kimyası gibi özellikler tam olarak dikkate alınmadıkça sorunlar ile karşılaşılabilir. Örneğin, modern materyaller kullanan bir kumaş filtrenin, toz giderme için diğer tekniklere kıyasla daha iyi bir çevresel performans sergilediği düşünülmektedir; ancak, bazı toz tiplerinin yapışkanlık ve aşınma yapma problemlerinden dolayı her tesiste evrensel olarak uygulanabilir olduğu kabul edilemez. Bu konular tesise ve kullanılan materyallere özgüdür ve operatör bu faktörleri profesyonel olarak hazırlanmış bir tasarım raporunda ele almalıdır.

Gazın hacmi, basıncı, sıcaklığı ve nem içeriği önemli parametrelerdir ve kullanılacak tekniğin veya tekniklerin kombinasyonları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle, çığlenme noktası bu parametrelerin hepsinden etkilenecektir ve bir üretim döngüsü boyunca oluşacak değişimler dikkate alınmalıdır.

Tozun veya dumanın niteliğinin karakterizasyonu çok önemlidir, bu nedenle tozda olağandışı özelliklerin (higroskopik, piroforik, yapışkan, aşındırıcı vb.) belirlenmesi önemlidir. Malzemenin partikül büyüklüğü ve şekli, ıslanabilirliği ve yoğunluğu da kullanılacak tekniğin seçimine etki eden faktörlerdir. Güvenilir ve sağlam bir tasarım hazırlamak için tozun konsantrasyonu ve konsantrasyonundaki değişimler de dikkate alınmalıdır.

Birçok operatör, ekipmanın yıpranması sonucu performansın zamanla bozulabileceğini tespit etmiştir ve bu yüzden periyodik bakım gereklidir. Gerekirse, yayılan gazların (örn. toz, CO, SO<sub>2</sub>) doğrudan ölçümü aracılığıyla performansı sürekli olarak izlemek için modern sistemler kullanılmalıdır. Örneğin, bir elektrodinamik teknik kullanılarak toz izlenebilir. Bu, bir baca veya hava kanalına sokulmuş bir sensör ile partikül etkileşmesinden türeyen bir yük indüksiyon prensibine dayanan bir tekniktir. Alternatif olarak, kritik kontrol parametreleri izlenebilir. Bu sistemlere alarm sistemleri dahil edilmelidir.

Aşağıdaki tekniklerin dikkate alınması gereklidir:

- Reaktif madde ölçüm sistemlerinin kullanılması.
- Reaktif madde beslemesi ve birimin performansının bir işlemci ile kontrol edilmesi. Çevrimiçi izlenecek parametreler, sıcaklık, basınç düşüşü, toz veya diğer kirletici emisyonları, ESP akımı ve voltajı, gaz yıkayıcısında sıvı akışı ve pH'ı içerebilir. Operasyonel sorunları bildirmek için alarmlar tesis edilir.

- Operatörler, operasyon talimatlarının takibi ve tarif edilen modern kontrol tekniklerinin kullanılması konusunda eğitilmeli ve sınanmalıdır.
- Operatörün sorumluluğunu korurken, denetim seviyesi yukarıda sıralanan maddelerden faydalanmak için optimize edilir.
- Çevre yönetimi ve kalite sistemlerinin kullanımı.
- Çalışma koşullarındaki eğilimleri değerlendirmek ve emisyonları önlemek veya prosesi optimize etmek için tahmini veya diğer matematiksel modellerin kullanılması; örneğin, bakır ve alüminyum endüstrilerinde.
- Operatör ekiplerinin bir parçası olarak özel bakım personelinin atanmasını içeren sağlam bir bakım sisteminin oluşturulması.
- Tartım sistemlerinin güvenilirliğini kontrol etmek için rutin denetimler.
- Toz monitörü ve temizleme döngüsü arasındaki arayüze bağlı olarak filtre torbası patlaması tespiti.
- Hammadde örnekleri için küçük izabe fırınların kullanılması, böylece optimum hammadde ve flaks (eritken) karışımları tanımlanabilir ve optimum fırın işletimi sağlanabilir. Bu teknik ayrıca her bir seviyatta metallerin içeriğini belirlemek için kullanılır, böylece satın alma fiyatları üzerinde anlaşmaya varılabilir.

Bu kazanımları elde etmek, güvenli koşulları sürdürmek ve geçmiş olayları ve süreç tepkilerini analiz etmek için iyi bir proses kontrol sistemi kullanılır. Tüm modern demir dışı ergitme ve işletme süreçleri için yeterli bir proses kontrol sisteminin uygulanması gerekmektedir; iyi bir proses kontrol sistemi olmadan, bir işlem MET olarak kabul edilemez.

Modern proses kontrollerinin geliştirilmesinin ve kullanılmasının gerekli olduğu birkaç durum (örn. yüksek fırınlar) vardır. İlgili kontrol parametrelerini ve sistemlerini tanımlamak için daha fazla çalışma gereklidir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Metallerin, tozların ve diğer bileşiklerin emisyonlarının önlenmesi.

#### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Bilgi verilmedi.

#### **Çapraz ortam etkileri**

Enerji kullanımında artış.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Genel olarak uygulanabilir.

#### **Ekonomi**

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında raporlanmaktadır.

#### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

- Emisyonların azaltılması.
- Olası hammadde tasarrufu.

#### **Örnek tesisler**

DE, AT, FR, BE ve PL'deki tesisler.

#### **Referans literatür**

[226, Nordic Report 2008], [103, COM 1998].

### 2.12.3.3 Atıksu arıtma için proses control teknikleri

#### Açıklama

Atıksu arıtma tesisinin uygun şekilde işletilmesini destekleyen tekniklerin listesi.

#### Teknik Açıklama

Aşağıda dikkate alınması gereken teknikler verilmiştir [103, COM 1998].

- Reaktif madde ölçüm sistemleri.
- Reaktif madde beslemesi ve birimin performansının bir işlemci ile kontrol edilmesi. Çevrimiçi izlenecek parametreler (proses ile ilgisine bağlı olarak): sıcaklık, bulanıklık, pH, iletkenlik, redoks, TVOC, metallerin konsantrasyonları ve debi.
- Aşağıdakileri içeren çevre yönetimi ve kalite sistemlerinin kullanımı (*bkz.* Bölüm 2.12.1):
  - Operatörler, operasyon talimatlarının takibi ve tarif edilen modern kontrol tekniklerinin kullanılması konusunda eğitilmeli ve sınanmalıdır.
  - Operatörün sorumluluğunu korurken, denetim seviyesi yukarıda sıralanan maddelerden faydalanmak için optimize edilir.
  - Operatör ekiplerinin bir parçası olarak özel bakım personelinin atanmasını içeren sağlam bir bakım sisteminin oluşturulması.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Metallerin, askıda katı maddelerin ve diğer bileşiklerin emisyonlarının önlenmesi.

Pirometalurjik ve hidrometalurjik yöntemlerden kaynaklanan atıksuların bileşimi, üretilen metal, üretim prosesinin türü ve kullanılan hammaddeye bağlıdır. Bununla birlikte, bir demir dışı metal üretim tesisinden kaynaklanan atıksular normal şartlarda metaller (*örn.* bakır, kurşun, çinko, kalay, nikel, kadmiyum, krom, arsenik, molibden, cıva) ve askıda katı maddeler içermektedirler.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Atıksu miktarını ve kirleticilerin konsantrasyonunu en aza indirecek olan en önemli faktörler şunlardır:

- Atık suyun üretildiği proses;
- Su miktarı;
- Kirleticilerin çeşitleri ve bunların konsantrasyonları;
- Gereken arıtma seviyesi, yerel veya bölgesel su kalitesi standartları;
- Su kaynaklarının kullanılabilirliği.

#### Çapraz ortam etkileri

Bertaraf edilmesi gereken bir atık üretme potansiyeli vardır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genel olarak uygulanabilir.

#### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak bu proseslerin ekonomik olarak çalıştığı biliniyor.

#### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların önlenmesi.
- Hammadde tasarrufu.

#### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE ve PL'deki tesisler.

#### Referans literatür

[ 166, Clark, J.H. 1995 ].



## 2.12.4 Difüz Emisyonlar

Difüz emisyonları azaltmak için gerekli olan teknikler önleme, en aza indirme ve dumanın kaynağa en yakın yerde toplanması hiyerarşisini mümkün olduğunca takip ederler. Difüz emisyon kaynaklarının değerlendirilmesini Çevresel Yönetim Sistemi (ÇYS) içinde bir eylem planı oluşturulması takip eder. Bu değerlendirme, tozlu malzemelerin kullanılmayan çalışma alanlarından, depolama alanlarından veya bertaraf noktalarından rüzgar ve taşıt hareketlerinden dolayı yeniden havaya kalkmasını da dikkate almalıdır.

Difüz emisyonlar için oluşturulacak bir eylem planı aşağıdaki hususları içerebilir:

- gerçek emisyon kaynaklarının analizi ve ölçümü ve toplam difüz emisyon miktarının tahmini (örn. EN 15445);
- Difüz emisyonları azaltmak için uygun eylem ve tekniklerin belirlenmesi;
- Gerekirse, önceki adımların sonuçlarına göre bir emisyon minimizasyon planının hazırlanması;
- minimizasyon planının uygulanması ve sonuçların yıllık bazda izlenmesi.

### 2.12.4.1 Hammadde depolama, taşıma ve nakliye işlemlerinden kaynaklanan difüz emisyonları önlemek için teknikler

#### Açıklama

Hammadde depolama, taşıma ve nakliye işlemlerinden kaynaklanan difüz emisyonları önlemek için kullanılan teknikler.

#### Teknik Açıklama

Bölüm 2.4.2'de ele alınan uygulamalı teknikler, tüm çevresel ortamlara emisyonları belirli bir dereceye kadar önleme kapasitesine sahiptir. Kullanılan tekniklerin çeşidi büyük ölçüde kullanılan malzemenin türüne bağlıdır. Örneğin, büyük ve ağır malzemeler, ince ve tozlu malzemeye göre tamamen farklı bir teknikle uzaklaştırılır. Bu hususlar, tesise ve işlenen malzemelerin karakteristiğine özgüdür. Bununla birlikte aşağıda açıklandığı gibi ham madde depolama, taşıma ve nakliye kaynaklı emisyonların önlenmesinde daha etkili olduğu düşünülen birçok genel teknik bulunmaktadır.

- Konsantre, flaks ve ince malzemeler gibi toz oluşturan maddelerin depolanması için kapalı binaların veya siloların/kutuların kullanılması.
- Konsantreler, flakslar, katı yakıtlar ve kok gibi toz oluşturan malzemeler ve ikincil malzemeler gibi organik bileşikler içeren malzemeler için kapalı depolama alanların kullanılması.
- Toz oluşturan malzemelerin veya suda çözünebilen organik bileşikler içeren ikincil malzemelerin depolanması için hava almayan kapalı ambalajların kullanılması.
- Peletlenmiş veya aglomere edilmiş malzemelerin depolanması için kapalı bölmelerin kullanılması.
- Tozu bastırmak için su spreylemelerinin veya malzemeleri aşırı ıslatmadan tozun bastırılması için ince su tanecikleri oluşturabilen sis spreylemelerinin kullanılması. Su spreylemelerinin kullanılması, kuru materyallerin kullanılmasını gerektiren prosesler için veya toz oluşumunu engellemek için doğal olarak yeterli miktarda nem içeren cevher/konsantreler için uygun değildir. Ayrıca bu tekniğin uygulanabilirliği, su kıtlığı olan veya çok düşük kış sıcaklıklarına sahip bölgelerde sınırlıdır. Malzemelerin toz oluşturmalarını engellemek için uygun olduğunda melas ve polivinil asetat (PVA) gibi sızdırmazlık sağlayan maddeler kullanılmalıdır.
- Sıvı depolama sistemleri, en azından en büyük depolama tankının hacmini tutabilecek kapasitede su geçirmez zemine sahip taşma havuzları içinde bulunmalıdır.
- Depolama alanları, tanklardaki ve dağıtım sistemlerindeki muhtemel sızıntıları alıkoyup saklayabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

- Depolama tankların yapımında kullanılan malzemeler depolanan maddelere dayanıklı olmalıdır. Bazı durumlarda çift duvarlı tankların kullanılması gerekir.
- Uygun yerlerde sızıntı tespit sistemleri kullanılmalıdır.
- Tank içeriği gösterilmeli ve sızıntıyı haber verecek alarmlar kullanılmalıdır. Depolama tanklarının aşırı doldurulmasını önlemek için planlı teslimatlar ve otomatik kontrol sistemleri de kullanılmalıdır.
- Sülfürik asit ve diğer reaktif malzemeler çift duvarlı tanklarda veya kimyasallara dirençli ve tank ile aynı kapasiteye sahip olan taşma havuzlarına yerleştirilmiş tanklarda depolanmalıdır. Yeraltı suyu kontaminasyonu riski varsa, depolama alanının zemini depolanacak malzemeye karşı geçirimsiz ve dayanıklı olmalıdır.
- Dökülen malzemeyi toplamak için dağıtım noktaları taşma alanının içinde bulunmalıdır. Kaçan gazlar, VOC emisyonunu azaltmak için yakalanıp dağıtım aracına geri döndürülmelidir. Dökmeleri önlemek için teslimat bağlantılarının otomatik olarak tekrar mühürlenmesini sağlayacak teçhizat kullanılmalıdır.
- Birbiri ile uyumsuz maddeler (örneğin, oksitleyiciler ve organik maddeler) ayrı tutulmalıdır ve gerektiğinde depolama tankları veya alanlarında inert gazlar kullanılmalıdır.
- Açık depolama alanlarının drenaj sistemlerinde yağ ve katı tutucular kullanılır. Yağ açığa çıkarabilecek malzemenin depolanması, bordürler veya diğer muhafaza cihazlarına sahip beton alanlar üzerinde yapılmalıdır. Depolanan kimyasal türlerine uygun atıksu arıtma yöntemleri kullanılmalıdır.
- Transfer konveyörleri ve boru hatları, zeminden yukarda açık alanlara yerleştirilir, böylece sızıntılar hızlı bir şekilde tespit edilebilir ve araçlardan ve diğer ekipmanlardan kaynaklanabilecek hasarlar önlenir.
- Tehlikeli olmayan maddeler için gömülü boru hatları kullanılıyorsa bunların geçtiği güzergâhlar belgelenmeli ve işaretlenmelidir, ve güvenli kazı sistemleri tesis edilmelidir.
- Gazlar (LPG dahil) için iyi tasarlanmış, sağlam basınçlı haznelere ile birlikte delinme veya sızıntıları belirlemek için tankların ve dağıtım borularının basınçlarının izleyen sistemler kullanılmalıdır. Kapalı alanlarda ve depolama tanklarının yakınında gaz monitörleri kullanılmalıdır.
- Toz emisyonlarının meydana gelebileceği teslimat noktalarında, silo kapaklarında, pnömatik transfer sistemlerinden ve konveyör transfer noktalarında toz emisyonlarını önlemek için iyi tasarlanmış, sağlam tahliye ve filtreleme ekipmanı bulunan tamamen kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemleri, ince ve tozlu malzemelerin taşınması için kullanılmalıdır. Sadece üstü örtülü konveyörler, toz oluşturmeyen malzemeler için kullanılabilir. Açık bantlı konveyörler kullanıldığında, hız ayarlanmalıdır (<3.5 m/s).
- Ayrıca, tozlu malzeme kapalı kaplarda veya diğer kapalı alıcılarda da taşınabilir. Alıcıların veya kapların boşaltılması, bir havalandırma sistemi ve torba filtresi bulunan bir hava filtresi olan kapalı bir yerde yapılır. Dağılabilen veya suda çözünebilir bileşenlere sahip malzemeler kapalı torbalarda veya varillerde taşınır. Tozlu olmayan malzemeler toplu olarak teslim edilir ve taşınır.
- Tozsuz, çözünmeyen malzeme, toprağın kirlenmesini önlemek için beton gibi geçirimsiz ve sızdırmaz yüzeylerin üzerinde ve bir drenaj ve toplama sistemi tesis edilmiş yerlerde depolanmalıdır.
- Metal talaşı, çapak ve diğer yağlı materyallerinin yağmur suyu ile yıkanması önlemek için bu malzemeler üstü örtülü yerlerde saklanmalıdır.
- Makul malzeme transfer sistemleri, prosesler arasında ve proses sahasının içinde toz oluşumunu ve taşınmasını en aza indirmek için kullanılmalıdır. Toza temas eden yağmur suyu, deşarj edilmeden önce toplanmalı ve arıtılmalıdır.
- Kamyon veya tren arabalarının yük boşaltımı kapalı bir alanda yapılmalıdır.
- Tozlu malzeme taşımada kullanılan araçları temizlemek için tekerlek ve gövde yıkamaları yapılmalı veya diğer temizleme sistemleri kullanılmalıdır. Yerel koşullar (örn. buz oluşumu) seçilecek yöntemi etkileyecektir. Yol süpürme için planlanmış seferler icra

edilmelidir.

- Tozun temizlenmesi ve havalanmasını önlemek için ıslak yol temizliği veya su jetleri ve vakumlu toplamanın bir kombinasyonu kullanılarak trafik ve taşıma alanlarındaki birikmiş toz kaldırılabilir.
- Dökülmeleri önlemek ve sızıntıları tespit etmek için envanter kontrolü ve teftiş sistemleri kullanılmalıdır.
- Mümkün olan yerlerde hammadde kalitesini belirlemek ve işleme yöntemini planlamak için malzeme örnekleme ve tahlil sistemleri, malzeme taşıma ve depolama sistemine entegre edilmelidir. Bu sistemler, taşıma ve depolama sistemleriyle aynı yüksek standartlarda tasarlanmalı ve çalıştırılmalıdır.
- Kendiliğinden tutuşmanın neden olduğu yangınları tespit etmek için kömür, kok veya odun kömürü gibi indirgeyici maddelerin depolandığı alanlar denetlenmelidir.
- İyi tasarım ve inşaat uygulamaları kullanılmalı ve yeterli bakım uygulanmalıdır.

Hammaddelerin açık havada depolanması durumunda toz çıkarma eğilimlerine bağlı olarak aşağıdaki teknikler de dikkate alınmalıdır.

- Yığın yüzeyinin su ile düzenli olarak nemlendirilmesi veya toz bağlayıcı maddelerin kullanılması veya brandalar ile örtülmesi.
- Malzemenin toz oluşturma eğilimini azaltmak için melas ve polivinil asetat gibi sızdırmazlık sağlayacak maddelerinin açık havada depolanan ince malzemeler üzerinde kullanılması.
- Açık alanda depolama durumunda, oluşturulan yığınların uzunlamasına eksenini hâkim rüzgâr yönüne paralel olacak şekilde yerleştirilmesi
- Açık alanda depolama durumunda, rüzgârın hızının azaltılması için koruyucu tesis örtüsü oluşturulması, rüzgârı kesen çit ve bent inşa edilmesi
- Açık alanda depolama durumunda, mümkün ise birkaç tane yerine tek bir yığının oluşturulması
- Saklama hücreleri oluşturmak için istinat duvarlarının kullanılması.
- Fazla gelen spreyleneşmiş suyun ve yağmur suyunun toplanması ve bir kanalizasyon sistemine verilmesi.
- Depolama alanının düzenli olarak temizlenmesi ve gerektiğinde su ile nemlendirilmesi.
- Açık hava depolama alanlarının drenaj sistemlerinde yağ ve katıları tutabilen donatıların kullanılması. İçerdiği yağı sızdırıp bırakabilen malzemelerin (metal talaş gibi) depolandığı alanlarda bordür veya diğer su toplayıcı donatılara sahip betonla kaplanmış zeminin teşkil edilmesi.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Metallerin, tozun ve diğer bileşiklerin difüz emisyonlarının önlenmesi.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Bilgi verilmedi.

### **Çapraz ortam etkileri**

Fan ve torba filtreleri gibi gaz tahliye ve filtrasyon sistemlerinin çalıştırılması sebebi ile enerji kullanımında artış meydana gelir.

Malzemeleri nemlendirmek için su eklenirse, ergitme işlemi sırasında tüketilen enerjide önemli bir artış olabilir. Eklenen su malzemede kalır ve bir kurutucuda veya işlem sırasında fırının içinde uzaklaştırılması gerekir. Bu ek enerji gerektirir.

Çatı ekstraksiyon sistemleri, büyük hacimlerde havayı muamele ettiği için yüksek enerji tüketimine neden olur. Egzoz havasının nispeten düşük toz yükünden dolayı, binanın filtrasyon sistemleri daha düşük bir verimlilikte çalışır.

Malzemelerin nemlendirilmesi, yolların yıkanması ve araçların yıkanması su tüketimine neden olur.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak bu proseslerin ekonomik olarak çalıştığı biliniyor.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların önlenmesi.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE, PL ve NL'deki tesisler.

### Referans literatür

[196, Finkeldei, L. 1999], [290, EC 2006].

## 2.12.4.2 Hammaddelerin ön arıtılması sırasında oluşan difüz emisyonları önleme teknikleri

### Açıklama

Hammaddelerin tabi tutulduğu ön arıtma işlemleri sırasında oluşan difüz emisyonları önleme tekniklerinin listesi.

### Teknik Açıklama

Kullanılan tekniklerin çeşidi büyük ölçüde kullanılan malzemenin türüne bağlıdır. Örneğin, büyük ve ağır malzemeler, ince ve tozlu malzemeye göre tamamen farklı bir teknikle uzaklaştırılır. Bu hususlar, tesise ve işlenen malzemelerin karakteristiğine özgüdür. Ön arıtma ve transfer işlemleri, çoğunlukla, kuru olan ya da herhangi bir çevresel ortama işlemler sonucu emisyon verme olasılığı olan materyallerle ilgilenir. Bu aşamada kullanılan işlem ekipmanının daha ayrıntılı bir tasarımına ihtiyaç vardır ve süreçlerin etkin bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekir. Malzemenin özellikleri (örn. toz oluşturan, piroforik), potansiyel emisyon kaynaklarının değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Tahliye ve azaltma sistemlerinin özellikle dikkatle tasarlanması, inşa edilmesi ve işletilmesi gerekmektedir. Bu bölümde uygulanan tekniklerin gözden geçirilmesi, çeşitli proses seçeneklerinde karşılaşılabilecek sorunları içermektedir. Ayrıca hammaddelerin kontaminasyonu termal işlemlerde VOC ve PCDD/F emisyonlarını açığa çıkaran önemli bir potansiyel kaynak olarak değerlendirilmelidir. Bu yüzden ön arıtma, bu emisyonları azaltmak için dikkate alınması gereken bir tekniktir. Hammaddelerin taşınması ile ilgili olan yukarıda listelenen tekniklere (bkz. Bölüm 2.12.4.1) de başvurulmalıdır.

Bununla birlikte, aşağıdaki teknikler en önemli genel teknikler olarak kabul edilir.

- Toz ve diğer maddelerin emisyonlarını önlemek için iyi tasarlanmış sağlam ekstraksiyon ve azaltma ekipmanı ile birlikte ön arıtma ve transfer proseslerinin kullanılması. Bu ekipmanın tasarımı, emisyonların niteliğini, maksimum emisyon oranını ve tüm potansiyel kaynakları dikkate almalıdır.
- Fırın beslenen hammaddelerin organik kontaminasyonunu en aza indirmek için termal veya mekanik ön arıtma işlemlerinin uygulanması.
- Duman ve is oluşumunu en aza indirmek ve ergitme hızlarını iyileştirmek için, ayırma prosesleri sonraki proseslere uygun malzemeler üretmek için tasarlanmalıdır.
- Demir dışı metalleri ve diğer bileşenleri uzaklaştırmak için deşarj edilmeden önce sıvı atıkların toplanması ve arıtılması.
- İyi tasarım ve inşaat uygulamalarının kullanımı ve yeterli bakımın yapılması.

Aşağıdaki ön arıtma teknikleri, metalin çeşidine özgü olarak kabul edilir ve metallere bahsedilen bölümlerde daha ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

- Toz kontrolü için başka teknikler mümkün değilse ya da uygun değilse, ıslak öğütme, harmanlama ve peletleme sistemlerinin kullanılması.
- VOC'ler ve PCDD/F gibi tanma ürünlerini yok etmek için güçlü arıtıcı ekipmanı kullanan termal temizleme ve piroliz sistemleri (örn. talaş kurutma ve kaplama sökme). Gazlar en az iki saniyelik bir süre boyunca en az %6 oksijen varlığında 850°C'den (eğer %1'den daha fazla halojene edilmiş organik malzeme içerirlerse 1100°C'den) daha yüksek bir sıcaklıkta tutulmalıdır. Daha kısa bekleme sürelerinde de VOC'lerin ve PCDD/F'nin tamamen yok olmasına neden olabilir, ancak bunun başarılabilirdiği kurum tarafından ispat edilmelidir. Gazlar, PCDD/F reformasyonunun gerçekleştiği sıcaklık aralığında iken hızla soğutulmalıdır.
- Bazı atıkların ön işlenmesi için WEEE Direktifine göre elektronik ekipmanlardan batarya, vb. çıkarılması veya araba katalistlerinin çelik mahfazalarından ayrılması gibi elle ve mekanik ayırma teknikleri.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Metallerin, tozların ve diğer bileşiklerin emisyonlarının önlenmesi.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Bilgi verilmedi.

### **Çapraz ortam etkileri**

Enerji tüketiminde artış.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Genellikle uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak bu proseslerin ekonomik olarak çalıştığı biliniyor.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

- Emisyonların önlenmesi.
- Hammadde tasarrufu.

### **Örnek tesisler**

DE, AT, FR, BE, PL ve NL'deki tesisler.

### **Referans literatür**

[196, Finkeldei, L. 1999].

## **2.12.4.3 Metal üretim proseslerinden kaynaklanan difüz emisyonları önlemek ve atık gazları toplamak için teknikler**

### **Açıklama**

Metal üretim proseslerinden kaynaklanan difüz emisyonları önlemeyen tekniklerin listesi.

### **Teknik Açıklama**

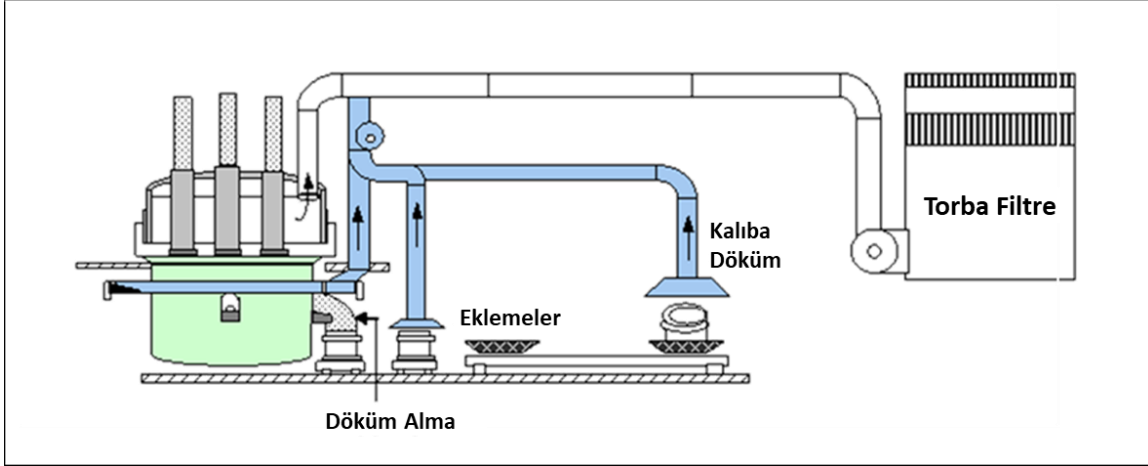
Dikkate alınacak teknikler, Bölüm 2.4.2'de belirtilen tekniklerin prensiplerinin uygulanmasına dayanmaktadır. Bu teknikler, toplama sistemlerinin profesyonel tasarım ve bakımının yanı sıra temiz gaz kanalındaki emisyonların çevrimiçi olarak izlenmesine dayanmaktadır.

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Proses kontrol teknikleri ile birlikte fırın sızdırmazlığı (veya kapalı fırınların kullanımı), proses tesislerinden kaynaklanan emisyonları önlemek veya tutmak için mümkün olan her

verde uygulanması gereken tekniktir. Fırınları konu eden Ek 13.1, fırın sızdırmazlığının mümkün olduğu yerleri ve entegre gaz toplamayı sağlamak için diğer toplama tekniklerinin nerelerde kullanılabileceğini göstermektedir [246, Fransa 2008]. Bazı örnekler, mühürlü ergitme fırınlarını, kapalı elektrik ark ocaklarını ve birincil alüminyum üretiminde mühürlü nokta besleme hücrelerini içerir. Fırın sızdırmazlığı hala fırının basıncının artmasını önlemek için yeterli gaz tahliye oranlarına dayanır.

Eğer kapalı fırınlar mevcut değilse, örneğin mevcut bir açık fırının tadilat ile iyileştirilmesi durumunda, fırının içindeki gazları tutabilecek maksimum sızdırmazlık sağlanabilir. Bunun bir örneği, proses gazlarını mümkün olduğunca verimli bir şekilde çıkarmak için bir elektrik ark fırının çatısında bir “dördüncü delik” kullanılmasıdır (bkz. Şekil 2.18).



Şekil 2.18: Dördüncü delik duman toplama.

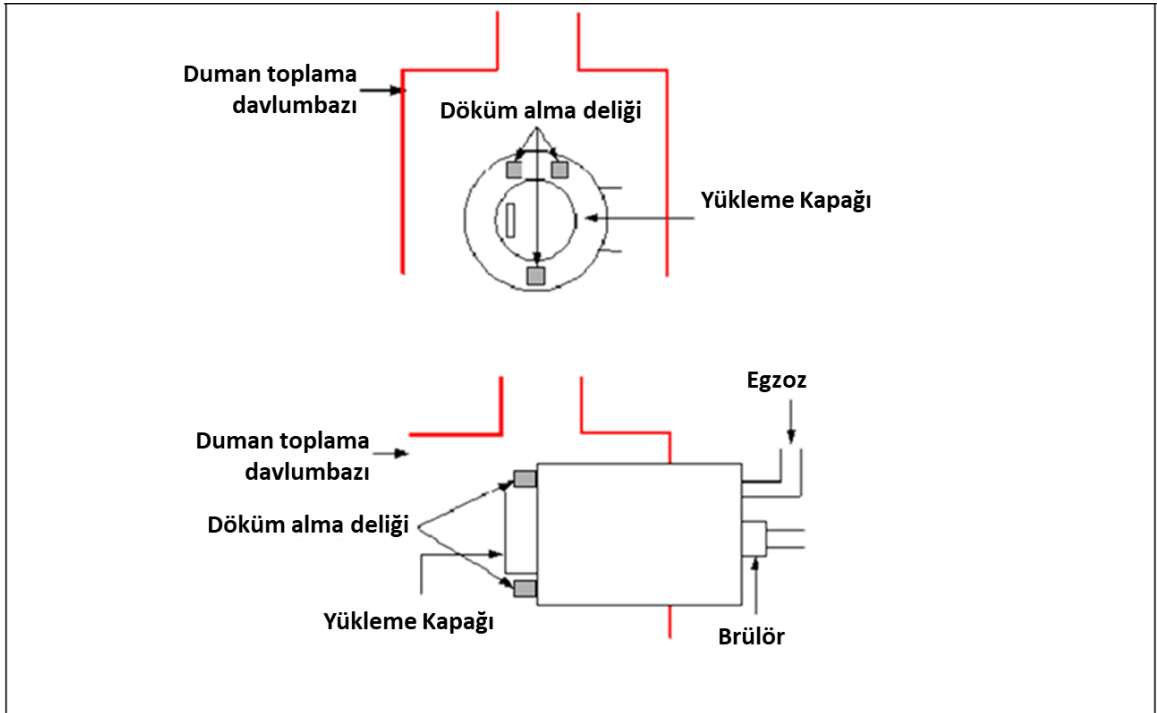
- Fırının açılması sırasında difüz emisyonları önlemek için fırınlar için sızdırmaz şarj sistemlerinin kullanılması, *örn.* bir fırın besleme kapağına yanaşıp sızdırmazlık sağlayan yükleme arabası ve davlumbazdan doğru şarj yapan sistemlerin kullanımı. Bu teknikler, özellikle sürekli olmayan prosesler için, tüm yeni ve mevcut proseslerde uygulanabilir.
- Gaz toplama davlumbazın, gaz kanallarının, filtre sisteminin ve fanın bakımı, toplama veya tahliye oranlarının tasarlanmış düzeyde kalmasını sağlamak için hayati önem taşımaktadır. ve dumanların yayıldığı noktalara emişi doğrudan yönlendirmek için bir amortisör vanaları (*ing.* damper) sistemi ve alternatif ekstraksiyon noktaları kullanmak da önemlidir. Bunun bir örneği, fırının cüruf veya metalin dökülmesi için eğildiği zaman dördüncü delik tahliye noktasının gaz kanallarına bağlı olmamasıdır. Amortisör vanaları, emmeyi döküm noktasına yönlendirmek için kullanılmalıdır. Amortisör vanalarının otomatik ayarlanması tercih edilir.
- Çarpışma veya aşınmadan kaynaklanan fiziksel hasarın, kanallarda ve fan kanatlarında kirlilik birikmesinin meydana gelmemesi için düzenli denetim ve önleyici bakım yapılmalıdır. Bu teknik tüm yeni ve mevcut proseslere uygulanabilir.
- İyi ekstraksiyon elde etmek için önemli bir yaygın uygulama, amortisör vanaları için otomatik kontrollerin kullanılmasıdır, böylece çok fazla enerji kullanmadan dumanın kaynağına ekstraksiyon çabasını yoğunlaştırmak mümkündür.

Kontroller, prosesin farklı aşamalarında gaz ekstraksiyon noktasının otomatik olarak değiştirilmesini sağlar. Örneğin, fırınların şarjı ve döküm alınması genellikle aynı anda meydana gelmez ve böylece şarj ve döküm noktaları birbirine yakın olacak şekilde tasarlanabilir ve sadece bir gaz ekstraksiyon noktasına ihtiyaç kalır. Ekstraksiyon noktası ayrıca fırına kolay erişim sağlamak ve iyi bir ekstraksiyon oranı sağlamak için tasarlanmıştır. Davlumbaz sağlam bir şekilde inşa edilir ve yeterince bakımı yapılır. Bu prensip kısa bir döner fırına kolayca uygulanır.

Bunun bir örneği kısa bir döner fırına yapılan uyarlamadır (*bkz.* Şekil 2.19). Besleme kapağı ve döküm alma delikleri fırının aynı tarafındadır. Duman toplama davlumbazının

yerleşimi cüruf potası ve besleme konveyörü için tam erişime izin verir. Kullanım sırasında hafif çarpmalara dayanacak kadar sağlamdır.

Ekstraksiyon çabasının değişen bir duman kaynağına hedeflenmesi ilkesi, çalışma döngüsü (örn. şarj, döküm alma) sırasında ana duman kaynağında ekstraksiyonu yoğunlaştırmak için amortisör vanaları otomatik olarak kontrol etmek suretiyle de elde edilebilir. Kısa döner fırın ve üstten üflemlili döner konvertör (TBRC) de tamamen kapalı olabilir.

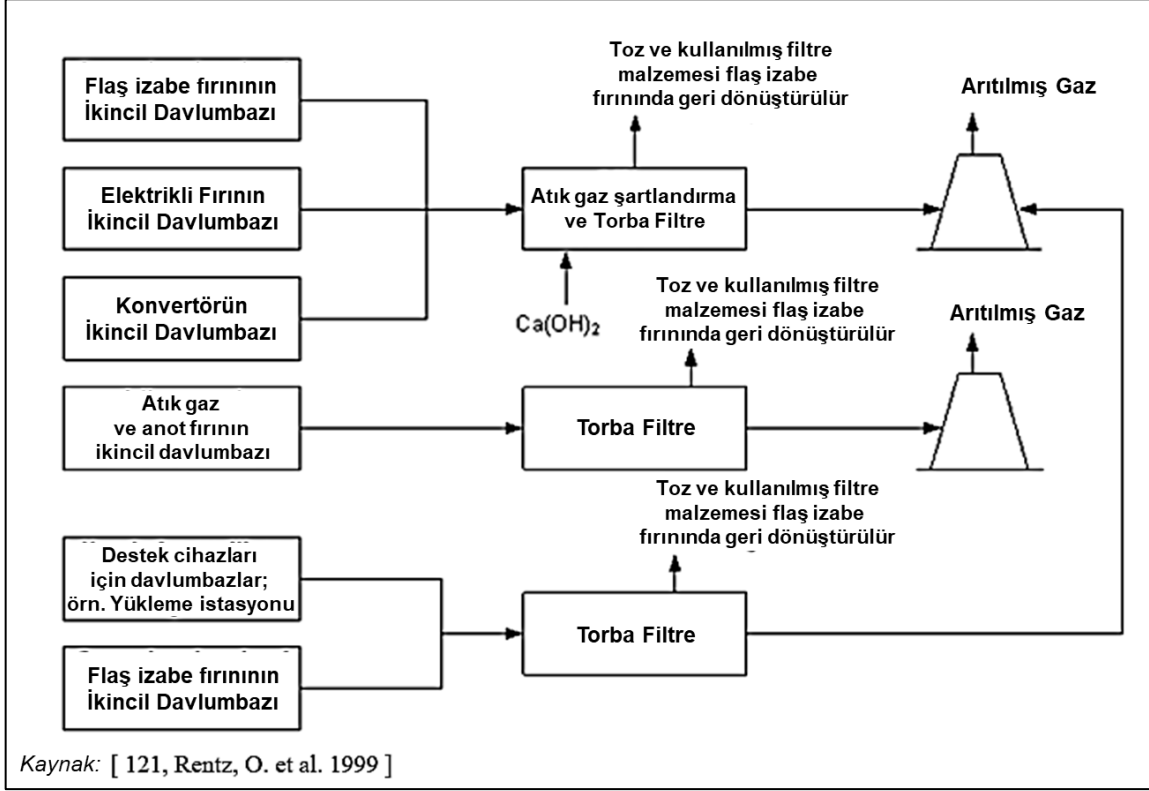


Şekil 2.19: Eşzamanlı şarj ve döküm alma istemi

- Fırında gazların akışını modellemek için bilgisayarlı akışkanlar dinamiğinin (CDF) ve izleyici maddelerin kullanılması. Optimum duman tahliyesini geliştirmeye yardımcı olmak için fırın gazlarına CFD modellemesi uygulanarak duman yakalamada iyileştirmeler yapılmıştır. Maksimum performansa ulaşmak için güdümlü bir örtü perdesinin yerleştirilmesi, bu çalışmanın dumanın hareketlerini değerlendirmesinden kaynaklanmıştır. Yüksek miktarda tam şarjdan ziyade, şarj edilen malzemenin küçük miktarlarda düzenli olarak beslenerek bir elektrikli indirgeme fırınına şarj modelinin modifiye edilmesiyle önemli ilerleme kaydedilmiştir. Ana etki, difüz emisyonlara neden olan dalgalanma olaylarında azalma ve fırının aşırı soğutulmasının önlenmesiydi; bu durumda PCDD/F indirgeme sonuçları anlamlıydı. [233, COM 2008]
- İkincil davlumbazla gaz toplamanın yapılması. Eğer difüz emisyonlar kabul edilebilir bir seviyeye kadar önlenemez veya en aza indirgenemezse, ikincil duman toplama sistemleri kullanılabilir. Bazı fırınlar, şarj veya döküm alma sırasında difüz emisyonları toplamak için ikincil davlumbazlarla donatılabilir. Fan ile hava emme, difüz emisyonların azaltılmasını optimize etmek için doğrudan dumanın kaynağında sağlar. Duman üreten proses aşamalarında fanların otomatik olarak çalıştırılması için akıllı bir sistem kullanmak mümkündür. Alternatif olarak, hava çatıdaki vantilatörler ile tahliye edilebilir, ancak büyük hacimlerde havanın muamele edilmesi gerektiği için bu miktarda hava bir kumaş filtre ile etkili bir şekilde temizlenemeyebilir. Diğer dezavantajlar ise yüksek enerji tüketimi, yüksek yatırım maliyeti ve daha fazla atık (kullanılmış filtre bezleri) oluşmasıdır. İkincil duman toplama sistemleri özel durumlar için tasarlanmıştır. Amortisör vanalar ve fan kontrolleri kullanılarak ekstraksiyonun yapılacağı noktanın otomatik olarak kontrol edilmesiyle enerji kullanımı en aza indirilebilir, böylece sistemler sadece gerektiğinde çalıştırılır; örneğin, şarj sırasında veya bir konvertörün döndürülmesi sırasında.

Aşağıda ikincil davlumbazla gaz toplama örnekleri bulunmaktadır.

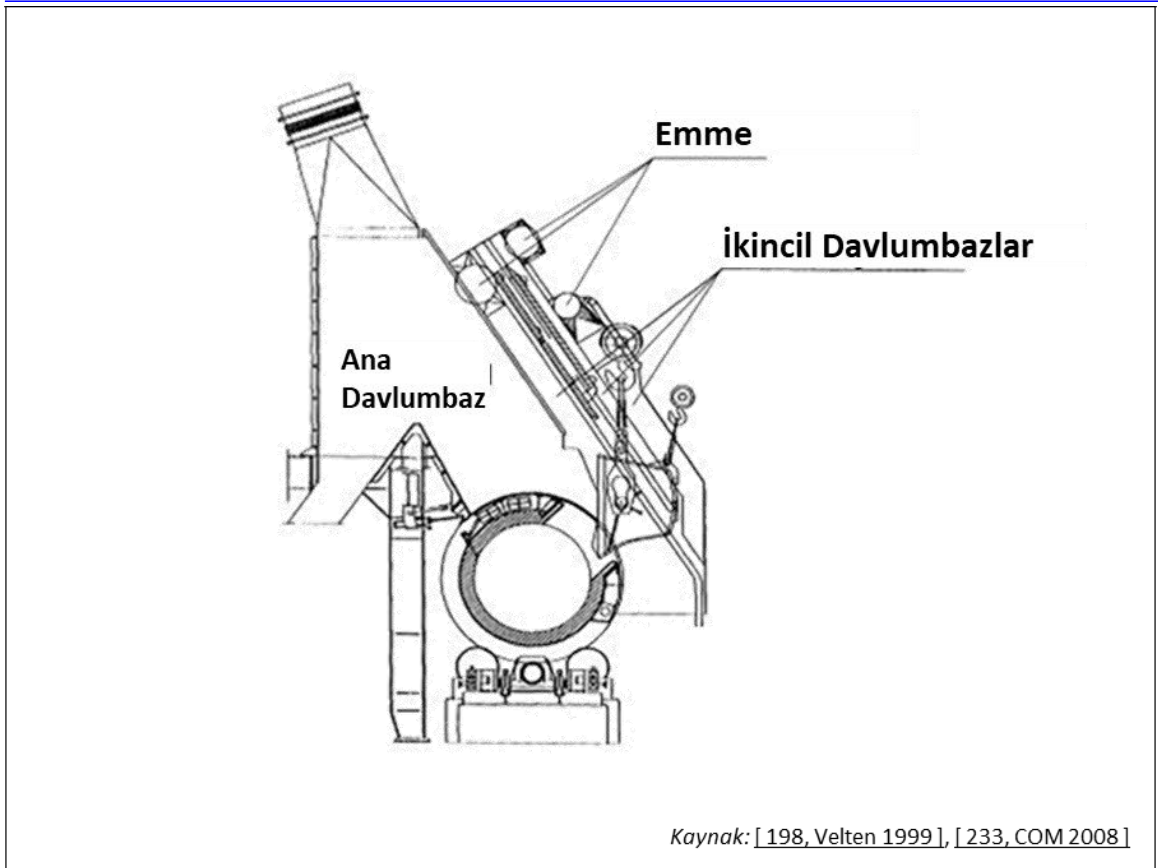
- Şekil 2.20’de gösterilen işlemde, hava akışı oranı amortisör vanalar ile azaltılarak bir kapalı-çevrim kontrol sistemi üzerinden kontrol edilmektedir. Enerji tüketimini en aza indirmek için hız kontrollerine sahip vantilatör fanlar kullanılır; 875.000 Nm<sup>3</sup>/saat’lik miktarda üretilen ikincil gazlar yakalanır ve kumaş filtrelerde arıtılır. Ve 13,6 GWh/yıl elektrik enerjisi tüketilir ve saatte 700 kg toz toplanır.



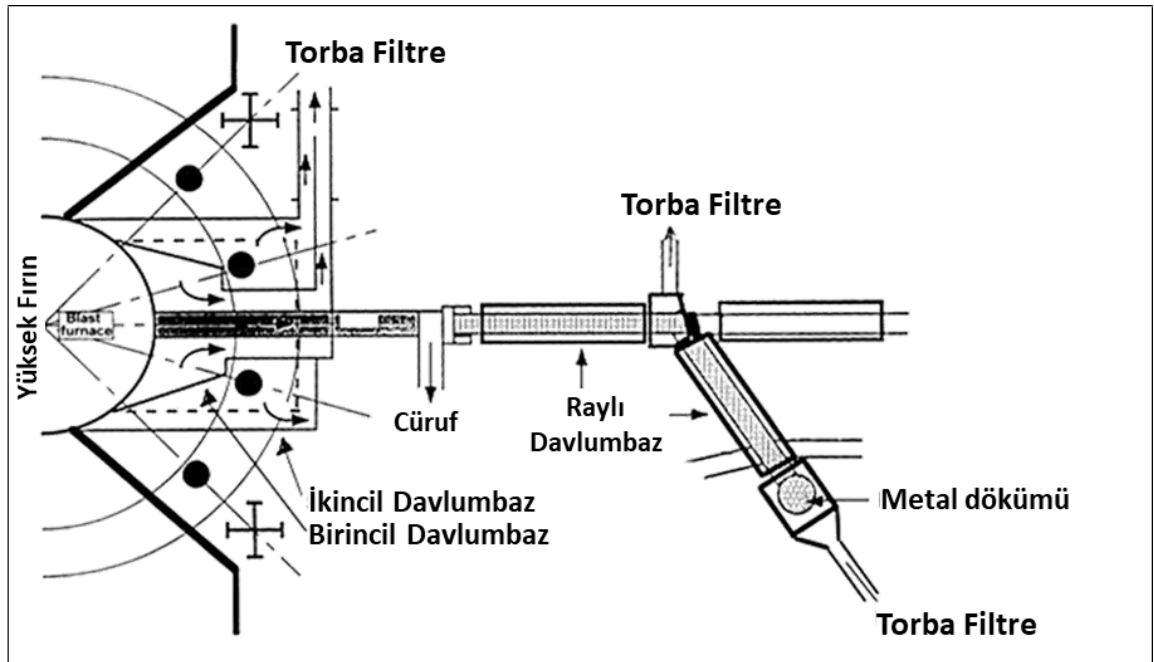
Şekil 2.20: Birincil bakır işlemi için ikincil duman toplama sisteminin ana hatları

- Potalara transferler, toplama davlumbazlarının operasyonuna müdahale ettiğinden, kesikli işleyen bir konvertörden gazların toplanması zor olabilir. Bazı tesisler, tüm dumanı çatı hattından toplar, ancak bu yüksek enerji maliyetlerine neden olur. Başka bir tesiste ana davlumbazın yanı sıra sayıları üçe varan ek davlumbaza sahip bir sistem kullanılır. Bu davlumbazlar ya sülfürik asit birimine (davumbaz 1) ya da ikincil gaz temizleme sistemine (davumbaz 2 ve 3) bağlanabilir. Doldurma ve boşaltma işlemleri sırasında münferit davlumbazlar, optimum toplama verimliliğini sağlamak için uygun pozisyonlara motorla tahrik edilerek getirilir. İkincil davlumbazlı gaz toplama sistemi Şekil 2.21’de gösterilmiştir.
- Bir başka örnek, bir yüksek fırından döküm alırken ortaya çıkan dumanın bir ikincil duman toplama sistemi ile toplanabileceğini göstermektedir. Tozsuzlaştırma ekipmanı, bir yüksek fırının döküm alma deliğinin, ana metal transfer yolunun ve sıvı metalin torpido potaya dökülen cihazın üzerinde konumlandırılmış çeşitli davlumbazlardan oluşur. Toplanan dumanlar ayrı bir kumaş filtresinde temizlenir. Döküm alma deliğinden duman toplama sistemi (yüksek fırının tepeden görünümü) Şekil 2.22’de gösterilmiştir.





Şekil 2.21: Bir konvertör için ikincil davlumbaz sistemi



Şekil 2.22: Döküm alma noktasından duman toplama

- Üçüncül gaz toplama sistemlerinin kullanılması. İkincil davlumbazlar tarafından toplanmayan gazlar, Şekil 2.2’de gösterilen “ev-içinde-ev” ya da “köpek kulübesi” konsepti gibi tüm çalışma alanını kuşatan bir üçüncü düzey toplama sisteminde toplanabilir. Duman üreten proses aşamalarında fanları otomatik olarak çalıştırmak için akıllı bir sistem kullanılır. “Ev-içinde-ev” konsepti aşırı enerji tüketimini önlemek için bu prensibi kullanır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Metallerin, tozun, kükürt dioksitin ve diğer bileşiklerin difüz emisyonlarının verimli bir şekilde yakalanması.
- Çoğu toz, üretildiği prosesin aşamalarına geri döner veya değerli metalleri kurtarmak için satılır.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Bu, yukarıda verilen örneklerde mevcut olduğunda dahil edilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknikler genellikle uygulanabilir.

“Ev-içinde-ev” gibi bir üçüncül duman toplama sistemi, şarj ve döküm alma işlemlerine veya fırınların ve alan gereksinimlerinin boyutuna bağlı olarak yeni tesislerde ve mevcut tesislerin büyük güncellemelerinde uygulanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı, ancak ekonomik olarak çalışan örnekler biliniyor.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Difüz emisyonların yakalanması.

### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE ve PL tesisler.

### Referans literatür

[121, Rentz, O. ve diğerleri, 1999], [160, Steudtner 1998], [196, Finkeldei, L. 1999], [233, COM 2008], [274, COM 2008].

## 2.12.5 Havaya verilen kanalize edilmiş emisyonlar

Bu teknikler sektörde yaygın olarak uygulandığından, bu teknikler hakkında genel bilgiler (“Açıklama” ve “Teknik açıklama” gibi) bu bölümde bulunabilir. Belli bir metal cinsine özgü bilgiler (“Çevresel performans ve işletim verileri” ve “Örnek tesisler” gibi), o metalden bahsedilen ilgili bölümlerde bulunabilir.

### 2.12.5.1 Toz, metal ve partikül emisyonlarını azaltmak için teknikler

Aşağıdaki teknikler, toz, metal ve duman gibi partiküllerin uzaklaştırılması için kullanılır.

#### 2.12.5.1.1 Elektrostatik Çöktürücüler

##### Açıklama

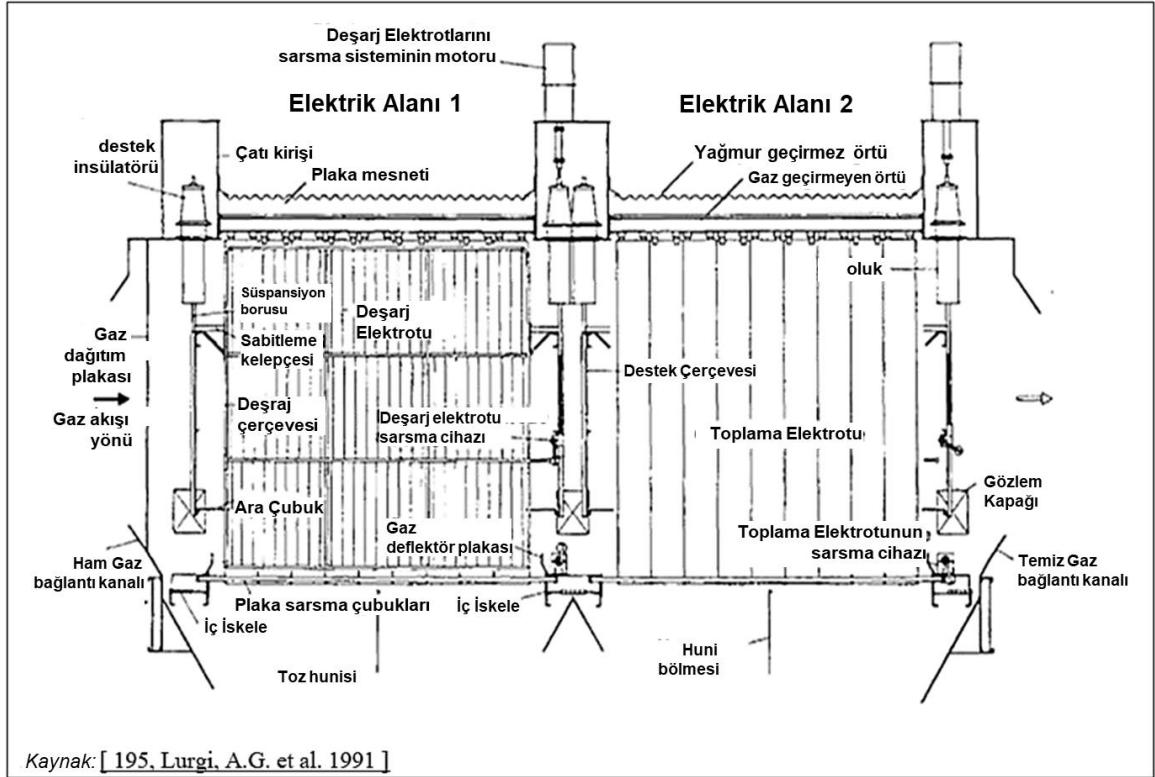
Elektrostatik çöktürücüler, parçacıkların bir elektrik alanının etkisi altında şarj edilip ayrılacağı şekilde çalışır. Çok çeşitli koşullar altında çalışabilirler.

Yüksek sıcaklıktaki atık gazları (>300°C) temizlemek üzere özel olarak tasarlanmış Elektrostatik çöktürücüler, “sıcak Elektrostatik çöktürücüler” olarak bilinir.

##### Teknik Açıklama

Elektrostatik çöktürücü (ESP) endüstride oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır ve geniş sıcaklık, basınç ve toz yükü aralıklarında çalışabilmektedir. ESP'nin çalışma verimi partikül büyüklüğüne özellikle duyarlı değildir ve hem ıslak hem de kuru koşullarda tozu toplar. ESP'nin tasarımı korozyona ve aşınmaya dirençli olacak şekilde yapılmıştır.

ESP bir dizi yüksek voltajlı deşarj elektrodu ve bunlara karşılık gelen toplayıcı elektrotlarından oluşur. Partiküller, elektrotlar arasında üretilen elektrik alanın etkisi altında elektrik yüklenir ve daha sonra gaz akımından ayrılır. Elektrik alanı, yüksek voltajda (100 kV) küçük bir doğru akımla elektrotların arasında oluşturulur. Pratikte, bir ESP bir dizi farklı bölgeye bölünür (en fazla beş bölge kullanılır). ESP, Şekil 2.23'te gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Tipik bir elektrostatik çöktürücünün planı (sadece iki bölge gösterilmiştir) [195, Lurgi, A.G. et al. 1991].

Parçacıklar gaz akışından dört aşamada uzaklaştırılır:

- bir elektrik yükünün toza uygulanması;
- elektrik yüklü tozun bir elektrik alanına yönlendirilmesi;
- toplama elektrodu üzerinde tozun yakalanması;
- elektrotun yüzeyindeki tozun giderilmesi.

Deşarj elektrotları üzerinde toz birikmesini önlemek için elektrotların üzerlerine vurulur veya elektrotlar titreştirilir. Deşarj elektrotlarının mekanik mukavemetleri, alınan darbeye veya titreşime dayanacak şekilde yüksek olmalıdır. Deşarj elektrotlarının ve bunların destekleyici çerçevesinin mekanik güvenilirliği önemlidir, çünkü tek bir kırık tel bile kısa devre yaptırıp çöktürücünün tüm elektrik alanını bozabilir.

Bir ESP'nin performansı, Deutsch formülü ile hesaplanabilir. Deutsch formülü, toplama verimliliğini toplayıcı elektrotların toplam yüzey alanı, gazların hacimsel akış hızı ve parçacıkların göç hızı ile ilişkilendirir. Bu nedenle, belirli bir toz için, toplayıcı elektrotların yüzey alanını en üst düzeye çıkarmak çok önemlidir ve bu yüzden mevcut uygulama elektrot arasında boşluğu geniş tutmaktır. Bu uygulama, iyi bir redresör (doğrultucu) tasarımı ve kontrolüne dayanır.

Endüstri, ESP'nin her bölgesi için veya bir bölgenin kısımları için ayrı bir redresörün kullanımını içeren redresör tasarımları kullanmaktadır. Bu, çıkışa doğru azalan toz yükün hesaba katarak uygulanan voltajın giriş ve çıkış bölgelerinde değiştirilmesine izin verir ve böylece bölgelerin kıvılcım yaratmaksızın gittikçe daha yüksek voltajlarda çalıştırabilmesi sağlanır. Aynı zamanda

iyi bir tasarım, kıvılcım yaratmaksızın belirli bir bölgedeki elektrotlara uygulanan optimum yüksek gerilim (HT) voltajını koruyan otomatik kontrol sistemleri kullanılarak da uygulanır. Maksimum voltajı kıvılcım çıkarmadan uygulamak için otomatik bir monitör kullanılır ve sürekli olarak HT değiştirilir. Sabit HT güç kaynaklarının optimal toplama verimliliği sağlaması olası değildir.

Tozun özdirenciliği (iletkenliğin tersi) özellikle önemlidir. Çok düşük ise, toplayıcı elektroduna ulaşan partiküller şarjlarını kolayca kaybederler ve tozlar yeniden hava akımına kapılabilir. Toz yüksek bir dirence sahip olduğunda, elektrot üzerinde normal korona deşarjını engelleyen ve toplama etkinliğinde bir azalmaya yol açan yalıtkan bir katman oluşur. Tozların şartlandırılmasıyla toplamanın iyileştirilebilmesine rağmen, çoğu toz tipinin çalışma aralığı içinde bir özdirenç vardır. Amonyak ve kükürt trioksit yaygın olarak kullanılır. Özdirenç, gaz sıcaklığının düşürülmesiyle veya gaza nem katılarak da azaltılabilir.

Bir ESP kullanarak genellikle bir kumaş filtre ile elde edilen kadar düşük toz konsantrasyonlarına ulaşılamaz. Bir çöktürücüden en iyi performansı elde etmek için ünitelerden geçen gaz akışı, gazın elektrik alanını bypass etmesini önleyen bir uniform akış sağlanarak optimize edilir. Giriş kanalının doğru tasarımı ve giriş ağızlığı içindeki akış dağıtım cihazlarının kullanımı, ESP'ye girişte düzgün bir akış sağlar.

### Elde edilen çevresel faydalar

Metal ve toz emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 196, Finkeldei, L. 1999 ], [ 73, Theodore, L. et al. 1992 ], [ 77, Soud, H.N. 1995 ], [ 189, VDI 1998 ], [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ].

#### 2.12.5.1.2 Islak Elektrostatik Çöktürücüler

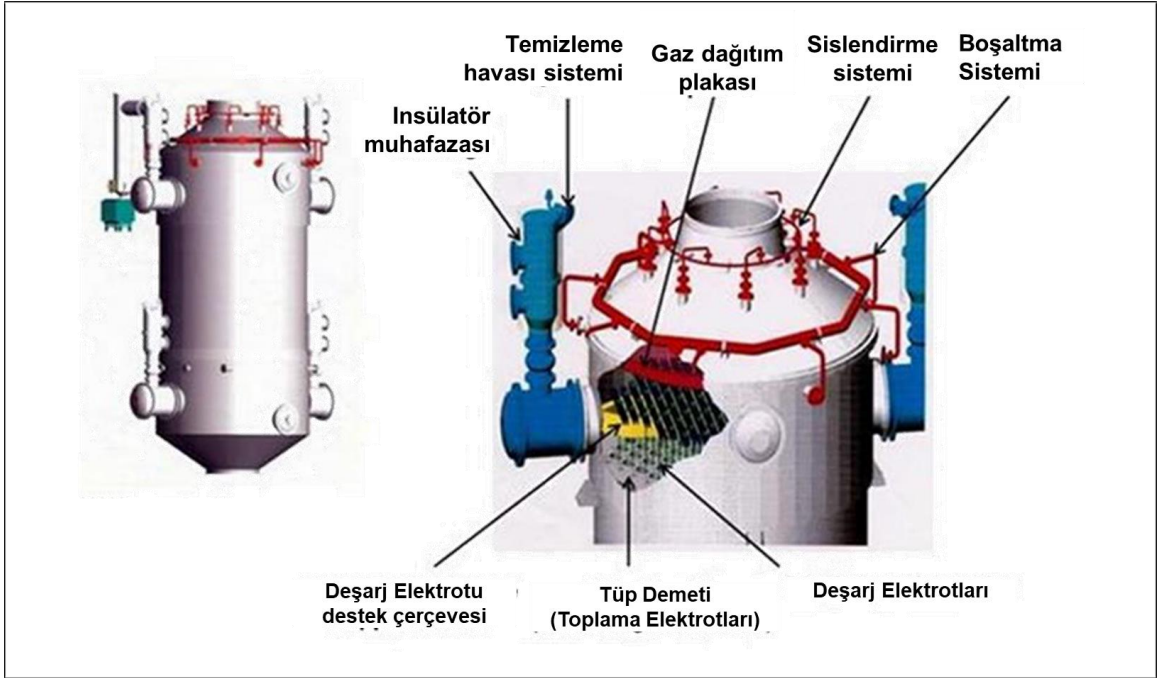
##### Açıklama

Bu teknik, toplanan malzemenin uygun bir sıvı (genellikle su) ile yıkanarak toplayıcıların plakalarından uzaklaştırıldığı bir elektrostatik çöktürücüden oluşur. Atık gazın deşarj edilmesinden önce su damlacıklarını gidermek için genellikle bir mekanizma monte edilir (*örn.* buğu giderici veya son kuru bir alan).

##### Teknik Açıklama

Islak elektrostatik çöktürücüler aynı prensiplerde çalışır. Bu durumda, toplanan toz toplayıcı

plakalardan veya tüplerden yoğunlaştırılmış su ve toplanan asit buharı tarafından oluşturulan sıvı film ile uzaklaştırılır. Yüksek bir katı madde muhtevası olması durumunda, toplayıcı elektrotlar üzerinde çamur birikintilerinin oluşmasını önlemek için çöktürücü içine sürekli olarak su püskürten dahili atomize edici ağızlıklar kullanılabilir. Sprey, toplama elektrotları üzerindeki sıvı filmini artırır ve katı içeriğini azaltır. Ayrıca, ıslak çöktürücüler yıkama sistemleri ile donatılmıştır. Yıkama işlemi aralıklı olarak gerçekleştirilir. Yüksek voltaj kaynağı, yıkama işlemi sırasında geçici olarak kesilir. Geleneksel plakalara yapışan bazı tozlar için veya gaz akışındaki diğer bileşenler (örneğin; soğuk ve nemli bir atık gaz) çalışmayı etkilediğinde bu teknik avantajlar sunar. Islak ESP arıtma gerektiren bir sıvı atık üretilmektedir. Islak ESP, Şekil 2.24'te gösterilmiştir.



Şekil 2.24: Islak Elektrostatik Çöktürücü

Islak ESP'ler veya hareketli elektrot ESP'ler tutulması zor olan tozlar veya nemli gazlar için kullanılabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Metallerin, tozların ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

#### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Suya metal ve diğer bileşiklerin karışmasını engellemek için arıtılması gereken bir atıksu üretilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

#### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

#### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Toz ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ], [ 196, Finkeldei, L. 1999 ], [ 73, Theodore, L. et al. 1992 ], [ 77, Soud, H.N. 1995 ], [ 189, VDI 1998 ].

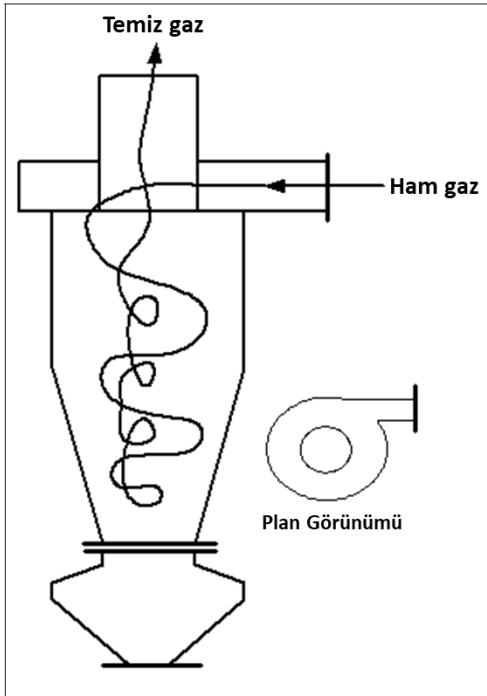
#### 2.12.5.1.3 Siklonlar

##### Açıklama

Siklonlar, partikülleri atık gaz akımından ayırmak için, genellikle konik bir oda içinde, santrifüj kuvvetleri vererek, atalet kullanırlar.

##### Teknik Açıklama

Siklonlar 1980'lerde birçok tesiste kurulmuş ve günümüzde (2014) de yaygın olarak kullanılmaktadır. Siklon, ataletten yararlanarak gazı temizleyen bir cihazdır. Gaz akışının yönü değiştirildiği zaman toz gaz akışından ayrılır ve toz kendi ataleti nedeniyle orijinal yönde devam edip bir toplama yüzeyinde birikir. Siklon Şekil 2.25'te gösterilmiştir.



Şekil 2.25: Siklonun tertibi [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ].

Giriş gazı spiral bir akışa yönlendirilir. Spiral akış sırasında oluşan merkezci kuvvetler yön değişikliğini sağlar ve kritik bir kütlenin üzerindeki parçacıklar siklon duvarlarına doğru hareket eder.

Siklonlar demir dışı metal sektöründe tek başına kullanılan bir teknik değildir.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

##### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

##### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadır ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Toz ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 73, Theodore, L. et al. 1992 ], [ 77, Soud, H.N. 1995 ], [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ], [ 196, Finkeldei, L. 1999 ].

#### 2.12.5.1.4 Bez ve torba filtreler

##### Açıklama

Torba filtreleri, bir elekme veya başka bir mekanizma yoluyla gazların içinden akıp parçacıkların uzaklaştıran gözenekli dokunmuş veya keçeli kumaştan imal edilir. Torba filtresinin kullanılması, atık gazların özelliklerine ve maksimum çalışma sıcaklığına uygun bir kumaş malzeme seçimi gerektirir. Kartuş filtreler, torbalar yerine kartuş kullanan bir varyasyondur.

##### Teknik Açıklama

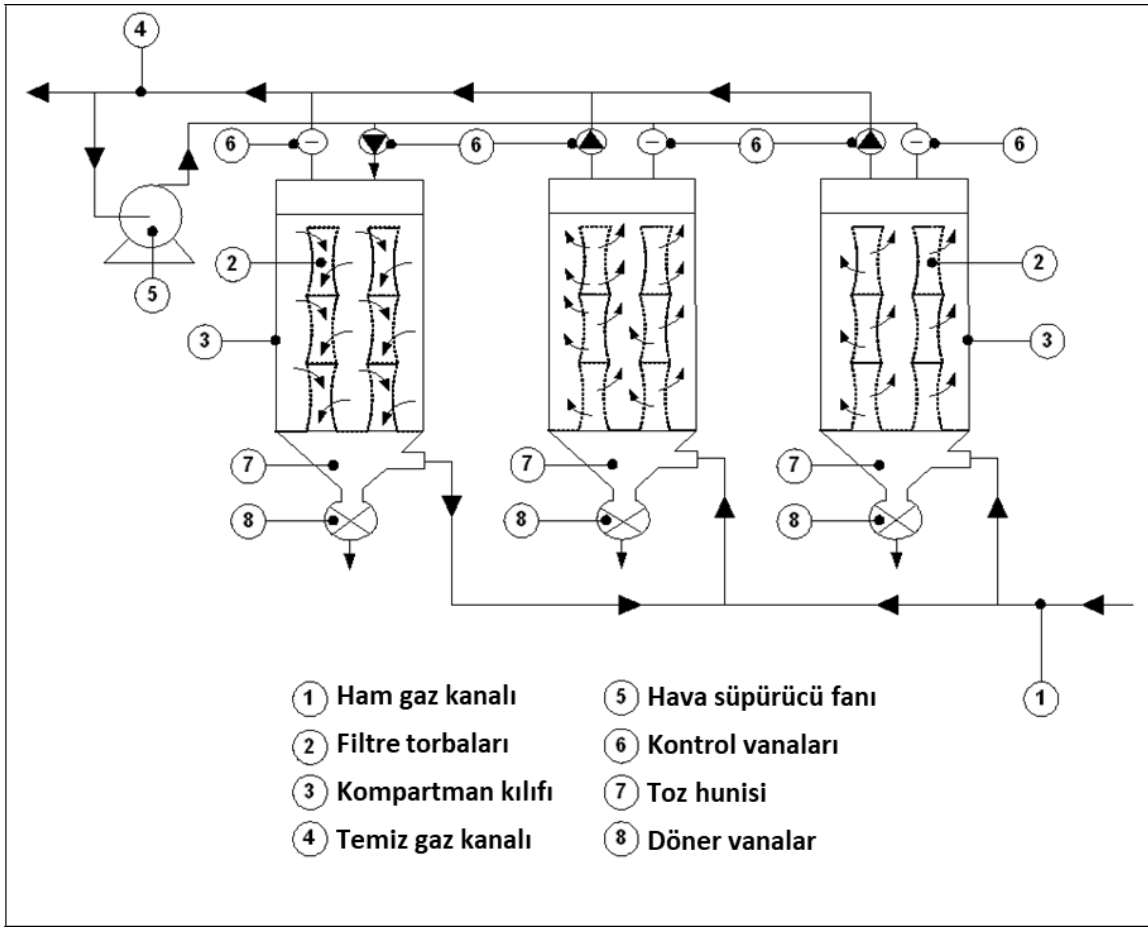
Torba filtre sistemleri, ergitme ve izabe işlemlerinde karşılaşılan ince tozun kontrol edilmesindeki yüksek verimlilikleri nedeniyle, bu sektördeki birçok uygulamada kullanılmaktadır. Çöktürme ve soğutma odaları, aynı zamanda atık ısı kazanları da, yangın olasılığını azaltmak, partikülleri şartlandırmak ve atık gazın ısı içeriğini geri kazanmak için torba filtrelerden önce kullanılabilir.

Çeşitli temizleme sistemlerine sahip torba filtreler Şekil 2.26, Şekil 2.27 ve Şekil 2.28’de gösterilmiştir.

Kumaş filtrasyonunun temel ilkesi, gazın nüfuz edebildiği fakat tozu tutan bir kumaş membranının kullanılmasıdır. Torbalar genellikle metal bir çerçeve ile desteklenir ve her torba torbanın yapısına sızdırmazlık sağlayacak bir mekanizma içerecektir. Başlangıçta, hem yüzeydeki lifler üzerinde hem de kumaşın derinliği içinde toz birikir, fakat yüzeyde toz tabakası kalınlaştıkça, bu tabakanın kendisi asıl filtre ortamı haline gelir. Toz keki kalınlaştıkça, gaz akışına karşı direnç artar. Bu nedenle, filtre ortamındaki gaz basıncı düşüşünü kontrol etmek için filtre medyasının periyodik olarak temizlenmesi gereklidir. Temizlenecek gazın akışının yönü, torbanın içinden dışarıya veya torbanın dışından içeriye doğru olabilir.

Torba filtreleri genellikle filtre ortamının temizlendiği yönteme göre sınıflandırılır. Etkin bir toz tutma verimliliğini korumak için kumaştan düzenli olarak toz giderilmesi önemlidir. Bu aynı zamanda torbanın kullanım ömrünü de etkiler.

En yaygın filtre temizleme yöntemleri: ters hava akışı, mekanik sarsıntı, titreşim, düşük basınçlı hava darbesi ve basınçlı hava darbesi. Ayrıca, akustik boynuzlar torbaların temizlenmesi için kullanılabilir. Normal temizleme mekanizmaları, torbanın bozulmamış haline dönmesine imkân vermez. Kumaşın derinliği içinde biriken partiküller lifler arasındaki gözenek büyüklüğünü azaltır ve bunların tam temizlenmesi yapılamaz. Bununla birlikte azalan filtre gözenek boyutu, boyutu mikronun altında olan zerreciklerin temizlenmesi için yüksek verim alınmasını sağlar.



Şekil 2.26: Ters hava akımlı torba filtre (temizleme döngüsünde bir bölümü) [195, Lurgi, A.G. et al. 1991].

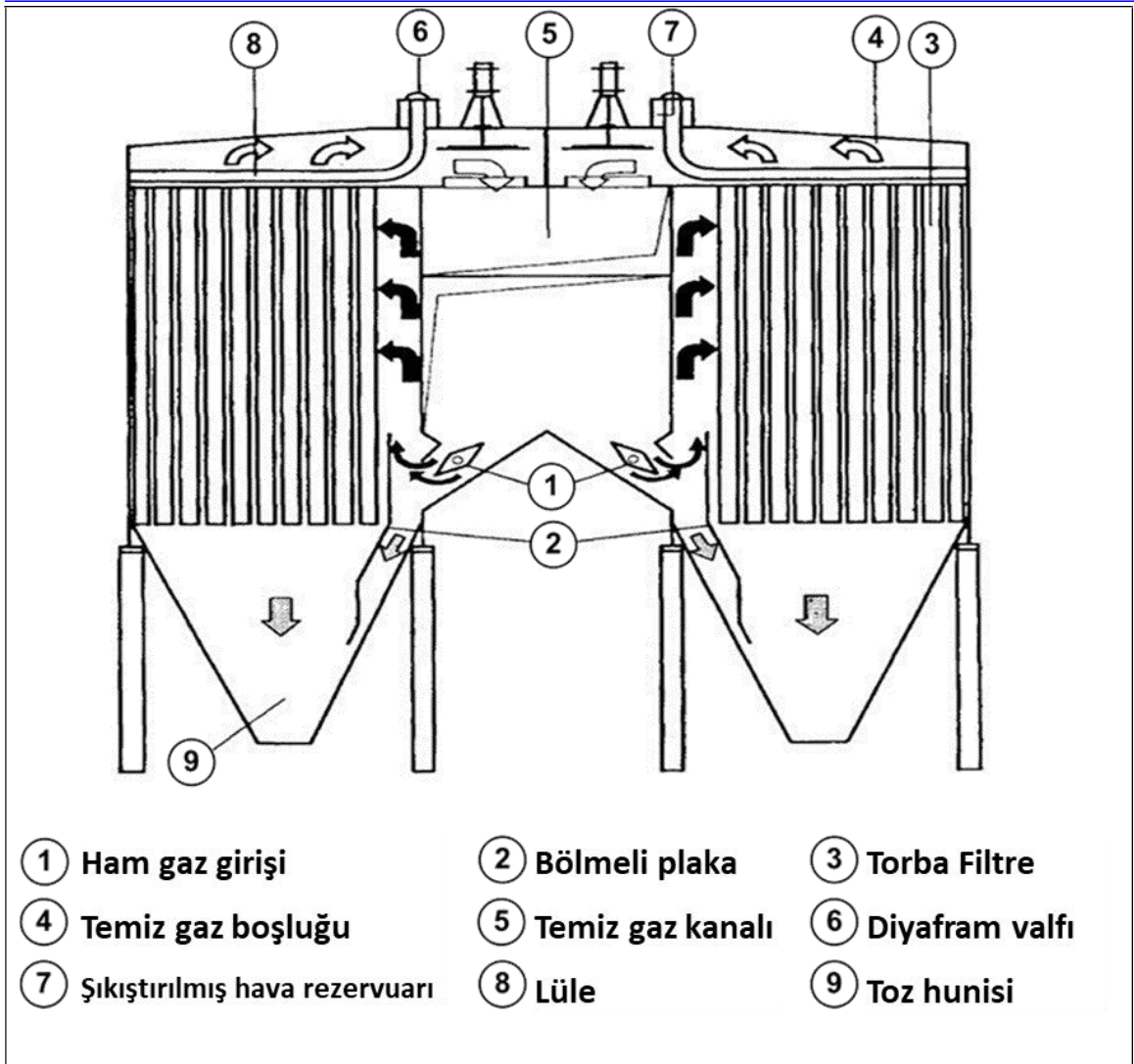
Torba filtreleri, bir birim kumaş alanında akan maksimum kabul edilebilir gaz hızı (m/s cinsinden ifade edilen:  $m^3/s \div m^2$ ) olarak tanımlanan, beklenen filtreleme hızına göre tasarlanır. Genellikle filtrasyon hızları uygulamaya, filtre tipine ve kumaşa bağlı olarak 0.01 m/s ila 0.04 m/s aralığındadır.

Kumaş türünün seçiminde, gazların bileşimi, tozun doğası ve parçacık boyutu, kullanılacak temizlik yöntemi, gerekli verimlilik ve ekonomi dikkate alınır. Gaz sıcaklığı da eğer varsa gaz soğutma yöntemi ve bunun sonucunda ortaya çıkan su buharı ve asit çiy noktası ile birlikte düşünülür.

Ele alınan kumaşın özellikleri arasında kimyasal direnç, lif biçimi ve iplik tipi, dokuma örgüsü, dokumanın kaplaması, aşınma ve bükülme direnci, mukavemet, toz toplama verimliliği, kumaşa uygulanan dokuma sonrasındaki işlemler ve kumaş geçirgenliği bulunur.

Filtre torbasının aşınması, performansın kademeli olarak ölçülebilir şekilde azalmasına neden olur. Korozyon meydana geldiğinde, aşındırıcı malzeme filtrelediğinde veya yangın tehlikesi söz konusu olduğunda birçok torbada birden hasar veya yıkıcı arıza meydana gelme tehlikesi vardır. Basınç düşüşünü gösteren cihazlar veya toz ölçme cihazları gibi basit on-line izleme sistemleri, filtre performansını sadece kabaca belirleyebilir.

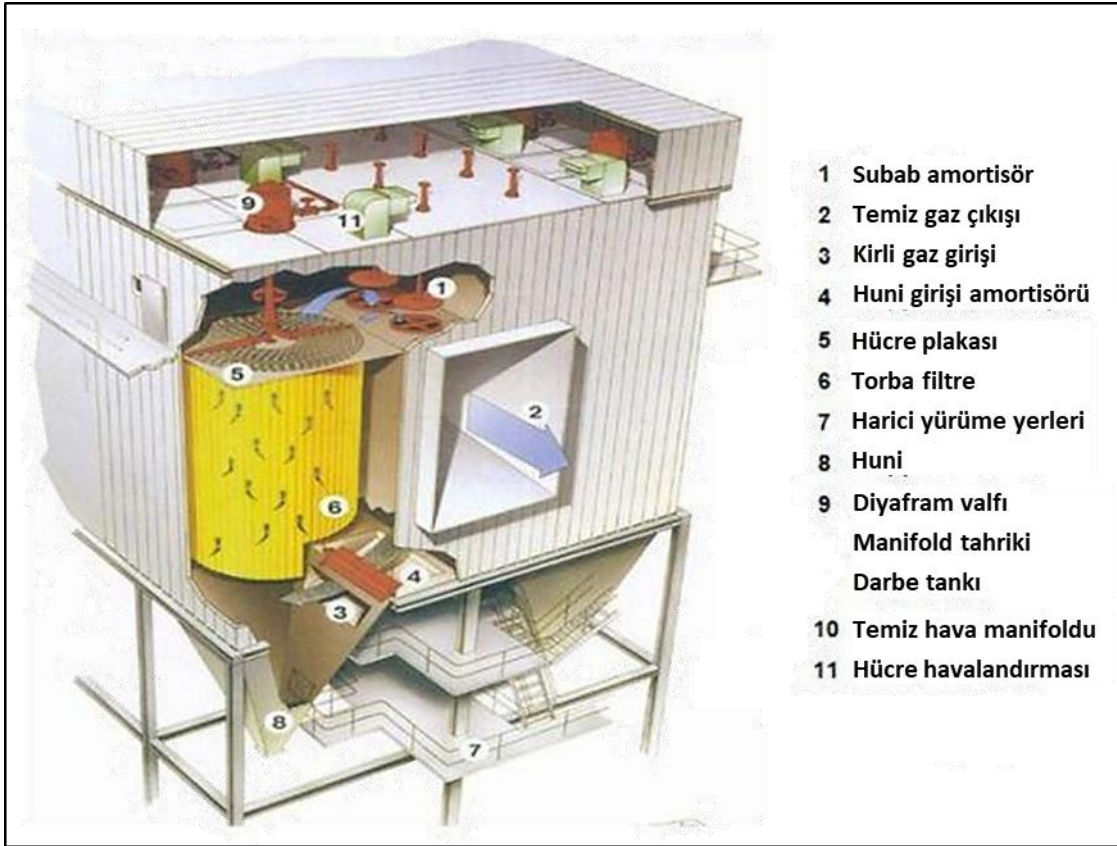




Şekil 2.27: Ters darbeli jet temizleme sistemi [195, Lurgi, A.G. et al. 1991].

Triboelektrik veya optik cihazlar, olası bir arızayı belirlemek için torba filtresinden yayılan tozu ölçmek için kullanılır ve ayrıca bir temizleme döngüsü sırasında toz konsantrasyonundaki hızlı artışları tespit etmek için kullanılabilirler. Bu ölçümler, bölgelere ayrılmış bir temizleme sistemi ile entegre edildiğinde, hasarlı torbalar içeren bölge tanımlanabilir ve yerel onarımlar yapılabilir [123, Robson, T.G. ve diğ. 1998]. Sıcaklık ölçümü ve alarmlar da ayrıca kullanılır.

Bazı ferro-alaşım proseslerinde torba filtreler, kirli duman/gaz tarafında fanlar ve basınç filtreleri ile birlikte kullanılırlar. Bu alandaki araştırmalar, sektörü temiz gaz tarafında fanlar ile kapalı bir emme filtresi kullanımına yönetmiştir. Bu teknik, diğer metal sektörlerinin çoğunda kullanılır ve daha uzun torba ömrüne, düşük işletme ve bakım maliyetlerine yol açan yumuşak torba temizliğinin ve kapalı filtre nedeniyle temizlenecek gaz hacminin tanımlanabilmesinin avantajlarını birleştirir.



- 1 Subab amortisör
- 2 Temiz gaz çıkışı
- 3 Kirli gaz girişi
- 4 Huni girişi amortisörü
- 5 Hücre plakası
- 6 Torba filtre
- 7 Harici yürüme yerleri
- 8 Huni
- 9 Diyafram valfi  
Manifold tahriki  
Darbe tankı
- 10 Temiz hava manifoldu
- 11 Hücre havalandırması

Şekil 2.28: Düşük basınçlı hava darbeleri temizleme sistemi.

Doğru filtre işletimi için, aşağıdaki özelliklerden bir veya daha fazlası uygulanmalıdır.

- Filtre malzemesi seçimine ve montaj ve sızdırmazlık sisteminin güvenilirliğine özellikle dikkat edilmelidir. İyi bakım yapılmalıdır. Modern filtre malzemeleri genellikle daha sağlamdır ve daha uzun ömürlüdür. Modern malzemelerin kullanılmasından doğan ek maliyet çoğu durumda daha uzun olan kullanım ömrü sebebi ile telafi edilir.
- Gazın çığırma noktasının üstünde bir çalışma sıcaklığı. Sıcaklığa dayanıklı torbalar ve montajlar yüksek çalışma sıcaklıklarında kullanılır.
- Filtre torbalarındaki arızalar, toz çarpmalarını ve optik veya triboelektrik cihazları kullanılarak yapılan sürekli toz izleme ile tespit edilebilir. Cihaz, filtre temizleme sistemi ile mümkünse etkileşimde olmalı, böylece aşınmış veya hasarlı torbalar içeren münferit bölümler tanımlanabilir.
- Gerekli durumlarda gaz soğutması ve kıvılcım engellemesi. Siklonlar, kıvılcımların engellenmesi için uygun yöntemler olarak kabul edilir. Modern filtrelerin çoğu birden çok kompartmandan oluşacak şekilde düzenlenmiştir, bu nedenle hasarlı bölmeler gerektiğinde izole edilebilir.
- Yangınları tespit etmek için sıcaklık ve kıvılcım izleme kullanılabilir. Ortama inert gaz verecek sistemler teçhiz edilebilir veya tutuşma tehlikesi bulunan çıkış gazına inert malzemeler (örn. kireç) ilave edilebilir. Kumaşın tasarım sınırlarının ötesinde aşırı ısınma, zehirli gaz emisyonları üretebilir.
- Temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşü izlenebilir.

Farklı türde filtre malzemeleri kullanan bir dizi farklı torba filtre tasarımı mevcuttur. Membran filtrasyon tekniklerinin (yüzeysel filtrasyonu) kullanımı, torba ömrünün uzamasına, daha yüksek bir işletme sıcaklığı üst sınırına (260°C'ye kadar) ve nispeten düşük bakım maliyetlerine neden olur. Membran filtre torbaları, bir destek malzemesi üzerine yerleştirilmiş ultra ince olacak şekilde genişletilmiş politetrafloroetilen (PTFE) bir membrandan oluşur. Çıkış gazı akışındaki parçacıklar torba yüzeyi üzerinde tutulur. Parçacıklar, iç kısımda bir kek oluşturmadan veya torba kumaşına nüfuz etmeden membrandan itilerek daha küçük bir kek oluştururlar. Bu teknik tüm

Yeni ve mevcut tesisler için geçerlidir ve mevcut torba filtrelerin rehabilitasyonu için de kullanılabilir [141, Elkem Asa 1998].

Teflon/fiberglas gibi sentetik filtre bezleri, torba filtrelerinin geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmasını ve uzun ömürlü olmasını sağlamıştır. Modern filtre malzemelerinin yüksek sıcaklıklarda veya aşındırıcı koşullardaki performansı iyidir ve ayrıca kumaş üreticileri belirli uygulamalar için hangi tip malzemelerin gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olabilirler. Doğru tasarım ve uygun tipte toz ile özel durumlarda çok düşük toz emisyonları elde edilebilir. Daha fazla güvenilirlik ve daha uzun kullanım ömrü, modern torbaların alım masraflarını geri öder. Yüksek giderim seviyelerinin elde edilmesi, tozların önemli seviyelerde metal içermesi nedeniyle önemlidir. Temizlenmemiş gazların atmosfere kaçmasını önlemek için, dağıtım manifoldlarının eğrilmesinin ve torbaların doğru bir şekilde kapatılmasının etkisi iyi uygulamalara uygun olarak dikkate alınmalıdır.

Bazı durumlarda (yapışkan tozlar veya çığlenme noktasına yakın hava akımları, vb.) bunların yapışma eğilimlerine ve aleve duyarlılıklarına bağlı olarak, tüm uygulamalarda kullanımları uygun değildir. Mevcut torbalı filtrelere de uygulanabilirler. Özellikle, torba sızdırmazlık sistemi yıllık bakım periyotları sırasında iyileştirilebilir ve filtre torbaları normal değişim vakitleri geldiğinde daha modern kumaşlar ile değiştirilebilir, bu da gelecekteki maliyetleri azaltabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Farklı filtre sistemlerinin en sık kullanılan parametrelerinin karşılaştırması Tablo 2.12'de verilmiştir.

**Tablo 2.9: Farklı kumaş filtre sistemlerinin karşılaştırması [ 141, Elkem Asa 1998 ].**

Parametre	Darbeli jet filtresi	Membran cam elyafı filtresi	Fiberglas filtre
Hava:kumaş oranı	80 ila 90 m/saat	70 ila 90 m/saat	30 ila 35 m/saat
Sıcaklık sınırları	250 °C	280 °C	280 °C
Torba tipi	Polyester	Membran/fiberglas	Fiberglas
Torba boyutu	0,126 × 6.0 m	0,292 × 10 m	0,292 × 10 m
Torba başına kumaş alanı	2.0 m <sup>2</sup>	9.0 m <sup>2</sup>	9.0 m <sup>2</sup>
Kafes	Evet	Hayır	Hayır
Basınç düşüşü	2,0 kPa	2,0 kPa	2,5 kPa
Torba ömrü	30 aya kadar	6 ila 10 yıl	6 ila 10 yıl

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ], [ 196, Finkeldei, L. 1999 ], [ 73, Theodore, L. et al. 1992 ], [ 77, Soud, H.N. 1995 ], [ 141, Elkem Asa 1998 ], [ 215, VDI 1997 ], [ 217, VDI 2004 ], [ 103, COM 1998 ].

### Seramik ve metal örgü filtreler

#### Açıklama

Düşük yoğunluklu seramik filtreler çalışma prensipleri, genel düzenleme ve temizlik işlemleri bakımından kumaş filtrelerle benzer şekilde çalışır. Bez torbalar ve metal destekler yerine, mum filtrelerle benzer şekilde sert sabit elemanlar kullanılır.

#### Teknik Açıklama

Bu filtrelerin demir dışı metal endüstrisinde kullanılan birkaç örneği vardır ve bu filtreler kullanılarak çok yüksek toz giderme verimleri elde edilir. PM<sub>10</sub> dahil olmak üzere ince parçacıklar uzaklaştırılır.

Yüksek derecede termal dirence sahiptirler ve çoğu zaman üst çalışma sıcaklığını belirleyen filtrenin mahfazalarının dayanabildiği sınır değerdir. Destek sisteminin, sıcaklık yükseldikçe genişmesi de önemli bir faktördür. Çünkü filtre elemanlarının muhafazalarının sızdırmazlığı etkilenebilir, bu da kirli gaz akışından temiz gaz akışına sızıntılara neden olur. On-line arıza tespit sistemleri, kumaş filtreleri ile aynı şekilde kullanılır. Seramik ve örgü filtreler, kumaş filtreler gibi esnek değildirler. Bu tip filtreler bir hava darbesiyle temizlenirken, ince tozlar bir kumaş filtrede olduğu kadar etkili bir şekilde çıkarılmayacaktır. Tam temizlenemeyen filtre içinde zamanla toz birikir ve dolayısıyla filtrenin kapasitesi düşer. Bu etkinin çok ince tozlarla gerçekleşmesi daha olasıdır.

Seramik filtreler alüminosilikatlardan yapılır ve kimyasal veya asit direncini geliştirmek veya diğer kirletici maddeleri uzaklaştırmak için çeşitli malzemelerle önceden kaplanabilir. Filtre elemanları yeni olduklarında göreceli olarak muamele görmeleri kolaydır, ancak ısıya maruz kaldıktan sonra kırılma hale gelirler ve bu nedenle bakım veya kaba temizleme girişimleri sırasında kırılma riskleri vardır.

Yapışkan toz veya katranın bulunması potansiyel bir sorundur, çünkü bu normal temizleme döngüsü sırasında elemandan temizlenemeyebilir ve bu da basınç düşüşünde önemli bir artışa neden olabilir. Sıcaklığın toplanacak malzemeye etkisi bu nedenle bir tesisin tasarımında önemli bir faktördür. Doğru tasarım ve uygun toz ile çok düşük toz emisyonları elde edilir. Tozlar önemli miktarda metal içerdiğinden, düşük toz emisyonlarının elde edilmesi önemlidir.

Yüksek sıcaklıklarda benzer performanslar, yeniden tasarlanmış bir metal örgü filtre kullanılarak da rapor edilmiştir. Geliştirme, bölge kapalıyken temizlendikten sonra bir toz kek tabakasının hızlı bir şekilde oluşmasını sağlar.

Uygulama için doğru şekilde tasarlanmış, yapılandırılmış ve boyutlandırılmış filtreler aşağıdaki özellikleri içerir.

- Muhafaza, kurulumun montajlandığı dayanak ve sızdırmazlık sistemleri seçilen kullanım için uygun, güvenilir ve sıcaklığa dayanıklıdır.
- Filtre torbalarındaki arızalar, toz çarpmalarını ve optik veya triboelektrik cihazları kullanılarak yapılan sürekli toz izleme ile tespit edilebilir. Cihaz, filtre temizleme sistemi ile mümkünse etkileşimde olmalı, böylece aşınmış veya hasarlı torbalar içeren münferit bölümler tanımlanabilir.
- Gerekli durumlarda gaz şartlandırması
- Temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşü izlenebilir.

Bazı durumlarda (yapışkan tozlar veya çığlenme noktasına yakın hava akımları, vb.) bunların yapışma eğilimlerine ve aleve duyarlılıklarına bağlı olarak, tüm uygulamalarda kullanımları uygun değildir. Mevcut seramik filtrelelere de uygulanabilirler. Özellikle, sızdırmazlık sistemi normal bakım periyotları sırasında iyileştirilebilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### **Çapraz ortam etkileri**

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### **Ekonomi**

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### **Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### **Referans literatür**

[195, Lurgi, A.G. ve diğ. 1991], [196, Finkeldei, L. 1999], [73, Theodore, L. ve diğ. 1992], [77, Soud, H.N. 1995], [226, Nordic Report 2008], [103, COM 1998].

### **Islak toz yıkayıcılar**

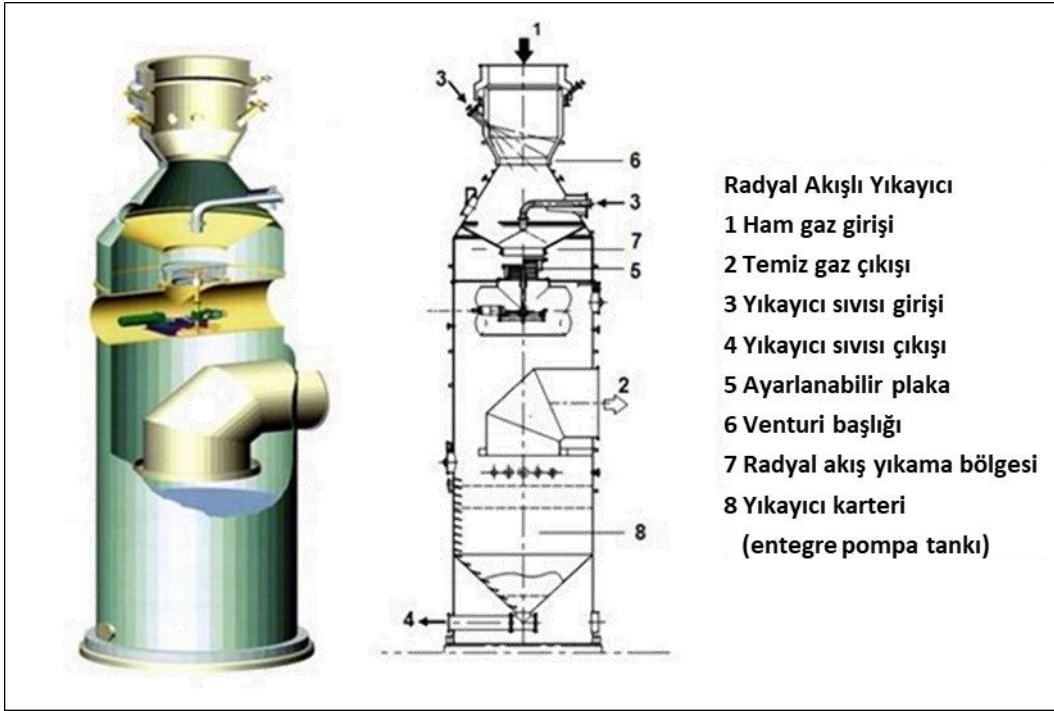
#### **Açıklama**

Islak toz yıkayıcı, ek olarak tozları geri kazanabilen/azaltabilen bir ıslak gaz yıkayıcı (*bkz.* Bölüm 2.12.5.2.2) çeşididir. Islak toz yıkayıcı, gelen atık gazı su ile şiddetli olarak karıştırıp tozu ayırır ve çoğunlukla santrifüj kuvveti kullanılarak kaba parçacıkların uzaklaştırılmasını sağlar. Bunu başarmak için, gaz yıkayıcıya teğet olarak sokulur. Ayrılan katı toz, toz yıkayıcısının alt kısmında toplanır. Tozun yanı sıra, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, gibi inorganik kimyasallar, VOC'ler ve toza bağlanabilen metaller uzaklaştırılır.

#### **Teknik Açıklama**

Islak yıkama ile partikül toplanması üç ana mekanizma ile gerçekleşir: atalet etkisi ile çarpma, alıkoyma ve difüzyon. Toplanacak parçacığın büyüklüğü önemli bir faktördür ve toplanacak malzemenin ıslatılabilirliği de önemli olabilir.

Radyal akışlı ıslak yıkayıcı Şekil 2.29'da gösterilmiştir.



Şekil 2.29: Radyal akışlı ıslak yıkayıcı

Islak gaz yıkayıcılar, gazları soğutmak, doymunlaştırmak ve ön-temizlemek için kullanılır; *örn.* ıslak elektrostatik çöktürücülerden önce yerleştirilir. Tipik örnekler, Venturi gaz yıkayıcı veya ayarlanabilir bir basınç düşüşüne sahip radyal akışlı gaz yıkayıcıdır. Islak yıkayıcılar, bakır, çinko ve kurşun gibi birçok farklı demir dışı metal üretim prosesinde ve ayrıca kapalı fırınlarda ferro-manganez alaşımlarının üretiminde kullanılmaktadır. Yıkayıcı tasarımı, gaz ve sıvı hızı ile gaz hacmi ve sıvı miktarının ilişkisine dayanmaktadır. Bu parametreler, yıkayıcıdaki basınç düşüşünü ve dolayısıyla toplama verimliliğini belirler.

Kaskat veya Venturi ıslak gaz yıkayıcıları, sık sık kapalı elektrik ark ocaklarından CO açısından zengin gazların tozdan arındırılması için kullanılır. Gaz daha sonra yüksek kalorifik değerli gaz olarak kullanılır ve sonra daha da arıtılıp salınır. Aynı zamanda, çok aşındırıcı ve aynı zamanda kolayca ıslanabilen tozun çıktığı bir çelik kayış sinterleme makinesinden çıkan gazları arıtmak için de kullanılır. Bu yıkama eylemi gerçekleştirilmez ise kumaş filtrenin çalışma ömrü ciddi şekilde kısıtlanır ve kumaşın hızla aşınması kötü performansa neden olur.

Yıkayıcılar, tozun karakteristiği veya gazın sıcaklığı başka tekniklerin kullanılmasını olanaksızlaştırdığında veya toz bir yıkayıcıda uzaklaştırmak için özellikle uygun olduğunda kullanılır. Gazlarla birlikte tozun uzaklaştırılması gerektiğinde veya tozdan arındırma teknikleri zincirinin bir parçasını (örn. sülfürik asit tesisinden önce tozdan arındırma) oluşturduklarında kullanılabilirler. Parçacıkların ıslanmasını ve alıkonmasını sağlamak için yeterli enerji harcanmalıdır.

Islak gaz yıkayıcılar, basınç düşüşü, yıkayıcı sıvı akışı ve pH (asit gazların giderilmesi yapılacaksa) için bir izleme sistemi içermelidir. Temizlenen gazlar, yıkayıcıdan çıkıp bir buğu gidericiye girmelidir.

Deneyimler, ıslak gaz yıkayıcıların verimliliğinin, özellikle toplama bölgesi boyunca meydana gelen basınç düşüşüne ve ayrıca partikül büyüklüğüne ve toplam enerji kullanımına büyük ölçüde bağlı olduğunu göstermektedir. Üstelik, sıvının, yıkayıcı içinde eşit olarak dağılması şartıyla, benzer basınç düşüşleri ile oldukça farklı yıkayıcı tasarımlarında dahi aynı tür tozların yıkanmasında benzer verimlilikler elde edilir. Bu nedenle, söz konusu tozun ıslanması özellikle kolay olmadığı sürece, yüksek bir enerji tüketimi olmaksızın yüksek verime sahip bir ıslak temizleyici tasarlanması mümkün değildir. Radyal akış, jet, Venturi ve basamak (*ing.* cascade) prensiplerine dayanan yüksek enerjili yıkayıcılar için çeşitli tasarımlar mevcuttur. Gaz yıkayıcılar, diğer tekniklerle giderilmesi zor olan tozlar için bir uygulamaya sahiptir. Genel olarak, gazlar daha sonra başka bir işlemde (örneğin bir yakıt gazı olarak) kullanılır ve

salınmazlar. Ayrıca, sülfürik asit tesislerinde dönüşümden önce gazları soğutmak ve temizlemek ya da asit gazları absorbe etmek için ıslak ESP'ler ile birlikte kullanılırlar.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Toz, metal ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

**Çevresel performans ve işletim verileri**

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

**Çapraz ortam etkileri**

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.
- Suyu metal karışmasını engellemek için arıtılması gereken bir atıksu üretilir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

**Ekonomi**

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

**Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

**Referans literatür**

[196, Finkeldei, L. 1999] [195, Lurgi, A.G. ve diğ. 1991], [216, VDI 1998], [226, Nordic Report 2008], [103, COM 1998].

**Toz azaltma tekniklerine genel bakış**

Toz azaltma tekniklerine genel bir bakış Tablo 2.13'de verilmiştir.

Tablo 2.10: Toz azaltma tekniklerine genel bakış

Açıklama	Çapraz ortam etkileri	Operasyonel veriler (potansiyel sorunlar)	Uygulanabilirlik	Uygulamanın sağladığı faydalar
Kumaş filtreler	Toz yeniden kullanıldığına hiçbir	Tıkanma, yangınlar, sızdırmazlık. Maksimum çalışma sıcaklığı 250 °C.	Çoğunda iyi sızdırmazlık ve modern kumaşlar	Uygun tozlar için iyi performans. Tozu geri dönüştürme potansiyeli
Islak elektrostatik çöktürücü	Atık su kaynağı	Tel kırılması ve kısa devre. Maksimum çalışma sıcaklığı 80 °C	Islak gazlar için geliştirilmiş performans	Uygun tozlar için iyi performans, düşük basınç düşüşü ancak atıksu üretilir
Elektrostatik çöktürücü	Toz yeniden kullanıldığına hiçbir	Parçacıklarda değişim, Tel kırılması ve kısa devre. Maksimum çalışma sıcaklığı 450 °C	Çoğunda iyi kontrol sistemleri ve gaz dağıtımı	Düşük basınç düşüşü, güvenilir, az bakım gerektirir
Islak toz yıkayıcı	Atık su kaynağı	Düşük performans ve tıkanıklık. Maksimum çalışma sıcaklığı girişte 1000 °C	Diğer yöntemlerden önce gazların temizlenmesi veya ön temizliği. Sadece bazı tozlar için uygundur. Yakma için yakıt gazlarını temizleme veya asit tesisi için gazlar	Asit gazlarının ve buğunun uzaklaştırılması
Seramik filtreler	Toz yeniden kullanıldığına hiçbir	Kırılmalık, tıkanma ve sızdırmazlık. Toz uygun olmalıdır. Maksimum çalışma sıcaklığı 900 °C	Daha yüksek çalışma sıcaklığı	Uygun tozlar için çok iyi performans. Tozu geri dönüştürme potansiyeli
Siklonlar	Toz yeniden kullanıldığına hiçbir	Kötü performans. İnce parçacıklar için sınırlı verimlilik. Maksimum çalışma sıcaklığı 1100 °C	Ön azaltma	Diğer yöntemlerden önce gazların ön temizliği

### 2.12.5.2 Gaz halindeki bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için teknikler

NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HF, HCl ve NO<sub>x</sub> gibi gazlar çeşitli süreçlerde üretilirler; örneğin, izabe sırasında kükürt dioksit üretilir ve elektroliz sırasında hidrojen florür üretilir. Bu gazlar için önleme ve azaltma teknikleri mevcuttur [213, VDI 1998]. Bu gazların emisyonlarının azaltılması genellikle proses kontrolü veya kirletici maddeleri bir cüruf veya mat içinde sabitleyerek mümkündür. Fırınlar ve diğer yanma tesisleri için düşük NO<sub>x</sub> brülörleri ve aşamalı yanma havası kullanımı bu gazların oluşumunu önleyebilir.

Organik ve metalik bileşenler de bazı süreçlerden yayılabilir ve benzer teknikler kullanılarak absorbe edilebilirler.

Gaz halindeki bileşenleri gidermek için aşağıdaki teknikler kullanılır. Metale özgü bölümlerde daha fazla bilgi verilmektedir (Bölüm 3'ten 10'a).

#### Artyakıcılar/Artyanma odaları

##### Açıklama

Bir artyakıcı veya termal oksitleyici (TO), egzoz gazı akışındaki kirleticinin oksidasyon reaksiyonu oluşturmak için kontrollü bir ortamda oksijenle reaksiyona girdiği bir yanma sistemidir.

Rejeneratif bir artyakıcı veya rejeneratif termal oksitleyici (RTO), refrakter destek yatakları kullanarak gaz ve karbon bileşiklerindeki termal enerjiyi kullanmak için rejeneratif bir süreç



kullanan bir yanma sistemidir. Yatağı temizlemek için gaz akışının yönünü değiştirebilen bir manifold sistemi gereklidir.

Katalitik artyakıcı veya katalitik termal oksitleyici (CTO), kirleticinin parçalanmasının tipik olarak 350 °C ila 400 °C arasındaki daha düşük sıcaklıklarda metal bir katalizör yüzeyinde gerçekleştirildiği bir yanma sistemidir.

### Teknik Açıklama

Yanma sistemleri, endüstride bir gaz akışında CO, toz veya gaz halindeki karbonlu malzemeyi oksitlemek için kullanılırlar. Çeşitli tipte yanma sistemleri kullanılmaktadır.

- Gazların tipik olarak 850 °C ile 1000 °C arasında ısıtıldığı ve mevcut VOC'lerin tahrip edilmesini sağlamak için en az 0,5 saniye (klorlu bileşen bulunmaması koşuluyla) tutulan termal oksitleyici olarak da adlandırılan yüksek sıcaklıklı artyakıcıları. Artyakıcılar bir brülör sistemi kullanırlar (sürekli olarak kullanılları gerekmez).
- Rejeneratif termal oksitleyiciler (RTOs) olarak da adlandırılan rejeneratif artyakıcılar, refrakter destek yatakları kullanarak gaz ve karbon bileşiklerindeki termal enerjiyi kullanmak için rejeneratif bir sistem kullanmaktadır. Yatağı temizlemek için gaz akışının yönünü değiştirebilen bir manifold sistemi gereklidir.
- Katalitik artyakıcılarda [katalitik termal oksitleyici (CTO) olarak da adlandırılırlar], kirleticinin parçalanması daha düşük sıcaklıklarda (350 °C-400 °C) metal bir katalizör yüzeyinde yürütülür.
- Atık gazları yakmak için tasarlanmış fırınlar; örneğin, aşırı CO giderimi ve enerjiyi geri kazanmak için.
- Bir fırının giriş şaftı veya çıkış kısmı, bu noktada ek oksijen eklenirse bir artyakıcı olarak kullanılabilir.

Artyakıcılar termal oksidasyon ile PCDD/F dahil olmak üzere organik bileşikleri yok ederler. Daha fazla enerji gereklidir, bu da kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak daha fazla CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonu ile sonuçlanabilir.

Artyakıcılar, özellikle yağ giderme ve kaplama temizleme işlemleri gibi organik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarda üretildiği işlemlerde yararlıdır. Bu bileşenlerin bir fırında bulunması yüksek miktarda yanma ürünü üretir ve, fırında çok kısa bir ikamet süresine ve bu nedenle kısmen yanmış gazların emisyonuna neden olur.

Belirli bir uygulama için doğru tasarlanmış, inşa edilmiş ve boyutlandırılmış tesisler, VOC'leri, PCDD/F'yi, organik veya karbon parçacıklarını veya CO veya H<sub>2</sub> gibi yanıcı gazları gidermeyi sağlayacak tekniklerdir. Isı geri kazanımı mümkün olduğu her zaman uygulanmalıdır. Bir artyakıcıda etkili yanma için temel gereklilikler şunlardır:

- Yanma odasında veya rejeneratif sistemde yeterli ikamet süresi; bu süre tam yanma sağlamak için yeterli oksijen varlığında yeterince uzun olmalıdır. Klorlu bileşiklerin varlığına bağlı olarak, %99'luk yok etme verimliliği genellikle ilgili sıcaklıkta iki saniyelik bir ikamet süresi gerektirir. Daha düşük ikamet süreleri ve sıcaklıklar da VOC'ler ve PCDD/F'nin tamamen tahrip edilmesine neden olabilir, ancak bu daha sonra gerçek çalışma koşulları altında o tesiste teyit edilmelidir. Gazlar, PCDD/F reformasyonunun sıcaklık aralığında iken hızla soğutulmalıdır. Türbülans, yanma bölgesinde verimli ısı ve kütle transferi sağlamak ve soğuk noktaları önlemek için gereklidir. Bu genellikle dönen bir alev üreten brülörler kullanılarak ve yanma odasına perde duvarlar yerleştirilerek elde edilir.
- 200–400°C üzerinde bir çalışma sıcaklığı çoğu kararlı maddenin kendiliğinden tutuşma sıcaklığının üzerindedir, bu nedenle minimum çalışma sıcaklıkları 850°C'nin üzerindedir. Gaz akışının klorlu maddeler içerdiği durumlarda, sıcaklıklar 1100–1200°C'ye yükseltilmeli ve PCDD/F'nin yeniden oluşmasını önlemek için hızlı baca gazı soğutması gereklidir.

## Bölüm 2

- Katalitik ünitelerin daha düşük sıcaklıklarda çalışması. Alevler türbülans, hava ve bir ateşleme kaynağı gerektirir. Gerekirse ek yakıt eklenebilir.
- Yanmayı optimize etmek için brülörlerde hava/yakıt oranının mikro-işlemci ile kontrolü.
- Besleme gazında bulunan malzemelerin etkili bir şekilde tahrip edildiğini teyit etmek için birlikte kullanılan ekipman, çalışma sıcaklığı ve ikamet süresi kombinasyonunun performansının belirlenmesi.

### Elde edilen çevresel faydalar

Organik bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

Üretilen ısı kullanılamaz ise enerji tüketiminde potansiyel artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 196, Finkeldei, L. 1999 ], [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 211, VDI 2003 ], [ 212, VDI 1995 ], [ 214, VDI 2005 ], [ 103, COM 1998 ], [ 233, COM 2008 ]

### Islak gaz yıkayıcı

#### Açıklama

Islak gaz yıkayıcı işleminde, gazlı bileşikler bir çözelti içinde çözülür. Islak yıkayıcının aşağı akışında, baca gazları su ile doyurulur ve baca gazları deşarj edilmeden önce damlacıkların ayrılması gerekir. Ortaya çıkan sıvı bir atık su arıtma sisteminde arıtılmalıdır ve çözünmeyen madde sedimantasyon veya filtrasyon ile toplanır.

#### Teknik Açıklama

Islak gaz yıkayıcı sistemleri, endüstride düşük konsantrasyonlarda gaz halindeki bileşenleri gidermek için, tanecikleri gidermek için (*bkz.* Bölüm 2.12.5.1.6) ve aynı zamanda sıcaklığı kontrol etmek için (adyabatik soğutma ile) kullanılır. Bu uygulamalar için temel teknoloji benzer olsa da toz ve gaz halindeki bileşenleri gidermek için tasarım kriterleri çok farklıdır. Islak gaz yıkayıcı sistemleri genellikle aynı anda her üç işlem için kullanılır ve bu nedenle uygulamaya bağlı olarak tasarım kaçınılmaz olarak ek atık su üretimi gibi bir taviz ve önemli çapraz ortam etkilerine neden olabilir.

Deniz suyundan alkali çözeltilere kadar çeşitli gaz yıkama ortamları kullanılır. Bir yıkayıcının kullanıldığı uygulama tipi, performansı izlemek için ölçülmesi gereken parametreleri belirler. Kullanılan parametreler şunlardır: basınç düşüşü ve yıkama sıvısı akışı, sıcaklık, bulanıklık, iletkenlik ve pH. Potansiyel olarak önemli çapraz ortam etkileri vardır ve bunların yerel olarak dikkate alınması gerekir.

Belirli bir uygulama için doğru tasarlanmış, inşa edilmiş ve boyutlandırılmış yıkayıcılar, düşük konsantrasyonlarda kükürt dioksit (%1'den az) ve HF ve HCl gibi diğer asit gazlarını gidermek

için kullanılabilir tekniklerdir.

Islak gaz yıkayıcılar, basınç düşmesi, sıvı akışı ve pH'ı izlemek için mümkünse bir sistem içermelidir ve temizlenmiş gazlar yıkayıcıdan çıktıklarında bir buğu gidericiye aktarılmalıdır. Gaz yıkayıcı tarafından üretilen zayıf asidik yıkama sıvısı tekrar kullanılmalı, mümkünse geri kazanılmalı veya suya verilen emisyonları azaltmak için arıtılmalıdır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz, metal ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### **Çapraz ortam etkileri**

- Enerji tüketiminde artış.
- Suya metal karışmasını engellemek için arıtılması gereken bir atıksu üretilir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### **Ekonomi**

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

Emisyonların azaltılması.

### **Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### **Referans literatür**

[ 11, Hatch Associates Ltd 1993 ], [ 13, HMIP (UK) 1994 ], [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 103, COM 1998 ].

### **Kuru ve yarı-kuru gaz yıkayıcılar**

#### **Açıklama**

Kuru toz veya alkali reaktiflerin bir süspanسیون/çözeltisi, atık gaz akışına sokulur ve dağılır. Malzeme, filtrasyon (torba filtresi veya elektrostatik çökeltici) ile tutulması gereken bir katı oluşturmak için gaz formundaki kükürt türleri ile reaksiyona girer. Bir reaksiyon kulesinin kullanımı, yıkama sisteminin yıkama verimini artırır.

#### **Teknik Açıklama**

Kuru gaz yıkama gibi adsorpsiyon teknikleri, asidik gazları absorbe etmek ve metalik veya organik bileşikleri absorbe etmek için kullanılır. Kireç, magnezyum hidroksit, kireçtaşı, çinko oksit ve alümina her iki uygulama için de sıklıkla kullanılır. Çift alkali gaz yıkayıcılar dünyanın başka bir yerinde kullanılmaktadır. Aktif karbon (veya kok), genellikle daha etkili olduğu metal (cıva) ve organik maddeleri giderme uygulamalarında kullanılırlar.

Adsorpsiyon, doldurulmuş kuleler kullanılarak veya reaktif gaz akışına enjekte ederek ve bir reaktör kulesi kullanılarak başarılır. Kumaş filtreler, kısmen reaksiyona girmiş yıkama malzemesini toplamak ve daha fazla adsorpsiyonun gerçekleşmesi için daha fazla yüzey alanı sağlamak için sıklıkla kullanılır. Yıkama malzemesi, adsorptif kapasitenin tam olarak kullanılmasına izin vermek için yıkama sistemi içinde birkaç kez geri dönüştürülebilir. Alümina ve çinko oksit kullanılması durumunda, bunlar daha sonra ana üretim sürecinde kullanılırlar. Alümina tarafından tutulan florürler elektrolitik süreç tarafından geri kazanılırlar.

Kuru gaz yıkamanın bir türevi yarı kuru gaz yıkamadır. Bu durumda, reaktif bulamaç (genellikle

kireç) gaz akışı ile bir reaktöre enjekte edilir. Gaz sıcaklığı yeterince yüksek ise su buharlaşır ve gaz halindeki bileşenler katı parçacıklarla reaksiyona girebilir. Reaksiyona sokulan reaktifin parçacıkları daha sonra gaz akışından uzaklaştırılır. Kuru gaz yıkama, özellikle SO<sub>2</sub> gibi daha az reaktif gazların giderilmesinde ıslak veya yarı kuru gaz yıkama işlemlerine göre daha az etkilidir. Reaktifin etkinliği genellikle malzemenin reaktivitesi ile ilgilidir ve kireç tedarikçileri genellikle belirli uygulamalar için uygun olan bir reaktivitede malzeme üretebilirler.

Bu işlemler SO<sub>2</sub>'yi gidermek için kullanıldığında, baca gazı kükürt giderme (*ing.* flue-gas desulphurization, FGD) teknikleri olarak adlandırılırlar. Anot fırınlarından ve düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip diğer kaynaklardan gelen gazların SO<sub>2</sub> içeriğini azaltmak ve bir sülfürik asit fabrikasından çıkan gazların arıtılması için kullanılırlar. Jips, ıslak yöntemler kullanıldığında üretilir ve bazı durumlarda pazarlanabilir.

Belirli bir uygulama için doğru tasarlanmış, inşa edilmiş ve boyutlandırılmış yıkayıcılar, düşük konsantrasyonlarda kükürt dioksit (%1'den az) ve HF ve HCl gibi diğer asit gazlarını gidermek için kullanılacak tekniklerdir. Aktif karbon kullanan kuru gaz yıkayıcılar, PCDD/F gibi organik maddeleri veya cıva gidermeyi başarmak için düşünülebilecek tekniklerdir. Ayrıca gaz yıkayıcılarda uygulamaya bağlı olarak aşağıdaki tekniklerden biri veya daha fazlası kullanılmalıdır.

- Kuru ve yarı kuru gaz yıkayıcılar uygun karıştırma ve reaksiyon odaları içermelidir.
- Reaksiyon odasında üretilen parçacıklar bir kumaş filtre veya ESP ile tutulmalıdır.
- Kısmen reaksiyona giren yıkama malzemesi reaktöre geri döndürülmelidir.
- Harcanan yıkama malzemesi, mümkünse ana üretim sürecinde kullanılmalıdır. Örneğin, alümina ve çinko oksit kendi süreçlerinde kullanılabilir.
- Sis üretilirse, yarı kuru gaz yıkayıcılar bir buğu giderici içermelidir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Toz, metal ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülemez ise, atık üretimi olabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[11, Ltd 1993], [13, HMIP (İngiltere) 1994], [217, VDI 2004], [226, Nordic Report 2008], [103, COM 1998], [233, com 2008 ]

## Gaz geri kazanım sistemleri

### Açıklama

Yukarıda bahsedilen ve gaz halindeki bileşenleri gidermek için kullanılan ıslak, kuru ve yarı kuru gaz yıkama sistemlerinin yanı sıra bu endüstri, proses gaz akışlarından gazları geri kazanmak için geri kazanma sistemlerinin geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

### Teknik Açıklama

HCl suda absorbe edilebilir ve SO<sub>2</sub> veya NO<sub>x</sub> su veya hidrojen peroksit içinde absorbe edilebilir.

Aşağıdaki örnekler, malzeme döngülerini kapatmak için endüstride kullanılmaktadır.

- Hidroklorik asit döngüsü: hidroklorik asidin (HCl) aşırı miktarda klor ile birlikte kullanıldığı çözünmeyi içeren işlemlerde. Buharlaştırma ve suda toplama kullanılarak, azeotropik bir asit (yaklaşık ağırlıkça %20 konsantrasyonlarında) elde edilir. Bu, sürecin farklı yerlerinde tekrar kullanılır.
- Nitrik asit döngüsü: gümüş ve paladyum genellikle nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) içinde çözülür. Önemli miktarda azot oksit (NO ve NO<sub>2</sub>) içeren atık gazlar, özel bir basamaklı gaz yıkayıcılarda oksijen veya hidrojen peroksit kullanılarak yakalanabilir. Az miktarda NO oksitlemek için gereken uzun süre ve ekzotermik reaksiyonlar yüzünden gaz emiliminin azalması sorunlara neden olur. Bu nedenle, sınır değerlerine ulaşmak ve bacadan çıkan kahverengi dumanı önlemek için soğutma ve birkaç tane gaz yıkayıcı gereklidir. İlk yıkayıcıdan elde edilen nitrik asit genellikle yaklaşık %45'lik (ağırlıkça) konsantrasyona sahiptir ve çeşitli süreçlerde tekrar kullanılabilir. eğer çok yüksek NO<sub>x</sub> konsantrasyonları sürekli olarak ortaya çıkarsa kalıntı azot oksitler, seçici veya seçici olmayan katalitik indirgeme gibi katalitik yollarla giderilebilir [161, Bobeth, A. 1999 ].
- Klor döngüsü: klor, metalleri çözmek için ıslak süreçlerde ve onları rafine etmek için yüksek sıcaklıklarda kuru klorlama adımlarında kullanılır. Her iki durumda da kapalı sistemler kullanılır; örneğin, su ile U-tüpleri ve sızdırmaz elektrolitik hücreler kullanılarak. Klor gazı geri kazanılabilir veya hipoklorit çözeltileri üretilebilir. Hipoklorit, çeşitli rafine etme işlemleri için gaz yıkama çözeltilerinde oksitleyici bir ajan olarak da kullanılır.
- Amonyum klorür döngüsü: oda sıcaklığında buharlaşan solüsyonlarda amonyum kloridin (NH<sub>4</sub>Cl) nispeten düşük çözünürlüğü, bu tuzun kristal çökeltilerini yeniden kullanmayı mümkün kılar.

### Elde edilen çevresel faydalar

Asit gazları ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Suyu metal karışmasını engellemek için arıtılması gereken bir atıksu üretilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların azaltılması.
- Eğer toplanan toz prosese geri döndürülürse, hammadde tasarrufu.

**Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

**Referans literatür**

[ 11, Hatch Associates Ltd 1993 ], [ 13, HMIP (UK) 1994 ], [ 103, COM 1998 ].

**Oksi-yakıt ateşleme****Açıklama**

Teknik, yanma havasının oksijen ile değiştirilmesini ile fırına azot gazının girmesinin önlenmesi ve bunun sonucunda termal NO<sub>x</sub> oluşumunun önlenmesini veya azaltılmasını içerir. Fırındaki azot içeriği, verilen oksijenin saflığına, yakıtın kalitesine ve potansiyel hava sızmasına bağlıdır.

**Teknik Açıklama**

Üretim aşamaları genellikle yüksek sıcaklıklara dayanır, ancak oksijen kullanımı ile de ilişkilidir. Bu, alev içindeki azotun kısmi basıncını azaltır ve azotun çok sıcak bölgelerde büyük miktarlarda bulunmaması koşuluyla azot oksit oluşumunu azaltır. İkincil bakır üretimi için azot oksit emisyonlarının tipik seviyelerinin, fırın ve çalışma türüne bağlı olarak 20 mg/Nm<sup>3</sup> ile 400 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında olduğu bildirilmektedir. NO<sub>x</sub> için, yüksek verimli süreçlerin kullanımı (*örn.* Contimelt), enerji tüketimi ve elde edilen değer arasında yerel olarak kurulacak bir denge gerektirir. Oksi-yakıt brülörleri kullanan ikincil alüminyum sektöründeki diğer fırınlar da NO<sub>x</sub>'de bir azalma gösterebilir, bu süreçler için aralık 50 mg/Nm<sup>3</sup> ile 500 mg/Nm<sup>3</sup>'tür.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Azot oksit emisyonlarının önlenmesi.

**Çevresel performans ve işletim verileri**

Bir brülörde saf oksijen kullanımı ile alevdeki azotun kısmi basıncında bir azalmaya neden olunu ve bu nedenle termal NO<sub>x</sub> oluşumu azaltılabilir. Yüksek miktarda oksijen varlığında daha yüksek gaz sıcaklığına ulaşılması termal NO<sub>x</sub> oluşumunu teşvik edebileceğinden azalma brülörün içinde veya yakınında oksijen zenginleştirme yapılması veya fırına önemli miktarda hava sızıntısı olması halinde gerçekleşmeyebilir. İkinci durumda, bu etkiyi azaltmak ve erime hızındaki iyileşmeyi korumak için brülörün aşağı akışına oksijen verilebilir. Tablo 2.14, çeşitli süreçlerden kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonlarını gösterir.

**Tablo 2.11: Birkaç prosesten çıkan azot oksit emisyonları**

Üretim Yeri	Emisyon Kaynağı	NO <sub>x</sub> aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> , NO <sub>2</sub> olarak)	Yorum
Aurubis, Lünen, DE ikincil bakır	Anot fırını, Cu	100–350	Üst aralığı ELV
Aurubis, Lünen, DE ikincil bakır	KRS fırın	10–100	Oksi-yakıt
Brixlegg, AT ikincil bakır	Şaft fırını	21–300	Oksi-yakıt
AMAG, AT alüminyum	Reverberatory fırın	15–310	Oksi-yakıt
AMAG, AT alüminyum	Döner fırın	10–157	NR
İsimsiz, DE alüminyum	Talaş kurutma makinesi	40–350	Üst aralığı ELV
AMAG, AT alüminyum	Talaş kurutma makinesi	69–101	NR
AMAG, AT alüminyum	Devirme döner fırın	11–36	Oksi-yakıt
Unnamed DE ikincil kurşun	İkincil eritici	< 50	NR
Affinage de Lorraine, FR alüminyum üretimi	Döner fırınlar	28–160	Oksi-yakıt

Elkem, Thamshavn, NO Ferro-alaşım	Elektrik Ark Fırını	230-400	NR
NR = Rapor edilmedi. ELV = Maruziyet Limit Değeri ( <i>ing.</i> Exposure Limit Value) Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 194, Mezger, G. 1999 ], [ 256, Winter 2007 ], [ 249, Austria, Brixlegg 2007 ], [ 276, Schmitt G. 2008 ], [ 233, COM 2008 ]			

### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Oksi-yakıt ateşleme, kullanımındaki yanma ve pirometalürjik süreçlerinin çoğuna uygulanabilen bir tekniktir. Tam fayda, yanma odası ve azaltma sistemlerinin daha düşük gaz hacimleri için tasarlanabileceği yeni tesislerde edilir. Teknik, mevcut tesisler için de geçerlidir ve birçok durumda tadilat yapılabilir.

### Ekonomi

Oksi-yakıt ateşlemenin ekonomik avantajları, esas olarak üretim oranı açısından iyileştirmelerle ilgilidir. 1999 yılında ikincil alüminyum sektöründe sabit maliyetler iki fırın için 145 Euro/ton civarındaydı (yıllık 22.561 ton/yıl). Oksi-yakıt brülörlerinin sağladığı yüksek verimlilik, bu maliyetlerin yaklaşık 122 Euro/ton (22.651 x 145/27.000) civarına düşürülmesine neden olacaktır. Bu nedenle 27.000 t/yıl'lık bir üretim oranı için 23 Euro/ton'luk bir potansiyel tasarruf vardır.

İkincil alüminyum üretimi için oksi-yakıt ateşleme ile ilgili maliyetlere ilişkin bazı veriler Tablo 2.15'te verilmiştir.

**Tablo 2.12: Sekonder alüminyum üretimi için oksi-yakıt ateşlemede yer alan maliyetlere ilişkin veriler [ 276, Schmitt G. 2008 ].**

Parametre	Fayda/Maliyet	Yorum
Ergitme Süresi	-2.45 saat/şarj	Azaltılmış ergitme süresi
Üretkenlik	+0.84 t/saat	Fırının artan verimliliği
Gaz tüketimi	-80 m <sup>3</sup> /t (ton oksijen)	Azaltılmış gaz tüketimi
O <sub>2</sub> tüketimi	+126 m <sup>3</sup> /t	Ek oksijen tüketimi

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Toz emisyonlarının engellenmesi.
- Enerji tasarrufu.

### Örnek tesisler

DE, at, FR, BE ve UK'deki tesisler.

### Referans literatür

[ 234, UBA (D) 2007 ], [ 194, Mezger, G. 1999 ], [ 256, Winter 2007 ], [ 249, Austria, Brixlegg 2007 ], [ 276, Schmitt G. 2008 ], [ 122, ETSU 1994 ], [ 103, COM 1998 ].

### Hidrokarbonlar ve VOC'leri uzaklaştırmak için teknikler

#### Açıklama

VOC'leri uzaklaştırmak veya imha etmek için kullanılan teknikler, arıyıcılar (*bkz.* Bölüm 2.12.5.2.1), ıslak gaz yıkayıcıları (*bkz.* Bölüm 2.12.5.2.2), kuru gaz yıkayıcılar (*bkz.* Bölüm 2.12.5.2.3) biyofiltreler ve biyoyıkayıcı cihazlarıdır.

Bir biyofiltre, atık gaz akımlarından kaynaklanan kirleticilerin doğal olarak oluşan mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak oksitlendiği bir organik malzeme yatağından oluşur.

## Bölüm 2

Bir biyoyıkayıcı, ıslak gaz yıkamasını ve biyolojik bozunmayı birleştirir; gaz halindeki zararlı bileşenleri oksitlemek için uygun bir mikroorganizma popülasyonunu içeren yıkama suyu kullanılır.

### Teknik Açıklama

TVOC ve VOC'ler, yetersiz yanma sonucu; hidrokarbonların depolanması, süreç işlemlerinde üretilen CO ve hidrokarbonların uzaklaştırılması, parçalardan gres giderimi, solvent ekstraksiyonu süreci gibi işlemler sırasında; ve solvent ve yakıt içeren tanklardan sızıntı sonucu meydana gelirler. Malzemeler aromatik, alifatik, klorlu organik veya su bazlı olabilir. Ekotoksisite malzemenin malzemeye değişmektedir ve bu, en iyi malzemeyi kullanmak ve her saha bazında kullanılması gereken doğru azaltım sistemini belirlemek için dikkate alınmalıdır. Emisyonları önlemek için çevreleme/kapatma uygulanır ve havayla teması en aza indiren mikserler/çöktürücüler kullanılabilir. Solvent veya yakıt buharlarının çıkarılması ve egzoz gazlarından ayrılması gerekir.

Tekniklerin kombinasyonları, çok değişik türdeki hidrokarbonların bulunduğu yerlerde kullanılır. Biyofiltreler ve reaktörler de kullanılmaktadır [156, VDI 2008]. Malzemenin yeniden kullanılmak üzere geri kazanılmasını sağlayan aktif karbon filtreler ve soğutucu/yoğunlaştırıcı sistemler kullanılır. Bir çözücü ekstraksiyon işleminde, havalandırma havası soğutulur ve çözücü uzaklaştırılıp üretilen bir ton kobalt başına 0,2 kg seviyesine kadar düşürülür. VOC'ler ayrıca çözücülerin teslimatı sırasında da salınabilirler. Kaçan gazların teslimat tanklerine geri gönderilmesi, VOC'lerin emisyonunu en aza indirmek için kullanılır.

Isı geri kazanımı mümkün olduğunda kullanılmalıdır.

Yağlı malzeme besleme olarak kullanılırsa VOC'ler salınabilir. VOC'ler ayrıca solventi yağdan arındırma veya solvent ekstraksiyonu işlemlerinden de salınabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Hidrokarbonların ve VOC'lerin emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

Üretilen ısı kullanılmazsa, enerji kullanımındaki artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Birkaç rejeneratif termal oksitleyici (RTO), düzgün bir şekilde çalışmaktadır. Bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallerden bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[212, VDI 1995], [234, UBA (D) 2007], [242, Infomil 2008], [226, Nordic Report 2008], [157, Winter, B. ve diğ. 1999], [103, COM 1998], [233, COM 2008], [348, Solios 2010].

### Diğer safsızlıkların giderilmesi

Sülfürik asit ve sülfür dioksitin geri kazanımında zorluk yaratmalarına ek olarak, cevherlerde



bulunan diğer demir dışı metaller ve konsantreler olumsuz çevresel etkiye sahiptir. Halihazırda uzaklaştırılmamışlar ise uzaklaştırılmaları gerekir. Ayrıca maddi bir değere sahiptirler ve bu nedenle de üretimi yapılacak esas metalden ayrı olarak geri kazanılıp toplanırlar. Bu nedenle, bunları gidermek ve geri kazanmak için ek saflaştırma aşamaları kullanılır ve bunlar, metallere bahsedilen bölümlerde rapor edilmiştir.

### 2.12.5.2.1.1 Diğer metaller

#### Açıklama

(İngilizce metinde eksik)

#### Teknik Açıklama

Pirometalurjik işlemler, diğer metalleri uçucu hale getirerek ve/veya cürufa katarak, istenen metalden safsızlıkları uzaklaştırmak için kullanılır. Örneğin, çinko, bizmut, kurşun, kalay, kadmiyum, arsenik ve galyum, fırındaki çalışma koşulları altında buharlaşabilir ve eriyikten duman halinde uzaklaştırılır. Çalışma sıcaklığının seçimi işlemin bu aşamasını etkiler ve bu metal oksitler uygun bir toz giderme tekniği kullanılarak toplanabilirler. Metaller daha sonra toplanan baca tozlarından çeşitli yollarla geri kazanılır. Cüruf temizleme fırınları ve cüruf dumanlama işlemleri de baca tozları olarak toplanan uçucu metalleri gidermek için kullanılır. Bu baca tozları ve diğer kalıntılar çeşitli metallere üretimi için bir hammadde kaynağı oluşturur.

Uçucu metaller ve bunların oksitleri, diğer işlemlerden gelen tozlar ve kalıntılarda, örneğin çelik üretiminden kaynaklanan tozlarda da bulunur. Bu kalıntılar, çinko ve diğer uçucu metalleri geri kazanan diğer işlemler için hammadde sağlar. Bu işlemlerde, bir döner fırın (Waelz fırın) veya bir Ausmelt/ISASMELT fırını metalleri dumanlamak ve çinko ve kurşunun karışık bir oksit içinde zenginleşmesini sağlamak için kullanılır, bu da diğer pirometalurjik işlemlerde geri kazanılabilir.

Hidrometalurjik tesislerde kullanılan tanklar ve diğer ekipmanlar, güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için çoğunlukla atmosfere doğru havalandırılmaktadır. Bu havalandırma havası, çözüldüden kaynaklanan metal bileşiklerini içeren bir asit buharı içerebilir. Uzaklaştırma teknikleri ıslak gaz yıkayıcıları veya buğula gidericileri içerir. Buğula giderici elemanlar, hava çıkışı bacalarındaki veya soğutma kulelerinin üstündeki gaz akışına yerleştirilir ve tutulan çözelti, ana hazneye geri aktarılır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Metal emisyonlarının azaltılması.
- Metallerin geri kazanılması

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

#### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Eğer toplanan materyaller prosese geri döndürülemez ise, atık ve atıksu üretimi olabilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

#### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallere bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

#### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Emisyonların önlenmesi ve azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 226, Nordic Report 2008 ], [ 103, COM 1998 ].

#### 2.12.5.3 PCDD/F emisyonlarını azaltma teknikleri

Bu belge, dioksinler ve furanlar birlikte PCDD/F olarak adlandırılmaktadır.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler arasında, hem birincil teknikler (yanma koşullarının iyileştirilmesi, organik bileşiklerin beslemeden çıkarılması veya fırın yükleme sistemlerinin modifikasyonu gibi) ve “boru sonu” teknikleri (etkili toz filtrasyonu, aktif karbon eklenmesi veya arıyıcılar) yer alır.

#### Teknik Açıklama

PCDD/F, klorlu organik ön maddelerin gaz fazında reaksiyonları ile oluşur. Her zaman mevcut olan bir karbon kaynağının yanı sıra, giriş materyallerinde (tipik cevherlerde 30-300 ppm ve metallerde birkaç ppm) veya yakıtlarda (ticari kok, ağırlıkça %0,05 civarında bir klor içeriğine sahiptir) sadece az miktarda klor bulunması PCDD/F'nin oluşması için yeterlidir. PCDD/F oluşturmaya eğilimli süreçler şunları içerir: örneğin, yanma süreçleri, cevher sinterleme, metal izabesi ve dolayısıyla pirometalurjik süreçler. PCDD/F oluşumunun büyük kısmı, reaktif karbon, klor, oksijen ve bakır gibi katalitik olarak aktif bir metal varlığında atık gaz soğurken yaklaşık 400°C ila 200 °C arasındaki sıcaklık penceresinde “de novo sentezi” yoluyla gerçekleşir.

Demir dışı metalurjide PCDD/F oluşumunun ana kaynakları [306, COM 2007 ]:

- ikincil bakır, alüminyum ve kurşunun izabesi (yeterli çalışma koşulları veya gaz temizliği yokken klor ve organik maddeler içeren kirli besleme malzemeleri yüzünden);
- metallerin eritilmesi ve alaşımların üretilmesi sırasında, özellikle bakır varlığında ve substokiyometrik koşullar altında gazla ısıtıldığında.

PCDD/F oluşumunun küçük kaynakları şunlardır:

- Dökümhaneler;
- İkincil bakır, alüminyum ve kurşun izabesi (optimize edilmiş operasyonda ve/veya baca gazı arıtması mevcutken temiz besleme malzemeleri kullanarak).

İyi tanımlanmamış kaynaklar şunlardır:

- Diğer sinterleme süreçleri, çünkü demir dışı cevherlere nispeten küçük bir ölçekte uygulanırlar;
- Muhtemelen ihmal edilebilir kaynaklar; örneğin, yeterli ısı geri kazanımı olmayan ama iyi tasarlanmış, iyi çalışan termal veya katalitik arıyıcı veya de-NO<sub>x</sub> kataliziyle donatılmış diğer işlemler.

Bununla birlikte, PCDD/F'nin atık gazla birlikte salınıp salınmayacağı ve ne ölçüde salınacağı, sadece kullanılan yakıtlara ve işlenen malzemelere (örn. katalitik özelliklere sahip metaller) değil, aynı zamanda öncelikle proses kontrolüne (kütle aktarım koşulları) ve spesifik atık gaz koşullarına (örn. sıcaklık, farklı sıcaklık pencerelerinde ikamet süresi, SO<sub>2</sub> içeriği) bağlıdır. PCDD/F, deniz suyundan ve dolomitten magnezyumun elektrolitik üretimi gibi klorlama gerektiren süreçlerde metallerin üretimi ile de ilgilidir.

Bu endüstri, hurda endüstrisinden gelen ikincil hammadde kaynaklarına dayanır. Kabul edilen hurda kalitesi değerleri olmasına rağmen, mevcut yabancı maddeler eksik yanma sırasında veya de novo sentezi ile PCDD/F oluşumuna neden olabilir. Elektrik ark fırını tozunda PCDD/F'nin varlığı ve trafo hurdalarında ve diğer malzemelerde poliklorlu bifenillerin varlığı PCDD/F'nin

doğrudan potansiyel kaynaklarıdır.

Hurda veya diğer karbon kaynakları (kok gibi kısmen yanmış yakıtlar ve indirgeyici maddeler) üzerinde yağ ve diğer organik malzemelerin varlığı, inorganik klorürler veya organik olarak bağlı klor ile reaksiyona girebilen ince karbon parçacıkları üreterek 250°C ila 500°C sıcaklık aralığında PCDD/F oluşumuna sebep olabilir. Bu süreç de novo sentezi olarak bilinir ve bakır veya demir gibi metallerin varlığı ile katalizlenir. Prekürsör veya organik madde miktarını en aza indirmek için yem malzemesinin önceden seçilmesi veya arıtılması PCDD/F oluşumunu önlemek için çok önemli bir önlemdir.

Belediye katı atık yakma fırınlarında yüksek seviyelerde SO<sub>2</sub>'nin de novo sentezi için bir katalizör olarak hareket ettiği söylenen CuCl<sub>2</sub>'nin oluşumunun CuSO<sub>4</sub> oluşumu ile engellenerek de novo sentezini inhibe ettiği bildirilmiştir [278, Hunsiger ve ark 2007]. Bu etki demir dışı metaller sektöründe uygulanabilir olabilir ve SO<sub>2</sub> gidermenin hangi aşamada yapılacağını etkileyebilir.

PCDD/F, oksijen varlığında yüksek sıcaklıklarda (850 °C'nin üstünde) yok olmasına rağmen, gazlar soğutulduğu sırada "reformasyon penceresi"nde iken de novo sentezi süreci hala mümkündür. Bu pencere azaltma sistemlerinde ve fırının soğuk kısımlarında, *örn.* besleme alanında, bulunabilir. Reformasyon penceresinde ikamet süresini en aza indirerek de novo sentezini önlemek için soğutma sistemlerinin tasarımında özen gösterilmektedir. Sıcak gazlarda yeterli oksijen bulunmalıdır ve tam yanma sağlamak için oksijen enjeksiyonu kullanılabilir. PCDD/F, katı madde üzerine kolayca adsorbe edilir ve toz, gaz yıkayıcı katıları ve filtre tozu gibi tüm arıtma ortamları tarafından toplanabilir.

PCDD/F emisyonlarını azaltmak için olası yöntemler aşağıda verilmiştir.

- Aktif karbon tekniği: kalsiyum hidrata (veya kireç, sodyum bikarbonat vb.) eklenen aktif karbonun organik kontaminasyona sahip metal içeren hammadde kullanan ikincil alüminyum eritme tesislerinde etkili bir adsorban olduğu kanıtlanmıştır. Aktif karbon, bir dizi diğer metalin de geri kazanıldığı bir birincil bakır izabe fırınında da kullanılır, ince taneli aktif karbon PCDD/F'yi bağlar ve kumaş filtrelerde veya ESP'lerde tutulur. Katkı maddesinin miktarı ve bileşimi, proses koşullarına ve giriş malzemelerinin kökenine ve bileşimine büyük ölçüde bağlıdır. Bir adsorban ihtiyacını azaltmak için, filtre tozunun tümünü veya bir kısmını işleme geri döndürmek yararlı olabilir. Ayrıca, gerekli adsorban tesisinin emisyon davranışına uyarlanmalıdır. Sorbent tüketimi ile ilgili olarak, her durumda kullanılan izabe teknolojisi ile ilgili olarak optimize edilmiş çözümler ayrı ayrı test edilmelidir.
- Yanma koşulları: yanma koşullarının iyileştirilmesi, zenginleştirilmiş hava veya saf oksijen kullanımını, oksijenin yanıcı maddelerle arttırılmış veya geliştirilmiş karıştırılmasını ve yanma sıcaklığının veya yüksek sıcaklıklarda ikamet süresinin arttırılmasını içerebilir.
- Termal ardıl yanma veya arıyıcı: atık gazın yakılması ve ardından sıcak gazın hızlı bir şekilde söndürülmesi PCDD/F oluşumunu da en aza indirir. PCDD/F'nin tahrip edilmesi için katalitik oksidasyon sistemleri de mevcuttur.
- Organik içeriğin azaltılması: beslemeden organik kirleticilerin (*örn.* işleme yağı, kaplamalar) çıkarılması da PCDD/F oluşumunu azaltmak için bir önlemdir.
- Bir fırının üst bölgesine oksijen enjeksiyonu: söz konusu işlemde bir arıyıcının takılmasına izin verecek yer yoktur. Elde edilen gaz karıştırma derecesine ilişkin bazı kısıtlamalar vardır, ancak genel performans kabul edilebilir.
- Fırın şarj sistemlerinin modifikasyonu: yarı kapalı fırınlarda küçük, eşit hammadde eklemeleri yapabilmek için değişiklikler yapılmıştır. Bu, şarj sırasında fırının soğumasını azaltır, daha yüksek gaz sıcaklıklarını korur, işlemi optimize eder ve PCDD/F'nin yeniden oluşmasını önler [ 233, COM 2008 ].
- Toz ve PCDD/F'yi gidermek için yüksek verimli toz filtrasyonu: PCDD/F toz üzerine emilebilir ve yüksek verimli toz filtrasyonu kullanılarak giderilebilir. Katalitik bir tabaka

içeren kumaş filtrelerinin mevcut olduğu bildirilmiştir.

### Elde edilen çevresel faydalar

PCDD/F ve CO emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Metallerden bahsedilen bölümlerde performans ile ilgili bilgiler verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış (oksijen üretmek için gerekli).
- Toplanan toz yüksek PCDD / F konsantrasyonları olabilir ve fırına toz döndürerek bertaraf veya dikkatle tedavi edilmesi gerekebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Ekonomi

Tüm işlemler için hiçbir veri rapor edilmemiştir, ancak ikincil alüminyum için Fransa'da kullanılan teknik aşğıdaki maliyetleri bildirmektedir:

- Toplam yatırım maliyetleri, hem oxy-fuel brülörleri hem de linyit kok enjeksiyonu için 485.000 Euro civarında idi. Tek başına kok enjeksiyonunun maliyeti 183.000 EUR'dur.
- Ölçüm ve kontrol işletme maliyetleri 36.400 Euro'dur.
- Ton başına 23 Euro tutarında maliyet tasarrufu da vardır, bu da yılda 300.000 Euro'yu temsil eder. Sonuç olarak, geri ödeme süresi iki yıldan azdır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Çevresel izinlere uyum.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[121, Rentz, O. ve diğ. 1999], [234, UBA (D) 2007 ], [ 256, Winter 2007], [249, Avusturya, Brixlegg 2007], [276, Schmitt G. 2008], [178, UBA (A) 1998].

### 2.12.5.4 Kükürt dioksit emisyonlarını azaltma teknikleri

Aşağıdaki bölümler, LVIC-AAF BREF'de [ 339, COM 2007] rapor edilenlere ek olarak, demir dışı metal izabe fırınlarının egzoz gazından kükürt dioksitinin giderilmesini sağlayacak MET'lerin belirlenmesinde dikkate alınacak teknikleri tanımlar.

### Değişen gaz koşullarında çalışan çift temaslı/çift adsorpsiyonlu sülfürik asit tesisleri

#### Açıklama

Bu süreçte, gazdaki kükürt dioksit gaz vanadyum pentoksit katalizör yatağından geçirildiğinde temas sonucu kükürt trioksitine dönüştürülür. Bazen katalizöre, özellikle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu düşük ve değişken olduğunda veya sıcaklık düşük olduğunda performansı arttırmak için sezyum oksit ile eklenir. Tek ve çift temas/çift adsorpsiyonlu tesisler kullanılmaktadır; ikincisi daha yaygın olarak uygulanır.

#### Teknik Açıklama

Çift temas/çift adsorpsiyonlu sülfürik asit tesisi, bir gaz arıtma ve yıkama bölümü ve dört geçişli bir temas tesisini içerir. Sezyum oksit tarafından desteklenen modern bir katalizör kullanır.

### Elde edilen çevresel faydalar

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Değişik gaz koşulları altında çalışan bazı sülfürik asit tesislerinin verileri Tablo 2.16'da gösterilmiştir. Kükürt dioksit için yüksek bir dönüşüm oranı elde edilir, bu da emisyonların azalmasına neden olur (bkz. Tablo 2.17). Dönüşüm oranı %99,7 ile %99,85 arasında olup, bu süre geçtiğimiz günlerde güncellenmiş bir tesiste uzun bir ortalama süre içinde elde edilmiştir. [331, Chmielarz A. ve diğ. 2009]

**Tablo 2.13: Değişik gaz koşullarında çalışan sülfürik asit tesisleri**

Sülfürik asit tesisi verileri (Proses tipi ve normal olarak çalışan tesislerde gösterilen ek azaltma önlemleri ile)											
Şirket	SO <sub>2</sub> kaynağı	Hat	Kapasite (t/gün)	Proses Tipi	Yatak sayısı	Cs-destekli katalizör	Giriş SO <sub>2</sub> hacmi (%)	Dönüştürme oranı (%)	SO <sub>2</sub> yıllık ortalama (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> günlük ortalama (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> azami 1/2 saat ortalama (mg/m <sup>3</sup> )
Atlantic Copper, Huelva	Flaş izabe fırını ve PS konvertör	1	2200	Çift temas/çift adsorpsiyon	5	Kısmen 4. Yatak	5–11,5	99,7–99,83	500–00	400–800	1000'e kadar
		2	600		4	Son yatak	5, 5–8,5	99,7	500–700	400–800	1200'e kadar
		3	1300		5	Yok	5–10	99,7–99,8	500–800	900'e kadar	1200'e kadar
KGHM Głogów 1	Hoboken konvertör	NA	700	Çift temas/çift adsorpsiyon	4	Yok	4,5–8	99,8	300–800	NR	800
KGHM Głogów 2	Flaş fırın (Cu için), Kaldofırın (Ag için)	NA	900	Çift temas/çift adsorpsiyon	4	Yok	6–8	99,9	300–800	NR	800
Aurubis AG, Hamburg	Flaş izabe fırını ve PS konvertör	1	1300	Çift temas/çift adsorpsiyon	4	İlk ve son yatak	5–12	99,7–99,8	500–800	900'e kadar	1200'e kadar
		2	1300		4	İlk ve son yatak	5–12	99,7–99,8			
		3	1300		5	İlk yatak	5–12	99,8			

NB: NA = geçerli değil; NR = rapor edilmedi.

Operasyonel veriler Tablo 2.17'de verilmiştir. SO<sub>x</sub> konsantrasyonları %5 ila %12 arasında değişmektedir.

**Tablo 2.14: Değişen gaz koşullarında çalışan sülfürik asit tesisleri için performans verileri [ 238, ECI 2012 ], [ 228, COM 2007 ] [ 233, COM 2008 ], [ 231, COM 2007 ].**

Komponent	Ölçülen Değerler	
Atık gaz hacmi:	320.000	(Nm <sup>3</sup> /saat)
SO <sub>2</sub>	100–770	(mg/Nm <sup>3</sup> )
SO <sub>3</sub>	20–50	(mg/Nm <sup>3</sup> )
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> olarak)	20–45	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Cl- (HCl olarak)	2–7	(mg/Nm <sup>3</sup> )
F- (HF olarak)	1–4	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Artık toz	< 2	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Artık toz aralığı	1–7	(mg/Nm <sup>3</sup> )
<b>Komponent Aralığı:</b>		
Cd	< 0,01–0,02	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Hg	< 0,01–0,07	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Tl	< 0,01–0,02	(mg/Nm <sup>3</sup> )
As	< 0,01–0,1	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Se	< 0,01–0,02	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Sb	< 0,01–0,03	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Pb	< 0,01–0,15	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Cu	< 0,01–0,09	(mg/Nm <sup>3</sup> )
PCDD/PCDF	0,001–0,01	(ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )

Değişken SO<sub>2</sub> giriş konsantrasyonlarına sahip mevcut tesisler için >%99,7'lik dönüşüm sağlanır. LVIC-AAF BREF'de [339, COM 2007] bildirilen mevcut sülfürik asit tesislerini güncelleme teknikleri incelenmiş ve yeni veriler Lurgi (Outotec) tarafından sağlanmıştır [344, Outotec 2010]. Beşinci bir yatağın eklenmesi, dört geçişli bir tesisin son (4.) yatağına sezyum-destekli bir katalizör eklenmesi ile benzer şekilde dönüşüm oranında iyileşme sağlar.

Yıkama bölümünde 12–15 m<sup>3</sup>/s zayıf asit (%5 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) üretilir ve genellikle nötralizasyona gönderilir, ancak bazı durumlarda asit çıkıntısının termal ayrışmasında kullanılabilir.

### Çapraz ortam etkileri

Arıtma ve/veya bertaraf gerektiren katı atık ve zayıf asit üretimi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknikler mevcut tesislerin çoğu için geçerlidir.

### Ekonomi

2002 yılında bir çinko konsantresi kavurma ekipmanı (550 t/gün çinko konsantresi), bir atık ısı kazanı ve bir su arıtma tesisi, bir gaz arıtma tesisi, zayıf asit arıtımı ve 148.000 t/yıl asit üreten yeni bir çift kontak/çift adsorpsiyonlu sülfürik asit tesisi için maliyet 40 milyon Euro idi.

Bakır sektöründeki mevcut tesislerdeki değişiklikler için diğer maliyetler Tablo 2.18'de verilmiştir.

**Tablo 2.15: Mevcut sülfürik asit tesislerinde değişiklikler için maliyetler**

Yıl	Teknik	Tahmini Maliyet	Kaynak
2009	120.000 m <sup>3</sup> /saat kapasiteli mevcut bir tesise 5. yatak (2+2 ila 3+2) eklenmesi ve bir üfleyici kapasitesi artışı ile %11 SO <sub>2</sub> giriş konsantrasyonu	10 milyon Euro	Lurgi (Outotec) tarafından güncellenmiş maliyet
2009	120.000 m <sup>3</sup> /saat kapasiteli iki mevcut tesiste 4. yataktaki katalizörün, sezyum destekli katalizör ile değiştirilmesi ve %11 SO <sub>2</sub> giriş konsantrasyonu - ısı eşanjörünün değiştirilmesi için gereken maliyetler hariç	800.000 Euro	Lurgi (Outotec) tarafından güncellenmiş maliyet

2009	1.000.000 t/yıl asit üreten bir asit tesisi için H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> yıkayıcı	30 milyon Euro	Lurgi (Outotec) tarafından güncellenmiş maliyet
------	---	----------------	---

### Uygulamanın sağladığı faydalar

- Satılabilir sülfürik asit üretimi.
- Gerekli çevresel performans.

### Örnek tesisler

Hamburg (DE), Głogów (PL), ve Huelva (ES).

### Referans literatür

[ 121, Rentz, O. et al. 1999 ], [ 331, Chmielarz A. et al. 2009 ], [ 253, Eurometaux 2008 ].

### Demir dışı metal üretimi ile ilişkili düşük SO<sub>2</sub> giriş konsantrasyon varyasyonları ile güncellenmiş sülfürik asit tesisleri

#### Açıklama

Aşağıya bakınız.

#### Teknik Açıklama

Bir çift temas/çift adsorpsiyonlu sülfürik asit tesisi, ile bir Outotec flaş izabe fırını ve flaş konvertör fırından çıkan ve %30-40 SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahip atık gaz arıtmak için kullanılmaktadır. Tesiste dört geçiş vardır ve üçüncü geçişten sonra ara adsorpsiyon vardır. Modern bir katalizör kullanılmaktadır. İlk geçişten sonra buhardaki ısıyı geri kazanmak için bir ısı geri kazanım sistemi vardır.

İsveç ve Hollanda'daki diğer tesisler beş geçişli bir asit tesisi kullanmaktadır. Baca gazı yıkama kullanılmadan SO<sub>2</sub> konsantrasyonunda önemli bir azalma elde edilir (baca gazında 60-150 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, yıllık ortalama olarak). Tesis, tasarlanmış kapasitelerinin altında bir işlem hacimi ile çalıştıklarını bildirmektedir; Hollanda'daki tesis, %7 SO<sub>2</sub>'lik bir giriş gazı konsantrasyonu ile yıllık ortalama olarak 30-80 mg/Nm<sup>3</sup> emisyon bildirmiştir. İlk ve son geçişlerde sezyum katalizörü kullanmak ve gaz akışının sırasını optimize etmek gibi diğer değişiklikler ile performansı optimize edilmiştir [227, IZA Report 2008], [240, Nyrstar Budel 2008], [228, COM 2007], [233, com 2008].

Bazı tesislerin tasarlanmış kapasitenin altında çalıştığı bildirilmektedir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Demir dışı metal üretimi ile ilgili bazı yükseltilmiş sülfürik asit tesislerinden alınan veriler Tablo 2.19'da gösterilmiştir.

Tablo 2.16: Mevcut sülfürik asit tesislerinde değişiklikler için maliyetler

Sülfürik asit tesisi verileri (Proses tipi ve normal olarak çalışan tesislerde gösterilen ek azaltma önlemleri ile)										
Şirket	SO <sub>2</sub> kaynağı	Kapasite (t/gün)	Proses Tipi	Yatak sayısı	C <sub>s</sub> -destekli katalizör	Giriş SO <sub>2</sub> hacmi (%)	Dönüştürme oranı (%)	SO <sub>2</sub> yıllık ortalama (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> günlük ortalama (mg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> azami 1/2 saat ortalama (mg/m <sup>3</sup> )
Boliden Rönskär	Kavuru-cu izabe fırını, Flaş izabe fırını ve PS konvertör	2000	Çift temas /çift adsorpsiyon	5	Son yatak	7–10,5	99,97	100–160	NR	NR
Umicore Hoboken	ISASME LT	360	Çift temas /çift adsorpsiyon	4	Son yatak	Min, < 1 Max, 7–10	> 99,7	80	140–180	300'e kadar
KCM Plovdiv	Zn kavurucu	440	Çift temas /çift adsorpsiyon	4	Son yatak	6–7,5	99,8–99,85	140–280	NR	360'e kadar
Nyrstar Budel	Akışkan yatak kavurucu (çinko kons.)	1000	Çift temas /çift adsorpsiyon	5	Evet	5–7,2 (giriş kons.'da az değişim)	≤ 99,97	50–80	NR	NR

NB: NR = rapor edilmedi.

Kükürt dioksitin maksimum dönüşümü, yıllık ortalama olarak baca gazında 60 mg/Nm<sup>3</sup> ila 150 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> aralığında emisyonlara neden olur.

Yıllık ortalama 171.300 Nm<sup>3</sup>/saat akışta kurutma kulesi girişinde %14 SO<sub>2</sub>'ye seyreltilerek modern tesislerde %99.9'dan fazla dönüşüm sağlanır. Bu tesislerin operasyonu yüksek ve sabit kükürt dioksit beslemelerine dayanır ve sezyum katkılı katalizör kullanırlar.

Hollanda'daki tesiste, düşük demir konsantrasi, kalsinerin sabit durum koşullarında çalıştırılmasına izin verir ve bu, kükürt içeriğinde çok düşük bir değişkenlik ile birlikte, SO<sub>2</sub>'nin sabit bir konsantrasyonda üretilmesine izin verir. Bu sabit miktardaki gaz içeriği, ilişkili sülfürik asit üretim tesisinin yüksek dönüşüm verimliliğinde çalışmasına yardımcı olur. Tesisin tasarlanmış kapasitenin altında çalıştığı bildirilmektedir.

İsveç'teki tesiste sıvı SO<sub>2</sub> de üretilir ve bu da sabit bir gaz içeriğinin korunmasına izin verir. Tesis de tasarlanmış kapasitenin altında çalıştığı bildirilmektedir.

### Çapraz ortam etkileri

Aritma ve bertaraf gerektiren katı atıklar ve zayıf asit üretimi vardır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknikler, giriş gazı konsantrasyonunda düşük bir varyasyona sahip yeni veya modernize edilmiş tesisler için geçerlidir.



## Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı ama düzgün çalışan tesislerin olduğu bilinmektedir.

## Uygulamanın sağladığı faydalar

- Satılabilir sülfürik asit üretimi.
- Gerekli çevresel performans.

## Örnek tesisler

Budel (NL), Rönnskär (SE), Hoboken (BE) ve Filibe (BG).

## Referans literatür

[ 137, Riekkola-Vanhanen, M. 1999 ], [ 274, COM 2008 ], [ 253, Eurometaux 2008 ]

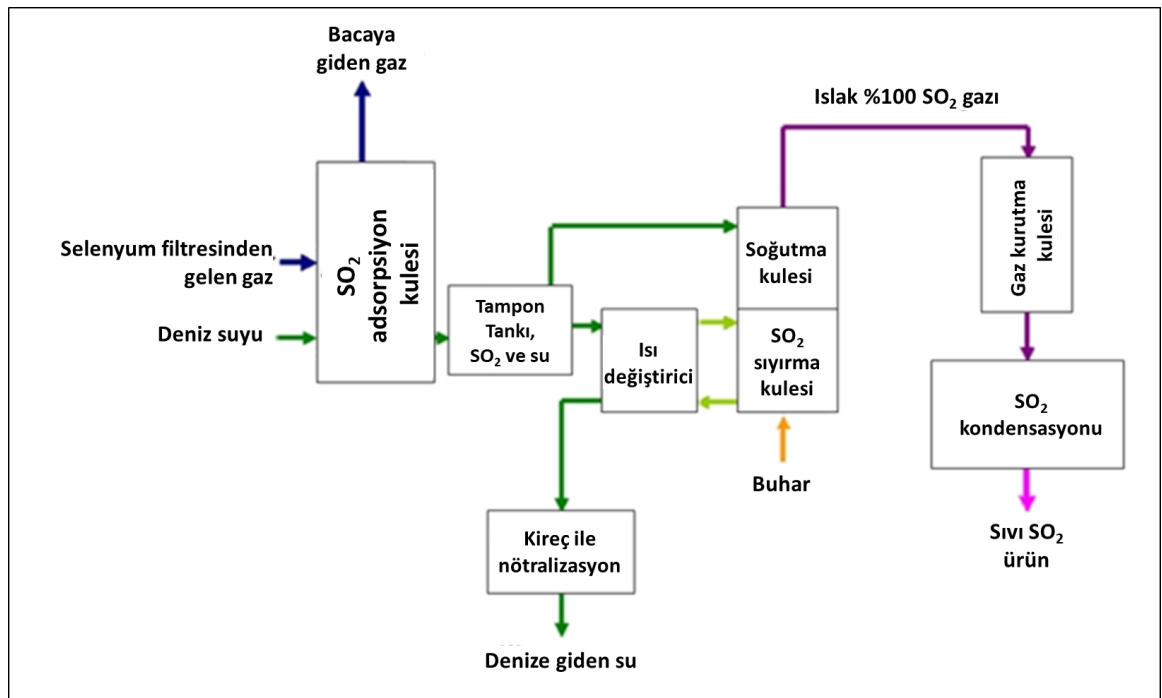
## Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlardan sıvı kükürt dioksit üretimi

### Açıklama

Kükürt dioksit, soğuk suda (örn. soğuk deniz suyu) absorbe edilir ve ardından vakum sıyırma ve sıvı kükürt dioksit geri kazanımı yapılır.

### Teknik Açıklama

Bu işlemler, çözülmüş olamayan kükürt dioksiti geri kazanmak için bir sülfürik asit tesisi ile birlikte kullanılır. Sıvı kükürt dioksit üretim potansiyeli, ürünün satılabileceği yerel bir pazarın varlığına bağlıdır. Sıvı sülfür dioksit üretme işlemi Şekil 2.30'da gösterilmiştir. Sıvı kükürt dioksit de kriyojenik bir işlem ile üretilir.



Şekil 2.30: Sıvı kükürt dioksit üretme süreci

## Elde edilen çevresel faydalar

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

## Çevresel performans ve işletim verileri

Bir sülfürik asit tesisine sabit bir giriş konsantrasyonunu korumak için kullanılabilecek bir sülfür dioksit kaynağı sağlanması. Yıllık ortalama sülfür dioksit emisyonları Tablo 2.20'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.17: Boliden'den yıllık ortalama sülfür dioksit emisyonları [ 233, COM 2008 ]**

Yıl	Atık gaz konsantrasyonu (mg/Nm <sup>3</sup> )
2006	213
2007	155
2008	153
2009	124

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Sıvı sülfür dioksit için yerel bir pazarın bulunduğu yerlerdeki tesislerde uygulanabilir.

**Ekonomi**

Düzenli çalıştığı bilinen bir tesis mevcuttur.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

Pazarlanabilir kükürt dioksit üretimi.

**Örnek tesisler**

Boliden (SE).

**Referans literatür**

[ 233, COM 2008 ]

**Düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar için baca gazı kükürt giderme (FGD) kullanımı****Açıklama**

SO<sub>2</sub>'yi uzaklaştırmak için kullanılan kuru ve yarı kuru gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) baca gazı kükürt giderme (FGD) teknikleri olarak bilinir.

**Teknik Açıklama**

En yaygın olarak uygulanan FGD tekniklerinden biri kireç enjeksiyonu (çeşitli örnekler metallere bahsedilen bölümlerde verilmektedir; örneğin, bkz. Bölüm 3.3.3.9).

Bazı durumlarda (örn., Waelz oksit kullanan Waelz fırını tesisi veya bir ISF), bir gaz yıkayıcı, bir absorplayıcı ve sirküle edilen kireçtaşı süspansiyonu ile gazları temas ettiren bir sistemden oluşan başka bir FGD sisteminin kullanımı da rapor edilmiştir. Yıkayıcı, gazların soğutulması, nemlendirilmesi ve kısmi desülfürizasyonu için bir eş-akım fazında çalışır. Bunu, nihai SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu gereken seviyenin altına indirmek için ters akım emme sütununu takip eder.

Sülfür dioksit içeren gazlar, temiz bir alçıtaşı üretmek için bir SO<sub>2</sub> sorbent olarak öğütülmüş kalsiyum karbonat (kireç taşı, <40 mikron) bulamacı kullanan bir FGD biriminde işlemden geçirilir. Gazlar soğutulur, bir kumaş filtresinde ayrılır ve gazlar kükürt giderme sistemine geçer. Kükürt giderme işleminden sonra, gazlar iki aşamalı bir sürüklenme eleme ve daha sonra istiflemeye gönderilir. Alçı FGD tarafından üretilen bulamaçtan elde edilir ve satılır. Bu durumda, kireç taşının dolaşımdaki süspansiyonu mekanik karıştırıcılar ile donatılmış ayrı tanklardan pompalanır; yıkayıcı deposunda ayrıca bir havalandırma sistemi vardır. Tanklar, absorbe edilen SO<sub>2</sub>'nin CaCO<sub>3</sub> süspansiyonu, sülfür bileşiklerinin sülfatlara oksidasyonu ve sentetik alçıtaşı CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O'nun kaba kristalli bir tortusunun oluşumu ile tam tepkimeye girecek şekilde boyutlandırılmıştır. Sülfidlerin sülfatlara oksidasyonunu iyileştirmek için basınçlı hava, pnömoto-hidrolik bir havalandırıcı vasıtasıyla yıkama tankına iletilir. Esas olarak kalsiyum sülfat (alçıtaşı) içeren birinci absorpsiyon aşamasından gelen reaksiyon inceltir, bir filtrasyon sistemine gönderilir. Alçıtaşı, bir filtrasyon presindeki dehidrasyondan sonra, bir depoya nakledildiği ve daha sonra satıldığı yerden, basının altında bulunan bir depolama kabına doğrudan boşaltılır.

Düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar için diğer fırçalama işlemleri Bölüm 2.12.5.2.2 ve 2.12.5.2.3'te

açıklanmıştır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması. SO<sub>2</sub> giderim verimliliği %50 ila %95 arasında değişir. Bu aralığın üst ucundaki çıkarma oranları sadece yeni tasarlanan, tahsis edilmiş kurulumlarda ideal koşullarda mümkündür.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Performans verileri, metale özgü bölümlerde verilmiştir.

Bir Waelz fırın tesisatında ve Waelz oksit kullanıldığında bir ISF'de bildirilen FGD sistemi için, 2–6 g SO<sub>2</sub> / Nm<sup>3</sup> içeren bir FGD girişi ile 100-500 mg / Nm<sup>3</sup>'lük bir son SO<sub>2</sub> konsantrasyon aralığı elde edilir. Son 50-400 mg / Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun en iyi performans olduğu bildirilmiştir [331, Chmielarz A. et al. 2009], [346, Eurometaux 2010].

### **Çapraz ortam etkileri**

- Enerji ve kalsiyum karbonatın ek kullanımı.
- Temiz alçı satışı mümkün değilse atık üretilecektir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Yeni tesisler için geçerlidir. Proses tozunu gidermek için tasarlanmış bir kumaş filtreli mevcut gaz temizleme ekipmanı kullanırken, filtre kapasitesi buna izin veriyorsa alçı yakalamak için kullanılabilir. Bir filtre zaten kullanıldığında, sıcaklık, nem içeriği ve temas süresi yeterli olduğunda doğrudan enjeksiyon mümkündür. Mevcut bir filtre kurulumu yetersiz olabilir, çünkü toz miktarı büyük ölçüde artar ve bu nedenle değiştirilmesi gerekebilir.

Bir Waelz fırın kurulumunda ve Waelz oksit kullanıldığında bir ISF'DE kullanılmak üzere bildirilen FGD sistemi, üretilen alçı için bir pazar olması koşuluyla 2-15 g SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> (yaklaşık %0.05–0.5) içeren bir fgd girişine sahip tüm işlemler için geçerlidir.

### **Ekonomi**

Kireç enjeksiyon tesislerinin yatırım maliyetleri metal spesifik bölümlerde bildirilmektedir.

Bir Waelz fırın kurulumunda ve bir ISF'de kullanılan FGD sistemi için Waelz oksit kullanıldığında, 85 000 Nm<sup>3</sup>/h kapasiteli ve ortalama bir giriş SO<sub>2</sub> içeriği 15 g / Nm<sup>3</sup>, 2008 yılında sermaye maliyeti 4 milyon eur'a eşdeğer olan 14 milyon dolar idi. İşletme maliyeti günde yaklaşık 2100 EUR'dur.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### **Örnek tesisler**

- Kireç enjeksiyonu: Hoboken (BE), Beerse (BE), Hamburg (DE) ve Bergsöe (SE).
- Diğer FGD teknikleri: Miasteczko Ślaskie ve Bolesław (PL).

### **Referans literatür**

[ 331, Chmielarz A. et al. 2009 ], [ 346, Eurometaux 2010 ]

### **Düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlardan kükürt yakalama için polietere bazlı absorpsiyon / desorpsiyon işlemi (<1 %)**

#### **Açıklama**

Aşağıya bakınız.

#### **Teknik Açıklama**

Bir elektrik santrali, tek bir temas sülfürik asit tesisi ve kükürt dioksit geri kazanım sürecinin kombinasyonu, hem yakıt hem de metal konsantresinden SO<sub>2</sub>'NİN havaya emisyonlarını en aza indirmek ve ısı ve karbon monoksit şeklinde enerjiyi kurtarmak için kullanılır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Isı ve CO geri kazanımı.
- SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Bakır eritme ocağından çıkan yüksek fırın egzoz gazları nispeten yüksek bir karbon monoksit konsantrasyonuna (yaklaşık% 10) sahiptir ve ayrıca işlemde kaynaklanan ısı içerir. Egzoz gazları bu nedenle değerli bir enerji kaynağıdır fakat aynı zamanda SO<sub>2</sub> içerir. Gazlar, ek yakıt olarak yerel enerji santrallerine aktarılır ve ısı içeriği geri kazanılır. Bu nedenle, elektrik tesisinden yayılan baca gazları, hem yüksek fırında hem de yakıtta SO<sub>2</sub> içerir ve SO<sub>2</sub> bakımından zengin bir gaz üretmek için bir emilim / desorpsiyon işlemi kullanan bir polietil bazlı emme / desorpsiyon tesislerinde daha fazla işlenir. . Bu gaz, tek bir kontak tesisindeki sülfürik aside dönüştürülür. Bu işlem, 200-600 mg / Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>'den daha az içeren bir atık gaz ile sonuçlanır ve bu havaya yayılır [238, ECI 2012]

Smelter dönüştürme aşamasından çıkan egzoz gazları,% 5 ila% 12 arasında değişen bir SO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahiptir. Bunlar temizlenir ve daha sonra polietil bazlı emilim / desorpsiyon tesisinden gelen güçlü gaz ile karıştırılır ve% 12'ye seyreltilir ve sülfürik asit tesisine geçirilir. Bu tesis sülfürik asit ve 6–8 g / Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> içeren bir çıkış gazı üretir ve daha sonra geri kazanım için polietil bazlı absorpsiyon / desorpsiyon tesisine geçer.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.
- Gaz temizleme bölümünde arıtma gerektiren zayıf asit ve atık su üretimi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Bu teknik, düşük kükürt içeriğine sahip belirli konsantre konsantrasyonlarına uygulanabilir. Yakınlarda bir elektrik santrali gerekmektedir.

### Ekonomi

Hiçbir ayrıntı sağlanmadı, ancak pahalı olduğu bildirildi.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Gerekli çevresel performans.

### Örnek tesisler

Legnica (PL).

### Referans literatür

[238, ECI 2012]

## 2.12.5.5 Cıva emisyonlarını azaltmak için teknikler

### Açıklama

Havaya verilen cıva emisyonlarını azaltan tekniklerin listesi.

### Teknik Açıklama

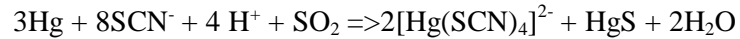
Merkür, çoğu indirgeme işleminde karşılaşılan sıcaklıklarda uçucu ve dolayısıyla kaldırmak için diğer tekniklere ihtiyaç duyulabilir [25, OSPARCOM 1996] [136, Fugleberg, S. 1999 ].

Bir sülfürik asit fabrikasından önce cıva uzaklaştırılması durumunda, üretilen asitte kalıntı cıva mevcut olacaktır; ürün özellikleri normalde < 0.1 ppm ila 0.5 ppm ve temizlenmiş gazda ~ 0.02 mg/Nm<sup>3</sup>'e eşdeğerdir. Aşağıda listelenen tüm süreçlerin bunu başarmak için rapor edilir.

Bu işlem, ovma sıvı çökeltileri (kamel), mercurous chloride forma cıva klorür ve cıva arasındaki reaksiyonu ıslak bir yüzey dayanır Boliden-Norzink süreç. İşlem, asit fabrikasındaki

yıkama ve soğutma adımından sonra yerleştirilir, bu nedenle gaz toz ve SO<sub>3</sub> içermez ve sıcaklık yaklaşık 30 ° C'dir. gaz, HgCl<sub>2</sub> çözeltisi ile dolu bir yatak kulesinde temizlenir. Bu, gazdaki metalik cıva ile reaksiyona girer ve calomel (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) olarak çöker. Calomel dolaşımdaki ovma solüsyonundan çıkarılır ve kısmen klor gazı ile HgCl<sub>2</sub>'ye rejenere edilir ve daha sonra yıkama aşamasına geri dönüştürülür. Cıva ürünü kanama cıva üretimi için kullanılır veya saklanır. Cıva klorür çok toksik bir cıva bileşiğidir ve bu işlemi çalıştırırken büyük özen gösterilmelidir.

- Bolchem süreci: bu işlem, Boliden-Norzink işleminde olduğu gibi asit fabrikasında bulunur, ancak kaldırma %99 sülfürik asit ile etkilenir. Bu asit, asit tesisinin emme kısmından gelir ve civayı ortam sıcaklığında okside eder. Cıva içeren ortaya çıkan asit %80'e seyreltilir ve cıva tiyosülfat ile sülfür olarak çökeler. Cıva sülfürünü filtreledikten sonra asit emme aşamasına geri döner. Bu nedenle süreçte asit tüketilmez.
- Outotec işlemi: bu süreçte cıva asit fabrikasındaki yıkama adımından önce çıkarılır. Gaz, yaklaşık 350 ° C'de, yaklaşık 190 ° C'de %90 sülfürik asit ile ters yıkanmış paketlenmiş bir yatak Kulesinden geçirilir. asit, gazdaki SO<sub>3</sub>'TEN yerinde oluşur. Cıva selenyum klorür bileşiği olarak çökeler. Cıva çamuru soğutulmuş asitten çıkarılır, filtrelenir ve yıkanır ve metalik cıva üretimine gönderilir. Asitin bir kısmı daha sonra fırçalama adımına geri dönüştürülür. Bu işlemin bir sonucu olarak, cıva, bir selenyum iyonu çözeltisi ile yıkanarak gazlardan çıkarılır ve selenyum metali cıva selenid ile birlikte üretilir.
- Sodyum tiyosiyanat işlemi: bu işlem bir çinko kavurma işleminde kullanılır. SO<sub>2</sub> gazı bir sodyum tiyosiyanat çözeltisi ile yıkanır ve cıva bir sülfür olarak çıkarılır. Sodyum tiyosiyanat rejenere edilir, reaksiyon aşağıdaki formülde gösterilir:



- Aktif karbon filtresi (Lurgi prosesi): bu, gaz akışından cıva buharı çıkarmak için aktif karbon kullanan bir adsorpsiyon filtresidir.

Yukarıda ayrıntıları verilen Boliden-Norzink ve Outotec süreçleri en yaygın olarak kullanılmaktadır, fakat başka süreçler başka yerlerde bildirilmiştir [25, OSPARCOM 1996] [330, Petola H. et al. 1985]

- Selenyum scrubber: bu aynı zamanda ıslak bir scrubber dayanmaktadır ve cıva buharı yüksek konsantrasyonlarda kaldırmak için sülfürik asit ve cıva amorf selenyum arasındaki reaksiyonu kullanır.
- Selenyum filtresi: cıva selenid oluşturmak için cıva buharı ile reaksiyona girmek için amorf selenyum kullanan kuru bir fırçalama işlemi.
- Kurşun sülfür işlemi: gaz akışından cıva çıkarmak için kurşun sülfür nodülleri kullanarak kuru bir fırçalama işlemi.
- Tinfos / Miltec süreci: sodyum hipoklorit kullanılarak gaz dışı cıva oksidasyonuna dayanan bir cıva temizleme işlemi. Bir yıkama kulesinde oksidasyondan sonra mercuryy, disodyum sülfür ilavesi ile cıva sülfür (HgS) olarak çökeler. Cıva sülfür, bir Pres filtresinde işlemden çıkarılır. Cıva içeren çamur tehlikeli atık olarak muamele edilir ve mühürlü bir bertaraf bölgesinde bertaraf edilir. Cıva emisyonları yaklaşık %94 oranında azaltılır. [226, Nordic Raporu 2008 ]
- Lurgi cıva temizleme işlemi: Lurgi cıva temizleme ünitesi, artık toz ve tars, bir gaz ısıtıcısı, paketlenmiş bir yatak emici, üniteden gaz akışını kontrol etmek için bir fan-damper sistemi ve gazdaki düşük oksijen seviyelerini korumak için kapsamlı gaz analizi azot temizleme ekipmanından oluşur. Isıtıcının gazları 60-85 ° C optimum sıcaklığa ısıtması gerekir; daha düşük gaz sıcaklıkları, paketlenmiş yatakta daha düşük reaksiyon oranları ve nem yoğunlaşmasına neden olur, daha yüksek sıcaklıklar, sülfürün emiciden kaybolmasına neden olabilir. Eramet 2001 yılında bir cıva kaldırma ünitesi devreye aldı ve o zamandan beri sorunsuz çalışmasını bildiriyor. Üniteden gaz akış oranları yaklaşık 15 000 Nm<sup>3</sup> / saat'dir. Cıva emme verimliliği %98'dir. Tesis başlatmalarına izin verdikten sonra, vb.,

Ham gazlardaki toplam cıvanın %94'ü yakalanır. Emici kütle yaklaşık sekiz ay sonra değiştirilir ve güvenli bir şekilde atılır. Scrubber suyunda sadece iz miktarda cıva bildirilmiştir [226, rapor 2008 ]

- Boliden Contech süreci: selenyum kaplı küreler paketlenmiş bir yatakta kullanılır. Yöntem çalışır ancak deneyim İskandinav ferro-alaşım endüstrisi ile sınırlıdır.
- Dowa süreci: cıva, kurşun sülfür ile kaplanmış pomza taşlarına adsorbe edilir.

Demir dışı metallerin üretimi sırasında üretilen sülfürik asitteki cıva içeriğini azaltmak için diğer iki süreç mevcuttur, ancak bunların kullanımı, çevresel etkilerden ziyade asidin kalitesini iyileştirme ihtiyacına dayanır.

- SüperLig iyon değişim süreci: bu işlem, ürün asitinden cıva çıkarmak için iyon değişimi kullanır ve < 0.5 ppm cıva konsantrasyonuna ulaşır.
- Aside potasyum iyodür ilavesi: bu, yaklaşık 0 °C'lik bir sıcaklıkta en az %93 mukavemet olmalıdır. Cıva iyodür, HgI<sub>2</sub>, daha sonra çöktürülür.

Demir dışı metal üretimi sülfürik asit Fabrikası içermiyorsa, cıva emisyonlarını azaltmak için uygulanan teknikler hammadde seçimi ve aktif karbon enjeksiyonu ve/veya bir torba filtresinin başka bir adsorbent memba (2.12.5.2.3 bölümünde açıklanmıştır). Giriş malzemesindeki Hg içeriği ve çalışma döngüleri emisyonunda daha yüksek veya daha düşük varyasyonlara neden olabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Hg emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Bir sülfürik asit fabrikasından önce kullanılan cıva giderme sistemleri, kaliteli sülfürik asit üretimini sağlamak için gaz dışı cıva içeriğini azaltmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, bacadan önce cıva emisyonlarını azaltmak için Hg kaldırma sistemleri de uygulanabilir.

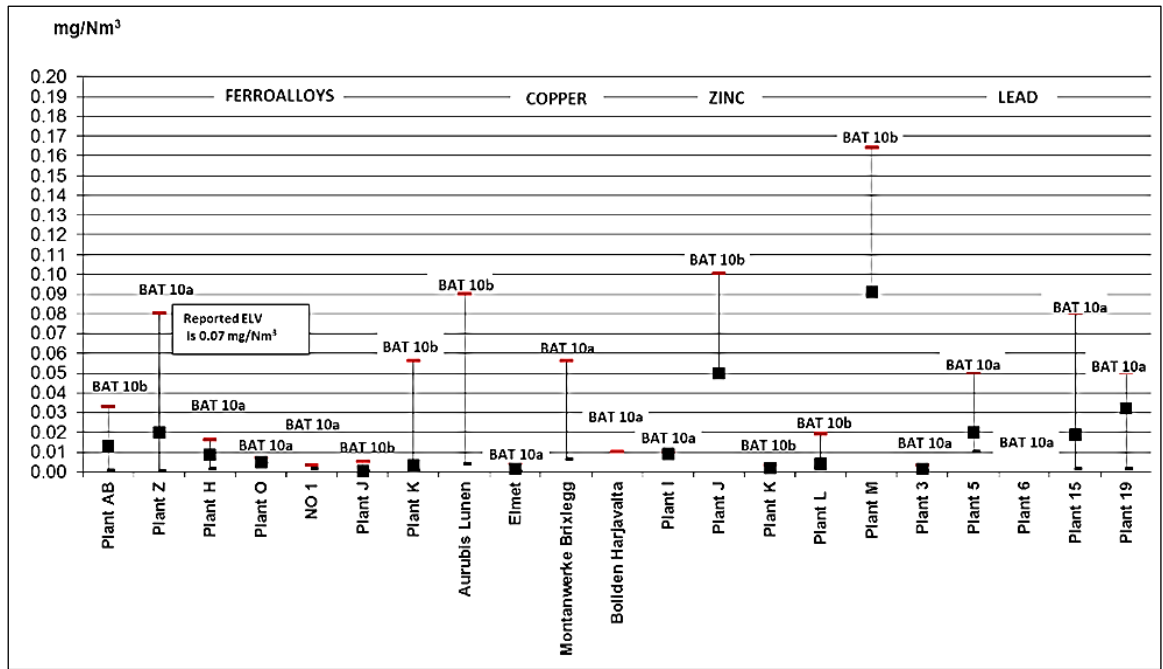
Ürün özellikleri normalde sülfürik asitte < 0,1 ppm ila 0,5 ppm arasındadır ve temizlenmiş gazda <0,02 mg/Nm<sup>3</sup>'e eşdeğerdir. Amaç, emisyonların azaltılması ve cıva iyileşmesi ve cıva içermeyen sülfürik asit üretimi içindir. 1102/2008 sayılı Yönetmelik (EC) uyarınca, demir dışı madencilik, eritme işlemleri ve Avrupa Birliği'ndeki cinnabar cevherinden elde edilen metalik cıva, 15 Mart 2011 tarihinden itibaren atık olarak kabul edilecektir.

Tablo 2.21, Boliden'in Rönskär bakır, kurşun ve çinko eritme ve performansında uygulanan cıva giderme tekniklerini göstermektedir.

**Tablo 2.18: Boliden Rönskär'da uygulanan Hg uzaklaştırma tekniklerinin performansı [ 379, Sweden 2013 ].**

Teknik	Akış (Nm <sup>3</sup> /saat)	Yük	Önce (µg/Nm <sup>3</sup> )	Sonra (µg/Nm <sup>3</sup> )	Ayrırma verimi, %
Klorür/Boliden-Norzink prosesi	30.000	Maksimum	9879	30	99,7
		Minimum	51	13	74
Selenyum filtresi	170.000	Maksimum	50	1,4	97
		Minimum	10,5	1,2	88
Klorür / Boliden-Norzink işlemi	80.000	Maksimum	1008	48	95
		Minimum	42	12	71
Selenyum filtresi	80.000	Maksimum	1206	32	97
		Minimum	37,2	2,7	93

Sülfürik asit üretimini içermeyen demir dışı metal tesislerle ilişkili cıva emisyonları, metale özgü bölümlerde ve 0,02 mg/Nm<sup>3</sup> ile 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Şekil 2.31, cıva emisyonlarını havaya düşürmek için uygulanan tekniklerin performansına genel bir bakış sağlar [ 378, Endüstriyel STK 2012 ].



Şekil 2.31: Farklı demir dışı metal üretim süreçlerinden havaya verilen cıva emisyonları

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.
- Bertaraf gerektiren bir katı veya sıvı atık üretilmektedir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Hg içeren hammaddeleri kullanan pirometalurjik süreçlerde uygulanabilir.

### Ekonomi

Prosesler ekonomik olarak çalışmaktadırlar ve bulunabilen mevcut maliyetler bu belgenin Ek 13.3 kısmında ve metallere bahsedilen bölümlerde raporlanmaktadır.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Emisyonların azaltılması.

### Örnek tesisler

DE, AT, FR, BE ve PL'deki tesisler.

### Referans literatür

[ 226, Nordic Report 2008 ] [ 25, OSPARCOM 1996 ] [ 136, Fugleberg, S. 1999 ], [ 218, VDI 2002 ] [ 292, Kojo et al. 2006 ] [ 103, COM 1998 ], [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 226, Nordic Report 2008 ]

## 2.12.6 Su ve atıksu yönetimi

### 2.12.6.1 Prosese entegre edilmiş önlemler

#### Açıklama

Atık su olarak deşarj edilen sıvı atık miktarını en aza indirmek için, demirin yeniden kullanılmasına yönelik teknikler ve yöntemler demir dışı metal endüstrisinde başarıyla kullanılmaktadır. Atık suların azaltılması bazen ekonomik olarak da mümkündür çünkü boşaltılan atık su miktarı azaldıkça, su ortamından alınması gereken tatlı su miktarı da azalır. Bu aynı zamanda çapraz medya sorunları üzerinde de faydalı bir etkiye sahiptir.

## Teknik Açıklama

Tablo 2.22 ve Tablo 2.23, sıvı atıkların halihazırda kapsamlı bir şekilde geri dönüştürüldüğü ve yeniden kullanıldığı işlem aşamalarını göstermektedir.

Tablo 2.19: Atıksu akışlarına genel bakış ve arıtma ve minimizasyon teknikleri

Atıksu Kaynağı	İlişkili Proses	Minimizasyon yöntemleri	Arıtma yöntemleri
Proses suyu	Alümina üretimi. Kurşun-asit akü kırılması. Asit paklama.	Mümkün olduğunca prosese geri dönüş.	Nötralizasyon ve çökeltme. Elektroliz.
Dolaylı soğutma suyu	Çoğu metal için fırın soğutması. Zn için elektrolit soğutma.	Mühürlü soğutma sisteminin kullanımı. Sızıntıları tespit etmek için sistem izleme.	Çevre üzerinde daha düşük bir potansiyel etkisi olan katkı maddelerinin
Doğrudan soğutma suyu	Cu, Al ve Pb dökümleri. Karbon elektrotları. Ferro-alaşımaları. Krom metal.	Çöktürme veya diğer arıtma. Kapalı soğutma sistemi.	Çöktürme. Gerekirse çökeltme
Cüruf granülasyonu	Cu, Ni, Pb, değerli metaller, ferro-alaşımaları	Kapalı bir sistemde yeniden kullanın.	Çöktürme. Gerekirse çökeltme
Elektroliz	Cu, Ni, Zn, Mg	Mühürlü sistem.	Nötralizasyon ve çökeltme.
Hidrometalürji (boşaltma)	Zn, Cd	Elektrikli özütlemeyen elektrolizin kanaması.	Çöktürme. Gerekirse çökeltme
Azaltma sistemi (boşaltma)	Islak yıkayıcılar. Asit tesisleri için ıslak ESPs ve yıkayıcılar.	Mühürlü sistem. Boşaltma arıtma.	Çöktürme. Gerekirse çökeltme
Yüzey Suyu	Tümü	Boşaltma arıtma. Mümkünse zayıf asit akışlarının yeniden kullanılması.	Çöktürme. Gerekirse çökeltme. Filtrasyon.

Tablo 2.20: Geri dönüşüm ve yeniden kullanım örnekleri

Demir dışı metal endüstrilerindeki atıkların geri dönüşümü ve/veya yeniden kullanımı						
Kaynak	Üretim Prosesi					
	Birincil bakır	İkincil bakır	Birincil kurşun	İkincil kurşun	Birincil çinko	Ferro-alaşımalar
Cüruf granülasyonu	■	■	■	NA	■	■
Islak hava kirliliği kontrolü	■	■	■	■	■	■
Kavurma gazı yıkama atığı	■	NA	■	NA	■	NA
Soğutma suyu	■	■	■	■	■	■
Anot ve katot durulama suyu	■	■	NA	NA	■	NA
Harcanan elektrolit	■	■	NA	NA	■	NA
Pil kırması	NA	NA	NA	■	NA	NA
Pil sınıflandırması	NA	NA	NA	■	NA	NA
Kurşun macundan kükürt giderme	NA	NA	NA	■	NA	NA

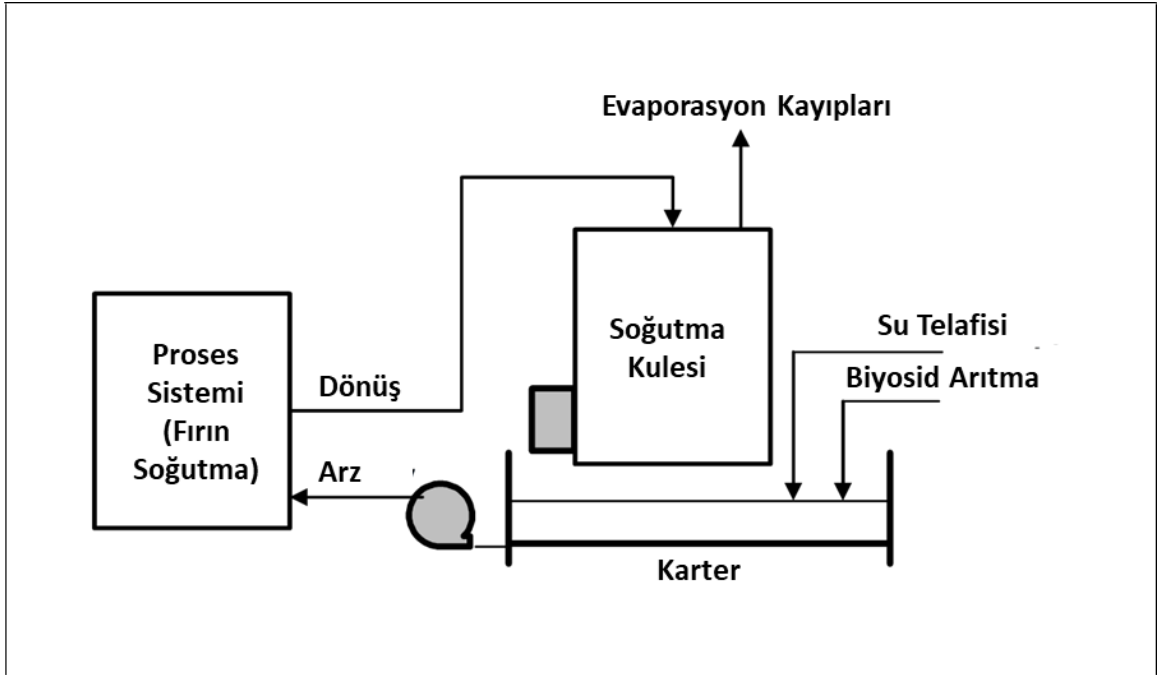
NB: NA = Uygulanabilir değil.

Geride dönüşüm ve yeniden kullanım teknikleri süreç entegre önlemlerdir. Geride dönüşüm, sıvının üretildiği sürece devridaimini içerir. Bir atık suyun yeniden kullanılması, bir su kaynağının başka



bir amaç için devridaimi anlamına gelir; örneğin, yüzey akış suyu soğutma suyu olarak tekrar kullanılabilir.

Normalde bir geri dönüşüm sistemi temel bir tedavi tekniğine veya sirkülasyon sisteminde asılı katıların, metallerin ve tuzların birikmesini önlemek için dolaşımdaki sıvının yaklaşık %10'unun üflenmesine ihtiyaç duyar. Örneğin, soğutma suyu normal olarak geri dönüştürülür ve Şekil 2.32'de gösterildiği gibi bir devridaim sisteminde akar. Biyositlerin kullanımı da dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.32: Soğutma suyu devridaim sistemi örneği

Arıtıldıktan sonra arıtılmış su, soğutma, serpm ve belirli işlemler için yeniden kullanılabilir. Arıtılmış suyun tuz içeriği yeniden kullanım için sorunlara yol açabilir, örn. ısı değiştiricilerinde kalsiyum çökmesi. Ve ılık suda lejyonella büyümesi riskine dikkat edilmelidir. Bu, suyun yeniden kullanımını önemli ölçüde sınırlayabilir.

Büyük miktarlarda su mevcutsa, örneğin, bir kıyı bölgesinde, çevresel etkinin ihmal edilebilir olması koşuluyla, akan bir soğutma suyu sistemi kullanılabilir. Bununla birlikte, akan soğutma suyu sisteminin emiş alanındaki deniz ortamına olan etkiler dikkate alınmalıdır. Bu yaklaşımın durumu, pompa ve soğutma sistemlerinin enerji maliyetleri dengeleneceğinden, tesis bazında yapılmalıdır.

Bazı tesisler kapsamlı su devridaim sistemleri kullandığından, bu nedenle deşarj edilen su miktarı bir sorundur. Bir bakır eritme cihazı, 3000 m<sup>3</sup> / gün'lük bir günlük deşarj hacmini rapor ederken, aynı ölçüde yeniden dolaştırılmayan benzer tesislerin de 100 000 m<sup>3</sup> / d'den fazla deşarj olduğunu bildirmiştir. Kirletici maddelerin kütle emisyonları bu nedenle deşarjların etkisini değerlendirirken kullanılması gereken faktördür. [238, ECI 2012].

#### Elde edilen çevresel faydalar

Atıksu üretiminin önlenmesi.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Hiçbir şey rapor edilmedi.

#### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımı.
- Katkı maddelerinin kullanımı, örn. Soğutma suyu makyajı için yağış kimyasalları veya biyositler.

- Gürültü, ör. Soğutma kulelerinden kaynaklanmaktadır.
- Sudan havaya ısı transferi.
- Lejyonella'nın kapalı sistemlerde 25 ° C ve 60 ° C arasındaki sıcaklıklarda olası yayılımı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Suyun geri dönüşümü ya da tekrar kullanımı çözeltilinin iletkenliği ile sınırlanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Atıksu üretiminin önlenmesi.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ]

## 2.12.6.2 Atıksu arıtma teknikleri

### Açıklama

Su ortamına boşaltılan son atık sularda, metaller, asidik maddeler ve katı parçacıklar gibi kirleticiler maddelerin konsantrasyonunu en aza indirmek için geri dönüştürülemeyen veya tekrar kullanılmayan suların işlenmesi gerekir. Su kirleticilerinin konsantrasyonunu azaltmak için boru sonu teknikleri, ör. kimyasal çökeltme, çökeltme veya yüzdürme ve süzme kullanılabilir. Bu teknikler normal olarak nihai veya merkezi yerinde bir atık su arıtma tesisinde birlikte kullanılır, ancak proses akışı diğer atıklarla karıştırılmadan önce metalleri çökeltmek için fırsatlar da kullanılabilir.

En uygun tedavi tekniği veya farklı tedavi yöntemlerinin kombinasyonu, sahaya özgü faktörler göz önünde bulundurularak, sadece site bazında seçilebilir. Atık su miktarını ve kirleticiler maddelerin konsantrasyonunu en aza indirmenin en iyi yolunu belirleyen en önemli faktörler şunlardır:

- atık suyu üreten süreç;
- su miktarı;
- kirleticiler ve konsantrasyonları;
- dahili yeniden kullanım olanakları;
- Su kaynaklarının kullanılabilirliği.

Tablo 2.24, en yaygın tedavi tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarını sunmaktadır.

Bu teknikler sektörde yaygın olarak uygulandığından, bu teknikler hakkında genel bilgiler ('Açıklama' ve 'Teknik açıklama' gibi) bu bölümde bulunabilir. Metale özgü bilgiler ('Çevresel performans ve operasyonel veriler' ve 'Örnek tesisler' gibi), metale özgü bölümlerde bulunabilir.

Tablo 2.21: Yaygın atıksu arıtma tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarının özeti

Arıtma Tekniği	Avantajlar	Dezavantajlar
Çökeltme	Ucuz ve basit teknik Başarılı kullanım uzun geçmişi Yeni bir tesisde büyük harcama gerektirmez Özellikle hidroksit ve daha sonra sülfür reaktifleri ile iki aşamalı yağış kullanılıyorsa, geniş bir metal kirletici yelpazesini tedavi edebilir Doğru koşullar altında, metallerin mükemmel şekilde çıkarılmasını sağlayabilir Belirtilen çökeltiler ticari olarak mevcuttur Emici yağış sağlar Çökeltiler genellikle beslemeye iade edilebilir	Asit atıklarının tedavisi zor olabilir Seçici olmayan: toksik ve toksik olmayan metallere oluşan bir kokteyl içeren yüksek su içeriği çamuru verir Çamur bazen büyük bir maliyetle bertaraf edilmesi gerekebilir Diğer tuzların, organik kompleks ajanların ve solventlerin varlığı yağış verimliliğini ciddi şekilde tehlikeye atabilir Düşük metal konsantrasyonlarını tedavi etmek için her zaman kullanılamaz Bazı hidroksitler verimsiz çöktürülmüş
Sedimentasyon	Ucuz ve basit teknik Başarılı kullanım uzun geçmişi	Sadece katı parçacıkları kaldırabilir Suya küçük bir yoğunluk farkı olan parçacıklar için sedimentasyon uzun sürer ve büyük havzalar gereklidir
Filtrasyon	Ucuz ve basit teknik Başarılı kullanım uzun geçmişi Filtrasyon (örneğin kum filtresi) en iyi bilinen bir katı madde için kullanılır	Sadece katı parçacıkları kaldırabilir Parçacıklar çok küçükse filtrasyon verimliliği azalır Filtrasyon verimliliği artan hız ile azalır
Flotasyon	Ucuz ve basit teknik Başarılı kullanım uzun geçmişi	Sadece yüzebilen katı parçacık komplekslerini kaldırabilir Havanın ilk önce dağınık olması için basınçlı suda çözülmesi gerekir
Ultrafiltrasyon	Basit teknik Çok ince parçacıklar, hatta moleküller, atık sudan çıkarılabilir Çok ince zarları da küçük metaller gibi birkaç süzer Neredeyse sıfır katı emisyonlar	Sınırlı akış hızı ve filtrasyon hızı Membranlar korozif atıklarda hızla ayrışabilir Metallerin ayrılması yok eski membranlar sızıntı yapabilir membranlar kolayca kirlenebilir
Elektroliz	Metalleri kurtarmak ve geri dönüştürmek için kullanılabilir Konsantre metal atıklarını (yaklaşık 2 g/l) tek bir adımda tedavi etmek için kullanılabilir Teknoloji çoğunlukla mevcuttur Elektrokaplama endüstrilerinde iyi Sicili ile denenmiş ve test edilmiştir Organik kirleticileri aynı anda temizlemek için kullanılabilir Toplu veya sürekli akış modlarında kullanılabilir	Temiz-up ppm seviyesi zordur daha iyi etkisiz hücreleri korumak ve elektroliz değil seçici çalıştırmak için pahalıdır Sürekli izleme ihtiyacı Değişken içerik, yüksek hacimli atıklar tedavisinde zayıf
Elektrodiyaliz	Metalleri kurtarmak ve geri dönüştürmek için kullanılabilir Seçici olabilir Tuzdan arındırma ve galvanik endüstrilerde zaten kullanılır ppm seviyesinin altına kadar temizleme yeteneğine sahiptir	İyon değişimi yöntemleri ile aynı dezavantajları muzdarip (örneğin membran kirlenme) Sürekli izleme ihtiyacı Değişken içerik, yüksek hacimli atıklar tedavisinde zayıf

## Bölüm 2

<b>İers osmoz</b>	<p>Neredeyse sıfır emisyon Teknoloji var ve ekipman ticari olarak mevcuttur Metallerin geri dönüşümü için kullanılabilir Sürekli akış veya toplu modunda çalıştırılabilir metal konsantrasyonlarının geniş bir yelpazede ile başa çıkabilir atık organik kaldırmak için kullanılabilir Etkinlik, atık Sudaki aşındırıcı olmayan kirleticilerin konsantrasyonuna güçlü bir şekilde bağlı değildir</p>	<p>Sınırlı akış hızı ve filtrasyon hızı Membranlar korozif atıklarda hızla ayrışabilir Metallerin ayrılması yok eski membranlar sızıntı yapabilir membranlar kolayca kirlenebilir Membranların sık izlenmesi ve değiştirilmesi gerekir Ekipman özel ve pahalıdır Yüksek basınç kullanır Yaklaşık 200 l/dak minimum sınırlama akış hızı Daha fazla tedaviye ihtiyaç duyan konsantre kanama üretilir</p>
<b>İyon değişimi</b>	<p>Nispeten ucuz Ticari ürünler mevcut Endüstriyel uygulamalarda denenmiş ve test edilmiştir (örn. selenyum ve selenyum giderme ve kurtarma) Ppb seviyesine kadar temizleme yeteneğine sahip (PPT seviyesine sahip seçici iyon değişimi), entegre bir atık su arıtımının bir parçası olarak diğer tekniklerle (örn. yağış) birlikte kolayca kullanılabilir Metaller için seçici olabilir Birçok akış türüne uygulanabilir: aralıklı, sürekli, nispeten büyük hacim Seçici iyon değişimi, nükleer Sanayi atıklarının tedavisi gibi izole vakalarda kullanılmıştır</p>	<p>Metal matrisin büyük konsantrasyonlarını katılar tarafından kolayca kirlenemez ve bazı organik geleneksel iyon değişimi seçici değildir Tükenmiş Eşanjör genellikle toksik atık olarak bertaraf edilmelidir Matrisler zamanla ayrışabilir Performans, atık ph'a duyarlıdır Büyük hacimli atıklar çok büyük iyon değişimi gerektirir. Seçici iyon değişimi bugüne kadar endüstriyel ölçekte yaygın olarak kullanılmamıştır Seçici iyon değişim sütunlarının yenilenmesi zaman alıcıdır Atık su ile uzun temas süreleri gerekebilir</p>
<b>Aktif karbon</b>	<p>Geniş bir uygulama yelpazesi için kullanılabilir (örneğin cıva veya pccdd/fnin atık sudan çıkarılması) Koagülasyon ve sedimantasyondan sonra kum filtrelerinde bir katman olarak eklenebilir Teknoloji var ve ekipman ticari olarak mevcuttur</p>	<p>Aktif karbon pahalıdır Aktif karbon mikroorganizmalar için bir üreme alanı haline gelebilir Kömürden karbon üretiminde ısıtma işleminden üretilen SO<sub>2</sub>'NİN yüksek emisyonları</p>

### 2.12.6.2.1 Kimyasal Çökeltme

#### Açıklama

Bu, pH değerini ayarlamak ve çözünür metallerin çökmesini teşvik etmek için kireç, sodyum hidroksit veya sodyum sülfid veya reaktiflerin bir kombinasyonu gibi bir reaktifin eklenmesinden oluşur.

#### Teknik Açıklama

Kimyasal yağış öncelikle çözünür metal iyonlarını sıvı atıktan çıkarmak için kullanılır. Çözünür metaller, atık sudan,

pH değeri. Kireç, sodyum hidroksit veya sodyum sülfid veya reaktiflerin bir kombinasyonu gibi bir reaktif, atık maddeye eklenir ve bir çökelti şeklinde metal ile çözünmeyen bir bileşik oluşturur. Bu çözünmeyen bileşikler daha sonra filtrasyon ve sedimentasyon ile sudan çıkarılabilir. Bir koagülan veya flokülan eklenmesi, daha kolay ayrılabilen daha büyük floklar oluşturmaya yardımcı olur ve genellikle sistemin performansını artırmak için kullanılır. En az bir tesis, metalleri sülfid olarak çökeltmek için hidrojen sülfid üretmek için biyolojik bir süreç kullanır.

Yağış genellikle demir, kurşun, çinko, krom, manganez vb.gibi atık su akışından metalleri çıkarmak için kullanılır. Metallerin hidroksitleri genellikle çözünmez, bu nedenle kireç onları çökeltmek için yaygın olarak kullanılır.

Benzer şekilde, metal sülfidler de çözünmez ve sodyum sülfür, sodyum hidrojen sülfür ve trimerkapto-sülfo-triazin (TMS) gibi reaktifler alkalın koşullarda kullanılır. H<sub>2</sub>S, sülfat indirgeyici bakteriler kullanılarak biyolojik olarak üretilebilir ve gaz, bir taşıyıcı gazla yağış aşamasına taşınır. Sülfür çökmesi, pH ve sıcaklığa bağlı olarak, belirli Metaller için temizlenmiş atık Sudaki çok daha düşük konsantrasyonlara neden olabilir ve üretilen metal sülfür eritme aşamasına geri döndürülebilir. Selenyum ve molibden gibi metaller de etkili bir şekilde çıkarılabilir.

Çinko sülfat çözeltileri, doğal gaz ve buharı dönüştürerek üretilen bir elektron donörü olarak hidrojen kullanılarak biyolojik bir dönüşüm aşamasında işlenir. Çinko sülfat günde 10 ton oranında üretilir ve eriticiye geri dönüştürülür.

Bazı durumlarda, bir metal karışımının çökeltmesi iki aşamada gerçekleştirilebilir; öncelikle hidroksit ile, ardından bir sülfid çökeltisi. Ferrik sülfat, fazla sülfidi çıkarmak için yağıştan sonra eklenebilir.

Metal çıkarmanın verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için, süreç farklı reaktanlarla farklı pH değerlerinde tedavi edilmelidir. Reaktant seçimi ve pH değeri, metallerin çökmesi için ana hususlardır. Çözünürlük de sıcaklıktan etkilenir ve bu dikkate alınmalıdır.

Bir diğer önemli faktör, Sudaki metalin değerlik halidir. Örneğin, krom için, hexavalent form, kromat, trivalent formdan çok daha çözünür. Bu durumda, kromat, genellikle düşük pH'da SO<sub>2</sub> ile, kromun bir yağış işlemi ile uzaklaştırılması için azaltılmalıdır.

Pentavalent arsenik, as (V), bazı As<sub>2</sub>S<sub>5</sub> oluşabilmesine rağmen sülfür iyonları ile reaksiyon ile As (III) ' ye indirgenir. As (V) ' nin azaltılması sıcaklığa bağlıdır ve en az 50-60°C'nin altında oldukça yavaştır. Trivalent arsenik, As (III), as<sub>2</sub>s<sub>3</sub> olarak pH 4-5'in altındaki sülfür ile çökler. İten As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> sudan 4-5 aşağıda pH'ı ayrılmalıdır. PH yükseltirse ve As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> varsa, arsenik çözültüye geri dönme riski vardır.

Demir dışı metaller endüstrisinde, eser metaller, ferrik tuzların eklenmesiyle atıklardan etkili bir şekilde çıkarılabilir. Arsenik, yağışla kalsiyum veya ferrik arsenat olarak çıkarılır. Arsenitler de çöktürülebilir, ancak genellikle daha çözünür ve daha az kararlı olan arsenatlar. Arsenit içeren atık madde, arsenatın baskın olmasını sağlamak için yağıştan önce genellikle oksitlenir. Arsenik taşıyan hammaddelerin işlenmesinden su işleme, as (III) ve (V) oksyanyonlar, arsenitler ve

## Bölüm 2

arsenat değişen miktarlarda içerebilir. Bakır, kurşun, nikel ve çinko gibi metal iyonlarının varlığı, az çözünen metal arsenatların oluşması nedeniyle arsenik çözünlüğünü sınırlar [295, Avrupa Komisyonu 2004 ]. [295, Gaver C. Jr 2013 ]

Bu arsenatların kararlılığı ve çözünlüğü, demirin arseniğe oranına bağlıdır. Oran ne kadar büyük olursa, çökelti o kadar çözünmez ve kararlı olur. Ferrik arsenat nispeten çözünür olsa da, sekiz veya daha fazla arsenik molar oranına demir içeren temel arsenatlar, pH aralığında 2 ila 8 arasında daha az çözünen bir büyüklük sırasındadır.

Çözünmeyen ferrik arsenatların çökmesine, çeşitli metaller türleri ile ferrik hidroksit çökeltisi arasındaki etkileşimleri içeren selenyum gibi diğer metallerin birlikte çökeltmesi eşlik eder. Bu, ferrik tuzları eser kirleticilerin çıkarılması için çok etkili bir çöpçü yapar. Arsenik, ferrik sülfat ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) ekleyerek Fe-As bileşikleri olarak çökeltir. PH 6 veya daha düşükse, arsenik tamamen çökebilir. Aynı zamanda nikel ve arsenik çökeltmek zordur, bu nedenle iki aşamalı bir tedavi gereklidir.

Diğer metallerin (Ni, Cu, vb.) çökeltmesi için optimum koşullara kıyasla as yağışının pH bağımlılığı.) farklı optimum pH değerleri var ve her metalin minimum değerleri bir işleme mümkün olmadığı anlamına gelir.

Nihai yön, genellikle daha çözünür kompleks iyonların olası oluşumudur. Metaller ile birlikte amonyak, klorür, florür veya siyanür içeren atık su ile uğraşırken bu yaygındır.

Metallerin çıkarıldığı birçok tesiste, istenen atık sınırlara ulaşmada başlıca sorunlardan biri, çöktürülmüş malzemelerin kolloidal halidir. Bu, yanlış nötralizasyon ve flokülasyondan kaynaklanabilir. Çöktürülmüş malzemenin durumunu iyileştirmek için çeşitli flokülantlar veya koagülanlar kullanılabilir ve bu malzemelerin tedarikçileri çöktürmeleri test edebilir ve doğru koagülan belirtebilir.

Kimyasal yağış kullanarak atık su temizleme verimliliği esas olarak aşağıdaki faktörlerden etkilenir:

- kimyasal çöktürücü seçimi;
- Ljubljana ilinde belirgin yağış görülmektedir.;
- çöktürülmüş metalin çıkarılmasının verimliliği;
- tedavi süreci boyunca doğru pH'nin bakımı;
- belirli metalleri çıkarmak için demir tuzlarının kullanılması;
- flokülasyon veya koagülasyon reaktiflerinin kullanımı;
- atıksu kompozisyonunun değişimi;
- kompleks oluşturan iyonların varlığı.

Metallerin maksimum kaldırma verimliliğini sağlamak için en önemli faktör çöktürücülerin seçilmesidir. Bazı deneyimler, sülfat bazlı reaktiflerin kullanımının bazı metallerin daha düşük konsantrasyonlarına ulaşabileceğini göstermektedir. Atık arıtma işlemi boyunca doğru pH da birincil öneme sahiptir, çünkü bazı metal tuzları sadece çok kısa bir pH değeri aralığında çözünmez. Bu aralıkların dışında, metal çıkarmanın verimliliği hızla azalır, örneğin çinko, yüksek pH değerlerinde çözünür bir anyon, zincat oluşturur.

Atık su bileşimi, konsantrasyon/hammadde kalitesine ve ıslak sistemlerde temizlenen sonraki kapalı gazların bileşimine bağlı olarak değişir. Buna ek olarak, akış suyu için farklı kaynaklardan veya hava koşullarından oluşan toplu besleme, atık su çeşitliliğini artırır. Çoğu zaman, optimize edilmiş performans için proses parametrelerinin uyarlanması gereklidir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

2.12.6.2 bölümünde listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri metale özgü

bölmelerde verilmiştir.

Uygulanacak teknikler, üretim süreçlerinin özgülüğünü dikkate almalıdır. Ayrıca, su gövdesinin büyüklüğü ve akış hızı uygulanacak tekniklerin seçiminde rol oynayabilir. Daha yüksek konsantrasyonların lehine hacim akışını azaltmak, tedavi için daha az enerjiye ihtiyaç duyar. Yüksek konsantrasyonlu atık su arıtma tedavi daha yüksek konsantrasyonlarda düşük konsantre akar daha iyi bir indirim oranı ile sonuç ancak, kirleticilerin geliştirilmiş genel bir temizleme sağlıyor.

#### **Çapraz ortam etkileri**

- Enerji kullanımı.
- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Bertaraf edilmesi gereken atık üretimi.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Genellikle uygulanabilir.

#### **Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

#### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

#### **Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

#### **Referans literatür**

[11, Hatch Associates Ltd 1993], [146, Kemmer 1988], [168, Steil, H.U. ve diğ. 1999], [234, UBA (D) 2007], [240, Nyrstar Budel 2008], [319, Boonstra 2003], [320, Huisman 2004], [321, Weijma 2007], [295, Gaver C. Jr 2013 ], [238, ECI 2012]

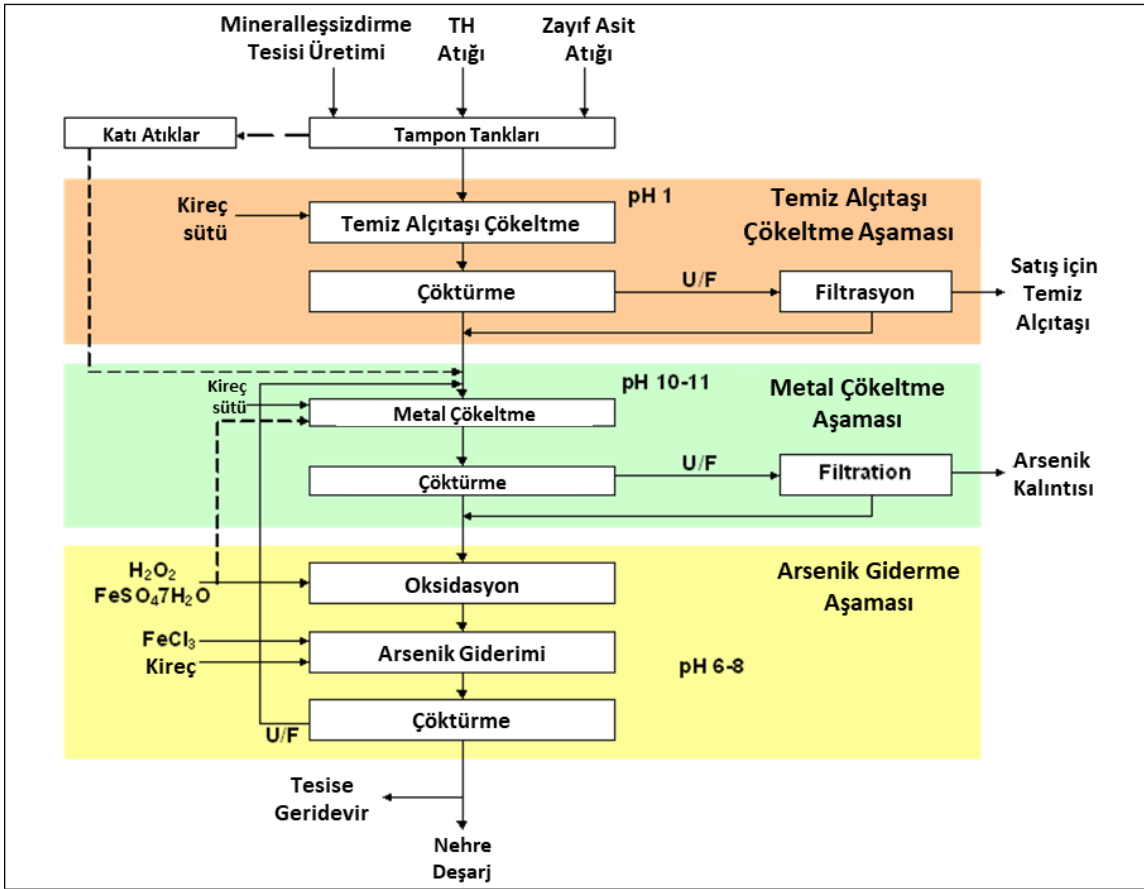
#### **2.12.6.2.2 Zayıf asit ve proses suyunun arıtılması**

##### **Açıklama**

Kireç ve demir sülfat kullanılarak sülfürik asit tesissinden ya da çeşitli asidik yıkama sularından zayıf asit içeren atık suyun arıtılması.

##### **Teknik Açıklama**

Proses taslağı Şekil 2.33'te gösterilmiştir.



Şekil 2.33: Zayıf Asit Arıtımı

### Elde edilen çevresel faydalar

- Minimum atıksu deşarjı.
- Su tüketiminde ve suya verilen emisyonlarda azalma.
- Temiz alçıtaşı üretimi.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Elde edilen sonuçlar Tablo 2.25'te verilmiştir.

Üretilen alçıtaşı, >% 96  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  içerir.

### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi rapor edilmemiştir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomi

Ekipman maliyetleri 2,5 milyon Euro idi, kurulum maliyetleri 4,5 ila 5,2 milyon Euro idi. Elektrik: 200 kWh. Kireç sütü (%10); 15 m<sup>3</sup>/s. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (%10); 0,8 m<sup>3</sup>/s. FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 80 kg/saat.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

İspanya ve Bulgaristan'daki tesisler.

### Örnek tesisler

Satılabilir bir ürün üretmek için zayıf asitin etkili bir şekilde işlenmesi.



**Referans literatür**

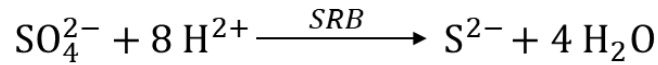
[ 238, ECI 2012 ]

**2.12.6.2.3 Biyolojik Arıtma****Açıklama**

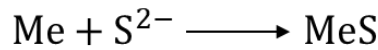
Aşağıya bakınız.

**Teknik Açıklama**

Bir tesis, sülfid iyonları üretmek için biyolojik bir süreç kullanır. Islak gaz temizlemesinden çıkan zayıf asit, yüksek sülfat konsantrasyonuna (10–25 mg/l) sahiptir. Sülfat, biyolojik atık su arıtma tesisinde hidrojen gazı ve sülfat indirgen bakterilerle sülfür iyonlarına indirgenir:



Hidrojen, bir reformer ünitesinde doğal gaz ve buhardan üretilir. Çinko ve diğer metaller  $\text{S}^{2-}$  ile reaksiyona girer ve bir metal sülfid olarak çöker:



Bu işlemde sonra sülfat ve metal konsantrasyonları hala doğrudan deşarj edilemeyecek kadar yüksektir ve su, üretim ve yeraltı sularından gelen diğer atık sularla birlikte başka bir aşamada arıtılmaktadır. Bu ayrıca sülfür ile metalleri çöktürmek için sülfat indirgeyen bakteriler kullanır, ancak bu durumda etanol hidrojen yerine elektron verici olarak kullanılır [240, Nyrstar Budel 2008].

Metal sülfidler ve biyokütle bulamacı, kavurma aşamasında konsantre olarak yeniden kullanılır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

**Çevresel performans ve işletim verileri**

Bu teknik için performans verileri Bölüm 6.3.4'te verilmiştir.

Bu tür bir biyolojik işlemin atık suyunun metal içeriği, her iki işlemin arkasındaki kimya temelde aynı olduğu için, inorganik sülfür ilavesine (NaHS, Na<sub>2</sub>S) dayanan en iyi performans gösteren atık su arıtımı ile temizlenmiş suyunu benzerdir ( metal sülfürlerin düşük çözünürlüğüne dayanır). Biyolojik süreç olumlu bir etkiye sahiptir, çünkü arıtılmış suyun sülfat içeriği azalır.

**Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Bu teknik, başka bir kurtarma seçeneği bulunmayan zayıf kireç ve kirlenmiş yeraltı suyu ile karışım halinde RLE işleminden kaynaklanan atık sular için geçerlidir.

**Ekonomi**

İnorganik sülfür ilavesine kıyasla, önemli ölçüde daha yüksek yatırım ve işletme maliyetleri vardır, ancak bir tesisin düzgün bir şekilde çalıştığı bilinmektedir.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

Eski çevre sorunlarının temizlenebilmesini sağlar.

**Örnek tesisler**

Hollanda'da bir tesis.

**Referans literatür**

[ 319, Boonstra 2003 ], [ 320, Huisman 2004 ], [ 240, Nyrstar Budel 2008 ]

### 2.12.6.2.4 Çöktürme ve Yüzdürme

#### Açıklama

Sedimentasyon, çözünmeyen metal komplekslerini ve katı partikülleri sıvı atıktan ayırmak için yerçekiminden yararlanan bir katı-sıvı ayırma tekniğidir.

Flotasyon teknikleri, büyük yumakları veya plastik parçaları gibi yüzen partikülleri süspansiyonun yüzeyine çıkararak ayırmak için kullanılır.

#### Teknik Açıklama

Sedimentasyon, çöktürme havuzları, lagünler veya özel çöktürme tankları (kalınlaştırıcılar, durultucular) gibi çeşitli çöktürme tanklarında, tankın altında bir çamur uzaklaştırma cihazı ile gerçekleştirilir. Yaygın olarak kullanılan sedimentasyon havuzları dikdörtgen, kare veya daire şeklindedir. Çöktürme adımından çıkan çamur susuzlaştırılabilir, *örn.* bir vakumlu filtre-pres kullanarak. Oluşan süzüntü sıvı, arıtma işlemine bağlı olarak atıksu arıtma tesisinin başlangıcına veya oluşturulduğu işlem aşamasına geri gönderilebilir. Sedimentasyon, cüruf granülasyonu veya metal bilya üretimi için kullanılan katı partikülleri atıksudan ayırmak için kullanılabilir.

Sedimentasyona bir alternatif flotasyon olabilir. Flotasyon çözülmüş hava flotasyonu ile sağlanabilir. Hava, askıda bulunduğu ortam içinde basınç altında çözülür. Basınç kaldırıldığında çözeltiden ayrılıp küçük hava kabarcıklarına dönüşür ve süspansiyon halindeki parçacıklara bağlanır. Bu, parçacıkların su yüzeyinde yüzmesine neden olur ve daha sonra oluşan katı yumaklar sıvı yüzeyinden kolaylıkla uzaklaştırılabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallere bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

#### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir etki rapor edilmedi.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

#### Uygulamanın sağladığı faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

#### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

#### Referans literatür

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### 2.12.6.2.5 Filtrasyon

#### Açıklama

Filtrasyon, katıların geçirgen bir ortamdan geçen atık su atığından ayrılmasıdır. Kum en yaygın kullanılan filtreleme aracıdır.

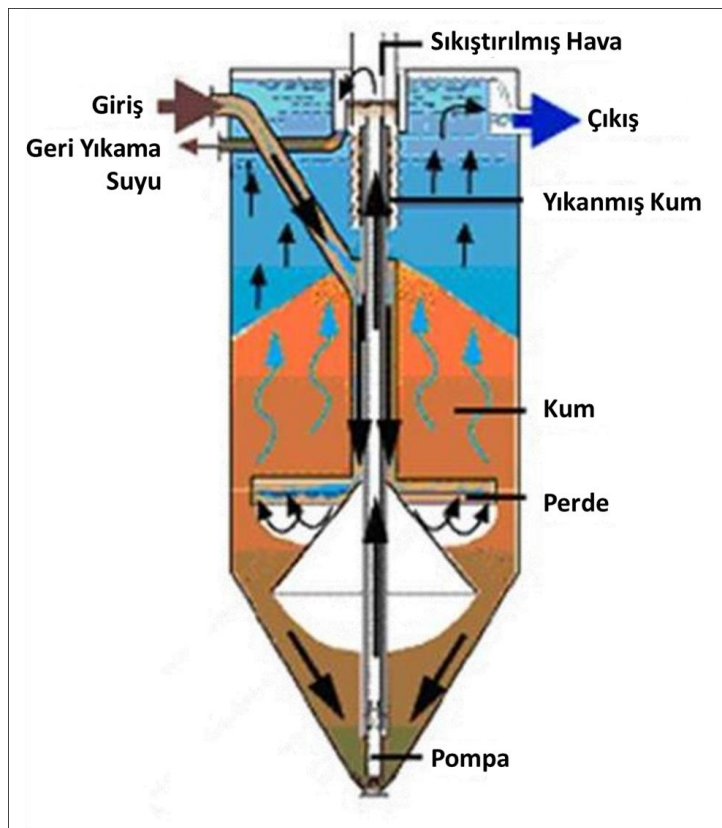
#### Teknik Açıklama

Filtrasyon teknikleri normal olarak katı-sıvı ayırma ve bir atıksu arıtma prosesinde son durulama aşaması olarak kullanılır. Filtrasyon ünitesi genellikle, bir önceki arıtma adımından taşınan katıların uzaklaştırma için sedimentasyon aşaması ve son kontrol arasında yer alır. Filtreleme, giderilmesi gereken katı parçacıklara bağlı olarak çeşitli farklı filtre sistemlerinde

gerçekleşebilir.

Normal filtre ünitesi, sıvı atığın aktığı bir malzeme veya malzeme yatağından oluşur. Filtre ortamından geçemeyen ince parçacıklar, basınç kaybını düşük tutmak için sürekli olarak veya zaman zaman temizlenmesi (örn. geri yıkama ile) gereken bir filtre keki oluştururlar. Basınç kaybı düşükse, filtre malzemesine atıksuyun akışının yerçekimi yoluyla gerçekleşmesi ile sağlanır.

Kum filtreleri, askıda katıların veya yarı katı malzemelerin (örn. çökeltiler veya metal hidroksitler) mekanik olarak uzaklaştırılmasını sağlar. Kum filtrasyonunu kullanarak atıksuyun arıtılması, filtrasyon, kimyasal sorpsiyon ve asimilasyonun biraradaki etkilerinden kaynaklanmaktadır. Kum filtreleri, bazen tabakalar halinde derinlik arttıkça dane boyutu artan kum ile doldurulmuş basınç hazneleri olarak işlev görür. Başlangıçta, filtre kekinin oluşması özellikle küçük parçacıklar için filtrasyon verimliliğinin artmasına yol açabilir. Ancak bir süre sonra kum yatağı geri yıkanmalıdır. Kum filtreleri genellikle kapalı bir su döngüsünden gelen atık suyun temizlenmesi için veya atıksuyun proses suyu olarak kullanılabilmesine imkan vermek için kullanılır. Şekil 2.34'te tipik bir kum filtresi gösterilmiştir.



Şekil 2.34: Bir kum filtresinin şeması.

Çok ince parçacıklar giderilmesi için hiperfiltrasyon veya ters ozmoz kullanılır. Hiperfiltrasyon, yaklaşık 100 u (100 dalton) ile 500 u arasında bir moleküler kütlesi olan parçacıkların geçişine izin verirken, ultrafiltrasyon ise 500 u ile 100.000 u arasındakilere izin verir.

Ultrafiltrasyon basit ve etkili bir atık su arıtma yöntemidir, ancak yüksek bir enerji gereksinimine sahiptir. Atıksu, ultrafiltrasyon membranı ile temas ettirilir. Küçük gözenekler içeren bu zar, su gibi moleküler parçacıkların geçişine izin verir fakat daha büyük molekülerin geçişini engeller. Gözenek açıklığı çok küçük olan bir zar ile, metal iyonları kadar küçük çözülmüş maddeleri filtrelemek bile mümkündür. Membranlara dayalı filtrasyon işlemleri, temiz bir süzüntü suyu ve daha fazla arıtma gerektirebilecek bir konsantre atık su üretir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallere bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir etki rapor edilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 374, COM 2001 ]

#### 2.12.6.2.6 Elektroliz

##### Açıklama

İyonik bileşiklerden doğrudan bir elektrik akımının geçişi ile elektrotlarda kimyasal reaksiyonun gerçekleştirilmesi. İyonik bileşikler uygun bir çözücü içinde erimiş veya çözünmüş haldedir.

##### Teknik Açıklama

Elektrolitik teknikler, atık proses suyundan bakır, değerli metaller, krom, manganez, kadmiyum vb. metalleri uzaklaştırmak için kullanılır. Atıksudaki metal konsantrasyonları genellikle düşük olduğundan, elektrolizin atık proses suları diğer atıksular ile seyreltilmeden önce yapılması etkili metottur. Verimliliği arttırmak için akışkan yataklı elektrotlar veya üç boyutlu elektrotlar gibi özel elektrotlar kullanılabilir. Hücrenin maksimum verimi, akım yoğunluğu çözünmüş madde konsantrasyonu ile değiştiğinde ve kütle aktarımı sınırlayıcı akım yoğunluğuna yakın olarak gerçekleştiğinde elde edilir. Başka bir deyişle, katodun indirgemek için her zaman taze bir iyon kaynağı olmalıdır.

Metal temizliği için alternatif ve çok başarılı bir elektrokimyasal yöntem, atık sularındaki metalleri oksitlemek ve böylece geri dönüştürülebilir hallerine sağlamaktır. Buna örnek, Krom(III) içeren atıkların arıtılmasıdır. Kromun en çok kullanılan formu kromun +VI oksidasyon basamağında olduğunda bir oksitleyici ajan olarak kullanılmasıdır. Oksidasyondan elde edilen yan ürün, normal olarak diğer atıklar ile salınan Krom(III)'tür. Krom(III), atıksuyunun anodik oksidasyonu ile yeniden kullanılabilen Krom(VI) formuna rejenere edilir.

Elektrokimyasal serideki göreceli pozisyondaki farktan veya elementlerin redoks potansiyelinden, daha asil metallerin geri kazanımı için bir elektrolitik hücrenin akım ve voltajının kontrol edilmesiyle de istifade edilebilir. Bu özelliklerden, örneğin demir ekleyerek bakırın çöktürebildiği sementasyon (çimentolama) tekniği kullanılarak da istifade edilebilir.

Başka bir elektrokimyasal arıtma yöntemi elektrodializdir. Elektrodializ hücresi, bir iyon değişim membranı ile ayrılan iki elektrottan oluşur. Teori oldukça basittir. Bir elektrot potansiyelinin etkisi altındaki katyonlar, daha az toksik katyonlar (örneğin, sodyum için kadmiyum değişimi) için değiştirildikleri bir katyonik değişim zarından geçerler. Bu yöntem iyon değişiminin avantajlarını elektrokimyasal arıtmanın avantajlarıyla birleştirmeyi amaçlamaktadır. [145, Dalrymple, I. 1999], [166, Clark, J.H. 1995]

### Elde edilen çevresel faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletim verileri

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallere bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

### Çapraz ortam etkileri

Hiçbir etki rapor edilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomi

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### Uygulamanın sağladığı faydalar

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### Örnek tesisler

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### Referans literatür

[ 145, Dalrymple, I. 1999 ], [ 166, Clark, J.H. 1995 ].

#### 2.12.6.2.7 Ters ozmoz

##### Açıklama

Zar tarafından ayrılan bölmeler arasında uygulanan bir basınç farkının, daha güçlü bir çözeltiden daha zayıf olana kadar suyun akmasına neden olduğu bir zar işlemi.

##### Teknik Açıklama

Ters ozmoz, özellikle galvanik endüstrisinde, çözülmüş metallerin giderilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ozmoz, bir membran ile ayrılan iki çözeltinin konsantrasyonundaki bir farklılıktan kaynaklanan su gibi bir çözücünün doğal yayılımıdır. Çözücü, güçlü çözeltinin konsantrasyonunu azaltacak yönde akar. Ters ozmozda, çözücü akışını tersine çevirmek için bir kuvvet uygulanır. Gerekli basınç, ozmotik basıncı aşmalıdır. Ters ozmoz membranı boyunca iyonların geçişi için tipik veriler Tablo 2.26'da sunulmuştur. Ters ozmoz bazen metal kaplama endüstrisinde değerli metallerin geri kazanımı için kullanılır.

**Tablo 2.22: Ters ozmoz membranı boyunca iyonların tipik geçişi**

İyonlar	Geçiş (%)	Reddedilme (%)
Amonyum	8	92
Sodyum	5	95
Potasyum	5	95
Magnezyum	3	97
Stronsiyum	3	97
Kalsiyum	2	98
Nitrat	15	85
Bisilicate	10	90
klorid	5	95
florür	5	95
Bikarbonat	5	95
Sülfat	3	97
Fosfat	1	99
Kaynak: [ 146, Kemmer 1988 ]		

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallere bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

### **Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir etki rapor edilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Sadece NFM üretiminde belirli tip atıksulara uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### **Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### **Referans literatür**

[ 146, Kemmer 1988 ]

#### **2.12.6.2.8 İyon değişimi**

##### **Açıklama**

İyon değişimi işlemi normal olarak iyon değişim reçinesi boncuklarıyla dolu bir kolonda gerçekleşir. Değişim ilk olarak kolonun tepesinde başlar ve değişim koşullarını stabil tutmak için sütunun içinden geçer.

##### **Teknik Açıklama**

İyon değişimi bazen atık proses sularından metallerin uzaklaştırılmasında son arıtma aşaması olarak kullanılır. Bu işlemde, istenmeyen metal iyonları bir atıksu akışından ayrılıp katı matrisle aktarılıp uzaklaştırılır ve iyon değiştirici iskeletinde depolanan eşdeğer sayıda başka iyonlar atıksuya verilir. İyon değiştirme genellikle 500 mg/l'nin altındaki metal konsantrasyonları içeren atıksular için kullanılır.

İyon değiştirici malzeme içinde depolanan iyonların miktarına bağlı olarak, iyon değiştiricinin kapasitesi sınırlıdır. İyon değiştirici malzeme bu nedenle hidroklorik asit veya kostik soda ile rejenere edilmelidir. Selenyum ve renyumun bir molibdenit kavurucudan çıkan atık gazdan çıkarılması gibi bazı durumlarda, iyon değiştiriciler periyodik olarak değiştirilir, böylece metaller prosesin kendisi tarafından veya özel proseslerde geri kazanılabilir.

Bazı belirli iyon değiştiriciler, belirli metalleri atıksudan temizleyebilir. Bu seçici iyon değişimi prosesi, atıksudan zehirli metallerin uzaklaştırılmasında çok daha verimlidir. Ayrıca, kolon çok yüksek bir metal giderim düzeyine sahiptir ve aynı zamanda karışık içerikli atıksular ile daha verimli bir şekilde çalışabilmektedir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallere bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

**Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir etki rapor edilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

**Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

**Referans literatür**

Referans sağlanmadı.

**2.12.6.2.9 Aktif karbon****Açıklama**

Bu, filtreleme ortamı olarak aktif karbonun kullanıldığı bir filtrasyon işlemidir.

**Teknik Açıklama**

Oldukça gözenekli bir karbonlu madde olan aktif karbon, genellikle organik materyalleri atık sudan uzaklaştırmak için kullanılır, fakat aynı zamanda cıva ve değerli metallerin uzaklaştırılmasında da uygulamaları vardır. Bu filtreler normal olarak yataklar ya da kartuşlar biçiminde birden fazla seri bağlı birim olarak çalıştırılır, böylece bir filtrenin doymuş noktaya gelmesinden sonra oradan çıkan su ikinci filtre tarafından işlenir. Kapasitesi harcanan filtre daha sonra değiştirilir ve diğer filtrenin aşağı akışına konumlandırılır. Bu işlemin başarısı, filtrelerin doymuş hale geldiğini tespit etmek için yeterli bir yöntemin olmasına bağlıdır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Organik materyallerin, cıva ve değerli metallerin suya verilen emisyonlarının azaltılması.

**Çevresel performans ve işletim verileri**

Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerin bir kombinasyonu için performans verileri, metallerden bahsedilen bölümlerde verilmiştir.

**Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir etki rapor edilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

Suya verilen emisyonların azaltılması.

**Örnek tesisler**

Metallerden bahsedilen bölümlerde ilgili bilgiler bulunabilir.

### 2.12.7 Kalıntıların Yönetimi

#### Açıklama

Metalurjik işlemde kaynaklanan artıkların oluşumunu en aza indirecek tekniklerin listesi.

#### Teknik Açıklama

Bölüm 2.9.1'de belirtildiği gibi, eritme metalleri tarafından üretilen cüruf ve dros miktarı esas olarak hammaddelerin safsızlıklarından etkilenmektedir, bu nedenle daha temiz materyaller bu katıların azaltılmış üretimine neden olmaktadır. Bazı durumlarda, kullanılacak hammaddelerin dikkatli bir şekilde seçilmesiyle bu sağlanabilir. Örneğin, bazı çinko konsantreleri daha düşük miktarlarda demir içerebilir [98, Lijftogt, J.A. 1998] ve bu konsantreleri kullanmak için geliştirilen süreçler, demir bazlı kalıntıların üretimini en aza indirebilir. Bu konsantrelerin sınırlı kullanılabilirliği ve yüksek maliyetleri bunun küresel bir çözüm olmadığı anlamına gelir. Sekonder alüminyum için, hurda ön işlem veya daha temiz malzemelerin kullanılması, kullanılan fırına bağlı olarak kullanılan tuz flaksının azaltılması veya ortadan kaldırılmasıyla sonuçlanır. Ön arıtma ekonomisinin dengelenmesi gerekmektedir. Kirliliklerin ayrıştırılmasının reaktiflerin eklenmesiyle gerçekleştirildiği durumlarda, reaktiflerin etkili ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması için gereken seviyeye eklenmesi, üretilen kalıntı miktarını en aza indirecektir.

Öte yandan, uygun olmayan depolama ve elleçleme, malzemelerin ıslanmasına yol açabilir. Örneğin, alüminyum için bir eritme işleminde, su, patlama potansiyeli olan buharlaşır.

Yağsızlık / çapak oluşumu fırının çalışmasını optimize ederek en aza indirgenebilir, örn. eriyiğin aşırı ısınmasını önleyerek yanmayı azaltmak. Optimum çalışma koşullarını sağlamak için modern proses kontrol teknikleri kullanılmaktadır.

Bir eriyiğin banyo yüzeyinin oksitlenmesini önlemek için kapalı bir fırın işlemi kullanılabilir. Örneğin, alüminyumun indirgeyici bir atmosfer altında eritilmesiyle (fırını inert gazla durulamak), üretilen kayma / çapak miktarı azaltılır. Benzer şekilde, bir pompalama sistemi ve bir yan kuyu kullanımı oksidasyonu azaltabilen başka bir ölçüdür.

Kurşun külleri ve eritme işlemiyle üretilen büyük miktarda cürufun büyük ölçüde geri dönüştürülebileceği ya da yeniden kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Tükenmiş kaplamalar ve refrakterler tamamen önlenemez, ancak miktarın azaltılması aşağıdaki önlemlerle sağlanabilir:

- fırının tuğla kaplamasının dikkatli bir şekilde yapılması;
- fırının sürekli kullanımı ve dolayısıyla sıcaklıktaki değişikliklerin en aza indirilmesi;
- Çalışma aralığı dışındaki sıcaklıkları tespit etmek için termal izleme;
- astarlardan ısıyı çıkarmak için soğutma blokları;
- flaks ajanlarının kısa etki süresi;
- agresif flakslama ajanlarından kaçınma;
- fırınlar ve potaların dikkatli bir şekilde temizlenmesi;
- fırın hareketinin azaltılması (rotasyon);
- süreç için en uygun refrakter seçimi;
- faydalı olduğunda ısıtma / soğutma oranlarının kontrolü.

Belirli koşullar altında, kullanılmış balataların ve refrakterlerin bileşimine bağlı olarak yeniden kullanım mümkündür.

Refrakterler, taşlama veya döküm kütlesi veya cüruf bileşimini ayarlamak için bir akış



oluşturmak için öğütme işleminden sonra birincil ve ikincil bakır eritme işleminde tekrar kullanılabilir. Alternatif olarak, metal içeriği öğütme ve öğütme yoluyla malzemedan ayrılabilir ve harcanan astarlar ve refrakterler, inşaat amaçları için yeniden kullanılabilir veya refrakter astarlar veya refrakter çimento üretebilir. Metal içeriği, kirece geri dönüştürülebilir veya diğer demir dışı metal tesislerine verilebilir.

İkinci bir bakır fabrikasında, şaft fırından, dönüştürücüden ve anot fırından gelen tuğlalar tamamen geri dönüştürülebilir. Dönüştürücü tuğla% 1,5'e kadar bakır içerir ve şaft fırını tuğla% 4'e kadar bakır içerir. Tuğlalar öğütülür ve bakır geri kazanılır; Geri kalan malzeme döküm çarkı için refrakter çimento ve refrakter astarlar yapmak için kullanılır. Beyaz tuğlalar anot fırında yeniden kullanılır ve pota fırınında çimento ve pota izolasyonunda siyah tuğla kullanılır. Fırın balataları ezilir, bakır çıkarılır ve işleme için geri gönderilir ve refrakter parçalar anot döküm tekerleği için kalıp yapmak üzere yeniden formüle edilir [249, Avusturya, Brixlegg 2007].

Daha fazla kullanım için cürufun kalitesini kontrol etmek de dikkate alınması gereken önemli bir tekniktir. Bazı cüruflar nispeten inerttir ve agregaları ve aşındırıcıları değiştirmek için inşaat malzemesi olarak kullanılabilir. Malzemenin iyi kalite kontrolü, inşaat veya başka bir yerde kullanılmasının kabul edilebilir olmasını ve kabul edilebilirliği göstermek için liç testleri yapılmasını sağlamak için gereklidir. [289, USEPA 2008], [268, Belçika 2008] Düzenli Depolama Yönetmeliği, CEN standart liçini belirtir. Granül atık için testler: EN 14405 ve EN12457 / 1-4.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Bertaraf edilmesi gereken atık miktarının azaltılması.
- Orijinal malzemenin inert cüruflarla değiştirilmesi, tortuların azaltılması veya refrakter çimento vb. üretilmesi ve malzemenin yeniden kullanılması.

#### **Çevresel performans ve işletim verileri**

Üretim süreçlerinde oluşan kalıntı miktarını azaltmak için çeşitli teknikler mevcuttur.

Önemli teknikler cüruf miktarını azaltmak, cürufta metalleri geri kazanmak ve kalıntı cürufundaki metal miktarını azaltmaktır. Örneğin, Finlandiya'da çalışan bir ferro krom, bir ferro krom cüruf ayırma işleminden gelen kalıntı miktarını azaltmayı başarmıştır. İşlenmiş ince cüruftan kromu ayırmak için spiral vida ile çalışan bir makine kullanılır. Krom cüruftan daha ağırdır, bu nedenle spiralin merkezinde yoğunlaşır. Geri kazanılan krom, eritme atölyesinde tekrar kullanılabilir ve cüruf, yeni dolgu ürünleri için hammadde olarak kullanılır. Dolgu ürünleri, örneğin çimento ve asfaltta kullanılır. Bu teknik, bertaraf edilecek kalıntı miktarını yaklaşık 10.000 ton azalttı.

#### **Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir etki rapor edilmedi.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Bu teknikler öngörülen görev için uygun malzemelerin kullanımına uygulanabilir. harcanmış refrakterler, daha düşük dereceli refrakter çimento veya pota astarları yapımında kullanılabilir ve metalürjik cüruflar, sızıntı standartlarını karşılamaları koşuluyla inşaat için kullanılabilir.

#### **Ekonomi**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

#### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

Bertaraf maliyeti.

#### **Örnek tesisler**

AT, BE ve DE'deki tesisler.

#### **Referans literatür**

[ 233, COM 2008 ] [ 249, Austria, Brixlegg 2007 ]

### 2.12.8 Gürültü ve titreşim

Gürültü ve titreşim sektörde yaygın olan konulardır ve sektörün tüm kesimlerinde kaynaklar ile karşılaşmaktadır. Bir kurulumdan çevreye yayılan işlem gürültüsü geçmişte birçok şikayete neden olan bir faktördür ve gürültü ve titreşimi önlemek ve en aza indirmek için nedenler ve yaklaşımlar hakkında bazı bilgiler alınmıştır. Bir tesisattaki gürültünün operatörler üzerindeki etkisi bu dokümanın kapsamında değildir.

En önemli gürültü ve titreşim kaynakları, hammadde ve ürünlerin taşınması ve taşınmasıdır; pirometalurji, öğütme ve öğütme işlemlerini kapsayan üretim süreçleri; pompa ve fanlar kullanımı; buharın tahliyesi; ve katılsız alarm sistemlerinin varlığı. Gürültü ve titreşim çeşitli şekillerde ölçülebilir, ancak genellikle detaylar alana özgüdür ve ses frekansı ve nüfus merkezlerinin yeri dikkate alınır.

Yeni tesisler düşük gürültü ve titreşim seviyeleri ile belirtilebilir. İyi bakım, fanlar ve pompalar gibi ekipmanların dengesiz hale gelmesini önleyebilir. Ekipman arasındaki bağlantılar, gürültünün iletimini önlemek veya en aza indirmek için tasarlanabilir. Ortak gürültü azaltma teknikleri şunlardır:

- gürültünün kaynağını taramak için setlerin kullanılması;
- gürültülü tesislerin veya bileşenlerin ses emici yapılarda muhafazası;
- ekipman için titreşim önleyici destek ve ara bağlantıların kullanılması;
- Gürültü yayan makinelerin dikkatli bir şekilde yönlendirilmesi;
- sesin frekansını değiştirmek.

### 2.12.9 Koku

Demir dışı metal endüstrilerinde çeşitli potansiyel koku kaynakları vardır. En önemlileri, metal dumanları, organik yağlar ve çözücüler, cüruf soğutması ve atık su arıtımından elde edilen sülfidler, hidrometalurjik ve atık su arıtma işlemlerinde (örneğin amonyak) ve asit gazlarında kullanılan kimyasal reaktiflerdir. Kokular dikkatli tasarım, reaktif seçimi ve doğru malzeme kullanımı ile önlenir. Örneğin, malzemeyi kuru tutarak alüminyum kaymalardan / cüruftan amonyak oluşumu önlenir.

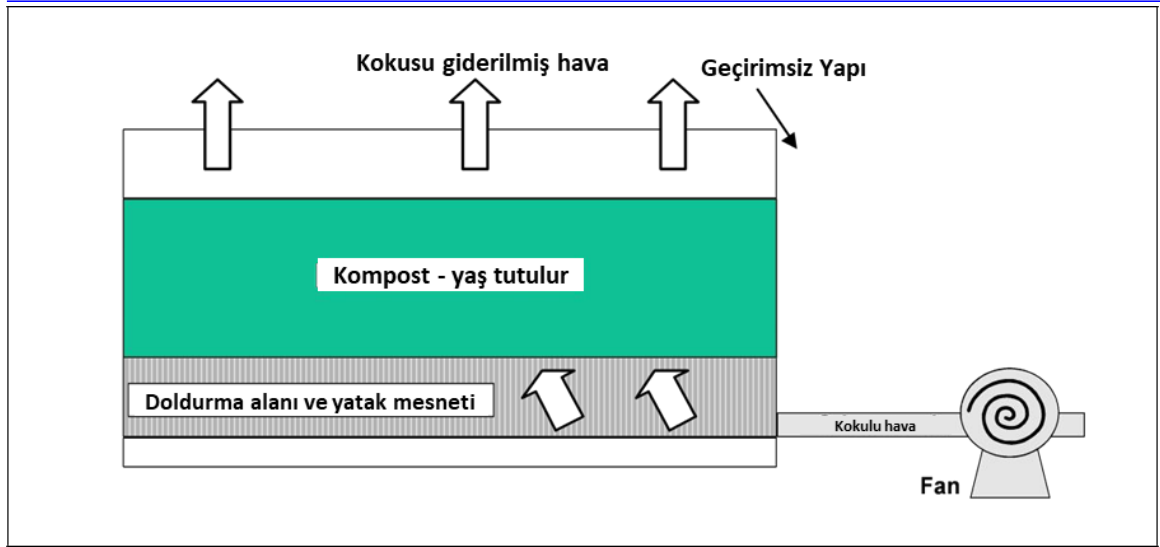
Bu bölümde daha önce açıklanan azaltma teknikleri, kokuların önlenmesine veya ortadan kaldırılmasına katkıda bulunacaktır. İyi temizlik ve iyi bakım uygulamalarının genel ilkeleri, önleme ve kontrolde de önemli bir rol oynamaktadır.

Koku kontrol prensiplerinin temel hiyerarşisi:

- kötü kokulu materyallerin kullanımını önlemek veya en aza indirmek için;
- dağıtılmadan ve seyreltilmeden önce kokulu materyalleri ve gazları içermek ve çıkarmak;
- Muhtemelen ard arda yakma veya filtrasyon yoluyla bunları işlemek için (ayrıca bkz. Bölüm 2.12.2.2 ve 2.12.5.1).

Uygun biyolojik türler için substrat görevi gören turba veya benzeri materyaller gibi biyolojik ortamların kullanılması kokuların giderilmesinde başarılı olmuştur [156, VDI 2008]. Güçlü kokulu maddeler seyreltilirse kokuların giderilmesi çok karmaşık ve pahalı bir işlem olabilir. Düşük konsantrasyonlarda kokulu materyaller içeren çok büyük gaz hacimlerinin işlenmesi, büyük bir proses tesisini gerektirir.

Şekil 2.35'te bir biyofiltre gösterilmiştir.



Şekil 2.35: Basit bir biyofiltrenin planı

### 2.12.10 Hizmetten çıkartma

#### Açıklama

Aşağıya bakınız.

#### Teknik Açıklama

Bu, yeni bir tesis kurmadan önce, bir alanın ilk kullanımının, kullanım ömrünün sonunda hizmet dışı bırakılması için planlanmasını gerektirir.

Bu aynı zamanda, toprak kirliliğini önlemek için, tesisnin tüm ömrü boyunca kronik risklerin önlenmesini de içerir; planları geliştirerek:

- Dağınık emisyonlara katkıda bulunabilecek alanları tespit etmek, böylece çevreye zarar verebilecek ya da çevreye zarar verebilecek rüzgârları önlemek için önlem alınabilir;
- yeraltı sularının daha fazla kirlenmesini önlemek için harekete geçin;
- bir dökülme yönetimi programı ve diğer toprak koruma önlemlerini tesis etmek;
- Tanımlanmış diğer kaynakların kapsamını genişletmek;
- Tesisin dışında, tesisin dışındaki tüm etkilerini tespit etmek amacıyla, tesisnin tüm yaşamı boyunca, özellikle yeraltı sularına göre bir çevresel izleme programı kullanmak.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Hizmetten çıkarma sırasında çevresel sorunlarının ve ayrıca toprak kirliliğinin önlenmesi.

#### Çevresel performans ve işletim verileri

- Tasarım aşamasında hizmetten çıkarma dikkate alındığında, daha sonra hizmet dışı bırakma sırasında riskleri ve aşırı maliyetleri en aza indirir.
- Potansiyel problemlerin tespit edildiği mevcut tesisler için, bir iyileştirme programı uygulamaya konmuştur. Bu iyileştirme tasarımları şunları sağlamalıdır:
  - mümkünse yeraltı depoları ve boru hatlarından kaçınılmalı (ikincil muhafaza veya uygun bir izleme programı ile korunmadıkça);
  - Sökülmeden önce gemilerin ve boru tesisatlarının boşaltılması ve temizlenmesi için bir hüküm vardır;
  - lagünler ve bertaraf sahaları, nihai temizlik veya teslim olmaları için tasarlanmıştır;
  - toz veya tehlike oluşmadan kolayca sökülebilen yalıtım kullanılır;
  - kullanılan herhangi bir materyal geri dönüştürülebilir (yine de operasyonel veya diğer çevresel hedefleri karşılamaları gerektiği düşünülse de).
- Mevcut durumda, herhangi bir kirlilik riskinden kaçınmak ve işletim bölgesini tatmin edici

bir duruma döndürmek için tesisin hizmet dışı bırakılabileceğini göstermek için bir site kapatma planı geliştirilmiştir. Malzeme değişiklikleri meydana geldiğinde plan güncellenmelidir. Bununla birlikte, erken bir aşamada bile kapatma planı şunları içerebilir:

- ya uygun olduğu hallerde boru hatları ve gemilerin çıkarılması ya da temizlenmesi ve potansiyel olarak zararlı içeriklerin tamamen boşaltılması;
- tüm yeraltı boru ve gemilerinin planları;
- lagünlerin temizlenmesi için gerekli yöntem ve kaynaklar;
- herhangi bir yerde depolama alanlarının teslim koşullarına eşdeğer olmasını sağlamak için yöntem;
- gelecekteki mal sahiplerine bu tür yükümlülükler bırakmanın makul olduğu konusunda anlaşmaya varılmadıkça, asbest veya diğer potansiyel olarak zararlı materyallerin kaldırılması;
- inşaat ve yıkım alanlarında yüzey sularının ve yeraltı suyunun korunması için binaların ve diğer yapıların sökülmesi için yöntemler;
- Faaliyetlerin neden olduğu herhangi bir kirliliğin derecesini belirlemek için toprağın test edilmesi ve ilk site raporunda tanımlandığı gibi, sitenin tatmin edici bir duruma getirilmesi için herhangi bir iyileştirme ihtiyacı.

### **Çapraz ortam etkileri**

Hiçbir etki rapor edilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik mütaala**

Burada belirtilen teknikler, tesisin kullanım ömrü boyunca, tesisin tasarım ve yapım aşamasında ve tesisin kapanmasından hemen sonra uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Hizmet dışı bırakma sırasında aşırı maliyetleri en aza indirmek mümkündür.

### **Uygulamanın sağladığı faydalar**

Gelecekteki maliyet ve yükümlülüklerin azaltılması.

### **Örnek tesisler**

Hiçbir bilgi sağlanmadı.

### **Referans literatür**

[ 237, UBA (A) 2004 ], [ 245, France 2008 ], [ 288, UK 2002 ]

## 2.13 Yeni teknikler

Burada yeni geliştirilen teknikler sadece yukarıda Bölüm 2’de açıklanan ortak prosesler için rapor edilmektedir. Diğer prosesler için olan yeni teknikler sonraki bölümlerde rapor edilmektedir.

### 2.13.1 LUREC ve BAYQIK prosesi

Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazların sülfürik aside dönüştürülmesi için yeni ortaya çıkan teknikler aşağıda tanımlanmıştır.

#### Açıklama

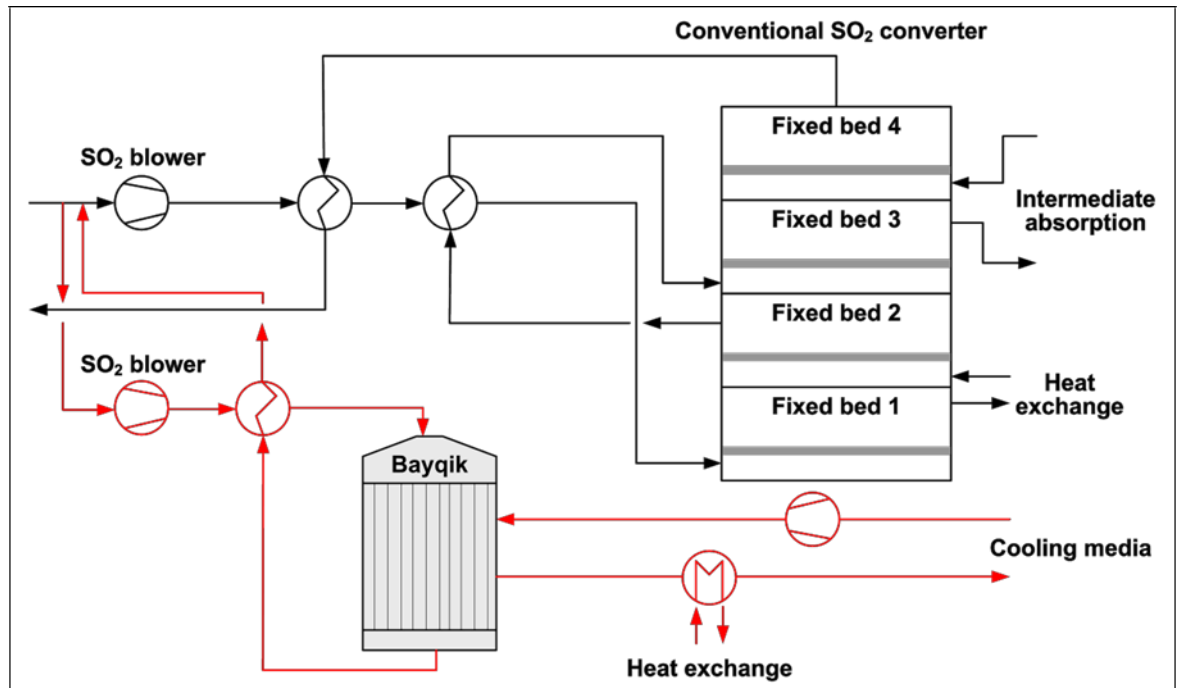
- LUREC® prosesi
- BAYQIK® prosesi

#### Teknik Açıklama

Mevcut bir kontak tesisinin dışına harici bir ilave geçişin eklenmesi yoluyla mevcut bir sülfürik asit tesisi güncellenip sülfür dioksit için daha yüksek giriş konsantrasyonlarının kullanılması sağlanabilir.

LUREC® prosesi, giriş gazı konsantrasyonuna bağlı olarak bir veya iki yataklı ek bir temas odası kullanır. Bu, bir ön konvertör olarak işler ve daha sonra mevcut tesisten önce bir ısı değiştirici ve bir ön absorpsiyon aşaması kullanılabilir. Kükürt dioksit için %15 ila %25 arasındaki giriş konsantrasyonları test edilmiştir.

BAYQIK® prosesi, katalizör ve desteğin iç boru içinde bulunduğu ve dış halkanın ısı eşanjörü olarak işlev gördüğü bir dizi eş merkezli tüp kullanır. İşlem Şekil 2.36’da gösterilmiştir.



Şekil 2.36: BAYQIK® prosesi

#### Elde edilen çevresel faydalar

- SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Mevcut bir sülfürik asit tesisinin genel verimliliğinin artması ve daha yüksek giriş gazı konsantrasyonları, genel gaz akışının düşük tutulması için kullanılabilir.

**İşletim verileri**

LUREC® süreci, 2007 yazından bu yana Çinli bir suya batırıcı Yanggu Xiangguang Copper, Shandong Eyaleti, Çin (nominal kapasite 2340 t / d) ile faaliyete geçmiştir. Ön-temassız ön emici ünite beş geçiştikten önce gelir. Çift kontaklı / çift emişli sülfürik asit tesisi, genel olarak yedi geçişli üçlü kontakt tesisi sağlar. Bu,% 16–18 SO<sub>2</sub> giriş konsantrasyonunda çalışan bir yeşil alan tesisidir.

BAYQIK® prosesi, entegre bir ısı eşanjörüne sahip bir katalizör yatağı içeren mevcut bir sülfürik asit tesisine ek bir dış aşama ekler. Tesis 2009 yılında Stolberg, Almanya'da devreye alındı ancak Ocak 2010'da hiçbir performans verisi mevcut değildi.

**Çapraz ortam etkileri**

Ek proses için hiçbir şey raporlanmadı.

**Uygulanabilirlik**

LUREC® prosesi mevcuttur ve mevcut tüm tesisler için ilave yatak olarak kullanılabilir, giriş gaz konsantrasyonunun gerektirmesi durumunda altı veya yedi geçiş ve üç kez absorpsiyon sağlar.

**Ekonomi**

LUREC® işlem maliyetleri,% 20'lik bir SO<sub>2</sub> giriş konsantrasyonunda 121.000 Nm<sup>3</sup> / h gaz akışına ek olarak 8 milyon EUR olarak verilmiştir. LUREC® eklenti modülü ve geleneksel bir tesis arasındaki sermaye maliyeti karşılaştırması Tablo 2.27'de verilmiştir.

**Tablo 2.23: LUREC® eklenti modülü ve geleneksel bir tesis arasındaki sermaye maliyeti karşılaştırması**

Kalem	Birim	Miktar	
		Geleneksel tesis	Eklenti LUREC® tesisi
Mevcut kapasite	ton/gün	2000	NA
Mevcut izabe fırını gaz akışı	Nm <sup>3</sup> /saat	51.700	NA
Tesis girişine mevcut gaz akışı	Nm <sup>3</sup> /saat	143.000	NA
Giriş SO <sub>2</sub> konsantrasyonu	hacim-%	13,0	NA
Gerekli ek kapasite	ton/gün	600	NA
Giriş SO <sub>2</sub> konsantrasyonunun %13 iken gelecekte gerekli gaz akışı	Nm <sup>3</sup> /saat	185.600	NA
600 t/gün'lük tesis için tahmini maliyet	Euro	11.000.000	NA
Gelecekte gerekli kapasite	ton/gün	1240	1360
Giriş SO <sub>2</sub> konsantrasyonunun %36 iken izabe fırınından gaz akışı	Nm <sup>3</sup> /saat	67 200	
Tesis girişine gaz akışı	Nm <sup>3</sup> /saat	120.000	121.000
Giriş SO <sub>2</sub> konsantrasyonu	hacim-%	9,5	20
1360 t/gün'lük LUREC® modülü için tahmini maliyet	Euro	NA	8.000.000

NB: NA = mevcut değil.

BAYQIK® prosesinin maliyetleri, 25.000 m<sup>3</sup>/saat'lik bir tesisten %50 oranında yan akım alan bir proses için 7,5 milyon Euro olarak verilmiştir.

**Uygulamanın sağladığı faydalar**

Değişim yapılmadan tesis veriminin artması.

**Örnek tesisler**

Yanggu Xiangguang Cooper, Shandong Eyaleti (Çin) ve Stolberg (DE).

**Referans literatür**

[ 274, COM 2008 ], [ 326, Daum et al. 2005 ]

## 3. BİRİNCİL VE İKİNCİL HAMMADDELERDEN BAKIR VE ALAŞIMLARININ ÜRETİM PROSESLERİ

### 3.1. Uygulanan teknikler ve prosesler

#### 3.1.1. Birincil bakır üretimi

Birincil bakır pirometalurjik veya hidrometalurjik işlemlerle üretilebilir. Birincil bakırın yaklaşık %20'si, cevherlerin doğrudan liç edilmesi (hidrometalurjik yöntem) ile üretilir. Günümüzde ise pirometalurjik olarak birincil bakır üretimi için en önemli hammaddeler %85'in üzerinde bir pay ile sülfür konsantreleridir (% 15-45 Cu). Küçük ölçüde oksidik/sülfidik karışık cevherler ve daha seyrek olarak bitümlü cevherler işlenir. Sülfürik konsantreler kompleks bakır/demir sülfitlerden oluşur; %0,2–2 bakır içeren cevherlerden flotasyon ile elde edilirler. Birincil bakır üretimi için kullanılan diğer yöntemler, flakslar (silikat, kireç, kumlar, vb.), katkı maddeleri/reaktifler (demir, karbon, vb.) ve geri dönüştürülmüş malzemelerdir (hurda, cüruf, kireç çamurları, kullanılmış aşındırıcı maddeler, cüruf, tozlar vb.) [234, UBA (D) 2007]. Genel işlemler aşağıda tartışılmaktadır.

#### 3.1.2. Pirometalurjik yöntem

Pirometalurjik yöntem, kullanılan konsantreye bağlı olarak bir dizi adım gerektirir. Konsantrelerin çoğunluğu sülfidiktir ve ilgili aşamalar tavlama, eritme, dönüştürme, rafine etme ve elektrolitik rafinasyon işlemidir. Bu bölümde adı geçen tüm fırınların genel görünümü Ek 13.1'de verilmiştir ve gerektiğinde burada daha fazla ayrıntı verilmiştir [90, Traulsen, H. 1998].

##### 3.1.2.1. Konsantre mat izabesi

Konsantreler, eritme işleminden önce nem içeriğini %7-8'den yaklaşık %0,2'ye düşürmek için kurutulur. Şaft fırınlarında eritme için konsantre %3,5-4 oranında kurutulmuş ve briketlenmiştir.

Bakır konsantrelerinin kurutulması için kullanılan iki tip kurutucu vardır:

- Atık gazlar tarafından ısıtılan sıcak gazlı döner kurutucular
- Buhar ısıtmalı bobin kurutucular.

Döner kurutucu dönen bir tamburdur. Doğal gazın yanmasıyla üretilen sıcak gaz, ıslak konsantreye temas eder ve içerilen su, gaza aktarılır.

Buhar kurutucuları, buhar bobinleri aracılığıyla dolaylı olarak ısıtılmaktadır. Çıkış, buhar basıncına bağlıdır; basıncı 18–20 bar'a çıkararak kapasite artırılabilir. Konsantrenin suyunu almak için az miktarda taşıyıcı hava verilir.

Kavurma ve eritme işlemi genellikle tek bir ocakta eşzamanlı olarak yüksek sıcaklıklarda, bir mat (bir miktar demir sülfür ile bakır sülfür), demir ve silika açısından zengin bir cüruf halinde ayrıştırılabilen bir eriyik üretmek üzere gerçekleştirilir. Silikayı içeren bir eritme ajanı ve eğer gerekirse, cüruf oluşumuna yardımcı olmak için eriyiğe genellikle kireç (CaO) eklenir. Bu işlemle üretilen sülfür bazlı gazlar, sülfürik asit üretiminde bir hammadde olarak kullanılmak üzere asit fabrikalarına veya daha nadiren sıvı SO<sub>2</sub> üretimine yönlendirilir. Eritme aşaması, bakır sülfidin, silikatların, özellikle demir silikatların oluşumuyla, cevherlerde bulunan diğer katılardan ayrılması için kullanılır. Bu reaksiyon, diğer metalik kirleticilere kıyasla kükürt için yüksek bakır afinitesine bağlıdır.

Düşük bir sülfür içeriğine ve yüksek bir organik karbon içeriğine sahip bakır konsantresi için, eritme bir şaft/yüksek fırında gerçekleştirilebilir. Bu gibi durumlarda, yüksek enerji içeriğine sahip çıkan atık gazlar, bir santralde ek yakıt olarak kullanılabilir.

Çok saf bakır konsantrelerinde kısmi tavlama, cevheri ısıtmak veya oksitleme koşulları altında konsantre ederek konsantre demir ve bakırın sülfürlerini basit sülfürlere dönüştürür. Bu işlemle üretilen sülfür bazlı baca gazları, bir asit tesisine yönlendirilir. Ergitme aşaması, daha sonra, bakır sülfürü, özellikle demir silikatlar olmak üzere silikatların oluşumuyla, cevherlerde bulunan oksitler gibi diğer türlerden ayırmak için kullanılır.

Kullanımda iki temel eritme işlemi vardır: banyo eritme ve flaş eritme. Flaş eritme işlemi, oksijenin zenginleştirilmesinde bir ototermal (otojen) veya neredeyse ototermal bir işlem üretmek için kullanılır. Banyo eritme süreçleri genellikle daha düşük bir seviyede oksijen zenginleştirilmesi için kullanılır. Oksijenin kullanımı ayrıca, kükürt geri kazanım sistemlerinden (genellikle sülfürik asit üretimi veya sıvı sülfür dioksit üretimi) kullanılarak gazın daha etkili bir şekilde toplanmasını sağlayan daha yüksek kükürt dioksit konsantrasyonları sağlar. Tablo 3.1, birincil bakır üretimi için kullanılan eritme süreçlerini göstermektedir.



Tablo 3.1: Birincil bakır ergitme teknolojileri

Ergitme işlemi	Gelişme durumu		Uyarılar	
	Endüstriyel ölçekli çalışma durumu	Çevresel performans: potansiyel veya kısıtlamalar	Üretim seviyesi: potansiyel ve/veya sınırlamalar	Yorum
Şaft/Yüksek fırın	Kuruluş	Gazların enerji ve sülfür içeriğini geri kazanabilen proseslerle birleştirilmesi gerekenli	Düşük kükürt içeriğine ve yüksek karbon içeriğine sahip düşük dereceli konsantreler için özel olarak kullanılır	Yüksek karbon içeriği, ısı yayılımı nedeniyle diğer teknolojilerle işlem yapmayı zorlaştırır
Kısmi tavlama ve elektrikli fırın izabesi	Kuruluş	İyi	Üretim oranı için sınırlama	Tavlama büyüklüğü sınırlayıcı bir faktör olabilir
Outotec flaşı eritme ve Peirce-Smith dönüştürme	Kuruldu	İyi	Bir üniteye çok yüksek ergitme oranı mümkündür; Fırın tasarımına ve konsantr tipine bağlı olarak 400 000 t/yıl blister bakır	Dünya çapında standart birincil bakır izabe kavramı hala iyileştirme potansiyeline sahiptir.
Outotec doğrudan blister flaş eritme	Kuruldu	İyi	İşlemlerde üç fabrika > 200 000 t/yr ulaştı	Düşük demir/düşük cürufllu konsantrelere uygulanabilir
Ausmelt/ ISASMELT	Kuruldu	İyi	Birim başına üst üretim oranı test edilmedi	Daha fazla gelişme potansiyeli
INCO	Kuruldu	İyi	Birim başına kanıtlanmış eritme oranının sınırlandırılması	Yüklenen fırınların büyüklüğü. Daha fazla potansiyel
Teniente dönüştürücü, Noranda prosesi	Kuruldu	İyi	Reaktör büyüklüğü ve O <sub>2</sub> zenginleştirme limitleri ile ergitme oranının sınırlandırılması	Diğer süreçlerle karşılaştırıldığında, proses gazı yakalama için daha fazla çaba gerektiren nispeten yüksek
Vanyukov prosesi	Rusya ve Kazakistan'da altı endüstriyel ölçekli fırın	Potansiyel olarak iyi	Kesin analiz yok	Doğrulanmış bir bilgi mevcut değildir; genel olarak teknoloji potansiyele sahip olabilir

### Bölüm 3

Baiyin prosesi	Tam sayı bilinmiyor. Operasyonda en az iki sanayi birimi	Potansiyel olarak iyi	Belirli bir analiz mevcut değildir; Mevcut bilgiler, 75000 t/yıl Cu'ya kadar üretim oranlarının elde edilebileceğini göstermektedir.	Doğrulanmış bilgi mevcut değildir. Önemli bir potansiyele sahip olabilir
Sürekli bakır eritme için Mitsubishi prosesi	Kuruluş	İyi	Şimdiye kadar > 200 000 t/yıl üretim seviyesine ulaştı	Daha fazla gelişme potansiyeli
Kennecott-Outotec flaş eritme/flaş dönüştürme	Üç tesiste faaliyet göstermektedir. Dördüncü santral yapım aşamasındadır.	İyi	Tek bir dönüştürücüde ve düşük gaz hacmi ile daha yüksek üretim hızı	Mükemmel çevresel performans ve daha fazla gelişme potansiyeli.
Revereratory fırın eritme	Kuruluş	Kısmen sınırlı	Bir birimin eritme oranı için sınırlama	
Noranda sürekli dönüştürücü	Endüstriyel ölçekte yetkili	İyi	Mevcut analiz için veri yok	Etkili bir şekilde mevcut, operasyondan elde edilen veriler değerlendirildiğinde hala potansiyel

Banyo izabesi, yankı, şaft (veya patlama), elektrik, Ausmelt/ISASMELT, Noranda, Mitsubishi, El Teniente, Baiyin ve Vanyukov gibi bir dizi özel fırınlarda gerçekleştirilmektedir [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996 ], [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ]. Tüm bu prosesler ertitme banyosunda meydana gelen oksidasyon ve izabe işlemlerine dayanmaktadır. Bazı fırınlar ön kurutma işlemi olmadan çalışabilmektedir ancak bu durumda aşırı ısıtılmış su buharı gaz hacmini arttırıp enerji verimliliğini düşürebilir. Bu süreçler arasındaki farklar, örneğin hava/oksijen veya yakıt ekleme noktaları pozisyonunda önemli olabilir ve bazı prosesler toplu olarak çalışır. Banyo izabeleri genellikle bir muhafaza fırını veya ayrı bir çöktürücü ile çalıştırılır. Genel tanımlar Bölüm 2'de ele alınmıştır ve Tablo 3.1'de özetlenmiştir [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ].

Flash ertitme Outotec veya INCO flaş fırında gerçekleştirilir [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996 ], [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ]. Outotec ve siklon prosesleri oksijen zenginleştirilmesi için kullanırken INCO prosesinde saf oksijen kullanır. Flash eritme, havada bulunan partiküllerdeki kuru konsantrelerin oksidasyonuna ve erimesine dayanır. Reaksiyona girmiş parçacıklar, mat ve cürufun ayrılmasının meydana geldiği bir çöktürücü odasına girer, bazen sıcaklığı korumak için yerleşimci içinde ek yakıt kullanılır.

Reaksiyona girmiş parçacıklar, mat ve cürufun ayrılmasının meydana geldiği bir çökeltilme odasına girer, bazen çökeltilme odasında sıcaklığı korumak için ek yakıtta kullanılır. Mat ve cüruf bu işlemlerden sonra alınıp ayrıca işlenir ve gazlar, fırından dikey bir bölme ya da emme şaftından bir ısı değiştiricisine geçer. Flaş fırın ayrıca doğrudan blister bakır üretmek için kullanılır. Birincil bakır eritme işleminde geçmişte de en çok döner dönüştürücüler (TBRC'ler) kullanılmıştır. Bu tip fırınlar ikincil ertitme için kullanılsa da, esas olarak yüksek işletme maliyetleri nedeniyle, birincil ertitme için kalıntı malzeme kullanılmamaktadırlar.

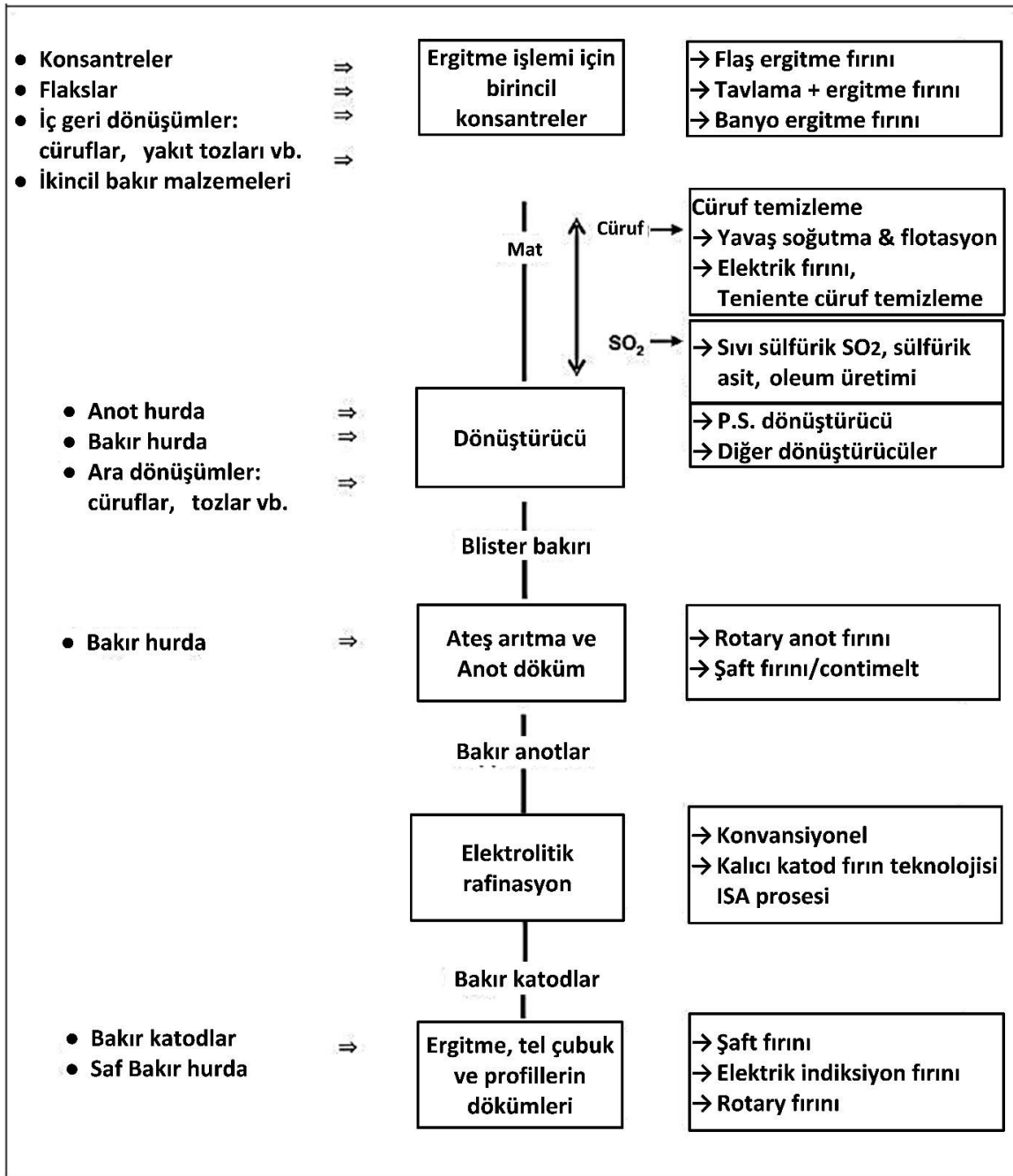
Eritme teknolojilerinin dünya çapında kullanımı Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.2: Birincil bakır üretimi için eritme teknolojilerinin dünya çapında kullanımı**

Prosesler	Blister üretimi (1000 t/yıl)
Outotec flaşı ergitme	5815
ISASMELT	2255
Ausmelt	1430
Outotec flaşı eritme ve flaş dönüştürme	1120
Mitsubishi	990
Teniente	846
Reverber Fırını	795
Outotec doğrudan blister	740
Şaft/yüksek fırın	670
Inco flaş fırını	345
Diğerleri ve bilinmeyenler	2375
<i>Kaynak: [ 382, Holding 2012 ]</i>	

Reverber fırın aynı zamanda AB-28 içinde değil, mat eritme için kullanılır. Sülfürün ve içeriğindeki demirin enerji içeriğini konsantrde kullanmaz, bunun yerine konsantrleri eritmek için fosil yakıtın kullanılmaktadır. Bu nedenle bu prosesler açıklanan diğer süreçler kadar verimli değildir. Yanma gazları, genel gaz hacmine eklenir ve çok düşük bir sülfür dioksit içeriği ile sonuçlanır, ki bu da etkili bir şekilde giderilmesi çok zordur. Reverber fırınların kullanımı 1970'lerden beri önemli ölçüde azaldı. Atık gazların SO<sub>2</sub> içeriği normalde çok düşüktür, bu yüzden bir asit fabrikasında işlenemezler.

Birincil hammaddeden bakır üretmek için genel süreç Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Birincil bakır üretimi

### 3.1.2.2. Dönüştürme

Birincil süreçlerde üç tip dönüştürme işlemi kullanılır; iki tanesi mat dönüşüm işlemidir ve bir tanesi bir alaşım dönüşümüdür. Mat dönüşüm süreçleri, en yaygın olarak kullanılan geleneksel seri prosesi ve sürekli dönüştürme prosesisidir [ 135, Gershel, T. 1998 ].

#### Kesikli mat dönüştürme prosesi

Kesikli dönüştürme işlemi iki aşamadan oluşur. Eritme işleminden geri kazanılan matın içinden bir hava/oksijen karışımı üflenerek gerçekleştirilir. Silindirik bir banyo ocağı en yaygın olarak kullanılanıdır [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996 ] ve akışkanlaştırıcılar eklenir.

İlk aşamada, demir ve kükürtün bir kısmı oksitlenir ve cüruf ve kükürt dioksit gazı oluşur; Cüruf periyodik olarak uzaklaştırılır ve daha sonra bakır elde etmek için işlenir. Normalde ilk aşama hava üfleme, artan mat eklemeleriyle birkaç adımda gerçekleştirilir.

İkinci aşamada, yani bakır üfleme, bakır sülfür, blister bakır (% 98.5 Cu) için oksitlenir ve daha fazla sülfür dioksit gazı oluşur. Bakır üfleminin sonunda kabarcık bakır çeker. Proses,

kabarcık bakırdaki kalıntı sülfür ve oksijeni kontrol etmek için çalıştırılır. Oluşan sülfür dioksit, normal olarak sülfürik asit tesisinde kükürt geri kazanımı için işlem görür.

Kuvvetli bir şekilde ekzotermik olan reaksiyon kurşun ve çinko gibi metalik kirletici uçucu hale getirir ve bunlar daha sonra bir çevre tesisinde yakalanır ve geri kazanılır. Proses ısısı, anot hurdası ve diğer bakır hurdalarının birincil ısı eklenmeden eritilmesi için de kullanılabilir. Kükürt dioksit konsantrasyonu, dönüştürmenin aşamasına ve kullanılan fırın tipine bağlı olarak, dönüşümün farklı aşamalarında değişir.

Peirce-Smith ve Hoboken tipi dönüştürücüler, toplu olarak çalışırlar (bu bölümde Peirce-Smith veya benzeri dönüştürücüler olarak anılırlar). Bunlar hava/oksijen üfleme için yanal düzenlenmiş tuyères içeren silindirik banyo fırınlarıdır [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996]. Ausmelt/ISASMELT fırını, aynı zamanda, matın, blister bakır içerisine yığın halinde dönüştürülmesi için kullanılmıştır. Birincil bakır malzemesinin yığın halinde dönüştürülmesi için geçmişte en çok kullanılan döner dönüştürücüler TBRC'lerdir, ancak kalıntı kullanılmamaktadır.

### Sürekli mat dönüştürme işlemi

Endüstriyel kullanımda olan sürekli dönüştürme süreçleri Kennecott-Outotec flaş dönüştürme fırını [ 52, Newman, C.J. et al. 1998 ], [ 62, Helle, L. et al. 1994 ] [ 66, George, D.B. et al. 1995 ], Mitsubishi fırını (entegre Mitsubishi işleminin bir parçasını oluşturur) ve Noranda dönüştürücüsüdür [ 135, Gershel, T. 1998 ].

Mitsubishi ve Noranda fırınları dönüşüm için erimiş besleme malzemesini alır. Kennecott-Outotec prosesi ise aksine şu şekildedir: Bir eritme fırını içindeki mat, ilk önce suda granüle edilir, ezilir ve kurutulur. Materyal daha sonra katılaştırma ajanları ile karıştırılır ve oksijen bakımından zengin bir atmosfer kullanılarak spesifik bir flaş fırının konsantre brülörüne beslenir; Dönüşüm havadaki parçacıklarda gerçekleşir. Proses, geri kazanılan yüksek ve sabit bir sülfür dioksit konsantrasyonu üretir. Daha sonraki işlemler için cüruf ve blister bakır kullanılır. Zemin matının kullanılması, matın kalitesinin, optimum dönüşüm verimini sağlamak için besleme hızı ve oksijen zenginleştirme derecesi ile dengelenmesini sağlar ve bu da mat üretim ve dönüştürme aşamalarının ayrıştırılmasına olanak tanır.

İşlemlerde kesikli ve sürekli konvertör kavramları ile dönüştürme çevrimleri boyunca kükürt dioksit çıkışı arasında önemli farklar vardır. Şarj sırasında ve hurda anotlarını eritebilme kabiliyetinde dumanları toplamanın kolaylığında da değişiklikler vardır. Çoğu proste, mat, cüruf ve blister bakırın aktarılması için kepçelere kullanılmaktadır ve bu yayılı emisyonları ortaya çıkabilir. Bir durumda, dönüştürücü koridordan gelen havalandırma gazları toplanır ve işlenir, başka bir durumda, bir akıllı ikincil duman toplama sistemi kullanılır [198, Velten 1999].

### Alaşım dönüştürme prosesi

Alaşım dönüştürme elektrikli fırından doğrudan blister flaş fırınına servis edilen alaşımın işlendiği bir parti prosesidir. Bir dönüştürücü çevrim yaklaşık sekiz saat sürer. İlk dönüştürücü aşamasında oksitlenmiş demirin ve kurşunun katlanmasına yardımcı olmak için parti başına yaklaşık 5–6 ton kireç taşı eklenmektedir. Bakırın aşırı oksidasyonunu önlemek için, parti başına az miktarda kok (0,1-1 t) eklenir.

Kurşun içeriği %2'nin altına düştüğünde, ikinci üfleme başlar ve PbO'yu bağlamak için dönüştürücüye silika eklenir. İşlem, Pb içeriği %0,3'ün altına düştüğünde sona erer. Dönüştürücü çıkış gazı, özel bir ıslak temizleme sisteminde işlenir ve %55-65 Pb içeren bulamaç, bir kurşun geri kazanım tesisinde kullanılır.

**3.1.2.3. Ateş Rafinasyonu (anot fırını)**

Ateş rafinasyonu, dönüştürme aşaması tarafından üretilen ham metale (blister bakır) uygulanan bir başka saflaştırma aşamasıdır. Arıtma aşaması, mevcut olan herhangi bir oksitin azaltılması için hava ilavesini ve daha sonra bir indirgeyici maddeyi (örneğin hidrokarbonları) içerir [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996 ], [ 90, Traulsen, H. 1998 ].

Ateş rafinasyonu, önce safsızlıkları oksitlemek ve son kükürt izlerini (oksidasyon aşaması) gidermek için erimiş metalden hava üfleterek elde edilir. Bir sonraki aşamadan önce giderilmesi gereken bu aşamada az miktarda cüruf üretilir. Bir sonraki aşamada (indirgeme veya 'poling'), sıvı bakırda çözünen oksijenin kısmen uzaklaştırılması için doğal gaz veya propan gibi bir indirgeyici madde kaynağı eklenir. Amonyak ayrıca bir indirgeyici madde olarak kullanılabilir, ancak NO<sub>x</sub> seviyelerini arttırdığı bildirilmiştir [ 292, Kojo et al. 2006 ]. Tarihsel olarak, ahşap direkler veya kütükler indirgeyici madde kaynağı olarak kullanılmıştır (ve hala az sayıda vakada kullanılmaktadır), dolayısıyla bu süreç poling olarak adlandırılmaktadır. Birkaç tesis, gazlaştırma aşaması sırasında gazları işlemek için bir son yakıcı kullanır.

Birincil ve bazı ikincil taslaklarda, silindirik döner fırınlar (anot fırınları) ateş rafinasyonu için kullanılır. Bu fırınlar Peirce-Smith dönüştürücüsüne benzer ve gaz ilaveleri için tuyères kullanılır. Bu fırınlar erimiş bakır, bakır hurda ve anot hurdası ile doldurulur. Bazı ikincil proseslerde hava ilaveleri için mızraklı yanma fırını kullanır ve katı veya erimiş bakır (dönüştürücü bakır veya bakır hurdası) ile beslenir. Bazı Reverber fırınlar eğilebilirdir ve tuyères ile donatılmıştır. Anot fırınlarından çıkan sıcak gazlar genellikle kurutma, oksijen buharlaşması veya diğer kullanımlar için kullanılır. Erimiş bakırın karıştırılması, bazen fırında gözenekli tıkaçlardan azotun üflenmesiyle elde edilir. Bu homojenliği artırır ve verimliliği artırır [ 265, AJ Rigby et al 1999 ].

Bir TBRC, ateş rafinasyonu aşaması için de kullanılabilir ve burada sadece döner anot fırında indirgeme/polire etme aşaması gerçekleşir.

Bakır anotlar üretmek için blister bakır, yüksek dereceli bakır hurda ve anot hurdalarının eritilmesi ve işlemden geçirilmesi için sürekli bir erime ve rafine etme işlemi (Contimelt) uygulanır. Ergitme adımını ve bir sürekli işlemde dökümle birlikte ateşleme aşamalarını (oksidasyon ve indirgeme) birleştirerek, tüm adımlarda yüksek enerji verimliliği ve emisyonların azaltılmasını sağlar.

Ocak şaft fırınlarının (yığın-bilge eritme için katı madde ile beslenen) ve döner fırınların (parti-altı indirgeme için) kombinasyonları da kullanılır. Bu sistemler birincil (blister) ve ikincil (hurda) malzemeler için uygulanabilir.

Anot fırından gelen metal daha sonra anotlara dökülür. En yaygın olarak kullanılan teknik, bir döner tablanın çevresi üzerinde bir dizi anot-şekilli kalıp içeren bir döküm çarkıdır.

Erimiş metal, ilk olarak, tutarlı bir anot kalınlığı elde etmek için kalıplara ölçülmesinden bir döküm haznesine akar ve tekerlek, soğutmak için bir dizi su jeti boyunca anotları alarak döner. Anotlar kalıplardan otomatik olarak uzaklaştırılır ve metalin oksidasyonunu önlemek için soğutma tanklarına yerleştirilir. Döküm oranları saatte 200 tona kadar çıkmaktadır.

Bir tekerlek sistemi üzerindeki 'döküm kalıba dökme kalıbına' bir alternatif olarak, bir Hazelett ikiz bant tekeri kullanılarak sürekli olarak bakır anotlar üretilir. İstenen anot kalınlığına sahip bir bakır şerit üretilmektedir. Şeritten, anotlar geleneksel anot şekline veya Contilanod® sistemine göre anot pabuçlarının, döküm ünitesinde belirli aralıklarla yerleştirilmiş özel yan baraj bloklarına dökülmesiyle elde edilebilir. Önceden oluşturulmuş anot plakaları bir plazma torcu veya özel makaslar kullanılarak kesilir. Bu yöntemin avantajı üretilen anotların tekdüzeliğidir; Bununla birlikte, sistem dikkatli bir bakım gerektirir ve işletme maliyetleri nispeten yüksektir.

### 3.1.2.4. Elektrolitik Rafinasyon

Bu rafineride bir elektrolitik hücre kullanılır ve bakır sülfat ve sülfürik asit içeren bir elektrolit içine yerleştirilmiş bir dökme bakır anot ve bir katottan oluşmaktadır. Katot ya saf ince bir bakıra (başlangıç levhası) ya da eski bir paslanmaz çelikten levhaya (kalıcı katot levhası) (ISA işlemine, Outotec kalıcı katot sistemine ve Noranda/Kidd Creek sistemine) bağlıdır [ 21, COM 1991 ], [ 25, OSPARCOM 1996 ], [ 90, Traulsen, H. 1998 ], [ 258, Finland input 2007 ]. Yüksek akım yoğunluğunda ve düşük voltajda, bakır iyonları saf olmayan anodan çözülür ve katoda yerleştirildikleri yerden çözülmeye geçerler. Bakır, kalıntı anottan kalan anodun, çökmesini önlemek için mekanik olarak, olabildiğince uzaklaştırılır. Geri kalan anot daha sonra reaksiyonu soğutmak ve bakırı geri kazanmak için genellikle dönüştürücü olan üretim işlemine geri dönüştürülür. Kalıcı katot plakaları kullanıldığında, saf bakır tortuları sıyrılabilir ve daha sonra, katı bakır katot plakalarıyla aynı şekilde eritilir ve gerekli profile dönüştürülür.

Elektrolitik rafinasyon sırasında, anotlarda bulunan diğer metaller ayrılır; nikel gibi daha az soylu metaller, elektrolit içinde çözülür ve değerli metaller, selenyum ve tellür gibi daha soylu metaller, elektrolitik hücrelere yerleşmiş bir anotlu balçık oluştururlar. Anot iğneler periyodik olarak hücrelerden uzaklaştırılır ve değerli metaller geri kazanılır (bkz. Bölüm 7, kıymetli metaller).

Diğer çözülmüş metallerin konsantrasyonu, katoda birikmedikleri için elektrolitte artacaktır. Elektrolitik rafinasyon sırasında çözünen kirlilikleri gidermek için elektrolitin bir kısmı, saflaştırma için sistemden kanştırılır. Tipik saflaştırma işlemleri bakır elektrolizini kullanır veya bazı bitkilerde bakır bakır sülfat olarak geri kazanılır. Buharlaştırma, kristalleştirme ve daha fazla rafinasyon nikel sülfat olarak nikeli geri kazanmaktadır. Aşağıdaki teknikler arsenik: çözücü ekstraksiyonunun arıtılması ve ortadan kaldırılması için kullanılır; son bakır elektrowinning sırasında yağış; siyah asidin çökmesi. Bazı durumlarda, bakır arsenat üretilir ve izabe fırınına beslenen malzemeye geri dönüştürülür.

Elektrolitik rafinasyon sırasında safsızlıkların giderilmesi, en azından Londra Metal Borsasının A kalite standardına eşit veya ondan daha iyi bir kaliteye sahip bir katot bakırını üretmeyi amaçlamaktadır. Tablo 3.3'te, anot bileşiminin ve elde edilen katot kalitesinin bir örneği gösterilmektedir. Anoddaki kirlilik seviyesinin katot kalitesini etkilediğine dikkat edilmelidir; anotlardaki safsızlık seviyesi aynı zamanda konsantrasyonun veya ikincil materyalin kaynağına da bağlıdır.

**Tablo 3.3: Elektrolitik rafinasyon sırasında safsızlık giderme seviyeleri örneği**

Elementler	Anot içerik <sup>(1)</sup> (g/t)	Katot içerik (g/t)
Gümüş	600–720	9–10
Selenyum	50–510	< 0,5
Tellür	20–130	< 0,5
Arsenik	700–760	< 1
Antimon	330–700	< 1
Bizmut	60	< 0,5
Kurşun	990–500	< 1
Nikel	1000–5000	< 3

<sup>(1)</sup> Anodun kalitesi ham maddelerin içeriğine bağlıdır.  
Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Mevcut eğilimi, tanklarda ve daha sonra kullanılacak paslanmaz çelik katot oluşturucuların kullanılması için daha fazla sayıda elektrot bulunan daha büyük hücreler içindir [ 90, Traulsen, H. 1998 ]. Bu faktörler anotların iyi kalite kontrolü ile birleştiğinde verimlilikte bir kazanç ortaya çıkarır. Anotların düz, düz, iyi elektriksel temasına sahip olması ve yeterince rafine edilmesinin sağlanması için kalite kontrol gereklidir. Benzer şekilde, daha az kirlilikler mekanik olarak taşınır ve daha sonra katoda dahil edildiği için, paslanmaz çelik boşluklar kullanılarak katot kalitesinde bir gelişme de vardır. Bu katot boşlukları mevcut verimde %97 veya daha fazla bir artış sağlar. Modern tank evleri katot ve anot değişimleri için yüksek derecede otomasyon kullanır ve katot tabakalarının kalıcı katot plakalarından sıyrılması için kullanılır [ 21, COM

1991 ], [25, OSPARCOM 1996 ].

Paslanmaz çelik boşluklar yerine mekanik olarak hazırlanmış bakır başlangıç levhaları da kullanılabilir.

Bakır elektron kazanma, Bölüm 3.1.2.2'de açıklanmıştır.

#### **3.1.2.5. Bakırca zengin cürufların işlenmesi**

Yüksek dereceli mat ve dönüştürme aşamaları ile birincil eritme işleminden üretilen cüruflar bakır açısından zengindir ve bir dizi cüruf işlemine tabi tutulur [90, Traulsen, H. 1998]. Cürufun, kok kömürü tozu biçiminde ya da elektrotların kendileri ile ve inert bir cüruf oluşturmak için oluşan bakır matın çökelttilmesinde karbonla reaksiyonu için bir elektrikli fırının kullanılması işlemi vardır. Elektrikli fırınlar sürekli veya toplu olarak çalıştırılabilir. Dönüştürücü cürufu doğrudan eritme fırını içine de geri gönderilebilir.

Alternatif olarak, cüruf yavaşça soğutulduktan, ezildikten ve öğütüldükten sonra flotasyon işlemleri kullanılır ve elde edilen yüzdürme konsantresi, çukolata geri dönen bakır açısından zengin bir kısımdır. Bu yöntem sadece yeterli alanın mevcut olduğu ve atıkların yeterince arıtılıp bertaraf edilebileceği yerlerde kullanılır.

Aynı zamanda, konvertör cürufunun yavaş soğutma ve yüzdürülmesiyle ayrılan konsantrenin işlenmesi için bir elektrikli fırın da kullanılır.

Cüruf işlemlerinden elde edilen cüruflar, inşaat mühendisliği projeleri, yol inşaatı, nehir bentleri ve benzeri uygulamaların yanı sıra, alternatif malzemelere göre daha üstün özelliklere sahip oldukları için bilye patlatmada da kullanılmaktadır. İnce malzeme çimento üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılır.

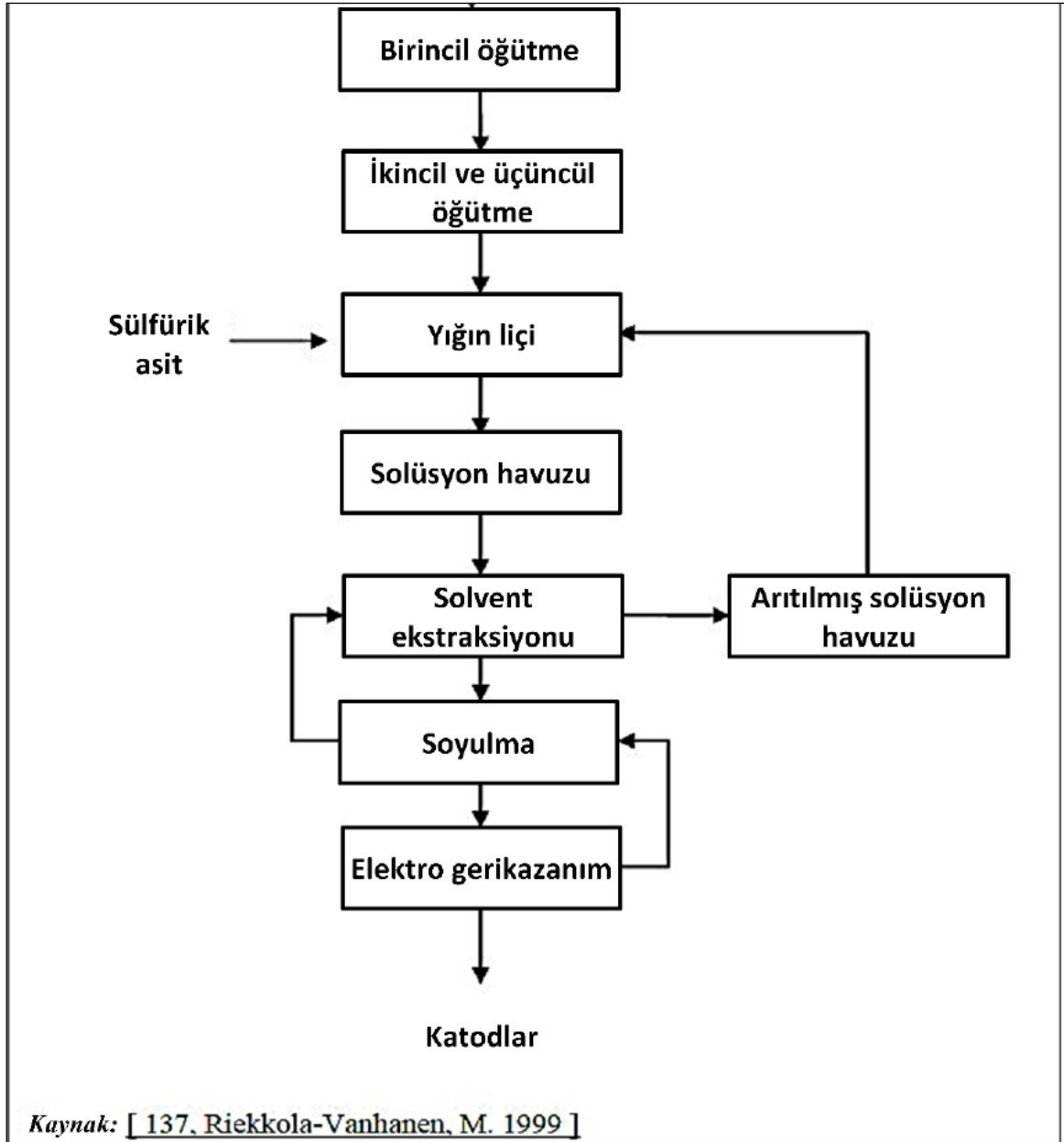
Cürufu rafine etmek gibi bakır açısından zengin olan diğer cüruflar, normal olarak, çoğunlukla dönüştürme aşamasına ya da ikincil eritme noktalarına, ergitme aşamasına kadar önceki işlem aşamasına çevrilir.



### 3.1.3. Hidrometalurjik yöntem

Bu işlem genellikle liç ve iyileştirme alanları için yeterli alanın bulunduğu maden bölgelerinde oksidik veya karışık oksidik/sülfidik cevhalere uygulanır. Süreç, geleneksel araçlarla konsantre edilmesi zor olan ve kıymetli metal içermeyen cevhaler için özellikle yararlıdır [ 54, Biswas, A.K. et al. 1976 ], [ 55, Kojo, I.V. et al. 1994 ], [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ]. Outotec L-SX-EW® ve HydroCopper® prosesleri gibi bazı özel süreçler geliştirilmiştir [ 261, Nyman et al. 2002 ], [ 308, Haavanlammi 2007 ], [ 309, Pekkala 2007 ].

Genel bir hidrometalurjik akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Hidrometalurjik bir prosesin akış şeması

Hidrometalurjik yöntem, cevhalerin ezilmesini, ardından kükürlü asit kullanarak, bazen biyolojik türlerin varlığında, yığın, kazan veya ajitasyon işlemlerini kullanarak liç işleminin yapılmasını içerir [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ]. Süzüldükten sonra üretilen sıvı daha sonra berraklaştırılır ve saflaştırılır ve çözücü ekstraksiyonu ile konsantre edilir. Organik solüsyondaki bakır daha sonra sülfürik asitle soyulur. Esas olarak bakır sülfat içeren soyulmuş çözelti, elektrowinning aşamasına gönderilir.

### 3.1.4. İkincil Bakır Üretimi

İkincil bakır pirometalurjik süreçlerle üretilir. Kullanılan işlem aşamaları ikincil hammaddenin bakır içeriğine, boyut dağılımına ve diğer bileşenlere bağlıdır [ 90, Traulsen, H. 1998 ] [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]. Birincil bakırda olduğu gibi, çeşitli bileşenler bu bileşenleri uzaklaştırmak ve üretilen kalıntılardan mümkün olan en yüksek oranda metalleri geri kazanmak için kullanılır [ 219, VDI 2007 ].

İkincil besleme malzemesi, kaplamalar gibi organik malzemeler içerebilir ya da doğaları gereği yağlı olabilir ve tesisler de yağlama ve süsleme yöntemlerini kullanarak ya da fırının ve azaltma sisteminin doğru tasarımı kullanarak bunu dikkate alır. Amaç, yanma gazı hacimlerindeki artışı karşılamak, VOC'leri yok etmek ve PCDD/F'nin oluşumunu en aza indirmek veya tamamen yok etmektir. Uygulanan ön işlem tipi veya kullanılan fırın, organik maddelerin, beslemenin malzemenin tipinin, yani bakır içeriğinin ve diğer metal içeriğinin varlığına ve malzemenin oksidik veya metalik olup olmadığına bağlıdır.

İçerisindeki metalleri ayırmak ve saf olmayan pirinç hurdasını eritmek için dönüştürücü gibi bir fırın kullanılırsa, alaşım elementleri siyah bakır üretmek için bakırdan ve çinkoca zengin filtre tozundan fümelenir.

Bu amaçla çok çeşitli ikincil hammaddeler kullanılmış ve bunların bazıları Tablo 3.4'te açıklanmıştır.

**Tablo 3.4: Bakır üretimi için ikincil hammaddeler**

Malzeme türleri	Cu İçeriği (%ağırlık)	Kaynaklar
Karışık bakır çamurları	1–25	Elektroliz
Bilgisayar hurdaları	15–20	Elektronik endüstrisi
Bakır mono-çamurları	2–40	Elektroliz
Armatürlerden, statorlardan, rotorlardan vb. Bakır-demir malzeme (topaklı veya ufalanmış)	10–20	Elektronik endüstrisi
Bakır içeren pirinç cüruf, küller ve cüruflar	10–40	Dökümhaneler, yarı-mamül üretim fabrikaları
Bakır içeren kırmızı pirinç cüruf, küller ve cüruflar	10–40	Dökümhaneler, yarı-mamül üretim fabrikaları
Parçalayıcı malzeme	30–80	Parçalayıcı tesisler
Bakır-pirinç radyatörler	60–65	Arabalar
Karışık pirinç hurda	70–85	Su sayaçları, dişli çarkları, vanalar, musluklar, makine parçaları, yatak kutuları, pervaneler, bağlantı parçaları
Hafif bakır hurdaları	88–92	Bakır levhalar, saçak, oluklar, su kazanları, ısıtıcılar
Ağır bakır hurdaları	90–98	Levhalar, bakır zımbalar, sürgülü raylar, teller, borular
Bakır hurda karışımı	90–95	Hafif ve ağır bakır hurda
Bakır granülleri	90–98	Kablo ezme/ufalama
Saf No 1 Hurda	99	Yarı mamul ürünler, tel, kesimler, şerit

*Kaynak:* [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

İkincil bakır üretimi için kullanılan aşamalar genellikle primer üretim için olanlara benzerdir, ancak ham materyal genellikle oksit veya metaliktir ve bu nedenle işlem koşulları değişir. İkincil hammaddelerin eritilmesi sonuç olarak indirgenme koşullarını kullanır.

### 3.1.5. İkincil bakır ergitme aşaması

Yüksek fırın, mini köpürtücü, üst üflemlili döner fırın (TBRC), kapalı daldırmalı elektrik ark ocağı, Ausmelt/ISASMELT fırın (KRS veya Kayser geri dönüşüm sistemi), yankı ve döner fırın gibi bir dizi düşük ve orta dereceli fırın malzemesi, kontrplak sistemler kullanılır.

Yüksek fırın, mini köpürtücü, üst üflemlili döner fırın (TBRC), kapalı daldırmalı elektrik ark ocağı gibi bir dizi fırındır. Ausmelt/ISASMELT fırını (KRS veya Kayser geri dönüşüm sistemi), yankı ve döner fırın düşük ve orta dereceli malzeme için kullanılır [ 26, McLellan and Partners Ltd 1993 ], [ 90, Traulsen, H. 1998 ] [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]. Contimelt sistemleri ise yüksek dereceli bakır hurdaları için kullanılır (>%99 Cu).

Kullanılan fırın tipi ve kullanılan işlem adımları ikincil hammaddenin bakır içeriğine, büyüklüğüne ve diğer bileşenlerine bağlıdır. Bu nedenle, ikincil bakırın izabe ve rafine edilmesi karmaşıktır ve işlenebilen ikincil malzeme türü, mevcut tesislere ve fırınlara bağlıdır [ 90, Traulsen, H. 1998 ]. Fırınlara ayrıntıları Bölüm 2'de verilmiştir. İkincil bakır üretim yöntemi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Gerektiğinde metal oksitleri azaltmak için demir (demir, bakır, normal demir hurdası vb.), Karbon (kok veya doğal gaz şeklinde) ve akıcı maddeler eklenir ve işlemler besleme malzemesine uyacak şekilde çalıştırılır. İndirgenmiş eritme, esas olarak çinko, kalay ve kurşunun uçucu hale gelmesiyle sonuçlanır, bunlar, deşarj oksit olarak boşaltılarak toz toplama sisteminde toplanır. Fırınlardaki dumandaki toz, kükürt dioksit, PCDD/F ve VOC'lerin içeriği hammaddeye bağlıdır. Toz ayırma işleminden sonra daha fazla temizlik için, atık gaz, bir ıslak gaz temizleme işleminden sonra bir kontak prosesli sülfürik asit üretim ünitesine yönlendirilebilir [ 219, VDI 2007 ]. Toplanan baca tozu, giriş malzemelerinden ayrılan metalleri geri kazanmak için ileri işleme tabi tutulur.

Mini köpürtücü, demir ve teneke içeren hurda kullanarak ikincil bakır üretimi için de kullanılır. Bu uygulamada demir, metalik bakır üretmek için ilk aşamada indirgeyici madde olarak görev yapar ve daha sonra oksijene ve diğer cürufu geri kazanılan diğer metallerin (kurşun ve kalay) okside olması için oksijene üflenir. Demir içeriğinin oksidasyonu, işlemi yürütmek için ısı sağlar ve fazla ısı geri kazanılır.

KRS sürecinde, Ausmelt/ISASMELT fırını kullanır (bkz. Bölüm 13.1.2.7) [ 234, UBA (D) 2007 ]. Kombinasyon, ikincil hammaddeden demir dışı metallerin geri kazanımında geleneksel yüksek fırın/dönüştürücü teknolojisinin yerini alan gelişmiş bir teknolojidir. Tipik girdi malzemeleri arasında bakır eritme ve bakır-metal-ikincil hammaddeler, bakır izabesi ve rafinasyon, bakır döküm tesisleri, metal işleme endüstrisi veya elektrik ve elektronik hurda, bakır alaşımli hurda, bakır gibi bakır taşıyan malzemeler için geri dönüşüm tesisleri cürufu, bakır cüruf, filtre ve siklon tozları, çöktürme sıvıları ve tel çekme çamuru bulunur.

### 3.1.6. Dönüştürme, ateş ile rafinasyon, cüruf işleme ve saf alaşımli hurdaların elektrolitik rafinasyonu ve işlenmesi

Kullanılan dönüştürücü ve rafinasyon fırınları, birincil bakır üretimi için kullanılanlarla aynıdır ve cüruf arıtma sistemleri ve elektrolitik rafinasyon işlemleri de aynıdır. Ana fark, ikincil üretim için kullanılan dönüştürücülerin metali işlememesi ve mat olmamasıdır. Bu fırınlar genellikle yakıt olarak doğalgaz ve eritme ve proses ısısı kusurları oluşturmak için indirgeyici madde olarak kok kullanırlar, ana dönüştürücülerde ise mat gerekli proses ısısını sağlar [ 90, Traulsen, H. 1998 ].

İkincil dönüştürücüler ayrıca okside olurlar ve demir gibi cürufu küçük elementlere ve volatilizasyon yoluyla çinko veya kalay gibi diğer metalleri dönüştürürler. Ateşli rafinasyon uygun kalitede bir dönüştürücü bakır üretirler. Hava dönüştürücüye üflendiğinde reaksiyonun ısısı, metalik bileşenleri buharlaştırmak için kullanılır; demir ve bazı kurşunları uzaklaştırmak için destekleme maddeleri kullanılır. Ateşli rafinasyon fırınları, yüksek kalite hurdaları eritmek için de kullanılır. İkincil dönüştürücülerden potansiyel yayılı emisyon kaynakları vardır.

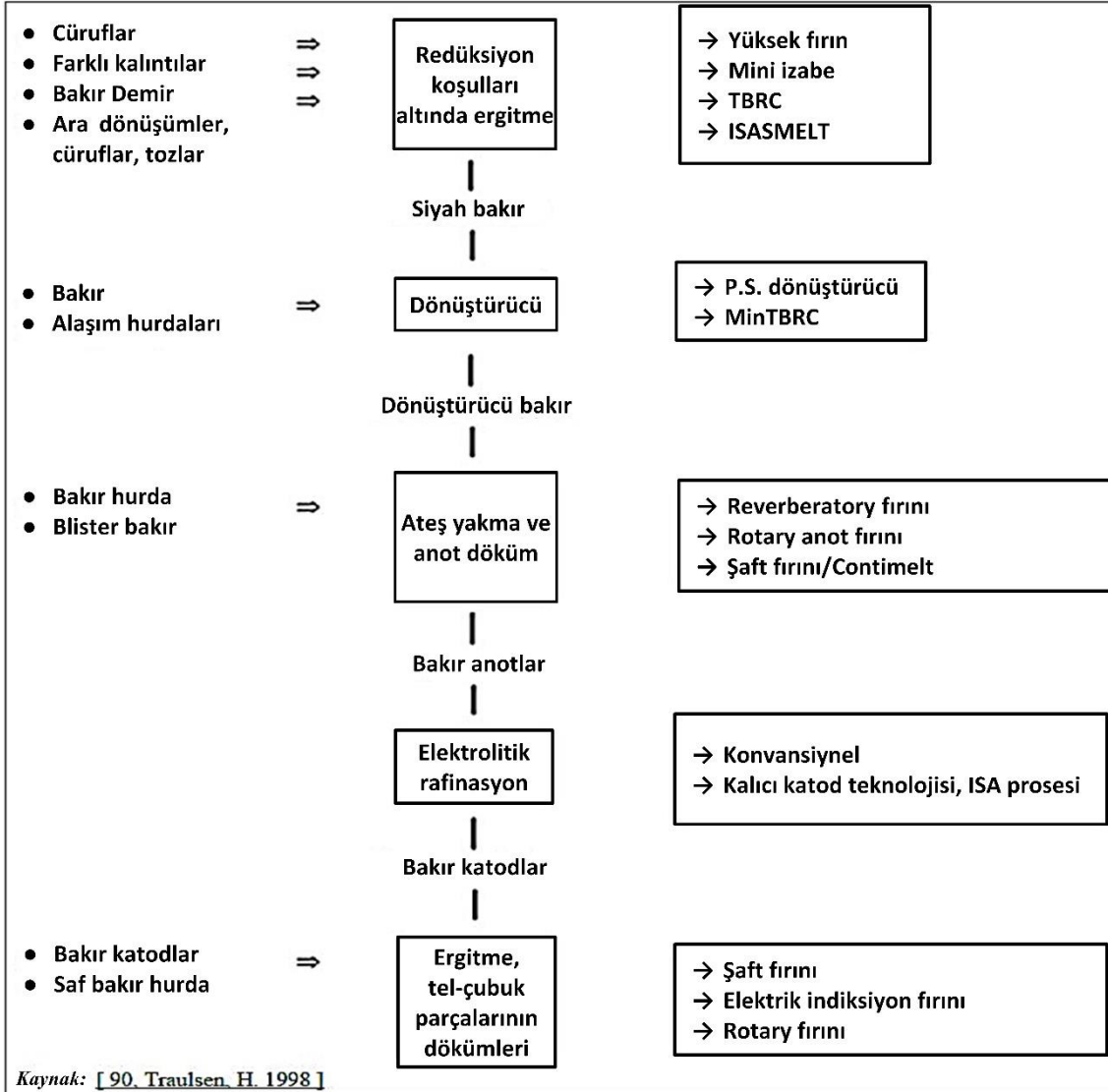
Elektrolitik rafinasyon inceltmeleri ve atık çözeltiler aynı zamanda değerli metallerin ve nikel

### Bölüm 3

gibi diğer metallerin kaynaklarıdır. Bunlar birincil üretimdekilerle aynı şekilde geri kazanılmaktadır.

Bronz ve pirinç gibi bakır alaşımları da bir dizi işlemde ikincil hammadde olarak kullanılır. Diğer alaşımlarla saf veya karışık ise, yukarıdaki Bölüm 3.1.2.1'de açıklandığı gibi ikincil izabe ve rafinasyon hatlarında işlenirler [ 219, VDI 2007 ].

Saf alaşım yarı imalat için doğrudan kullanılır. İndüksiyon fırınları, temiz malzemeyi eritmek ve bunu takiben imalat aşaması için uygun profillere dökmek için kullanılır. Bakire metali büyük eklemeler olmaksızın istenen alaşımın üretilmesi için şarj analizi ve kontrolü uygulanmaktadır. Çinko oksit, filtre tozundan toplanabilir.



Şekil 3.3: İkincil bakır üretimi için genel akış çizelgesi

Bazı tesislerde besleme malzemelerinin türüne bağlı olarak, örneğin düşük dereceli malzemenin yüksek fırın eritme sırasında, çinko ve kurşun açısından zengin birinci aşamada bir baca tozu üretilir. Bu tozlar, %65'e kadar kombine çinko ve kurşun içerir ve kurşun ve çinko üretim süreçlerinde işlenmek için oldukça uygun bir besleme malzemesidir.

Uefranın bir başka varyasyonu, Umicore tarafından Belçika'da bir Ausmelt/ISASMELT fırında bakır matın üretildiği yerlerde kullanılır. İkinci adımda, fırında kalan bakır mat, blister bakıra dönüştürülür ve rafinasyon fırınına dökülür, burada doğru blister kalitesinin elde edilmesi için daha da rafine edilir. Kabarcık daha sonra granüle edilir ve granüller bir otoklavda çözülür ve saf bakır elektro elde edilen çözeltiden kazanılır [ 228, COM 2007 ], [ 238, ECI 2012 ].

Elektro kazanımı, saf olmayan bakırın veya bir hidrometalurjik çözücü ekstraksiyon işleminin liçlenmesiyle üretilen bakır sülfat çözeltilerinden bakırın geri kazanılması için kullanılır. Elektro kazanma işlemi, kurşun veya titanyum gibi çözünmez bir anot ve katotlar olarak paslanmaz çelik boşluklar veya bakır başlangıç tabakaları kullanır. Bakır iyonları solüsyondan uzaklaştırılır ve katot üzerinde elektrolitik rafinasyon ile aynı şekilde çökeltilir. Katotlar daha sonra kalıcı katot boşlukları kullanıldığında aynı şekilde sıyrılır. Elektrolit bir dizi hücre boyunca dolaştırılır ve son olarak bakırdan tüketilir. Elektrolit daha sonra çözücü ekstraksiyon devresine geri döndürülür. Bazı elektrolitler normalde, çözücü ekstraksiyonu hattında taşınmış olabilecek safsızlıkların kontrolü için karıştırılır.

Ayrışma voltajına bağlı olarak, bir elektro bir hücrenin voltajı bir rafinasyon hücresine kıyasla yaklaşık beş kat daha yüksektir. Bakır sülfat çözeltilerinden bakır elde etmek için elektrowinning kullanıldığında, arsenik ve nikel giderimi için çözeltilenin bir kısmı kanala tabi tutulmalıdır.

### 3.1.7. Tel çubuk üretimi

Tel çubuk, yüksek saflıkta elektro-rafine edilmiş bakır katotlardan üretilmiştir, böylece iletkenliği, annealansı ve sıcak kısılalığı etkileyebilecek iz kirliliğinin en aza indirgenmesini sağlar. Metal içine oksijen emilimini en aza indirmek için fırın koşullarının kontrol edilmesine dikkat edilir. İşlemler aşağıda açıklanmıştır [ 114, Eurometaux 1998 ].

### 3.1.8. Southwire prosesi

Şaft fırınları bakır katotları ve diğer saf bakır hurda malzemelerini eritmek için kullanılır. Yaklaşık 60 t/saate kadar erime oranları elde edilir. Southwire sürecinin bir örneği Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

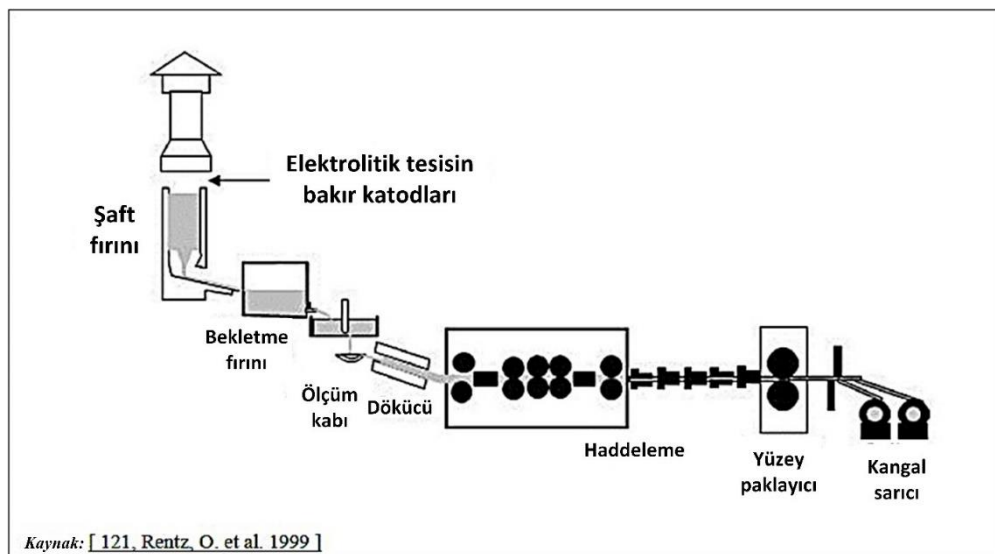
Besleme malzemeleri, fırın kabuğunun etrafındaki sıralarda düzenlenmiş doğal gaz, propan veya benzer şekilde ateşlenmiş brülörler ile eritilir. Yakıt, bakırın oksijen içeriğini en aza indirmek için, gazların bakır ile temas ettiği alanlarda hafif bir indirgeyici bir atmosfer (CO veya H<sub>2</sub>'nin %0,5 ila %1,5'inden daha az) korumak için yakından kontrol edilen yanma koşulları altında yakılır. Bu, her bir brülörün yanma gazlarının CO veya H<sub>2</sub> içeriğini izleyerek, her bir brülör için yakıt hava oranının bağımsız olarak kontrol edilmesiyle elde edilir.



### 3.1.9. Contirod prosesi

Yukarıda açıklandığı gibi bakırın eritilmesi için bir şaft fırını kullanılır. Fırından gelen erimiş bakır, sifonlarla donatılmış bir launder vasıtasıyla döner, gazla ısıtılan bir fırın içine akar. Bakır daha sonra, besleme hızını otomatik olarak kontrol eden dökme hunisine akar [ 114, Eurometaux 1998 ]. Contirod sürecinin bir örneği Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

İkiz kemer Hazelett döküm makinesi de kullanılabilir [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ], [ 219, VDI 2007 ]. Burada, iki kayış, yüzeylerinin uzunluğu boyunca yüksek hızda hareket eden sürekli bir su filmi ile soğutulur. Yan bloklar, döngünün dönüş tel bulunan özel olarak tasarlanmış bir soğutma alanında otomatik olarak soğutulur. Tesis boyutuna bağlı olarak döküm çubuk alanı 5000 mm<sup>2</sup> ile 9100 mm<sup>2</sup> arasında değişebilir ve üretim kapasitesi saatte 25 ton ile 50 ton arasında değişebilir. Dikdörtgen çubuk soğutulur, dört köşe herhangi bir flaşı uzaklaştırmak için öğütülür ve daha sonra çubuk, nihai bir ürün üretmek için alternatif yatay ve dikey geçişler içeren bir haddeleme değirmenine girer. Bir madeni yağ emülsiyonu veya suda sentetik bir çözelti, döner bir akışkan olarak kullanılır.



Şekil 3.5: Contirod prosesi örneği

### 3.1.10. Properzi ve Secor prosesleri

Sürekli Properzi ve Secor süreçleri, döküm geometrisindeki varyasyonlarla Southwire sürecine benzer (bkz. Bölüm 3.1.3.1) [ 114, Eurometaux 1998 ]. Southwire işlemi için açıklanan özellikler, bu iki bakır filmaşırma sistemleri için de geçerlidir.

### 3.1.11. Upcast prosesi

Bakır, bir kanal indüksiyon fırında eritilir. Eriyik, partiler halinde bir indüksiyon tutma fırına aktarılır. Küçük üretim kapasiteleri için, tek bir kombine eritme-bekletme fırını yeterli olabilir [ 114, Eurometaux 1998 ].

Upcast çekme makinesi, bekletme fırınının üstünde bulunur. Su soğutmalı grafit kalıpları belirli bir derinliği eriyiğin içine daldırır ve erimiş bakır sürekli olarak kalıpların içine doğru uzanır ve burada kıştırma silindirlere katılır ve çizilir. Katılmış tel çubuk, sıkıştırma makaraları tarafından yukarı doğru çekilir.

### 3.1.12. Dip-forming prosesi

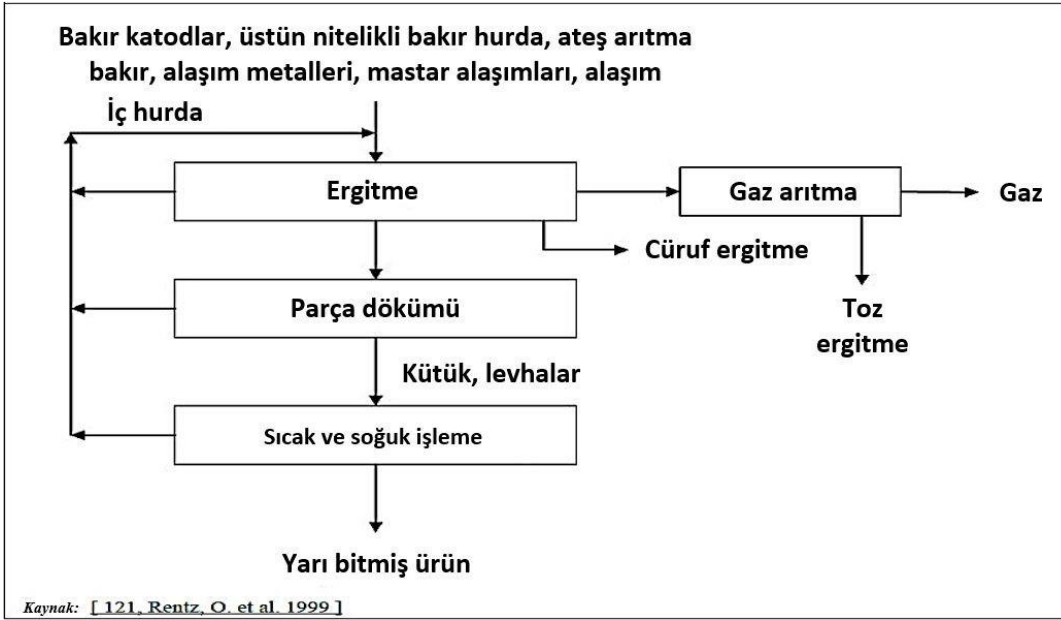
Önceden ısıtılmış besleme malzemesi bir kanal indüksiyonlu eritme fırınına içine deşarj edilir. Bakır tutma fırınına ve bekletme fırınına bağlı olan potaya geçer. Çapı 12.5 mm olan bir ana çubuk, potanın tabanındaki bir giriş kalıbından çekilir. Çekirdek telin metal havuzdan çekilmesi

ve son çapın üst kalıptan kontrol edilmesi çapını artırır. Döküm çubuk, dansçılar aracılığıyla, 8.0 mm ve 12.5 mm çubuk üreten üç aşamalı bir haddeleme makinesine yönlendirilmektedir [ 114, Eurometaux 1998 ].

#### 3.1.13. Bakır ve bakır alaşımlarının yarı mamul üretimi

Bakır ve bakır alaşımları sürekli olarak veya partiler halinde eritilir ve ileri imalat adımına uygun profillerin üretimi için dökülür [ 219, VDI 2007 ]. Döküm ürünler, tabakalar, şeritler, kesitler, çubuklar, çubuklar, teller ve borular gibi çeşitli malzemeler için öncülerdir.

Yarı mamul ürün üretimi için genel bir akış şeması Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Yarı mamul fabrikasyon için genel akış şeması

#### 3.1.14. Ergitme prosesi

Bakır veya bakır alaşımları, bir elektrik veya indüksiyon ocağı (pota veya kanal tipi) halinde gruplar halinde eritilebilir. Yüksek erime oranları gerektiğinde, bakır aynı zamanda bir şaft fırınında sürekli olarak eritilir. Pota ya da yanma fırınları da eritme ve bakır ateşleme rafinasyonlarında kullanılır. Duman toplama ve azaltma sistemleri, hammaddeye ve mevcut kirlenme derecesine göre seçilir. Elektrikli fırınlardan toplanan gaz normal olarak siklonlarda ve ardından kumaş filtrelerinde temizlenir. Gaz yakıtlı şaft fırınları için, brülörlerin kontrolü, yayılan gazların CO içeriğini en aza indirmek için kritik bir faktördür. CO içeriği yeterince yüksekse (ör. >% 5 CO), bir ısı geri kazanım sistemi ve ardından bir ısı geri kazanım sistemi kullanılır; Şaft fırınlarında tozsuzlaştırma için kumaş filtreler de kullanılır.

Hammadde olarak bakır katot ve bakır ve alaşımlı hurda kullanılır ve normal olarak açık koyslarda depolanır, böylece farklı alaşımlar nihai alaşımların üretilmesi için karıştırılabilir. Bu ön-karıştırma, eriyiğin hazırlanması için harcanan zamanı azaltmak için önemli bir faktördür, ki bu da kullanılan enerjiyi en aza indirir ve pahalı ana alaşımlarına olan bağımlılığı azaltır. İndüksiyon fırınları ile, eritme etkinliğini iyileştirmek ve davlumbazların kolay dağıtılmasını sağlamak için küçük boyutlarda hurda kesilir.

Hammadde ayrıca pirinç veya bakır talaşları ve delikler içerir ve bu durumda yağlayıcılar ile kaplanır. Depolama alanından yağ sızmasını ve yeraltı ve yüzey sularını kirlenmesini önlemek için özen gösterilir. Benzer şekilde, yağlayıcıları ve diğer organik kirlenme maddeleri uzaklaştırmak için talaş kurutucuları veya diğer fırınlar ve çözücü veya sulu yağ giderme yöntemleri kullanılır [ 219, VDI 2007 ].

Pirinçler veya bronzlar eritildiğinde çinko fırından fümelenir; Sıcaklığın iyi kontrolü bunu en aza

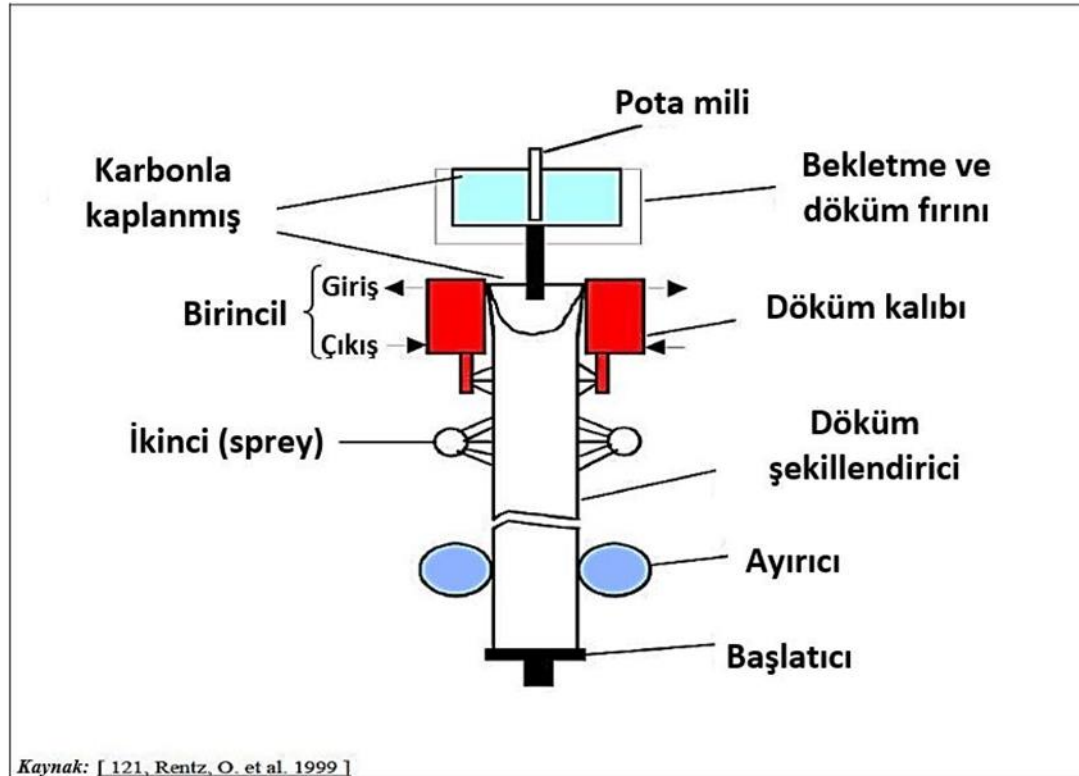


indirebilir. Duman, gaz ekstraksiyon sisteminde toplanır ve bir kumaş filtresinden uzaklaştırılır. Çinko oksit normal olarak geri kazanılır. Ayrıca bir yangın rafinasyon derecesi de gerçekleştirilmekte ve ortaya çıkan dumanlar duman toplama ve azaltma sistemlerinin tasarımında dikkate alınmaktadır.

### 3.1.15. Döküm

Normal olarak, fırından veya tutucu bölümden gelen erimiş metal sürekli veya dökme olarak dökülebilir [ 114, Eurometaux 1998 ]. Sürekli döküm, dikey veya yatay modları kullanır, süreksiz döküm normalde dikey modu kullanır. Upcast teknikleri de kullanılmaktadır. Kütük ve levha üretilir ve daha fazla işlenir.

Sürekli veya yarı sürekli döküm prensibi Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7: Sürekli veya yarı sürekli döküm prensibi

Döküm ile üretilen normal profiller aşağıdaki gibidir [ 114, Eurometaux 1998 ].

- Kütükler, çoğunlukla kesintisiz veya süreksiz döküm kullanılarak boru, çubuk ve profil üretimi için bakır ve bakır alaşımlarından yapılır.;
- Levhalar, sürekli veya kesintili döküm kullanılarak levha ve şeritlerin üretimi için bakır ve bakır alaşımlarından dökülür.

Metal eritilir ve bir tutma fırını aracılığıyla dikey veya yatay bir kütük dökümüne geçer. Daha fazla imalat için kütük bölümleri kesilir. Bakır ve bakır alaşımlarından özel ürünler için özel işlemler uygulanır:

- Teller ve tüpler için Upcast işlemi;
- Şerit ve profiller için sürekli yatay döküm;
- Bakır boruların imalatı için dikey şerit döküm ve haddeleme işlemleri.

Dikey veya yatay döküm ünitelerinde dökülen tel, uçan testere tekniği kullanılarak kesilir. Süreksiz bir döküm ünitesinde, format uzunluğu döküm çukurunun derinliğine göre belirlenir. Maksimum format uzunluğuna ulaştıktan sonra döküm işlemi kesintiye uğrar ve dökülen profiller bir vinç veya asansör ile ayrılır. Sürekli döküm durumunda, döküm işlemini kesmek gerekli değildir. Tüm döküm operasyonları, nihai katılaşma için doğrudan soğutma suyuna ihtiyaç duyar

### Bölüm 3

ve döküm teli daha fazla kullanım için uygun sıcaklıklara kadar soğutur. Soğutma suyu çökeltilme ve katıların ayrılmasından sonra (döküm terazileri) geri dönüştürülebilir.

Ölçekler, grafit veya diğer parçacıklar ile kirletilmezse, dökümhanede doğrudan yeniden kullanılmadığı takdirde, işleme için bir eriticiye çevrilir.

Tipik dikey ve yatay sürekli döküm tesisatları için tesis verilerinin bir karşılaştırması Tablo 3.5'de verilmiştir.

**Tablo 3.5: Tipik dikey ve yatay sürekli döküm tesisatları için tesis verilerinin karşılaştırılması**

Parametreler	Dikey sürekli döküm	Yatay sürekli döküm
Kütük boyutu	70–1500 mm	150–400 mm
Kapasite	8 t/(s ve tel)	8 t/(s ve tel)
Döküm oranı	80–800 mm/min	80–200 mm/dk
Döküm sıcaklığı	980–1200 °C	980–1200 °C
İşlem modu	Bir veya birkaç tel	Bir veya birkaç tel
Çekilme döngüsü	Sürekli	Sürekli ya da döngü
İkincil soğutma	Püskürtülen suyun kullanılması	Her ne kadar bu mümkün olsa da püskürtülmüş su kullanmak gerekmez.
Kalıp tipi	Bakır kalıp ve grafit kalıp	Grafit kalıp

*Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]*

#### 3.1.16. Tüpler, profiller ve çubukların imalatı

Üretim süreci hatları, aynı ürün adımlarını izleyerek her ürün grubu ile iki ürün grubuna ayrılabilir:

- Düz uzunluklarda ve bobinlerde bakır borular;
- Bakır (alaşım) boruların yanı sıra bakır ve bakır alaşımlı çubuklar, çubuklar, teller ve profiller.

Her iki durumda da üretim prosesi için başlangıç malzemeleri bakır veya bakır alaşımlı kütüklerdir. İlk aşamadaki kütükler, gazla çalışan birimler tarafından elektriksel veya dolaylı olarak önceden ısıtılır ve daha sonra hidrolik olarak çalıştırılan ekstrüzyon presleri kullanılarak bitmemiş tüplerde preslenir [ 219, VDI 2007 ]. Bakır boruların imalatı için, imal edilecek ürünün türüne bağlı olarak, farklı işlemler endüstriyel olarak uygulanır:

- Tüp ekstrüzyonun ardından çok adımlı boyuna çekme
- Tüp ekstrüzyon, ardından haddeme ve birkaç adımda boyuna çekme
- Sıcak delici değirmen, ardından haddeme ve boyuta göre çekme

Haddelenmiş veya kalın duvarlı tüplere haddelenmiş kütükler için, kırma haddeme normalde ilk ebat küçültme adımı için tercih edilir.

İnce duvarlara ekstrüde edilen tüpler için tüp çekme makineleri uygulanır.

Bakır alaşımlı çubuklar, çubuklar, teller ve bölümlerin üretimi için normal olarak kullanılan prosesleri, bobinlerde ya da düz uzunluklarda malzeme ekstrüzyonu, ardından temizlik ve dekapaj, boyuna çekme (hadde tezgâhı veya sürekli çekme makineleri kullanarak), belirli alaşımlar için ısıl işlem ve düzleştirme ve testere ile yapılır.

Ekstrüzyon presi veya sıcak delme değirmeni ile başlayan tüm işlem, (çoğunlukla) şekli ve boyutu değiştiren adımların bir dizisidir. Bu işlem adımları sırasında, boyut ve şekil değişikliği için ekipmanın araçları, soğutma üniteleri için emülsiyonlar ve çizim birimleri için yağlayıcılar kullanılarak, yeterli ortam tarafından soğutulmakta ve korunmaktadır. Kırma haddeme için emülsiyonlar, filtrasyon ile temizlenir, böylece ömrünü arttırır ve işlemde sonra atılacak

yağlayıcı miktarını azaltır. Bununla birlikte, çizim aşamaları için kullanılan yağlayıcılar ürün ile tamamen kaybolur ve yağlı materyallerin çizim işlemlerinden reddedilmesi gerekmez.

Ürünler normal olarak taşımadan önce tavllanır ve yağdan arındırılır ve eritme için fırına geri gönderilmeden önce, kesikler bir fırında veya başka yağ giderme işlemlerinde de-yaglanır. Ürünler, (koruma gazı) egzoz veya hidrojen/nitrojen karışımları kullanılarak indirgeyici koşullar altında çeşitli fırınlarda tavllanır.

Bakır boruları, ayrıca kütük bölümlerinin boru kabuk parçalarına ekstrüde edildiği bir delici ile bir ekstrüzyon presi kullanılarak üretilebilir; boru kabuğu parçaları daha sonra bir kırılma silindrinde (pilger değirmeni) yuvarlanır ve son olarak çizim bloklarında boyutuna çekilir. Çekme işlemleri için kullanılan (az miktarlarda) yağ, genellikle tavlama bölümü ile bağlantılı olan hat içi yağ giderme/dekapaj sistemleri kullanılarak nötralize edilir.

### 3.1.17. Levha ve şerit imalatı

Döküm atölyesinden levhalar ve kalıplar, çoğu durumda, levha ve şeritlerin üretimi için başlangıç malzemesidir. Yassı ürünler için imalat sürecinin ana unsurları, sıcak ve sonraki soğuk haddeleme operasyonlarıdır. Ayrıntılı olarak, imalat işlemi aşağıdaki adımları içerir:

- önceden ısıtmak,
- sıcak haddeleme ve öğütme,
- soğuk haddeleme,
- ara tavlama,
- yüzey temizleme, durulama ve kurutma,
- yeniden haddeleme ve telin tavlama,
- son işlem,
  - levhalar (boy kesme),
  - şeritler (enine kesim).

Döküm levhaların sıcak haddelemesi, nihai şekle ulaşılan kadar 15 ila 20 plaka alır, bu da levha ağırlığı tarafından belirlenir. Sıcak haddeleme sırasında metal kaybı yoktur, bu nedenle levha ve bobin ağırlığı aynıdır. Sıcak haddeleme koruma gazı gerektirmez. Yuvarlanma sırasındaki gürültü gelişimi koruyucu önlemlerle kontrol edilir [ 234, UBA (D) 2007 ].

Sıcak haddeleme genellikle 200 metreye kadar olan tezgahlara ve son bir sarma tertibatına sahip çift haddeleme ile yapılır. Rulolar için soğutma suyuna, çelik silindirlere bağlanmayı geliştirmek için az miktarda yağlayıcı madde eklenmiştir. Havalandırma gazının içerisindeki buğu atmosfere bırakılmadan önce giderilir.

Daha sonra soğuk haddeleme işlemleri gerçekleştirilir. Soğuk haddeleme, sertleştirilmiş bir metal ile sonuçlanır. Çoğu durumda, bobin soğuk haddeleme öncesinde tavllanır. Tavlama, oksitlenmeyi önlemek için indirgeyici koşullar altında yapılır. Egzoz veya nitrojen/hidrojen karışımlarından oluşan bir koruma gazı kullanılır. Egzoz, doğalgazdan, dolaylı olarak ateşlenen özel bir reaktörde yerinde üretilmektedir. Nitrojen ve hidrojen satın alınır ve özel tanklarda depolanır. N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> koruma gazı karışımları, bileşenlerin gereken oranda karıştırılmasıyla depolama tanklarından üretilir. Soğuk haddelemeden önce tavlama için çan tipi fırınlar kullanılır; Bunlar elektrikle ısıtılır veya doğalgaz veya fuel oil ile dolaylı olarak ateşlenir. Önceden haddelemiş ruloların ara tavlama için kule tipi fırınlar uygulanır.

Sac kalınlığı, farklı geri dönüşlü değirmenlerde kademeli olarak soğuk haddeleme işlemleri ile daha da azaltılmaktadır. Soğuk haddeleme için, Duo, Quarto, Sexto ve Sendzimir (12 merdane) denilen farklı değirmen türleri kullanılmaktadır. Sıralı çok kademeli haddeleme değirmeni ile kombine edilmiş tek kademeli değirmenler gibi haddeleme tasarımları da uygulanmaktadır. Kullanılan değirmen seçimi, tabakanın kalınlığına ve bobinin istenen boyutlarına bağlıdır.

Soğuk haddeleme sırasında rulo koruması için bir emülsiyon veya yağ kullanılır. Bu nedenle, rulo halindeki teller havalandırılır ve havalandırma gazları mekanik filtreler, ıslak elektrostatik çöktürücüler veya gaz yıkayıcılar ile temizlenir. Emülsiyon ve yağ, metalden temizlenir ve

parçalanmış yağ partikülleri kağıt veya kumaş bant filtreleri ile uzaklaştırılır.

Pirinç şerit üretmek için bir işlem için tipik veriler Tablo 3.6'da verilmiştir.

**Tablo 3.6: Pirinç şeridi üretmek için bir işlem için tipik veriler**

Sıcak Haddeleme	Süreç Verileri
Freze Tipi	Başlıca Çift
İlk Ebatlar	250–130 mm kalınlık, 450–1000 mm genişlik
Nihai Ebatlar	15–12 mm kalınlık, 450–1000 mm genişlik
Sıcaklık	750–800 °C
Haddeleme Kuvveti	~ 10–12 kN/mm levha genişlik
Yüzey Frezeleme	0,3–0,7 mm her iki yüzeyin kesilmesi
<b>İlk soğuk haddeleme</b>	
Freze Tipi	Başlıca Quarto
Haddeleme Kuvveti	~ 15–20 kN/mm levha genişlik
Boyut küçültme ve haddeleme hızı	Çoklu geçişlerde 15 mm ila 4 mm kalınlıkta azalma, hız 100–200 m/dk
Dönüşüm Oranı	70–80 %
Tavlama <sup>(1)</sup> (yeniden kristalleştirme)	
Sıcaklık	550–600 °C
<b>İkinci ve son haddeleme</b>	
Freze Tipi	Esas olarak Quarto, ya da alternatif olarak, kalınlığa bağlı olarak, Sexto ya da 20 rulonun kullanıldığı yerlerdir.
Haddeleme Kuvveti	Kullanılan değirmen tipine bağlı olarak~ 2–10 kN/mm levha genişlik
Haddeleme hızı	Azalma 4 mm'den 1 mm'ye: 300–500 m/dk, çoklu geçişler veya Azalma 1 mm'den 0,1 mm'ye: 500–1000 m/dk, çoklu geçişler
<b>Levhaların şeritler halinde kesilmesi</b>	
Ekipman türü	Boyuna şerit kesme makinası
<sup>(1)</sup> Her dönüşüm oranının% 70-80'inden fazlasında tavlama gereklidir; Seçilen tavlama sıcaklıkları, elde edilecek malzeme özelliklerine bağlıdır. Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]	

### 3.1.18. Bakır ve bakır alaşımlı külçelerin üretimi

Bakır veya alaşımlarının külçeleri, döküm endüstrisi için sabit bir kalıp döküm işlemi kullanılarak üretilir. Çok çeşitli alaşımlar nikel, kalay, çinko ve alüminyum gibi diğer metallerle üretilmektedir.

Külçelerin üretimi, doğru bir alaşım bileşiminin üretilmesini gerektirir. Bu, hammadde alım ve depolama aşamasında ayrıştırma ve sıralama ile elde edilir. Eski hurda normalde açık bölmelerde saklanır, böylece farklı alaşımlar nihai alaşımın üretilmesi için karıştırılabilir. Ön karıştırma, kullanılan enerjiyi en aza indiren ve pahalı ana alaşımlara olan bağımlılığı azaltan eriyiğin hazırlanması için harcanan zamanı azaltmak için önemli bir faktördür. Bakır veya bakır alaşımları, döner veya indüksiyon ocaklarında partiler halinde eritilebilir. Döner fırınlar normal olarak daha kirli hurdalar için kullanılır ve oksijen yakıtlı brülörleri de sıklıkla kullanılır. İstenmeyen bileşenleri, özellikle demirleri ayırmak için akışkanlar eklenebilir ve cüruflardan ayrı olarak ayrılır. Metalin verimi% 70 ila % 97 arasında değişmektedir, ancak kullanılan hammaddelere bağlıdır [ 103, COM 1998 ].

Duman toplama ve azaltma sistemleri, hammaddeye ve mevcut kirlenme derecesine göre seçilir. Şarj ve kılavuz çekme için bir indüksiyon fırına erişim, hareketli bir kılıf takma sisteminin

kullanıldığı anlamına gelir. Davlumbazlar sağlamdır, böylece bazı mekanik etkilere dayanabilirler. İndüksiyon fırınlarından toplanan gaz normal olarak siklonlarda ve ardından kumaş filtrelerinde temizlenir. Organik kirlenmenin olduğu durumlarda, bir ısı geri kazanım sistemi ile takip eden bir son yakıcı kullanılabilir. Alternatif olarak, fırın yanma kontrol sistemi kirletici maddelerin yanmasını sağlayabilmelidir.

Pirinçler veya bronzlar eritildiğinde, çinko fırından fümelenir, ancak fırın sıcaklığının iyi düzeyde kontrol edilmesi bunu en aza indirebilir. Dumanlar, gaz ekstraksiyon sisteminde toplanır ve genellikle bir kumaş filtresiyle uzaklaştırılır. Çinko oksit normal olarak geri kazanılır. Alaşım bileşimini ayarlamak için bir dereceye kadar ateş ile rafinasyonda gerçekleştirilir ve ortaya çıkan dumanlar duman toplama ve azaltma sistemlerinin tasarımında dikkate alınır.

Fırın eriyiği örneklenir ve analiz edilir ve son alaşım ayarlamaları yapılır. Metal daha sonra ingot kalıplarının bir zincirini besleyen malzemeler örtülü oluklarla doldurulur. Kalıplar normal olarak yapışmayı ve yağ buharlarını üretmeyi önlemek için bir mineral ile işlenir. Yağ toplanabilir ve yakılabilir.

Soğutulmuş kütükler yığılır, bağlanır ve paletlerde açık olarak depolanır.

#### 3.1.19. Ana alaşımlar

Fırın yükü, normal olarak, kullanılacak olan alaşıma uyacak şekilde önceden ayarlanmıştır, ancak erimiş metal, bir kepçe veya bekletme fırınına aktarılabilir, böylece alaşım bileşimi, dökümden önce ince bir şekilde ayarlanabilir. Bu amaçla CuP, CuNi, CuZnPb ve CuBe gibi ana alaşımlar kullanılır. Bu ana alaşımlar, yukarıda açıklananlara benzer fırınlarda üretilir; Ana alaşımların üretiminden çıkan duman ve tozun doğası, proses kontrolünü ve kullanılan toplama ve azaltma sistemlerini etkiler. Daha sıkı işletim ve azaltma sistemleri özellikle, berilyum gibi aşırı derecede tehlikeli malzemeler kullanıldığında veya bir alaşım üretmek için fosfor gibi reaktif materyallerin eklenmesi durumunda özellikle uygundur. Örneğin, fosfor bakır ana alaşımı aşağıdaki şekilde yapılır: iki fırın (endüksiyon fırınları yaygın olarak kullanılır) seri olarak çalıştırılır; Bakır, birinci fırında eritilir ve alaşım oluşturmak için erimiş fosforun bir üfleme borusu tarafından enjekte edildiği ikinci yere aktarılır. Enjeksiyon oranı, özellikle metal doygunluğa yaklaştığında (<%14 P), son aşamalarda fosfor pentoksit dumanını en aza indirmek için kontrol edilir. Fosfor bakır daha sonra kalıplara dökülür ve eğer fosfor içeriği çok yüksek olursa alaşım soğuması nedeniyle fosforlu pentoksit dumanı yaymaya devam eder.

Fosfor pentoksit çok higroskopiktir ve bunun sonucunda, dumanlar nemi emecek ve torbaları fosforik asitle kaplayacağından, buharlar geleneksel torba filtre kullanılarak filtrelenemez. Geleneksel ıslak gaz yıkayıcı, duman ince bir buğu tabakası oluşturduğundan ve gaz yıkama ortamına temas etmediğinden, sınırlı bir etkiye sahiptir. Gaz akışındaki fosforlu bileşiklerin konsantrasyonunun etkili bir şekilde azaltılması, yüksek enerjili Venturi gaz yıkayıcılar veya mat fiber filtreleri kullanılarak sağlanabilir. Teoride, daha fazla işlem için zayıf bir asit üretilebilir, ancak bu uygulamada zordur.

### 3.1.20. Yüzey temizleme işlemleri

Tel, boru, şerit ve diğer bazı malzemeler, ambalajlamadan önce parlak bir yüzey elde etmek için veya bakır tel durumunda, tel çekmeden önce yüzeydeki oksitin giderilmesi için kesilir. Sülfürik asit çözeltileri kullanılır ve bazen seyreltik sülfürik ve nitrik asitlerin bir karışımı kullanılır. İkinci durumda, yüksek mukavemetli asitler kullanıldığında nitrik dumanlar yayılabilir.

### 3.1.21. Bakır çubukların asitsiz yüzey temizliği

Bu işlem kapalı bir hatta çalışır. Çubuklar, bölümlendirilmiş yatay çelik borudan oluşan bir hat içi sistemde toplanabilir. Suda %2,5-5'lik bir izopropanol (IPA) çözeltisi kullanılır. Bakır oksit pullarının alkolle bakır haline dönüştürülmesi (kısmen çubuk üzerinde bırakılır) işlemi Burns prosesi olarak bilinir. [ 114, Eurometaux 1998 ]. Bakır tel çubuk imalatında, normal uygulama, çökeltme veya filtrasyon yoluyla bakır çamurunun çıkarılmasından sonra çözeltinin yüzey temizlemeye geri döndürülmesidir; IPA konsantrasyonu gerektiği gibi ayarlanır.

Yüzey temizlemeden sonra çubuk, basınçlı hava kullanılarak kurutulur. Daha sonra, çubuğun yüzeyinin oksidasyonunu önleyen% 4'lük bir balmumu emülsiyonu ile ince bir sprey halinde uygulanan bir balmumu kaplaması verilir. Çubuk serilir, tahta paletlere sarılır ve plastik bir tabakaya sıkıştırılır, bağlanır ve sarılır.

### 3.1.22. Bakır çubukların ve bakır ve yarı bakır alaşımlarının asitle temizlenmesi

#### Bakır tel çubuk

Bakır tel çubukların asitle temizlenmesi, bölmeli yatay paslanmaz çelik boru kullanır [114, Eurometaux 1998]. İlk aşamada, çubuk, seyreltilmiş sülfürik asit ile kesilir; Daha sonra tortusal asit, çubuk yüzeyinden su spreyleyi ile birkaç aşamada yıkanır, ardından basınçlı hava kullanılarak kurutulur ve daha sonra balmumu ile kaplanır.

Alternatif olarak, uzun suyla doldurulmuş bir tüpte kısmi soğutmadan sonra, çubuk, bobinin çapına karşılık gelen spiraller halinde oluşturulur. Bu spiraller, su püskürtücü ile sıcaklığın 20 °C'ye düştüğü bir silindir masasına yayılır. Aside dayanıklı bir alaşım konveyör, bu spiralleri, çubuğun% 20 sülfürik asit çözeltisi ile karıştırıldığı dekapaj tanklarına taşır. Asit dekapaj sistemi, tüm oksitlerin çubuk yüzeyinden mükemmel şekilde çıkarılmasını sağlar. Halkalar daha sonra durulama suyu ile yıkanır ve son olarak bir balmumu çözeltisi ile korunur.

Dekapaj asidi ile çözülen bakırın geri kazanılması için elektrolitik çıkarma kullanılır veya yıkama solüsyonu aynı yerde bir tank evine ilave su olarak aktarılabilir veya iyon değişimi ile muamele edilebilir.

#### Bakır ve Bakır Alaşımlarının Yarı

Levha ve şeritlerin yüzeylerinin temizlenmesi genellikle sülfürik asitle (% 8-10) yapılır, ancak bazı özel alaşımlar için sürekli hatlarda veya otomatik sistemlerde sülfürik ve nitrik asit karışımları kullanılır. Nitrik asit buharını uzaklaştırmak için gaz yıkayıcı kullanılır. Yüzey kalitesinin etkilenmemesi için asit zaman zaman değiştirilmiştir [114, Eurometaux 1998].

Atık asit, iç ve dış arıtma tesislerinde metalin geri kazanımı ve arıtımı için gönderilir. Asitleme sistemleri işçi koruması için havalandırılır. Ürünler durulanır, durulama suyu daha sonra arıtma için gönderilir ve çamurlar mümkünse geri dönüştürülür. Rulo ürünlerin yüzeyden yağdan arındırılması için deterjan içeren su kullanılır. Atık su ultrafiltrasyon ile temizlenir.

### 3.2.Mevcut Emisyon ve Tüketim Seviyeleri

Rafine edilmiş bakır endüstrisinin ana çevre sorunları hava ve su kirliliğidir [27, M. Barry et al. 1993], [206, Traulsen, H. 1999]. Tesisler genellikle kendi atık su arıtma tesislerine sahiptir ve atık su geri dönüşümü genellikle uygulanmaktadır. Potansiyel atıkların çoğu yeniden kullanılır.

Gürültü gibi bazı yerel durumlar endüstri ile ilgilidir.

Bazı katı ve sıvı atıkların tehlikeli yapısı nedeniyle, bu atıklar doğru şekilde depolanmadıkça ve kullanılmadıkça önemli bir kirlenme riski de vardır.

Yayıllı emisyonlar oldukça önemli olabilir (bkz. Bölüm 2.4). Ölçümler, birincil ve ikincil bakır üreten bir ana bakır eritme cihazında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, ikincil duman yakalama sistemlerinde iyileştirmeler yapıldıktan sonra bile yayıllı emisyonların baskın olduğunu göstermektedir [158, Petersen, K. 1999]. Bu örnekte, ölçülen toz yükleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.7: Birincil bakır tozunda azaltılmış ve yayıllı toz yüklerinin karşılaştırılması**

Anot Üretimi (t/yıl)	Toz Emisyonu (kg/yıl)	
	Ek ikincil gaz toplamadan önce (1992)	Ek ikincil gaz toplamadan sonra (1996) <sup>(1)</sup>
	220 000	325 000
Yayıllı emisyonlar:		
• toplam izabe fırını	66 490	32 200
• izabe fırını çatı hattı	56 160	17 020
Birincil izabe fırını baca emisyonları:		
• izabe fırını/asit tesisi	7990	7600
• baca-ikincil	2547	2116

<sup>(1)</sup> Gelişmiş bir yayıllı gaz tutma ve arıtma sistemine 10 milyon Avro yatırım yapıldıktan sonra emisyonlar. Ek enerji = 13,6 GWh/yıl.  
Kaynak: [158, Petersen, K. 1999]

#### 3.2.1. Bakır Üretiminde Enerji Tüketimi

Bakır üretimi, çoğu aşamada enerji gerektirir; elektrolitik işlemde kullanılan enerji en önemli olanıdır [25, OSPARCOM 1996]. Bakır konsantresi kullanılan bir dizi işlem için üretim enerjisi (net) gereksinimi, 14-20 GJ/ton bakır katot aralığındadır [206, Traulsen, H. 1999]. Kesin rakam esas olarak konsantre (sülfür ve demir yüzdesi) değerine bağlıdır, fakat kullanılan eritme birimi, oksijen zenginleştirme derecesi ve proses ısısının toplanması ve kullanılması da bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, yalnızca kirecin tipine dayanan karşılaştırmalı veriler, yanlışlara karşı sorumludur. Konsantrenin enerji içeriğinin kullanımı daha önemlidir ve otojen operasyona ulaşan eriticiler daha düşük enerji kullanımına sahiptir.

Enerji verimliliğinin artırılması ve harici yakıt tüketiminin azaltılması, atık ısının geri kazanılması için teknikler uygulanarak da gerçekleştirilmektedir. Eritme fırını veya dönüştürme tankı tarafından üretilen sıcak gaz, atık gaz kazanına gönderilir. Kazanda, gaz üretilerek gaz soğutulur. Buhar, örneğin konsantrenin kurutulması (doğrudan buhar bobin kurutmada, konsantre buhar ton başına 150-180 kg) veya diğer işlem üniteleri için veya elektrik üretimi veya bölgesel ısıtma için dışarıda kullanılabilir. SO2 içeren gazdan sülfürik asit üretimi ayrıca bir ısı değiştirici kullanılarak geri kazanılabilen ekstra enerji üretir.

Bakır üretiminin elektrolitik rafinasyon aşaması tarafından tüketilen enerjinin, 1 ton bakır başına 300-400 kWh olduğu bildirilmiştir, ancak yüksek kirlilik içeren anotlar elektro-rafin edildiğinde kullanılan enerji önemli ölçüde daha yüksektir [134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH



1998 ]. Kullanılan boş katodun tipi (paslanmaz çelik veya bakır) esas olarak tank evinin verimliliğini etkiler [90, Traulsen, H. 1998] ve bu durum mevcut verimlilik açısından% 92 ile% 97 arasında değişebilir.

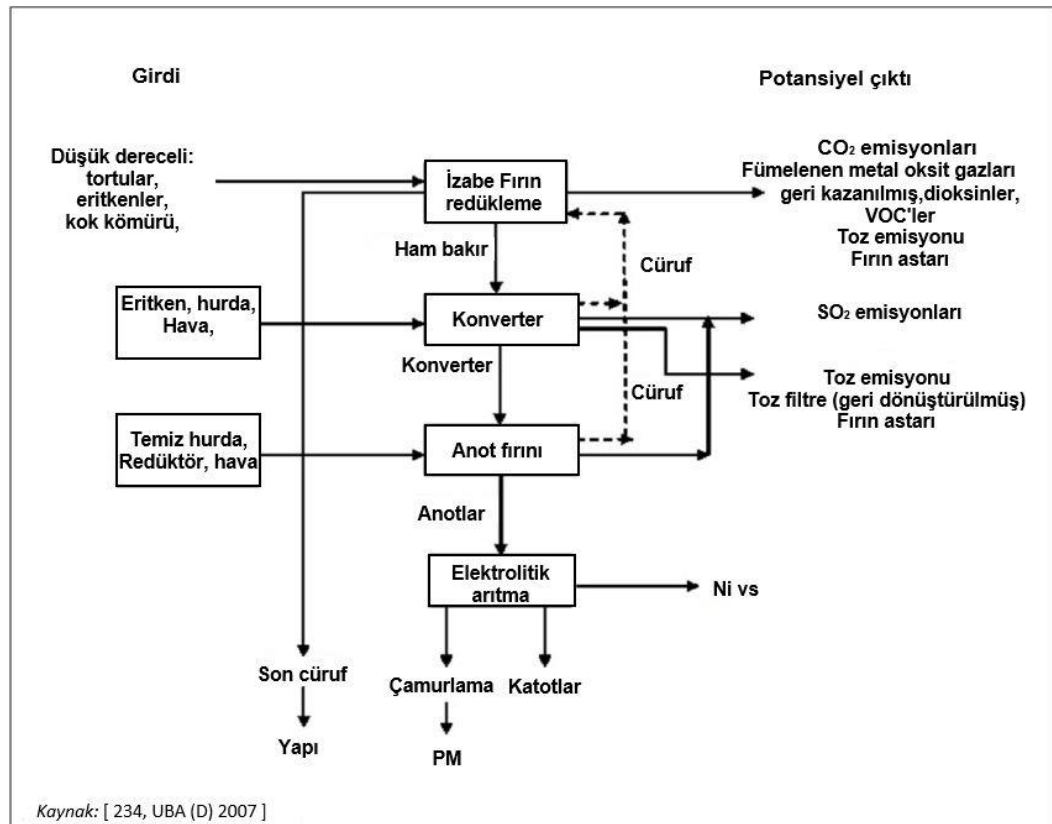
### 3.2.2. Emisyonlar ve Tüketim Verileri

Bakır üretimi için ana emisyon ve tüketim kaynakları aşağıda açıklanmıştır.

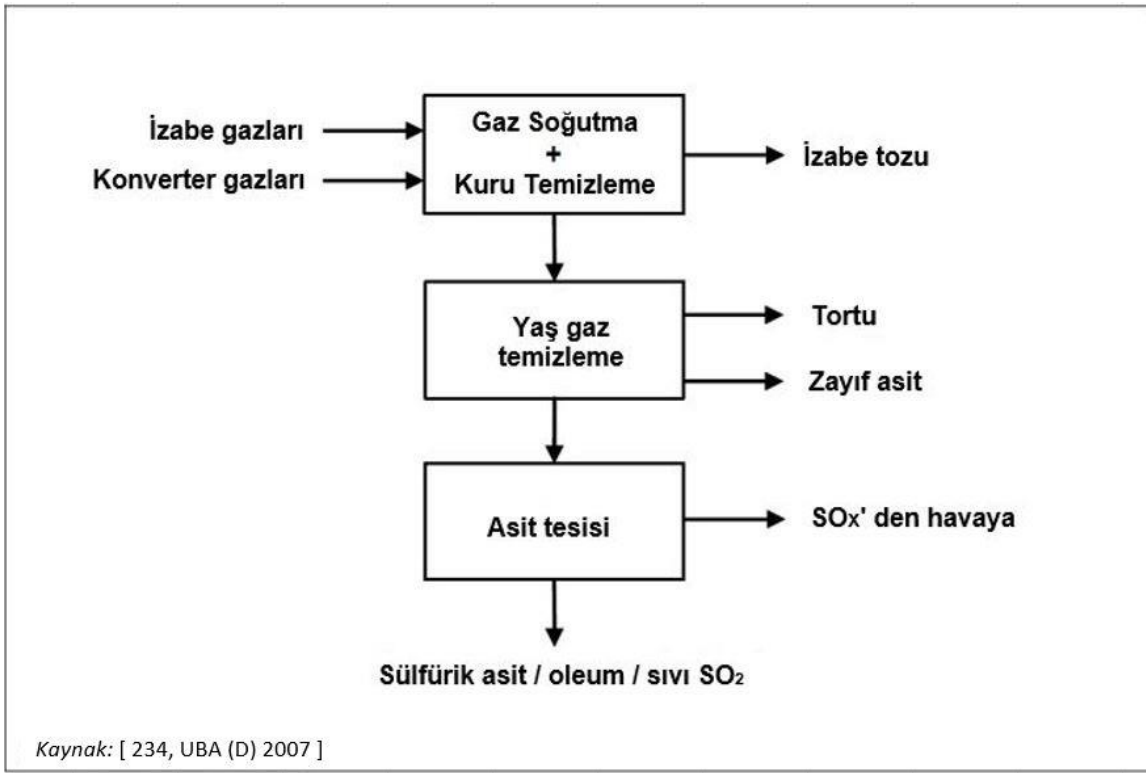
### 3.2.3. Birincil bakır giriş ve çıkış

Bir birincil eritme cihazı için girdi ve çıktı verileri, konsantrenin bakır içeriğine, diğer metallerin konsantrasyonuna (As, Se, Hg, Ag, Au, vb.) ve prosesin çeşitli kısımlarında bakır içeren bakır hurdası veya diğer maddeleri kullanılır.

Şekil 3.8, primer bakır üretimi için tipik bir işlemde gelen girdileri ve potansiyel çıktıları göstermektedir ve Şekil 3.9 gaz arıtma sistemini göstermektedir.



Şekil 3.8: Birincil bakır eritme için genel giriş ve çıkış diyagramı



Şekil 3.9: İzabe ve konvertör gazlarının arıtılması

Düşük kükürtlü ve yüksek organik içerikli konsantre durumunda, kavurma/ergitme yönteminden çıkan atık gazlar enerji içeriğini geri kazanmak için bir enerji santraline yönlendirilir ve daha sonra yarı kuru gaz yıkayıcı ile desülfürize edilir.

Bazı ana bakır eritme cihazları, ikincil eritme tesisleriyle veya karışık konsantrelerden vb. Kurşun veya çinko oksit tozu ile entegre edilmiştir. Bu nedenle girdi ve çıktı verilerinin karşılaştırılması çok zordur. Karmaşık bir süreç için değerler aşağıdaki Tablo 3.8'de verilmektedir. Girdi ve çıktı verisi üzerindeki ana etkinin, konsantrenin veya diğer ham malzemenin bakır içeriği olduğu ve bu nedenle verilerde varyasyonlar olabileceği ve karşılaştırmanın önemli olmadığı belirtilmelidir. İzabe ve rafinasyon sırasında bakırın geri kazanımı daha anlamlı ve % 96'dan daha büyüktür.

Tablo 3.8: Birincil bakır eritme/rafineri için örnek girdi ve çıktı verileri

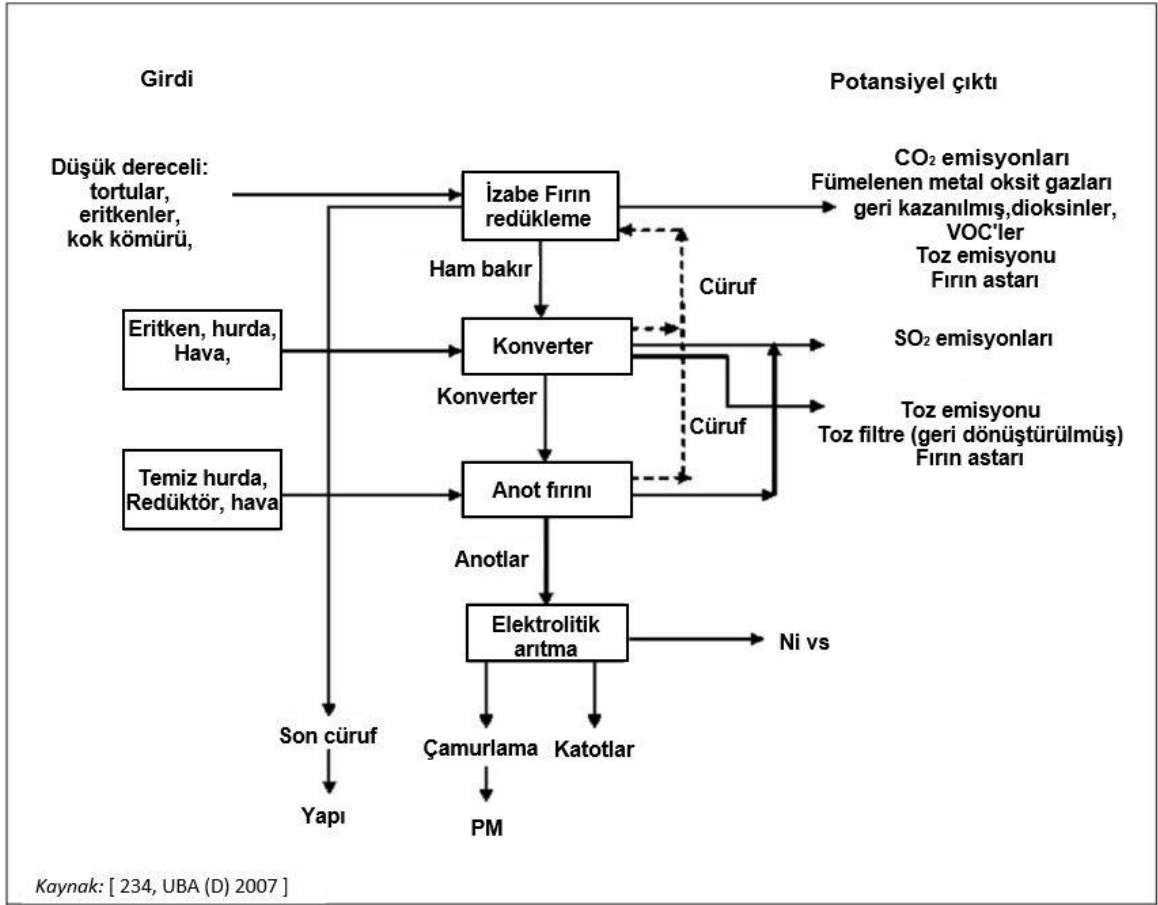
Giriş Malzemeleri	Miktar (t/yıl)	Ürünler	Miktar (t/yıl)
Bakır Konsantreleri	1 040 000	Bakır Katot	366 000
Bakır Hurda	65 000	Bakır Tuzları	NI
Elektronik parçalardan rendelenmiş malzeme	3600	Nikel Sülfat	NI
Dış ara ürünler	56 000	Değerli Metaller	960
		Rafine Kurşun	17 000
		Sülfürik Asit	1 018 000
		Cürüflar	690 000

NB: NI = Bilgi sağlanmadı.  
Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ], [ 234, UBA (D) 2007 ]

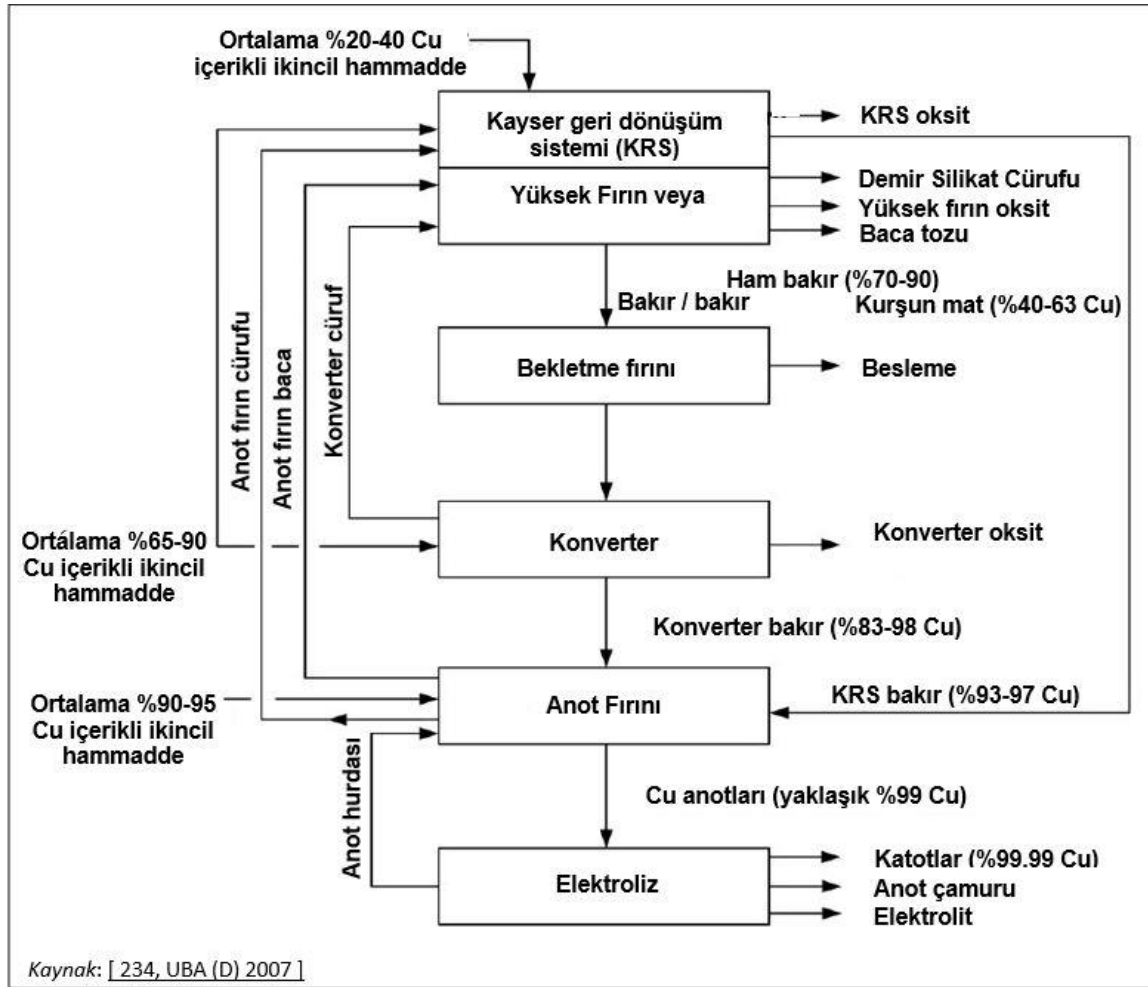
### 3.2.4. İkincil bakır giriş ve çıkış verileri

Yukarıda bildirildiği gibi, ikincil ham madde, saflık, diğer metallerin içeriği ve yüzey kirliliği derecesine bağlı olarak ikincil işlemlerin çeşitli kısımlarına beslenebilir [219, VDI 2007]. Organik kirlilik derecesi potansiyel emisyonları etkiler ve çeşitli süreç aşamalarında, organik kontaminasyon derecesine bağlı olarak PCDD/F gibi organik bileşiklerin yok edilmesinde son

yakıcılar kullanılır. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11, ikincil bakır üretimi için jenerik girdi ve çıktı diyagramlarını göstermektedir.



Şekil 3.10: İkincil bakır eritme için genel giriş ve çıkış diyagramı



Şekil 3.11: Kalay/kurşunun geri kazanım prosesine sahip ikincil bakır üretim tesisinden bir giriş ve çıkış diyagramı örneği

Birçok kalıntı süreç içerisinde ve diğer ilgili süreçlerde geri dönüştürülür. Örneğin, kurşun, çinko ve kalay gibi demir dışı metal üreticileri, kalıntılarının çoğunu ham maddeler olarak kullanırlar [219, VDI 2007]. Birçok site, bu kalıntılardan diğer metalleri geri kazanmak için yerinde işlemlere dahil edilmiştir.

Tablo 3.9 ve Tablo 3.10, bir KRS firmı, bir kurşun-kalay alaşımlı bitki, bir yankı ocak ocağı firmı ve elektroliz kullanılarak bir ikincil bakır eritme cihazının girdi ve çıktılarının bir örneğini yansıtmaktadır. Aralıklar, malzemelerin mevcudiyetine bağlıdır.

Tablo 3.9: Şekil 3.11'de gösterilen ikincil bakır prosesi için girdi ve çıktı verileri

Girdiler	Miktar (t/yıl)	Çıktılar	Miktar (t/yıl)
Bakır hurda	100 000–120 000	Bakır katotlar	185 000
Blister bakır	10 000–30 000	Bakır sülfat	10 500–2000
Bakır anotlar	0–40 000	Nikel sülfat	2500–3000
Bakır alaşımlı hurda	20 000–30 000	Çinko oksitler	12 000–15 000
Dış kalıntılar ve atıklar (örneğin, cüruf, toz, kül, çamur, süpürme)	50 000–70 000	Kurşun alaşımları	2500–3000
Bakır-demir malzeme <sup>(1)</sup>	Yaklaşık 50 000	Anot Çamuru	1500–1800
Kireç taşı	5000–7000	Sl	100 000–120 000
Silis	10 000–15 000	C	73 000–103 720
Kok	Yaklaşık 1000		
Akaryakıt	20 000–30 000		
<sup>(1)</sup> Elektronik hurda içerir. NB: CO <sub>2</sub> çıkışı 0,4–0,56 t/t bakırına eşdeğerdir. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]			

Tablo 3.10: KRS fırını ile baca fırını arasındaki işletme parametrelerindeki farklılıklar

Parametre	KRS fırını	Baca fırını
t buhar (GJ)/t yükü	0,6 (1,7)–0,7 (2,0)	0,7 (1,8)
Yük çıkışı (t/s)	25–50 (demir dahil)	5–20
Volumetrik atık gaz çıkışı (m <sup>3</sup> /s)	300 000	50 000–100 000
Toz içeriği (mg/m <sup>3</sup> )	5000–10 000	20 000–40 000
<b>Ana toz bileşenleri (çalışma moduna bağlı olarak filtre tozu)</b>		
Cu (%-ağırlık)	3–6	<
Pb (%-ağırlık)	15–20	10–
Zn (%-ağırlık)	35–50	30–
Sn (%-ağırlık)	2–4	1–
<b>Clean gas</b>		
Toz içeriği (mg/m <sup>3</sup> )	1–5	1–
SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	< 500 (günlük) 1500 (zirve yarım saatlik)	10– 100
NO <sub>X</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	10–100	30–
PCDD/F (ng I-TEQ/m <sup>3</sup> )	< 0,1–0,4	0,3 ile RTO
Baca çıkışında atık gaz sıcaklığı (°C)	80–90	75–90
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

### 3.2.5. Havaya salınan emisyonlar

Toz, metal bileşikler, organik karbon (PCDD/F oluşumu ile sonuçlanabilir) ve kükürt dioksit havaya yayılabilir [121, Rentz, O. et al. 1999]. Potansiyel kaynaklar ve potansiyel emisyonların havaya olan ilgisi Tablo 3.11'de gösterilmektedir ve bunlar bu bölümün ilerleyen bölümlerinde tartışılacaktır.

**Tablo 3.11: Bakır üretim sürecinden kaynaklanan havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi**

Emisyon kaynağı	Toz ve metal bileşikleri	PCDD/F	Organik karbon	Kükürt bileşikleri
Malzeme taşıma	••	NR	NR	NR
Hammaddelerin depolanması	•••	NR	NR	NR
Kurutma	•••	•	•	•
Hurda arıtma	••	••• (ikincil)	••• (ikincil)	NR
İzabe Fırını	•••	••• (ikincil)	• (ikincil)	••• (bir geri dönüşüm tesisinde işlem)
Holding	•	NR	NR	NR
Konvertör	••	• (ikincil)	• (ikincil)	••• (bir geri dönüşüm tesisinde işlem)
Rafinasyon	••	• (ikincil)	• (ikincil)	•
Ergitme/Döküm	• (••alaşım için)	•	• (ikincil)+ CO	NR
Kepçe transferleri	•••	NR	NR	•
Elektroliz	NR	NR	NR	NR
Cüraf işlemi	••	NR	• CO (elektrikli fırından)	•

NB: ••• Daha belirgin – • Daha az belirgin.  
NR = İlgili değil.

Nitrojen oksitleri nispeten önemsizdir [23, DFIU-University Karlsruhe 1996] fakat birincil bir işlemde üretilen sülfürik asitte emilebilirler; Oksijen zenginleştirmesinin kullanılması bazen termal yöntemlerle azot oksitlerin oluşumunu azaltabilir. Bu, oksijenin eklendiği noktaya bağlıdır; Bazen sıcaklıktaki artışa bağlı olarak daha yüksek bir azot oksit konsantrasyonu üretilir, ancak gaz hacmi ve toplam miktar daha düşüktür. Düşük NOX brülörleri kullanılabilir.

Yanma bölgesinde ve gazsız arıtma sisteminin soğutma kısmında PCDD/F oluşumu (de novo sentezi) mümkün olabilir. Çevre üzerindeki zararlı etkilerden korunmak için emisyonlar azaltılmalıdır. Buna bağlı olarak, atık gazlarının üretim kaynağında yakalanması ve bir atık gaz temizleme cihazına (örneğin, bir toz toplayıcı ve gaz yıkayıcıyı takip eden bir yakalama sistemi) yönlendirilmesi gerekir [219, VDI 2007].

Emisyonlar, kullanılan azaltma sistemlerine ve tesis bakım kalitesine bağlı olarak ya baca emisyonları ya da yayılı emisyonlar olarak işlemde kaçabilir. Baca emisyonları normal olarak sürekli veya periyodik olarak izlenir ve yetkili makamlara yerinde personel veya saha dışı danışmanlar tarafından rapor edilir.

### 3.2.5.1. Karbon monoksit

Yukarıda belirtilen emisyonlara ek olarak, indirgeyici bir atmosferi muhafaza etmek için gereken fırınları kullanan eritme işlemleri, önemli bir karbon monoksit konsantrasyonu üretebilir. Bu özellikle, yüksek iletkenlik elde etmek için ürünlerin kontrollü oksijen seviyelerine ihtiyaç duyması nedeniyle, baca fırınlarında profil döküm veya tel çubuk üretimi ile birlikte yüksek dereceli bakırın eritilmesi için geçerlidir. Bu nedenle işlem, indirgeyici koşullar altında çalışır ve gazların karbon monoksit içeriği, tipik olarak yaklaşık 5000 mg/Nm<sup>3</sup> seviyesinde yükseltilebilir. Kullanılan brülör kontrol sistemleri aynı zamanda CO'yu en aza indirebilir ve ürün kalitesini

koruyabilir. CO alarmları da sürece dahil edilebilir. Tel çubuk veya yarı mamul üretimi için kullanılan bir baca fırınında tipik CO üretimi, ton bakır başına 2000–11 000 gramdır [114, Eurometaux 1998]. Bazı tesislerde, organik madde ile kaplanmış hurda işlendiğinde hidrokarbonların gazlardan uzaklaştırılmasından sonra yanma işlemi kullanılmaktadır. Aynı zamanda CO da imha edilir ve emisyonlar ton bakır başına ~ 45 gram olarak bildirilir [121, Rentz, O. ve ark.1999].

Yer seviyesindeki CO konsantrasyonlarını tahmin etmek mümkündür ve bu, CO'nun yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılabilir, böylece daha fazla azaltma ihtiyacı yerel olarak değerlendirilebilir. Baca fırın gazlarının bu CO seviyeleri ile yanması sonucu CO giderimi ek yakıt gerektirir ve sonuç olarak CO<sub>2</sub> emisyonları katlanarak artar.

Karbon monoksit ayrıca cüruf temizleme fırını ve yüksek fırının çalışması sırasında üretilir ve bazı durumlarda atık gazlarda açığa çıkarılabilir. İkincil yanma CO'yu uzaklaştırmak için kullanılabilir, tipik konsantrasyonları 10-200 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında verir. Fırın gövdesinde bir arka yakma bölgesi sağlamak için reaksiyon bölgesinin üstünde bir yüksek fırının tepesine kadar en az bir oksijen örneği yerleştirilir. Bu önlem ayrıca PCDD/F gibi organik bileşikler de yok eder. Cüruf temizleme ve indirgeme işlemleri için kullanılan elektrikli fırınlar, normal olarak, ya fırın içinde ya da özel bir reaksiyon odasında, yakma işlemiyle çalıştırılır.

### 3.2.5.2. Toz ve metal bileşikleri

Bunlar sürecin çoğu aşamasından yayılabilir. Ambalajlama, depolama, kurutma ve arıtma aşamalarından kaynaklanan emisyonlarla mücadele teknikleri Bölüm 2'de ele alınmakta ve bu tekniklerin uygulanması bu emisyonları önlemek ve en aza indirmek için kullanılmalıdır.

Eritme, dönüştürme ve rafinasyon aşamalarından kaynaklanan doğrudan ve yayılı toz emisyonları potansiyel olarak yüksektir. Emisyonların önemi de yüksektir, çünkü bu proses aşamaları bakırdan Zn, Pb, bazı As ve Cd gibi uçucu metalleri uzaklaştırmak için kullanılır ve bu metaller gazda ve kısmen tozda bulunur.

Birincil eriticiler genellikle çok iyi toz içerirler ve yayılı emisyonları en aza indirmek için etkin bir şekilde kapatılırlar; Konsantre brülörler veya üfleme borusu kullanılır ve bu nedenle mühürlenmesi daha kolaydır.

Yayılı emisyonları en aza indirmek için fırınların ve kanalların iyi bakımı yapılır ve toplanan gazlar kükürt uzaklaştırma işlemlerinden önce toz giderme sistemlerinde arıtılır.

İkincil akışkanlar, şarj ve kılavuz çekme çevrimleri sırasında yayılı emisyonlara daha eğilimlidir. Bu fırınlar büyük yükleme kapağına sahiptir ve bu kapakların yamulma ve sızdırmazlığı önemli bir faktördür. İkincil banyo tipi izabe fırınında malzeme, kapalı bir şarj sistemi ile yüklenir ve boşaltım deliği ve oluklarda yayılı emisyonlar oluşur ve davlumbazlar tarafından yakalanır ve gaz temizleme sistemine yönlendirilir. Toplanan gazlar genellikle soğutulur ve elektrostatik çöktürücüler veya kumaş filtreler ile gaz akımlarından toz uzaklaştırılır. Yüksek filtrasyon verimliliği genellikle elde edilir ve azaltma sonrası toz konsantrasyonları <1-5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır [157, Winter, B. ve ark. 1999] [206, Traulsen, H. 1999].

Parti işletim modu nedeniyle, dönüştürme ve ateş ile rafinasyon aşamaları, genellikle eritme aşamasında olduğu gibi de kapatılamaz. Mat, cüruf ve metalin besleme malzemesi ve aktarılması, yayılı emisyonların önemli bir potansiyel kaynağıdır. Daha önemlisi, bir kepçe veya tekne transfer sisteminin kullanılması, duman toplama başlıklarının, özellikle Peirce-Smith veya benzer bir dönüştürücü tarzı ile etkinliğini engelleyebilir. Dolum veya boşaltma sırasında meydana gelen emisyonları yakalamak veya azaltmak için, dönüştürücüler ya kapalıdır ya da ikincil yakalama başlıklarına sahiptir (bkz. Bölüm 2). Muhafaza veya davlumbazdan çıkarılan atık gaz, SO<sub>2</sub> içeriğine uygun bir şekilde işlem görmelidir. Mat dönüşümden çıkan gazlar daha yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına sahip olacaktır ve her durumda metal oksitlerin (As, Pb, vb.) uzaklaştırılması gerekmektedir. Davlumbazlar aracılığıyla, eritken ve diğer malzemelerin eklenmesi, dönüştürücülerin çıkış zamanını en aza indirebilir ve böylece konvertörlerin birincil gaz toplama sisteminden ayrılma zamanını azaltabilir. Yüksek dereceli mat üretimi, kepçe transfer sayısını azaltır ve bu nedenle emisyon potansiyelini azaltır. Yayılı veya toplanmamış

### Bölüm 3

emisyonlar bu nedenle çok önemlidir. Bu sorunlar, verimli birincil ve bazı durumlarda ikincil duman toplamalarına bağlıdır.

Özellikle birincil bakır üretiminde diğer bir toz ve metal emisyon kaynağı da bakır açısından zengin cürufun işlenmesinden kaynaklanmaktadır. Fırınlar kullanıldığında, süreçten çıkan atık gazlar bir baca gazı arıtma sistemine yönlendirilir. Torba filtreleri, ESP'ler ve ıslak gaz yıkayıcılar kullanılmaktadır. Bir torba filtre veya ESP sonrası toz konsantrasyonları emisyonları 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Huelva'da (İspanya) bir ıslak gaz yıkayıcı kullanan Atlantik Bakır santrali, spot numunelerle, 10 mg/Nm<sup>3</sup> ile 80 mg/Nm<sup>3</sup> arasında (yıllık ortalama 40 mg/Nm<sup>3</sup>) toz emisyonları ölçtü.

Ateş ile rafinasyon süreci de fırınlar kullanılarak yapılır ve birincil ve ikincil bakır üretiminde yaygındır. Toz emisyonları genellikle bir torba filtre kullanılarak azaltılır. <1 mg/Nm<sup>3</sup> ve 5 mg/Nm<sup>3</sup> arasındaki toz emisyonları bildirilmiştir. Islak gaz yıkayıcı ve ıslak ESP'nin bir kombinasyonunu kullanan Huelva'daki Atlantik Bakır santrali, spot örnekleri ile <5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 20 mg/Nm<sup>3</sup> arasında (yıllık ortalama 6 mg/Nm<sup>3</sup>) toz emisyonlarını ölçtü.

Merkezi bir ikincil atık gaz arıtma sistemi temel olarak azaltma sisteminin performansını optimize etmek için birincil bakır üretim tesisi tarafından kullanılır. Toz azaltımı için bir torba filtre kullanılır ve <1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 5 mg/Nm<sup>3</sup> arasında günlük ortalama toz emisyonları elde edilir. Pürnopur (Bulgaristan) 'daki Aurubis tesisi, ıslak gaz yıkayıcı ve torba filtrelerinin bir kombinasyonunu kullanarak, günlük ortalama toz miktarını 2.5 mg/Nm<sup>3</sup> ile 23 mg/Nm<sup>3</sup> arasında rapor etmiştir.

Filmaşın, yarı mamul vb. üretiminde kullanılan eritme ve döküm aşamaları da potansiyel toz ve metal kaynaklarıdır. Pirinç gibi bakır alaşımlarının üretimi, döküm aşamasında önemli miktarda buhar (ZnO) ile sonuçlanır ve bunlar verimli bir toplama gerektirir. Toz yükü genellikle düşüktür, ancak uygulanabilir ise ısı/enerji geri kazanılabilir. Verimli buhar toplama ve kumaş filtreleri genellikle kullanılmaktadır [114, Eurometaux 1998].

Metallerin emisyonları, işlemlerin ürettiği tozun bileşimine güçlü bir şekilde bağlıdır. Kompozisyon yaygın olarak değişir ve toz kaynağı olan işlemde ve işlenmekte olan hammaddelerden etkilenir.

Örneğin, bir hurda dönüştürücüsünün ürettiği toz, mat dönüştürücününkinden tamamen farklıdır ve bu, ölçüm sırasında, giriş malzemesinde vs. işlemin çalışma aşamasına (dolum, üfleme, döküm, tıkaçlama vb.) bağlı olarak değişecektir. Tablo 3.12 ve Tablo 3.13, çeşitli işlemlerden gelen tozdaki metallerin yüzdesini ve bir dizi bakır işleminden ölçülen aralıkları göstermektedir.

**Tablo 3.12: Bakır işlemlerinden kaynaklanan tozun ana bileşenleri**

Bileşen	Mat izabe fırını ESP tozu konsantrasyonu	Yüksek fırın tozu	Hurda dönüştürücü toz	Mat dönüştürücü ESP toz	Elektrik cüruf temizleme fırın tozu	Anot fırın tozu
Pb (%)	0,1-5	5-50	5-30	2-25	2-15	2-20
Zn (%)	0,1-10	20-60	25-70	5-70	25-60	5-40
Sn (%)	0,1-1	0,2-5	1-20	0,1-4	NR	NR
Cu (%)	5-30	2-12	2-15	10-25	0,5-2,5	15-25
As (%)	0,1-4	NR	NR	NR	NR	0,5-10
Ni (%)	0,1-1	0,1-1	NR	0,1-1	NR	NR

NB: NR = İlgili değil.  
Kaynak: [ 206, Traulsen, H. 1999 ]



Bir tesiste bireysel ölçümler arasındaki varyasyonlar yüksek fırınlar, elektrikli fırınlar, konvertörler ve anot fırınları arasındaki farktan daha büyüktür. Tüm bakır üreten işlemlerin bir filtreleme separatörünün aşağı akışında ölçülen konsantrasyonların tipik aralıkları Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.13: Bir ikincil bakır köpüğünden tüm birim işlemlerinin temiz gazdaki toz bileşenlerinin ve PCDD/F konsantrasyonları**

Gaz bileşenleri	Birim	Temiz gazda tipik aralık
Cıva (Hg)	mg/m <sup>3</sup>	0,001–0,05
Talyum (Tl)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Kurşun (Pb)	mg/m <sup>3</sup>	0,04–1
Kobalt (Co)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Nikel (Ni)	mg/m <sup>3</sup>	0,01–0,1
Selenyum (Se)	mg/m <sup>3</sup>	0,01–0,1
Tellür (Te)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Antimon (Sb)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,01–0,1
Krom (Cr)	mg/m <sup>3</sup>	0,01–0,1
Siyanür (CN)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,05
Florür (F <sup>-</sup> )	mg/m <sup>3</sup>	< 0,05
Bakır (Cu)	mg/m <sup>3</sup>	0,02–1
Manganez (Mn)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Vanadyum (V)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,02
Kalay (Sn)	mg/m <sup>3</sup>	0,01–0,15
Arsenik (As)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,01–0,15
Kadmiyum (Cd)	mg/m <sup>3</sup>	< 0,001–0,05
PCDD/F (toplam toz ve gaz halinde fraksiyonlar)	ng I-TEQ/m	0,01–0,4
<i>Kaynak: [ 206, Traulsen, H. 1999 ]</i>		

### 3.2.5.3. Organik karbon bileşikleri

Kurutma aşamasından birincil üretim sırasında cevher işlemede kullanılan malzemelere ve kurutma için kullanılan yakıta bağlı olarak organik karbon bileşikleri yayılabilir. İkincil üretim için en önemli kaynaklar hurda işleme, izabe ve rafinasyon aşamalarından kaynaklanmaktadır. İkincil bakır için dönüşüm aşaması da, dönüştürücüye organik malzeme ile kirlenmiş olan hurdanın eklenmesi ve tam yanmanın sağlanamaması durumunda potansiyel bir kaynaktır; Bu özellikle yayılı emisyonlar için geçerlidir. Yağlı besleme malzemesi olarak kullanıldığında organik karbon bileşikleri yayılabilir ve ton başına 5–100 g veya 1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 10 mg/Nm<sup>3</sup> arasında hesaplanabilir [249, Avusturya, Brixlegg 2007]. VOC'ler ayrıca çözücü yağdan arındırma veya çözücü ekstraksiyon işlemlerinden de verilebilir.

### 3.2.5.4. PCDD/F

Yayılabilecek organik karbon bileşikleri, PCDD/F'yi içermekte olup, besleme malzemesinde yağın ve plastiğin zayıf yanmasından ve gazların yeterince hızlı soğutulmaması halinde de novo sentezinden kaynaklanmaktadır. Organik kirliliği gidermek için hurda işleme yapılabilir, ancak genellikle, üretilen gazları işlemde geçirmek için müteakip iyonsuzlar kullanılır, ardından hızlı soğutma yapılır. Gazların bir son yakıcıdaki fırınlardan arıtılması mümkün olmadığında, eritme bölgesinin üzerinde oksijen eklenerek oksitlenebilir. Ayrıca ikincil hammaddelerin organik kontaminasyonunu tanımlamak mümkündür, böylece en uygun fırın ve azaltma kombinasyonu buhar ve buharın ve PCDD/F'nin emisyonunu önlemek için kullanılabilir. Organik madde ile kirlenmiş olan eritme hurdası da yarı sektörde potansiyel PCDD/F kaynağıdır [219, VDI 2007].

Birincil eritme ve dönüştürme durumunda kullanılan yüksek çalışma sıcaklıklarının organik bileşikleri yok ettiği ve kükürt dioksitin varlığının PCDD/F de novo sentezini inhibe ettiği

bildirilmiştir.

Bölüm 2, PCDD/F emisyonlarını etkileyen bazı faktörleri açıklamaktadır. Bu sektördeki PCDD/F'nin azaltılmasında kullanılan teknikler, yanma sonrası, kontrollü gaz kullanımı ve soğutmayı ve etkili toz giderimini içerir; Aktif karbon adsorpsiyonu da kullanılır.

PCDD/F emisyonları  $<0,001-0,1$  ng I-TEQ/m<sup>3</sup>, bir KRS, bir elektrik fırını ve ikinci PCDD/F kontrol cihazları ile donatılmamış iki konvertörün akış aşağısında ölçülmüştür. Bir anot yankı fırınının aşağı akışında ölçülen PCDD/F emisyonları, ortalama olarak 0,13 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> mertebesindeydi. Bir karşı akım reaktörü olarak tasarlanan yüksek fırın, yüksek PCDD/F emisyonları ile sonuçlanan nispeten düşük atık gaz sıcaklıklarına sahiptir. Emisyon kontrol önlemlerinin uygulanmasından önce, yüksek fırın ünitelerinde 2,3 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> ve 29,5 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> arasındaki PCDD/F seviyeleri ölçüldü. Soğuk üst gazlı bir yüksek fırında, karbon yakma katkılarının uygulanmasıyla, art arda yakma odasının akış aşağısında bulunan dioksin emisyonları  $<0,2$  ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'e düşürülmüştür [219, VDI 2007].

Eğer bromlu alev geciktiricili büyük miktarlarda elektronik hurda hammadresi olarak kullanılıyorsa, bu karışık halojenli dioksinlerin oluşmasına neden olabilir. Bakır yeniden eritme/rafinasyon durumunda, PCDD/F'nin oluşumu için, özellikle de kullanılan kesme sıvılarından klor ile kirlenmiş talaş malzemeleri ve hurda demir malzemeleri kullanıldığında koşullar bulunabilir.

### 3.2.5.5. Kükürt dioksit

Kükürt dioksitin en önemli kaynakları, sülfidik konsantreler kullanılarak birincil bakır üretiminin kavurma, eritme ve dönüştürme aşamalarıdır. Yayılı emisyonlar beklenmektedir, ancak çeşitli şekillerde toplanabilir [121, Rentz, O. ve ark.1999]. Kükürt dioksit ayrıca konsantre kurutma aşamasından (esas olarak brülörde kullanılan yakıttan) ve blister bakırının % 0,03-0,1 çözünmüş sülfür içerdiği birincil rafinasyon aşamalarından da açığa çıkabilir. Gazdaki konsantrasyon genellikle çok düşüktür ve gerektiğinde genellikle basit gaz yıkayıcı kullanılır.

Özel besleme malzemesi nedeniyle ayrı birimlerde matlaştırmak için kısmi kavurma ve kalsin eritme işlemlerini uygulamıyorsa, bakır konsantrelerinin kavrulması eritme ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilir. Eritme için kapalı fırınların kullanımı, sülfür dioksitin verimli bir şekilde toplanmasını sağlar. AB-28'deki tüm kirleticiler, yüksek bir kükürt dioksit konsantrasyonu üreten oksijen zenginleştirilmesi kullanılmaktadır. Bu nedenle, atık gazı hacimlerinin minimuma indirilmesine ve sülfürik asit tesislerini içeren gaz taşıma sistemlerinin boyut olarak küçültülmesine izin verir. Çok yüksek seviyede oksijen zenginleşmesi, asit tesisine geçen gazlardaki kükürt trioksit konsantrasyonunu artırabilir. Bu, fırından çıkan gazdaki artan kükürt trioksit miktarı, gaz yıkayıcılarda absorplanır ve işlem, diğer kullanımlar veya bertaraf için zayıf asit miktarını artırır. Gazları dönüştürmek için dört veya beş geçişli sülfürik asit tesisi kullanılır. Bazı durumlarda, düşük ( $<5\%$ ) bir sülfür dioksit içeriği varsa, tek temaslı tesisler kullanılır, aksi takdirde çift kontak/çift absorpsiyon tesisleri kullanılır [90, Traulsen, H. 1998]. Gerekirse, gazda bulunan kükürt dioksitin bir kısmından sıvı kükürt dioksit üretilir.

Düşük bir sülfür içeriğine ve yüksek organik karbon içeriğine sahip bakır konsantresi durumunda, eritme bir bacalı/yüksek fırında gerçekleştirilebilir. Bu gibi durumlarda, atık gazlar yerel bir santralde ek yakıt olarak yakılır. Santralden gelen baca gazları desülfürize edilir.

Mat dönüşüm aşaması ayrıca önemli bir sülfür dioksit konsantrasyonu üretir. Peirce-Smith veya benzer bir dönüştürücü tarzı gibi toplu beslemeli dönüştürücüler kullanıldığında iki potansiyel sorun vardır. Öncelikle, gaz toplama tamamen verimli değildir ve aynı açıklamalar Bölüm 3.2.2.3.2'de belirtilenlerle aynıdır. İkincisi, gazlardaki sülfür dioksit konsantrasyonu, dönüşüm aşamasına bağlı olarak önemli ölçüde değişir ve bu varyasyonu dikkate almak üzere özel olarak tasarlanmadıkça kükürtdioksit giderme sistemleri ile ilgili sorunlara neden olabilir. Bu gazlar, sülfürik asit tesisinin ototermal çalışmasını sürdürmek için birincil akışkan tarafından üretilen sabit, daha konsantre gazlarla karıştırılır. Atık gazları birleştiren aşamalı bir ardışık çalışmada birkaç dönüştürücünün kullanılması da bu etkiyi azaltabilir. Mitsubishi süreci ve Kennecott-Outotec ışıltılı izabe/ışıltılı dönüştürme işlemi gibi sürekli işlemler yüksek ve sabit bir sülfür dioksit konsantrasyonunu korur ve keçe transferlerine ihtiyaç duymaz [ 66, George, D.B. et al.

1995 ], [ 72, Shibasaki, T. et al. 1993 ]. Üretilen gaz hacimleri sonuç olarak daha düşüktür. Bu, atık gazda sülfür dioksitin yoğunluğunun daha yüksek olduğu anlamına gelir, ancak en azından gazın işlenmesi, temizlenmesi ve soğutulması sırasında kütle çok daha küçüktür. Kontak tesisindeki SO<sub>2</sub> ile O<sub>2</sub> oranı ayarlanmalı ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonu maksimum tolere edilebilir konsantrasyona kadar seyreltilmelidir.

Isı geri kazanımı ve gazların temizlenmesinden sonra, gazın içindeki izabe aşamalarından çıkan kükürt dioksit kükürt trioksite (SO<sub>3</sub>) dönüştürülür. Avrupa bakır endüstrisindeki sülfürik asit bitkileri, % 99,5'den % 99,9'una (başlangıç hariç) kadar olan bir raporlama verimliliğine sahiptir. [ 90, Traulsen, H. 1998 ]. Çok az miktarda SO<sub>3</sub> emilmez ve kalıntı SO<sub>2</sub> ile birlikte yayılır [121, Rentz, O. ve ark.1999]. Başlatma ve kapatma sırasında zayıf gazların yayıldığı durumlar olabilir. Bu olayların bireysel kuruluşlar için tanımlanması gerekmektedir ve birçok tesis bu emisyonları azaltmak için proses kontrol ekipmanında önemli gelişmeler sağlamıştır. Asit tesisi gazları için kullanılan bacanın yüksekliği, genellikle yerel etkiyi azaltmak için bu faktörleri dikkate alır.

Sülfür dioksit ayrıca, ikincil ergitme ve dönüştürme aşamaları sırasında üretilen gazlarda ve yakıt veya hammaddelerin kükürt muhtevasına bağlı olarak ateş ile rafinasyonunda da bulunabilir. Bazı durumlarda, SO<sub>2</sub>'yi uzaklaştırmak için gaz yıkayıcılar (kuru, yarı-kuru veya ıslak) kullanılır ve bir durumda bir elektrikli fırından (ve bir Cu/Pb dönüştürücü) gelen gazlar, belirli ham maddeler mevcut olduğunda bir birincil bakır eritme sülfürik asit tesisine yönlendirilir.

Bir azaltma sisteminden sonra SO<sub>2</sub> emisyonları sürekli olarak yıllık ortalama olarak 70–500 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Sorbalit enjeksiyonu ile bir torba filtre kullanarak, Beerse'deki (Belçika) Metallo-Chimique bitkisi, 0 mg/Nm<sup>3</sup> ile 1471 mg/Nm<sup>3</sup> arasında sudaki SO<sub>2</sub> emisyonlarını ve konvertörden 0 mg/Nm<sup>3</sup> ile 2765 mg/Nm<sup>3</sup> arasındaki SO<sub>2</sub> emisyonları saatlik ortalama olarak ölçmüştür.

### 3.2.5.6. Yayılı Emisyonlar

Pirometalurjik tesislerde, hem dolum hem de kılavuz çekme işlemleri sırasında ve aynı zamanda erimiş ürünlerin veya ara maddelerin bir işlemde diğerine aktarılması sırasında yayılı emisyonlar meydana gelebilir. Bu bağlamda, çeşitli metal, cüruf ya da mat fraksiyonların hakim sıcaklıklarının, düşük kaynama noktalı ek metallerin (örneğin, Zn, Pb ve Sn) buharlaşma noktalarının üstünde olması özellikle önemlidir ve bunların oksitleri, böylece ikincisinin, atık gazı arıtma sistemi tarafından kanallı edilebilir ve muamele edilen fırın gazı içinde birikmesi sağlanır. Mümkün olduğu kadarıyla, kaynaktan ikincil davlumbazlar aracılığıyla yayılı emisyonlar alınmalı ve çıkan atık gazlar gaz temizleme sistemine yönlendirilmelidir.

İkincil izabe fırını ile ikincil davlumbaz dışı gazların düşük toz yükleri, bazen, bu atık gaz akışının temizleme işleminden önce fırın atık gazı ile birleştirilmesi avantajlıdır, çünkü bu, toplam atık gaz akışının filtrasyon özelliklerini geliştirebilir. Aktarım sırasında tozun yeniden askıya alınması ve özellikle transfer veya dökme işlemleri sırasında erimiş malzemelerin taşınması nedeniyle daha fazla yayılı emisyonlar meydana gelebilir. Ayrıca, ikincil hammaddelerin işlenmesi ve ön işlem sırasında (örneğin, boyut küçültme, parçalama, peletleme) toz emisyonları oluşur. İkincil bakır izabe fırınındaki emisyonlar, toplam emisyonların yaklaşık %70'ini oluşturan yayılı toz emisyonları tarafından yönetilebilir. [234, UBA (D) 2007].

### 3.2.5.7. Azot oksitler

Bakır için üretim aşamaları genellikle yüksek sıcaklıklara dayanır, ancak aynı zamanda oksijen kullanımı ile ilişkilidir. Bu, alevdeki azotun kısmi basıncını azaltır ve çok sıcak bölgelerde çok miktarda azot bulunmaması koşuluyla azot oksit oluşumunu azaltır. İkincil bakır için azot oksit emisyonları için tipik seviyelerin, fırına ve işletme tipine bağlı olarak 50-500 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında olduğu bildirilmiştir. NO<sub>x</sub> için, yüksek verimli işlemlerin (ör. Contimelt) kullanımı, enerji kullanımı ile elde edilen değer arasında yerel olarak kurulacak bir dengeyi gerektirir.

Birincil işlemlerden gelen nitrojen oksitler esas olarak üretilen sülfürik asitte emilir [130, Eurometaux 1998], (ayrıca bkz. Tablo 2.17).

**3.2.5.8. Hava emisyonlarının özeti**

Emisyonlar Tablo 3.14, Tablo 3.15 ve Tablo 3.16'da özetlenmiştir.

**Tablo 3.14: Bazı birincil ve ikincil proseslerden kaynaklanan özel hava emisyonları**

İşlem Tipi	Toz (üretilen g/t)	Kükürt dioksit (üretilen g/t)	Cu (eretlen g/t)	Pb (üretilen g/t)	As (üretilen g/t)
Birincil Cu	130–800	6000–18 000	25–130	6–45	2–27
İkincil Cu	100–1000	500–3500	8–100	10–60	0,5–5
Yarı imalat eritme atölyesi	21	NA	4	NA	0,15
Filmaşın Üretimi	10	NA	4	NA	0,05

NB: NA =Uygulanamaz.  
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]

Tablo 3.15: Bazı ikincil eritme ve yeniden eritme/rafınasyon işlemlerinden elde edilen elde edilebilir emisyonlar (yarı mamul ile)

Parametre	CO	Toz	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>x</sub>	HCl	HF	Pb	Zn	Cu	O <sub>2</sub>	Sn	V	As	Hg	Ni	Cd	Sıcaklık	Organik C	PCDD/PCDF	
Birimler	mg/Nm <sup>3</sup>													%	mg/Nm <sup>3</sup>				°C	mg/Nm <sup>3</sup>	ng I-TEQ			
Baca fırını	< 0,1	0,5	0,53	0,39	45	0,2	< 0,1	NA	NA	NA	0,01 2	0,009	0,008	12	NA	NA	0,00 1	0,00 6	0,00 1	0,00 01	199	1,2	0,3	
Konverter fırını	NA	0,75	NA	NA	7,3	NA	11,3	4,7	NA	NA	0,09 7	0,126	0,033 4	17,8	NA	NA	0,00 12	0,00 2 8	0,00 33	0,00 06	30	1,4	NA	
Anot fırını	NA	2,3	1,5	1,02	179	24,5	NA	24,5	7,17	3,9	0,36	0,636	0,507	17,5	0,337	<0,0005	NA	0,17	NA	0,00 01	98	3,4	NA	
Hurda üretim birimi	NA	< 0,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Asarco fırını	NA	0,5	0,25	0,25	21	17	NA	17	2,62	NA	NA	NA	0,009 8	17,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	112	9,34	0,202
Talaşların ısıtılması	NA	5	NA	NA	200	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	0,1	
Elektrik ısıtmalı fırın	NA	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	0,1	
Döner tambur fırın	NA	5	NA	NA	300	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50	0,1	
Baca fırını (Asarco)	NA	0,5-5	NA	NA	21-300	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9-50	0,2-0,4	
Frezeleme (Tesis B)	NA	< 10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	< 50	NA	

NB: NA = Mevcut değil.

Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 249, Austria, Brixlegg 2007 ]



Tablo 3.16: İkincil bakır üretiminde konvertörlerden emisyonlar ve işletme verileri

Çalışma parametresi	Birim	Tipik değer veya aralık	
		Hurda çevirici	Mat çevirici
Parti başına dönüştürücü bakır verimi	t	8–25	30–300
Günlük parti sayısı		4–6	2–3
Parti süresi	h	4–6	5–8
Üfleme süresi/parti	h	2–3,5	4–7
<b>Ham gaz (ikincil davlumbazatik gaz salınımı dahil)</b>			
Hacimsel atık gaz salınım akışı	m <sup>3</sup> /h	80 000–150 000	80 000–150 000
Toz içeriği	mg/m <sup>3</sup>	10 000–30 000	10 000–30 000
<b>Ana toz bileşenleri (çalışma moduna bağlı olarak)</b>			
Zn	%	25–70	1–10
Sn	%	1–20	1–5
Pb	%	5–30	30–55
<b>Temiz gaz (ikincil davlumbaz atık gaz salınımı dahil)</b>			
Toz içeriği <sup>(1)</sup>	mg/m <sup>3</sup>	1–5	NA <sup>(2)</sup>
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	200–500 <sup>(3)</sup>	NA <sup>(2)</sup>
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> olarak ifade edilir)	mg/m <sup>3</sup>	20–30	NA <sup>(2)</sup>
Baca çıkışı salınan atık gaz sıcaklığı	°C	80–90	NA <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> Toz bileşenleri için bkz. 3.10.			
<sup>(2)</sup> Mat dönüştürücü atık gazları sülfürik asit üretimi için kontak proses ünitesine yönlendirilir.			
<sup>(3)</sup> Sürekli izleme: günlük ortalama değer < 500 mg/m <sup>3</sup> ; yarım saatlik maks. ortalama değer < 1500 mg/m <sup>3</sup> .			
NB: NA = Uygulanamaz.			
Kaynak: [ 206, Traulsen, H. 1999 ], [ 234, UBA (D) 2007 ]			

### 3.2.6. Suya verilen emisyonlar

Pirometalurjik süreçler önemli miktarlarda soğutma suyu kullanır (soğutma sistemleri Bölüm 2'de ve Endüstriyel Soğutma Sistemlerinde ayrı bir yatay BREF'de kaplanır [342, COM 2001]). Askıda katı maddeler, metal bileşikler ve yağlar bu kaynaklardan suya yayılabilir. Tüm atık su, çözülmüş metalleri ve katıları uzaklaştırmak için işlenir. Bazı tesislerde, soğutma suyu ve yağmur suyu içeren arıtılmış atık sular, prosesler içinde yeniden kullanılır veya geri dönüştürülür, ancak tüm kaynaklar gerektiği gibi ayrı ayrı ele alınmalıdır [206, Traulsen, H.1999], [234, UBA (D) 2007]. Potansiyel emisyonların suya olan potansiyel kaynakları ve ilgisi Tablo 3.17'de gösterilmiş ve bu bölümde daha sonra tartışılmıştır [219, VDI 2007]

Tablo 3.17: Bakır üretim süreçlerinden potansiyel su emisyonlarının önemi

Emisyon kaynağı	Askıdaki katı maddeler	Metal bileşikler	Yağ
Yüzey drenajı	•••	••	•••
Doğrudan soğutma için soğutma suyu	•••	•••	•
Dolaylı soğutma için soğutma suyu	•	•	NR
Granülasyon suyu	•••	••	NR
Özütleme (kapalı hat değilse)	•••	•••	•
Asitleme	••	•••	•••
Tank house (kapalı hat değilse)	NR	•••	NR
Gaz yıkama sistemleri	•••	•••	NR
NB: ••• Daha önemli – • Daha az önemli. NR = İlgili değil. Open leaching circuits and open circuits in tank houses are not used in the EU-28.			

Metallerin sudaki ekotoksikolojisi Ek 13.2.2'de ele alınmış ve bunların etkilerini belirlemeye yönelik bir metodoloji, MERAG raporunda [301, MERAG 2007] verilmiştir.

**3.2.6.1. Askıda katı maddeler ve metal bileşikler**

Bunlar sürecin çeşitli aşamalarından yayılabilir, en önemlisi atık sular ve dekapaj işlemlerinden gelen durulamalardır. Hammadde toplama ve depolama alanlarındaki emisyonlarla ilgili teknikler Bölüm 2'de ele alınmıştır ve bu tekniklerin uygulanması, bu emisyonları önlemek veya en aza indirmek için kullanılır. Yüzey suyu ya yağmurdan ya da toz oluşumunu önlemek için depolanmış malzemenin ıslanmasından kaynaklanabilir.

Askıda katı madde ve metal bileşiklerinin potansiyel kaynakları soğutma, granüle edici ve özütleme sistemleridir. Genel olarak, bu sistemler ya sızdırmazdır ve su yeniden dolaştırılır ya da temassızdır.

Yıkama suyu, atık elektrolit ve süreç atıkları da depo evler ve dekapaj hatlarında ve gaz yıkayıcılarda üretilmektedir. Bu atık sular, çözelti içinde önemli miktarlarda metal bileşikleri içerir ve suya deşarj edilmeden önce sızdırmaz hale getirilmiş soğutma ve granülleştirme sistemleriyle tahliye edilir [ 27, M. Barry et al. 1993 ]. Boru tesisatı ve depolama tankları için sistem sızıntısı oluşabilir bu yüzden özellikle tesis dışındaki boru hatları ve toplama sistemi olmayan alanlarda izleme düzenlemeleri gereklidir. Atık su arıtma işlemleri Bölüm 2'de tanımlanmıştır ve kullanılan yöntemler mevcut atıklara, arıtılmış suyun hedefine ve yerel çevresel kaliteye bağlıdır.

Bazı tesisler kapsamlı su devridaim sistemleri kullandığından, deşarj edilen su miktarı da önemli bir konudur. Bir bakır izabe fırını tahliye hacminin 3000 m<sup>3</sup>/d olduğunu, buna karşılık aynı devridaim dolaşmayan benzer tesislerin 100 000 m<sup>3</sup>/d' den fazla deşarj hacmi olduğunu bildirilmiştir. Kirlenici maddelerin kütle emisyonu bu nedenle kullanılması gereken faktördür [ 234, UBA (D) 2007 ].

Atık su emisyonları Tablo 3.18, Tablo 3.19, Tablo 3.20 ve Tablo 3.21'de özetlenmiştir.

**Tablo 3.18: Birincil bakır izabe fırınından arıtılmamış atık sudaki ana bileşenlerin yıllık konsantrasyonları**

Kaynak	Proses öncesi ana bileşenler (mg/l)					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
İşlem suyu	2000	500	10 000	1000	500	1000
Çökeltim suyu <sup>(1)</sup>	15–30	< 5	< 2	< 2	< 0,5	1–10
Doğrudan soğutma suyu	< 3	< 0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,05	< 0,5

<sup>(1)</sup> Çökeltim atığının analizinden hesaplanmış ve otoriteler tarafından erişilebilir olan emisyon değerlerine dayanmaktadır.  
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]



**Tablo 3.19: İşlemden sonra çeşitli atık sulardaki metal içeriği örneği**

	Debi (m <sup>3</sup> /yıl)	Ana bileşenler (mg/l)					
		Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Proses suyu	180 000	0,01–0,2	0,001–0,04	0,01–0,1	0,004–0,15	0,0001–0,1	0,01–0,2
Yüzeysel akış	700 000	0,01–0,4	0,005–0,2	0,003–0,07	0,002–0,4	0,0002–0,1	0,03–0,4
Doğrudan soğutma suyu	11300 000	0,01–0,25	0,001–0,1	0,001–0,1	0,002–0,06	0,0001–0,003	0,02–0,5
Soğutma suyu (toplam)	650 00 000	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NB: Tablo, denize yakın bir nehir üzerinde yer alan toplam 370 000 ton Cu katodu üreten birleşik bir birincil/ikincil bakır eritme/rafineri kompleksini ifade etmektedir. Metal konsantrasyonları (mg/l) yıllık ortalamalar olarak verilmiştir. NR = Rapor edilmemiş.  
Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Yukarıda Tablo 3.19'da belirtilen örnekte, esas olarak hammaddenin arsenik içeriğine bağlı olarak %5 ila %20 arasında ve demir içeriği, % 25 ila % 45 arasında değişen m<sup>3</sup> atık su başına 20–50 kg çamur ortaya çıkmaktadır,

**Tablo 3.20: İki kompleks birincil bakır tesislerinden deşarj edilen atık suların genel kirlilik oranı**

Ana Bileşenler Toplam kirliletiçi oranı (g/t)	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Tablo 3.19'da yukarıda sözü edilen bir Cu katot üreten tesis	1–2,3	0,03–0,3	0,05–0,23	0,1–0,2	0,02–0,05	0,16–0,8
Atık suyunun yüzey suyunun tarihlere göre kirlenmiş alanlardan arındırılması	5–10	0,3–1,0	2,5–5,0	5–10	0,1–0,3	2–5

Kaynak: [ 238, ECI 2012 ]

**Tablo 3.21: Bir bakır yarı üretim tesisinden suya deşarj edilen yıllık yükler**

Madde	Değer (kg/yıl)
Cu	11
Ni	3
Zn	25
Pb	1
Cr	1
As	0,01
Cd	0,01
Hg	0,01
Sn	1

NB: Atık deşarjı 35 000 m<sup>3</sup>/yıl  
Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Çamurlar tüm süreçlerde üretilir ve genellikle kontrollü imha için gönderilir. Bazı durumlarda, metalik fraksiyonu geri kazanmak için izabe fırınına geri döndürülürler.

### 3.2.6.2. Yağ

Yağ ikincil hammaddelerde bulunabilir ve depolama alanlarında yıkanabilir. Depolama için kullanılan teknikler Bölüm 2.12.4.1'de ele alınmıştır. Waxlar ve yağlar, çubukların ve diğer profillerin üretimi ile ilgili kaplama ve çekme işlemlerinde kullanılır ve bunların varlığı, suyun kirlenmesini önlemek için onların varlığı göz önünde bulundurulur.

### 3.2.7. Proses Kalıntıları

Bakır üretimi sırasında üretilen bazı ara ürünler, 2008/98/EC sayılı direktif uyarınca tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, bu malzemelerin çoğu, geri kazanılabilir miktarlarda bakır ve diğer demir dışı metalleri içerir ve bu nedenle kendi başlarına hammadde olarak kullanılırlar. Karakteristik özellikleri ve kullanımına bağlı olarak, bazı bakır kalıntıları, REACH C1'e göre nihai cüruf gibi yan ürünler olarak düşünülebilir. Tüm kaynaklardan gelen baca tozları, kullanım sırasında toz oluşumunu önlemek için izabe işleminde de tekrar kullanılabilir. Bunlar genellikle özel olarak tasarlanmış sistemlerde dikkatle ele alınır veya ileri işleme gereksinimleri için önceden işleme tabi tutulur [219, VDI 2007]. Bazı fırın kaplamaları da bir boşaltma deliği kütlesi olarak veya işlemden kullanılabilir ve cürufta birleştirilebilir. Diğer durumlarda kaplamalar imha edilir. Bazı kalıntıların kaynakları ve potansiyel kullanımları Tablo 3.22, Tablo 3.23 ve Tablo 3.24'te verilmiştir.

**Tablo 3.22: Bakır üretimi kalıntıları**

İşlem kaynağı	Kalıntı	Son kullanım
Azaltma sistemi	Toz filtresi Civa bileşenleri Atık katalizörler ve asit Sülfürik asit ve tortuları Zayıf asit	Cu için hammadde (izabe fırınına geri dönen) Satmak için alçıtaşı İzabe fırını için kalsiyum kaynağı Pb, Zn ve diğer metaller Kimya endüstrisi Nötrleştirme Diğer kullanımlar, örneğin özütleme ayırışması SO <sub>2</sub> için
İzabe Fırını	Cüruf Fırın kaplamaları	Cüruf fırınına veya başka bir ayırışmaya İç geri dönüşüm Kurtarma veya imha etme
Dönüştürücü	Cüruf	İzabe fırınına- iç geri dönüşümüne
Cüruf fırını	Cüruf	Aşındırıcı, yapı malzemesi
Rafinasyon (anot) fırını	Cüruf	İzabe fırınına- iç geri dönüşümüne
Depo evi	Elektrolit sızması	Ni tuzları veya metal, Cu geri kazanımı, asit geri kazanımı
	Atık anotlar	Diğer iç geri dönüşüm: dönüştürücü (soğutma) veya anot fırını
	Anot tortusu	Değerli metalleri geri dönüştürme
Ergitme/İzabe	Pota cürufu ve cüruf	Metal geri dönüşümü için hammadde
Cüruf yüzdürme	Cüruf	Çimento üretiminde dolgu maddesi
Atık şu işlemleri	Temiz alçı	İzabe fırınında kalsiyum kaynağı olarak yeniden kullanılır.
Genel	Yağlar	Yağ geri dönüşümü
Hidrometalurji	Tükenmiş elektrolit	Özütleme
Yarı üretim	Asit kaldırma çözeltileri ve temizleme	Demir dışı metallerin düşük olması veya metal geri kazanımı için satılması durumunda atık olarak imha edilmesi

Çubuk üretimi	Asit kaldırma çözeltileri (uygulandıysa) Ölçek	Ayrı elektrolitik hücrede iyileşme Bakır geri telafisi
Kaynak: [ 130, Eurometaux 1998 ]		

Tablo 3.23: Almanya'da birincil ve ikincil izabe işlemlerinden elde edilen kalıntılar

Üretim adımları	Kalıntı	Miktar (t/yıl)	Kullanım veya işlem seçeneği
<b>Birincil izabe ve elektroliz tesisi (460 000 ton anot/yıl)</b>			
Flaş izabe ocağı	Toz	100 000	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
	Cüruf	700 000	Elektrikli fırında daha fazla işlem
Elektrikli fırın (cüruf temizleme)	Toz	400	Zn/Pb üretimi için harici kullanım
	Cüruf	700 000	Yapı malzemesi olarak harici kullanım
Bakır dönüştürücü	Toz	4000	Ani izabe fırınına veya elektrikli fırına iç geri dönüşümü (ikincil tesis)
	Cüruf	160 000	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
Anot fırını	Toz	200	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
	Cüruf	20 000	Bakır dönüştürücüde dahili kullanım
Elektroliz	Anot çamuru	3000	Değerli metallerin kazanımı ve Se, Te, Pb
Sülfürik asit tesisi	Sülfürik asit	1 000 000	Satış için yan ürün
	Son banyo	70 000	Nikel sülfat üretimi için kimyasal tesiste dahili kullanım, As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>İkincil eritme ve elektroliz tesisi</b>			
Elektrikli fırın atık gazı arıtma	Toz	10 000	Zn kazanımı satış için yan ürün
	Cüruf	60 000	Yapı malzemesi olarak harici kullanım
Dönüştürücü	Toz	400	Elektrikli fırında iç kullanım
	Cüruf	15 000	Elektrikli fırında iç kullanım
Contimelt işlemi	Toz	1000	Aniz izabe/elektrikli fırında dahili kullanım
	Cüruf	2000	Bakır dönüştürücüde dahili kullanım
Hurda dönüştürücü/TLA tesisi	Toz	1000	TLA tesisinde daha ileri işleme
	Cüruf	2000	Elektrikli fırında iç kullanım
Atık su arıtma tesisi işlemi	Tortu	2000	Tehlikeli atık olarak imha etme
Genel	Ev çöpü	500	
<b>İkincil izabe ve elektroliz tesisi</b>			
KRS, atık gazı arıtması	Demir silikat cüruf	120-200	Bertaraf sahasında yapı malzemesi
	KRS oksit	20-40	Satış
Karışık teneke fırın	Karışık teneke	50	Satış
Elektroliz	Anot çamuru	13	Satış
	Nikel sülfat	20	Satış
Atık su arıtma	Çöktürülmüş çamur	NA	Tehlikeli atık olarak imha etme
Bütün adımlar	Anot kalıntıları	NA	İç sirkülasyon
NB: NA = Uygulanamaz . TLA = Kalay-kurşun alaşımı. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]			

**Tablo 3.24: Bazı yeniden eritme/rafinasyon işlemlerinden elde edilen kalıntılar (yarı mamul ile)**

Üretim adımı	Kalıntı	Miktar (kg/t bakır üretimi)	Kullanım veya işlem seçeneği
<b>Remelting/rafinasyonu (yarı imalat ile)</b>			
Mil fırını	Cüruf	NA	NA
	Baca tozu	0,7-1	İkincil bakır üretimine
	Refrakter kaplama	0,5-1,5	Kontrollü imha
	Çamur	2-4	Kontrollü imha
	Hurda üretimi	39	İç sirkülasyon
İndüksiyon fırını	Cüruf	8-15	İç sirkülasyon
	Baca tozu	4-7	İkincil bakır üretimine
	Refrakter kaplama	2	Metallerin geri kazanımı
	Bakır kalıp	NA	NA
	Grafit kalıp	< 0,01	Grafitin geri kazanımı
NB: NA = Uygulanamaz Kaynak: [ 206, Traulsen, H. 1999 ]			

İmhası için atılan atıklar asgari düzeyde tutulur ve esas olarak bu süreçte işlemden geçirilip gönderilmek üzere, sülfürik asit tesislerinden elde edilen asit incelticilerden ya da fırın kaplamalarından meydana gelirler. Bazı durumlarda, izabe veya konvertör cürufunun yüzdürme ile işlenmesinden kaynaklanan atık maddeler de ortaya çıkar. Bu kalıntılar yakın bir yerde, yerinde veya maden sahasında imha edilir. Diğer atıklar ya evsel ya da tahrip edici atıklardır.

Tablo 3.25 ve Tablo 3.26, işlem kalıntılarının potansiyel kullanımını göstermektedir. Kalıntıların çoğu, diğer metallerin üretimi için hammadde olarak kullanılır veya bakır üretim hattı içinde geri dönüştürülür [206, Traulsen, H. 1999].

**Tablo 3.25: Karmaşık birincil ve ikincil tesisler tarafından üretilen kalıntı miktarları ve potansiyel kullanımları**

İşlem birimi	Kalıntı	Miktar (t/yr)	Kullanım/işlem seçeneği
<b>Birincil tesis: Yıllık katot üretimi: birincil bakır 220 000 t/yıl</b>			
Flash izabe ocağı	Toz	100 000	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
	Cüruf	400 000	Elektrikli fırında daha ileri işlem
Elektrik ocağı	Toz	400	Zn/Pb üretimi için harici kullanım
	Cüruf	400 000	Yapı malzemesi olarak harici kullanım
Bakır dönüştürücü	Toz	4000	Ani izabe fırınına veya elektrikli fırına dahili geri dönüşümü (Tesis)
	Cüruf	150 000	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
Anot ocağı	Toz	200	Ani izabe fırını içinde dahili kullanım
	Cüruf	20 000	Bakır dönüştürücüde dahili kullanım
Sülfürik asit tesisi	Sülfürik asit	656 000	Satış için yan ürün
<b>İkincil tesis: Yıllık katot üretimi: İkincil bakır 150 000 t/yıl</b>			
Elektrik ocağı	Toz	10 000	Zn geri kazanımını satmak için yan ürün
	Cüruf	40 000	Yapı malzemesi olarak harici kullanım
Dönüştürücü	Toz	400	Elektrikli fırında iç kullanım
	Cüruf	10 000	Elektrikli fırında iç kullanım
Contimelt süreci	Toz	1000	Ani izabe fırını/elektrikli fırında dahili kullanım
	Cüruf	2000	Bakır dönüştürücüde dahili kullanım
Hurda dönüştürücü/TLA	Toz	1000	TLA tesisinde ileri işlem
	Cüruf	2000	Elektrikli fırında iç kullanım
<b>Diğerleri</b>			
Elektroliz	Anot balçık (ıslak ağırlık)	3000	Değerli metallerin geri kazanımı için kimyasal tesisinde dahili kullanım ve Se, Te, Pb
	Son banyo	35 000 m <sup>3</sup>	Nikel sülfat, As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> üretimi için kimyasal tesiste dahili kullanım
Atık su arıtma tesisi işlemleri	Çamur (ıslak ağırlık)	1500	Tehlikeli atık olarak imha etme
Genel	Ev çöpü	400	NA
NB: NA = Uygulanamaz. TLA = Kalay-kurşun alaşımı. Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]			

**Tablo 3.26: Potansiyel kullanımlar ve ikincil tesis tarafından üretilen kalıntı miktarının örnekleri**

İşlem birimi	Kalıntı	Miktar (t/yıl)	Kullanım/işlem seçeneği
Yüksek fırın	Cüruf	30 000–35 000	Yapı malzemesi olarak satılan
	Son yanma odasından gelen oksit, kazan ve soğutucu	700–800	Yüksek fırında iç kullanım
	Oksit filtrelemesi	1000–1300	Zn, Pb, vb kurtarmak için harici kullanım.
Dönüştürücü	Cüruf	17 000–19 000	Yüksek fırında iç kullanım
	Son yanma odasından gelen oksit	250–300	Yüksek fırında iç kullanım
	Soğutucudan gelen oksit	100	Yüksek fırında iç kullanım
	Kalıntılar	300	Yüksek fırında iç kullanım
	Oksid filtrelemesi	3500–3700	Zn, Pb, vb kurtarmak için harici
Anot ocağı	Anot bakır kalıntıları	7000–8000	Yüksek fırında iç kullanım
	Oksid filtrelemesi	150	Yüksek fırında iç kullanım
	Ocak kalıntıları	200	Yüksek fırında iç kullanım
Elektroliz	Anot tortusu	360	Harici kullanım
	Nikel sülfat	700	Harici kullanım
Genel	Ev çöpi	NA	NA

NB: Yıllık üretim 60 000 t/yıl katot.  
NA = Uygulanamaz.  
Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Cüruflar değişen miktarlarda bakır içerir ve çoğu metal içeriği geri kazanmak için yeniden kullanılabilir veya işlenir. Cüruf işlemleri genellikle atıl bir cüruf üretmek için termal bir işlemde gerçekleştirilir. Cüruf temizleme işleminden önce bazı bakır izabe cüruflarının bileşimi Tablo 3.27'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.27: Cüruf temizleme işleminden önce bazı bakır izabe cüruflarının bileşimi**

Bileşim	Flaş fırın	Peirce-Smith dönüştürücüsü	Elektrikli fırının cüruf temizlemesinden sonra birleşmiş cüruf
			(% ağırlık)
Bakır	1–2,5	3–5	0,3–0,8
Demir(toplam)	38–45	40–45	40–43
Silika	30–33	25	28–32
Manyetit	4–18	25	< 2

Kaynak: [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Cüruf arıtma prosesleri ile üretilen cürufların birçoğu, çok düşük seviyelerde özütlenmiş metaller içerir ve stabildir. Aşındırıcılar için sıklıkla ürün olarak satılmaktadır ve bazen rakip doğal minerallerinkinden üstün olan mükemmel mekanik özelliklere sahiptirler [206, Traulsen, H. 1999]. Süreç içinde çeşitli kaynaklardan gelen yağlar geri kazanılabilir.

### 3.2.8. Bazı bakır üretim süreçlerinden işletim verileri

Bazı bakır işlemleri için işletme verileri Tablo 3.28'den Tablo 3.37'ye verilmiştir.

**Tablo 3.28: Bakır elektrolitik rafinasyon ünitesi için çalışma verileri**

İşletme Parametresi	Birim	Örnek değer veya aralık
Toplam güç tüketimi	kWh/t bakır katod	360–380
Akım yoğunluğu	A/m <sup>2</sup>	320–350
Anot tortu verimi	kg/t bakır katod	5–12
Elektrolit sıcaklığı	°C	60–68
Ürün	%	> 95
Hurda Anot	%	10–12
<b>Elektrolit bileşimi</b>		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g/l	150–200
Cu	g/l	40–50
Ni	g/l	16–22
As	g/l	5–12
NB: Kalıcı katot plaka sistemi. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

**Tablo 3.29: Elektrikli fırın için çalışma verileri**

İşletme Parametresi	Birim	Örnek değer veya aralık
Anma elektrik gücü	MWh	13.5
Kok tüketimi	kg/t burden	25–60
İzabe kapasitesi	t/h	10–25
<b>Ham gaz (fırın)</b>		
Hacimsel atık gaz akışı	m <sup>3</sup> /h	15 000
Toz oranı	mg/m <sup>3</sup>	Yaklaşık 30 000
<b>Ana toz bileşenleri (ortalama değerler)</b>		
Cu	% ağırlık	0.3–6
Pb	% ağırlık	15–50
Zn	% ağırlık	10–50
Sn	% ağırlık	1–4
Sodyum içeriği > 500 mg/m <sup>3</sup> olan atık gazlar, toz toplama işleminden sonra ıslak gaz yıkama işlemine tabi tutulur ve sülfürik asit üretim ünitesine yönlendirilir.		
<b>Ham gaz (ikincil davlumbaz)</b>		
Hacimsel atık gaz akışı	m <sup>3</sup> /h	150 000
Toz oranı	mg/m <sup>3</sup>	< 5000
<b>Ana toz bileşenleri ortalama değerler anlamına gelir)</b>		
Cu	% ağırlık	Yaklaşık 8
Pb	% ağırlık	Yaklaşık 27
Zn	% ağırlık	Yaklaşık 8
As	% ağırlık	Yaklaşık 1
Cd	% ağırlık	Yaklaşık 1
<b>Temiz gaz</b>		
Toz oranı	mg/m <sup>3</sup>	1–5
SO <sub>2</sub> oranı	mg/m <sup>3</sup>	< 500 <sup>(1)</sup>
Filtrenin aşağısındaki atık gaz sıcaklığı	°C	< 85
<sup>(1)</sup> Sürekli izleme: günlük ortalama <500 mg/m <sup>3</sup> ; mak. yarım saatlik ortalama <1500 mg/m <sup>3</sup> . Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.30: KRS fırınının işletme verileri

İşletme Parametresi		Birim	Örnek değer veya aralık
Demir dahil tüm yük		t/h	25–50
Yakıt tüketimi (fuel oil)		kg/t burden	50–70
Katkı tüketimini azaltma (ör. Kok)		kg/t burden	Yaklaşık 10
Verim	Demir silikat cüruf	kg/t burden	300–500
	Dönüştürücü cüruf	kg/t burden	150–200
	Dönüştürücü bakır	kg/t burden	200–300
	KRS oksit (toz filtreli)	kg/t burden	50–100
Hacimsel atık gaz akışı (ikincil davlumbazlar içeren fırın)		m <sup>3</sup> /s	300 000
Ham gaz tozu içeriği		mg/m <sup>3</sup>	5000–10 000
Özgül ısı geri kazanım oranı		t buhar GJ/t yükü	0,6 (1,7)–0,7 (2,0)
<b>Ana filtre toz bileşenleri (çalışma moduna bağlı olarak)</b>			
Cu		% ağırlık	3–6
Pb		% ağırlık	15–20
Zn		% ağırlık	35–50
Sn		% ağırlık	2–4
<b>Temiz gaz</b>			
Toz içeriği		mg/m <sup>3</sup>	1–5
SO <sub>2</sub>		mg/m <sup>3</sup>	50–500 <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> olarak ifade edilir)		mg/m <sup>3</sup>	10–100
Baca çıkışında atık gaz sıcaklığı		°C	80–90
<sup>(1)</sup> Sürekli izleme: günlük ortalama <500 mg/m <sup>3</sup> ; mak. yarım saatlik ortalama <1500 mg/m <sup>3</sup> . Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]			

Tablo 3.31: Anot reverber fırın için işletim verileri

İşletme Parametresi		Birim	Örnek değer veya aralık
Seri başına anot bakır verimi		t	300–600
Günlük seri sayısı			Yaklaşık 1
Seri süresi		h	22–27
Yakıt tüketimi (fuel oil)		kg/t Cu	60–80
Katkı tüketimini azaltma	Kutup gazı	kg/t Cu	Yaklaşık 10
	Kutup ahşap	kg/t Cu	Yaklaşık 20
<b>Ham gaz (ikincil davlumbaz dışı atık gaz dahil)</b>			
Hacimsel çıkış gaz akışı		m <sup>3</sup> /s	100 000–150 000
Toz içeriği		mg/ m <sup>3</sup>	Yaklaşık 1000
Özgül ısı geri kazanım oranı		t steam GJ/t burden	0,5 (1,4)
<b>Ana toz bileşenleri</b>			
CaO (atık gaz işleminden)		% ağırlık	30–50
Cu		% ağırlık	15–25
Zn		% ağırlık	5–10
Sn		% ağırlık	1 - 3
Pb		% ağırlık	5 - 15
As		% ağırlık	0,5–5 <sup>(1)</sup>
<b>Temiz gaz (ikincil davlumbaz dışı gaz dahil)</b>			
Toz içeriği		mg/m <sup>3</sup>	1–5
SO <sub>2</sub>		mg/m <sup>3</sup>	150–500 <sup>(2)</sup>
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> olarak ifade edilir)		mg/m <sup>3</sup>	100–350
Baca çıkışında atık gaz sıcaklığı		°C	Yaklaşık 100
<sup>(1)</sup> Giriş malzemesine bağlı olarak. <sup>(2)</sup> Sürekli izleme: günlük ortalama <500 mg/m <sup>3</sup> ; mak. yarım saatlik ortalama <1500 mg/m <sup>3</sup> . Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]			



Tablo 3.32: Döner tambur fırını için çalışma verileri

Tesis verileri <sup>(1)</sup>	Birim	Aralık veya özgün değer
Şarj malzemeleri		Katotlar, tel çubuklar, hurda malzemeler, blister (küçük miktarlarda)
Kapasite	t	35
Ergitme sıcaklığı	°C	1100
Ergitme kapasitesi	t/h	4
Isıtma tipi		Doğal gaz ile yakıt ısıtmalı
Özgül enerji tüketimi <sup>(2)</sup>	MJ/t	Yaklaşık 700 (60–70 m <sup>3</sup> doğalgaz)
Atık gaz sıcaklığı (bacadaki temiz gaz)	°C	80
Atık gaz hacimsel akış oranı	m <sup>3</sup> /s	20 000
Temizleme yöntemi kullanılmış atık gaz		Söndürücü, kumaş filtreler
İşlenmemiş gazdaki toplam toz	g/Nm <sup>3</sup>	3'e kadar
<b>Kayıtlı kaynaklardan alınan emisyon verileri (temiz gaz, yarım saatlik ortalamalar)</b>		
Toplam toz	mg/Nm <sup>3</sup>	3
<b>Toz bileşenleri</b>		
Nikel	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1
Kadmiyum	mg/Nm <sup>3</sup>	0,04
Kurşun	mg/Nm <sup>3</sup>	0,02
Bakır	mg/Nm <sup>3</sup>	4
Arsenik	mg/Nm <sup>3</sup>	0,007
Toplam organik karbon (TOC)	mg/Nm <sup>3</sup>	50
<sup>(1)</sup> Verilen tesis ve emisyon verileri, bireysel ölçümlerin sonuçlarını temsil eden örneklerdir.		
<sup>(2)</sup> Tutma ve tekrar hizalama zamanları dahil.		
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.33: Sürekli döküm tesisinin şaft fırını için çalışma verileri

Tesis verileri <sup>(1)</sup>	Birim	Aralık veya özgün değer
Şarj malzemeleri		Katotlar, hurda dönüşü (dahili ve harici hurda)
Kapasite (teorik)	t	50
Ergitme sıcaklığı	°C	1100
Ergitme kapasitesi	t/h	25
Isıtma tipi		Yakıt ısıtmalı (doğalgaz)
Özgül enerji tüketimi <sup>(2)</sup>	MJ/t	1300–1500
Atık gaz sıcaklığı (temiz gaz)	°C	100
Atık gaz hacimsel akış oranı	m <sup>3</sup> /s	40 000
Temizleme yöntemi kullanılmış atık gaz		Termal yanma sonrası, kireç enjeksiyonu ile iklimlendirme ve kumaş filtre
İşlenmemiş gazdaki toplam toz	g/ m <sup>3</sup>	1.5'a kadar
<b>Kayıtlı kaynaklardan alınan emisyon verileri (temiz gaz, yarım saatlik ortalamalar)</b>		
Toplam toz <sup>(3)</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	1
<b>Toz bileşenleri</b>		
Nikel	mg/ m <sup>3</sup>	0,1
Kadmiyum	mg/ m <sup>3</sup>	0,05
Kurşun	mg/Nm <sup>3</sup>	0,5
Kobalt	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0,1
Bakır	mg/Nm <sup>3</sup>	0,5
Arsenik	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05–015
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	9000 <sup>(4)</sup>
Toplam organik karbon (TOC)	mg/Nm <sup>3</sup>	50
<sup>(1)</sup> Verilen tesis ve emisyon verileri, bireysel ölçümlerin sonuçlarını temsil eden örneklerdir.		
<sup>(2)</sup> Bekletme ve tekrar hizalama zamanları dahil.		
<sup>(3)</sup> Ayrıca organik kirlilikler içeren malzemeler kullanılmak.		
<sup>(4)</sup> The cathodes were melt-reductive.		
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.34: Dökülmüş ve haddelenmiş kablo tesisi shaft fırını için çalışma verileri

Tesis verileri <sup>(1)</sup>	Birim	Aralık veya özgün değer
Şarj malzemeleri		Elektrolitik bakır (bakır katot ve kendi hurdası)
Ergitme kapasitesi	t/h	50–60
Isıtma tipi		Yakıt ısıtım (doğalgaz)
Özgül enerji tüketimi	MJ/t	1000–1050
Atık gaz sıcaklığı (temiz gaz)	°C	120–160
Atık gaz hacimsel akış oranı	m <sup>3</sup> /s	50 000–80 000
<b>Kayıtlı kaynaklardan alınan emisyon verileri (temiz gaz, yarım saatlik ortalamalar)</b>		
Toplam toz	mg/Nm <sup>3</sup>	< 4
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	60–110
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	15–30
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	< 20
CO <sup>(2)</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	3500–9000 <sup>(3)</sup>
Toplam organik karbon (TOC)	mg/Nm <sup>3</sup>	10–21
<sup>(1)</sup> Verilen tesis ve emisyon verileri, bireysel ölçümlerin sonuçlarını temsil eden örneklerdir. <sup>(2)</sup> Son yanma olmadan. <sup>(3)</sup> The cathodes were melt-reductive. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.35: Bakır alaşımlarının üretimi için pota indüksiyon fırınlarının çalışma verileri

Tesis verileri <sup>(1)</sup>	Birim	Aralık veya özgün değer
Şarj malzemeleri		Lümenli şarj malzemesi, mıcır
Kapasite (teorik)	t	6–60
Kapasite (kullanılan)	t	3–50
Ergitme sıcaklığı	°C	1050–1300
Ergitme kapasitesi	t/h	2,4–25
Isıtma tipi		Elektrikli
Özgül enerji tüketimi <sup>(2)</sup>	MJ/t	900–1600
Atık gaz sıcaklığı (bacadaki temiz gaz)	°C	60–120
Atık gaz hacimsel akış oranı	m <sup>3</sup> /s	17 000–70 000
Temizleme yöntemi kullanılmış atık gaz		Aşağı akışlı kumaş filtresi ile siklon
İşlenmemiş gazdaki toplam toz	g/ m <sup>3</sup>	3 <sup>(3)</sup>
<b>Kayıtlı kaynaklardan alınan emisyon verileri (temiz gaz, yarım saatlik ortalamalar) <sup>(3)</sup></b>		
Toplam toz	mg/m <sup>3</sup>	< 5
<b>Toz bileşenleri</b>		
Krom	µg/ m <sup>3</sup>	< 10
Nikel	µg/ m <sup>3</sup>	< 10
Kadmiyum	µg/ m <sup>3</sup>	< 5
Kurşun	µg/ m <sup>3</sup>	< 20
Bakır	µg/ m <sup>3</sup>	< 50
Mangane	µg/ m <sup>3</sup>	< 20
Kalay	µg/ m <sup>3</sup>	< 20
Çinko	µg/ m <sup>3</sup>	< 100
Arsenik (gaz fazında)	µg/ m <sup>3</sup>	< 20
Toplam karbon (TOC)	mg/ m <sup>3</sup>	< 10–50
<sup>(1)</sup> Verilen tesis ve emisyon verileri, bireysel ölçümlerin sonuçlarını temsil eden örneklerdir. <sup>(2)</sup> Bekletme ve tekrar hizalama zamanları dahil. <sup>(3)</sup> Pirinç üretimi sırasında. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.36: Bakır alaşımlarının üretimi için kanal indüksiyon fırınlarının işletme verileri

Tesis verileri <sup>(1)</sup>	Birim	Aralık veya özgün değer
Şarj malzemeleri		Lumpy charge material, chips
Kapasite (teorik)	t	7–25
Kapasite (kullanılan)	t	7–20
Ergitme sıcaklığı	°C	1050–1300
Ergitme kapasitesi	t/h	2,5–8,8
Isıtma tipi		Electrical
Özgül enerji tüketimi <sup>(2)</sup>	MJ/t	1290
Atık gaz sıcaklığı (temiz gaz)	°C	50–90
Atık gaz hacimsel akış oranı	m <sup>3</sup> /s	10 000–20 000
Temizleme yöntemi kullanılmış atık gaz		Kumaş filtreli siklon
İşlenmemiş gazdaki toplam toz	g/ m <sup>3</sup>	3 <sup>(3)</sup>
<b>Kayıtlı kaynaklardan alınan emisyon verileri (temiz gaz, yarım saatlik ortalamalar) <sup>(3)</sup></b>		
Toplam toz	mg/ m <sup>3</sup>	< 1
<b>Toz bileşenleri</b>		
Krom	µg/ m <sup>3</sup>	< 1
Nikel	µg/ m <sup>3</sup>	< 1
Kadmiyum	µg/ m <sup>3</sup>	< 0,1
Kurşun	µg/ m <sup>3</sup>	< 5
Bakır	µg/ m <sup>3</sup>	< 10
Mangan	µg/ m <sup>3</sup>	< 1
Kalay	µg/ m <sup>3</sup>	< 1
Arsenik (katı faz)	µg/ m <sup>3</sup>	< 0,1
Arsenik (gaz faz)	µg/ m <sup>3</sup>	< 2
Toplam karbon (TOC)	mg/ m <sup>3</sup>	< 10
<sup>(1)</sup> Verilen tesis ve emisyon verileri, bireysel ölçümlerin sonuçlarını temsil eden örneklerdir. <sup>(2)</sup> Bekletme ve tekrar hizalama zamanları dahil. <sup>(3)</sup> Düşük alaşımlı bakır kaliteleri üretimi sırasında. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]		

Tablo 3.37: İkincil bakır işlemi için işletim verileri (yeniden ergitme)

Girdiler	Miktar	Çıktılar	Miktar
Metal	110 000 t/yıl	Haddeleme ürünleri	125 600 t/yıl
Temel alaşım	4000 t/yıl	Haddelenmiş ve işlenmiş ürünler	134 000 t/yıl
Hurda	308 300 t/yıl	Borular	69 000 t/yıl
Doğalgaz	538 kWh/t <sub>ürün</sub>	Döküm ürünleri	10.24 kg/t <sub>ürün</sub>
Bütan gazı	34 kWh/t <sub>ürün</sub>	Atıkların geri dönüşümü	69,83 kg/t <sub>ürün</sub>
NH <sub>x</sub>	12 220 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	Atıkların imhası	1306 t/yıl
Nitrojen N <sub>2</sub>	15 834 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	Temiz atık su	0,14 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>
Hidrojen H <sub>2</sub>	1289 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	Aritılmış atık su	0,71 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>
Akım	1117 kWh/t <sub>ürün</sub>	Soğutma suyu	26 699 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>
Su gücü	21 kWh/t <sub>ürün</sub>	Buharlaşma	0,80 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>
Yeraltı suyu	28 229 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	Soğutma kulesi fazla akıntısı	0.021 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>
İçme suyu	0,145 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	Tüm karbon	25 416 kg/yıl
Kaplama malzemesi	4,1 kg/t <sub>ürün</sub>	NO <sub>2</sub> olarak nitrojen oksit	63 072 kg/yıl
Mangal kömürü	0,85 kg/t <sub>ürün</sub>	Toz	952 kg/yıl
Technik gaz <sup>(1)</sup>	17.8 m <sup>3</sup> /t <sub>ürün</sub>	CO <sub>2</sub> emisyon	0,12 t/t <sub>ürün</sub>
Katı kimyasal	0,85 kg/t <sub>ürün</sub>		
Sıvı kimyasal <sup>(2)</sup>	4,96 kg/t <sub>ürün</sub>		
Sıvı ve katı yağların işlenmesi	1,73 kg/t <sub>ürün</sub>		
Bütan gazı <sup>(4)</sup>	2,72 kg/t <sub>ürün</sub>		
Petrol	0.04 l/t <sub>ürün</sub>		
Dizel	2.42 l/t <sub>ürün</sub>		
<sup>(1)</sup> Atıl gazın tavllanması. <sup>(2)</sup> Predominant as pickle and leach. <sup>(3)</sup> Yağ, soğutma yağı, yağ alma maddesi. <sup>(4)</sup> Doğal gazı alternatif olarak işlem gazı. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]			

### 3.3. BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler

Bu belgenin “MET’in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümleri, genel olarak belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevresel korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için bir dizi teknik sunmaktadır. Bu tekniklerin hepsi ticari olarak mevcuttur. İyi bir çevresel performansı elde edilen teknikleri göstermek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstrilere, Avrupa Üye Devletleri'ne ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak prosesler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki proseslere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili proseslerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

#### 3.3.1. Malzeme kabulü, depolama ve taşıma işlemleri

#### 3.3.2. Birincil ve ikincil malzemelerin kabulü, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltma teknikleri

Birincil ve ikincil hammaddelerin alımı, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF'de [290, COM 2006] ele alınmıştır.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Açık stoklar için drenaj toplama ile sızdırmaz yüzey/zemin;
- Özütleme sistemleri ve ardından bir torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik Açıklama

Birincil hammaddeler genellikle doğada tozlu olan cevherler, konsantreler, kok, kum ve diğer akılardır. Hurda metal, yağ/cüruf, cüruf, mat ve filtre tozu gibi bir dizi metal ve metal bileşiği içeren çok çeşitli ikincil hammaddeler de kullanılır. Bu malzemeler, ince tozlardan büyük bileşenlere kadar değişkenlik gösterebilir ve yağlar, asitler ve diğer organik maddelerle kirlenmiş olabilir. Toz oluşturan malzemeler ele alındığında, yayılı emisyonları en aza indirmek için (örneğin statik boşaltma ve konveyör transfer noktalarından) kapalı ekipman/binalar ve/veya havalandırılmalı davlumbazlar kullanılır. Elde edilen baca gazından toz ve metalleri yok etmek için normalde bir torba filtre kullanılır.

Açık stoklar büyük, topaklı malzemeler için kullanılır ancak genellikle depolama ve taşıma yoluyla toprak/yeraltı suyu kirlenmesini önlemek için drenaj toplama ile beton gibi sert geçirimsiz bir yüzeye yerleştirilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Mümkünse işlemde tozun tekrar kullanılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Aurubis Pirdop'ta, konsantreler iki adet kapalı binadaki stoklama depolarında, karıştırma kutuları ve yatak çukurlarında depolanır. Demiryolu araçları ve kamyonlar tarafından teslimat ve boşaltma kapalı bir alanda gerçekleştirilir.

Aurubis Hamburg'da, kapalı konveyörler bakır konsantreleri limandan depolama binalarına taşır. Konsantreler depolama binalarında depolanır. Bir flex-flep sistemi, gemiden konsantrenin boşaltılması sırasında yayılı emisyonlardan kaçınmak için kullanılır. Oluşan toz vinçte toplanır ve kaset filtrelerinde tozsuzlaştırılır. İnce tozlar kapalı binalarda, silolarda veya kapalı ambalajlarda depolanır. Kapalı bölümlerde uzun süreli depolamadan önce pelet haline getirilir

ve bazen de kireç sütü ile kaplanır. 2011 yılı sonunda entegre kırma, eleme ve kapalı konveyör bantlı dökme kurşun içeren malzemeler için yeni bir depolama alanı (5000 m<sup>2</sup>) inşa edilmiştir. Bu tesis ayrıca, kırıcı için bir egzoz sistemi, bir elek ve kayışlar ve 70 000 Nm<sup>3</sup>/s kapasiteli bir torba filtrede tozsuzlaştırma sistemini içerir. Büyük materyaller, toz bastırma için su püskürtme tesisleri ile dışarıda saklanır.

Aurubis Lünen ve Olen'de, zararlı suda çözünebilir veya dağılıbilir bileşenlere sahip malzemeler, kapalı bir depolama alanında veya açık bir depolama alanında, kapalı ambalaj içinde saklanır. Rüzgarlık duvarlar ve yağmurlama tesisleri kullanılır. Hurda ve blister gibi büyük malzemeler için açık depolama normaldir. Gerekirse, toz emisyonlarını önlemek için yağmurlama tesisleri kullanılır. Aurubis Lünen'deki kapalı salonlardaki kapalı depolama alanı yaklaşık 16 000 m<sup>2</sup>'dir. Kalan açık depolama alanlarından yayılı emisyonları azaltmak için rüzgâr kırıcı duvarlar ve yağmurlama tesisleri kullanılır.

Atlantic Copper'da, boşaltma konsantreleri için kapalı bina ve bir kamyon yıkama istasyonu, partikül emisyonlarının minimuma indirilmesine izin verir. Konsantreler kapalı kamyonlarla limandan tesise nakledilir. Tamamen kapalı konveyör bantları malzeme taşımacılığı için kullanılır. Havalandırma sistemlerinde torba filtreler kullanılmaktadır.

Bu konsantreler Boliden Harjavalta'da gemiden kepeçlerle doğrudan liman transit terminaline boşaltılır. Demiryolu vagonları terminalde ön uç yükleyicilere yüklenir. Limandan tesise nakil, hidrolik kapaklarla kaplı vagonlarla gerçekleşir. Konsantreler boşaltılır ve kapalı bir kutuda saklanır.

Umicore Hoboken'de, çok çeşitli giriş hammaddeli karmaşık bir eritme cihazında açık havada birincil ve ikincil ürünler işlenirken toz önleme işlemi, sis toplarıyla yoğun yağmurlama ile gerçekleştirilmektedir. Sis toplarıyla stokların sık sık yağmurlanması, yüzeyi nemli tutar. Malzemeler, bir atık su arıtma tesisine bir kanalizasyon sistemi ile bağlı, sızdırmaz beton zeminlerde, üç taraftan istinat duvarları olan bölmelerde depolanır. Çok tozlu malzemeler kapalı binalarda depolanır ve kapalı sistemlerde kullanılır. Tesisi terk eden kamyonlar, bir tekerlek yıkama tesisatı içinde temizlenir ve su, atık su arıtma tesisinde arıtılır.

KGHM'de, konsantreler kendi kendini boşaltan vagonlarla taşınır. Toz taşıma sistemi ile donatılmış özel boşaltma istasyonundan, konsantre, bant taşıyıcılar vasıtasıyla bir konsantre depolama ve harmanlama tesisi olarak da işlev gören bir kapalı harmanlama istasyonuna aktarılır.

Głogów 1'de, boşaltma tesislerinden gelen hava, 190.000 Nm<sup>3</sup>/s kapasiteli bir torba filtrede filtrelendir. Aralıklarla toz ölçümleri yılda dört kez yapılır. Toz seviyeleri 2–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Kapalı depolama kapasitesi yaklaşık 35000 ton'dur.

Legnica'da, boşaltma tesislerinden gelen hava, 52000 Nm<sup>3</sup>/s kapasiteli bir torba filtrede filtrelendir. Aralıklarla toz ölçümleri yılda dört kez yapılır. 0,3–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında toz seviyeleri elde edilir. Kapalı depolama kapasitesi yaklaşık 16000 ton malzemedir.

Głogów 1 ve Legnica'da kok cürufu, demiryolu ile taşınmakta, boşaltılmakta ve kok haznesinde depolanmaktadır. Konsantre briketleme işleminde bağlayıcı bir madde olarak kullanılan siyah likör, demiryolu tank arabalarına alınır ve depolama tanklarına pompalanır.

Głogów 2'de, boşaltma tesislerinden gelen hava, 80 000 Nm<sup>3</sup>/s kapasiteli bir torba filtrede filtrelendir. Aralıklarla toz ölçümleri yılda dört kez yapılır. Toz seviyeleri 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. 2012 yılının başında, 60.000 ton depolama kapasitesine sahip yeni bir harmanlama tesisi faaliyete geçti. Kok cürufu, kireçtaşı ve kum gibi yardımcı malzemeler konsantreye benzer şekilde, ancak ayrı bir hat üzerinde işlenir. Yardımcı malzeme depolama alanı bir toz tutma sistemi ile donatılmıştır. Hava, 3000 Nm<sup>3</sup>/s kapasiteli torba filtrelerde filtrelenmiştir. Toz seviyeleri 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır.

Metallo-Chimique Beerse'de tozlu malzemeler kapalı bir binada saklanır. Hava emişi çatıya konumlandırılmıştır. Hava, bir torba filtre ile filtrelendir (120 000 Nm<sup>3</sup>/s). Toz emisyon seviyeleri

$< 0,5 \text{ mg/Nm}^3$  seviyelerinde korunabilir. Bu değer 2011'de iki kerelik 4 saatlik ölçümlere (spot örnekleme) dayanmaktadır. Diğer malzemeler, atık su arıtma tesisine sahip bir kanalizasyon sistemi ile birbirine bağlanan kapalı beton zeminlerde depolanmaktadır. Malzeme suyla (yağmurlama, tazyikli su fişkırtma aracıyla) nemli tutulur.

Montanwerke Brixlegg'de, besleme malzemeleri karayolu veya demiryolu ile tedarik edilir. Tozlu malzemeler kutularda depolanır. Diğer besleme malzemeleri, döşemeli bir zemin ile açık bir depolama alanında tutulur.

**Ortamlar arası etkiler**

- Egzoz ve filtrasyon sistemlerinin çalışması için enerji kullanımındaki artış, örn. fanlar ve torba filtreler.
- Kirleri uzaklaştırmak için baca tozlarının işlemden geçirilmesi içten yapılmalıdır.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Torba filtreleri genel olarak uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Metallo-Chimique (2007-2008'de) tozlu materyaller için kapalı bir depolama alanında 6,5 milyon euro yatırım yaptı. Depolama alanı maksimum 20.000 ton depolama kapasitesine sahip 8000 m<sup>2</sup> ve 180 000 m<sup>3</sup> boyutlarındadır. Salonun maksimum verimi 50 000 ton/yıl'dır.

Aurubis Hamburg'da, bir torba filtreye (70 000 Nm<sup>3</sup>/s) bağlı entegre bir kırma, eleme ve taşıma tesisi ile kapalı bir depolama alanı (5000 m<sup>2</sup> alan) inşaatı, 7,5 milyon Euro'luk bir sermaye harcaması içeriyordu.

Lünen'de 10 600 m<sup>2</sup> yüzölçümlü ve 210 000 m<sup>3</sup>'lük bir hacme sahip toz oluşturan giriş malzemeleri için kapalı bir depolama salonunun inşaatı 7,5 milyon Euro'luk bir sermaye harcaması içeriyordu. (sıvı geçirmez beton, su spreyi ile özel zemin inşaatı, çıkış yapan kamyonlar için nozullar ve lastik yıkama tesisleri dahil).

KGHM Głogów 2'de 60.000 ton depolama kapasitesine sahip yeni bir kapalı harmanlama tesisi inşaatı 10 milyon Euro'dur.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Metal içeren tozun yayılı emisyonlarının azaltılması.

**Örnek Tesisler**

Umicore Hoboken (BE), Aurubis (BE) ve (DE), Metallo-Chimique Beerse (BE), Atlantik Bakır (ES), Boliden Harjavalta (FI), KGHM Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica (PL).

**Referans literatür**

[ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.3. İnce ve tozlu malzemelerin taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltma teknikleri

İnce ve tozlu malzemelerin taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2'de (Bölüm 2.12.4.1'e bakınız) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlarda (BREF) dikkate alınmıştır [290, COM 2006]

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, bir torba filtre ile takip edilen çıkartma sistemleridir (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik Açıklama

Torba filtre, bkz. Bölüm 2.12.5.1.4.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- İzabe sürecinde toplanan tozlar tekrar kullanılır.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Torba filtre, optik veya triboelektrik cihazlar kullanılarak sürekli toz çarpması, bir filtre torbası arızasını tespit etmek için kullanılır. Temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşü izlenebilir.

Atlantik Copper Huelva'da, malzeme taşıma için kapalı konveyör bantlar kullanılmaktadır. Havalandırma sistemlerinde torba filtreler kullanılmaktadır. Konsantre ve akıların kurutulmuş bir karışımı iki pnömatik sistemle 450 ton kapasiteli bir depoya kaldırılır. Pnömatik transferlerden gelen hava bir torba filtrede (1500 Nm<sup>3</sup>/s akış hızında) işlemden geçirilir. Toz seviyeleri <7 mg/Nm<sup>3</sup> elde edilir.

Aurubis Hamburg'da, konsantre karışım ve diğer besleme malzemeleri, depolama binasından bir dozaj bölme istasyonuna kapalı bir konveyör bant sistemi ile taşınır. Besleme malzemesi karışımı, kapalı bir konveyör bant sistemi aracılığıyla kurutuculara taşınır. Kurutuculardan çıkan kuru besleme malzemesi, yoğun fazlı bir pnömatik taşıma sistemi ile taşınır. Asansörün atık havası bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. Aralıklarla toz ölçümleri yılda dört kez yapılır. Bildirilen toz seviyeleri <5 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Aurubis Pirdop'ta, kurutuculardan çıkan kuru besleme malzemesi, kuru yük haznesine bir pnömatik konveyör ile taşınır. Atık hava torba filtresinde tozsuzlaştırılır. Aralıklarla toz ölçümleri altı ayda bir yapılır.

Boliden Harjavalta'da, konsantre karışım kapalı bantlı konveyörlerde karıştırma ve depolamada yerinden, kurutuculara aktarılır. Kurutulmuş besleme malzemesi karışımı, flaşlı fırının üstünde yer alan ağırlık kaybı besleme malzemesi sistemine (LIW), pnömatik konveyörler ile taşınır. Katı malzeme, torba filtrede taşıma havasından ayrılır (akış hızı 800-6 400 Nm<sup>3</sup>/s). Toz sürekli olarak ölçülür. <5 mg/Nm<sup>3</sup> seviyelerinde elde edilir.

KGHM Głogów 1 ve Legnica'da, harmanlanmış malzeme, kapalı bantlı konveyörlerle bir depolama haznesine, ölçüm kutularına ve vidalı karıştırıcılara kurutuculardan önce aktarılır. Briketleme işleminde bağlayıcı bir madde olarak vidalı karıştırıcılara siyah likör eklenir. Głogów 1'de beş briketleme hattı, Legnica'da üç briketleme hattı vardır ve her biri 60 ton/s kapasiteye sahiptir. Konsantre boşaltma tesisi, briketleme makineleri ve taşıma hatları için torba filtreler kurulmaktadır. Aralıklarla toz ölçümleri yılda dört kez yapılır.

Głogów 1'de, ulaşım hatlarında aşağıda verilenler bulunmaktadır:

- Dört torba filtreli (her biri 10 000 Nm<sup>3</sup>/s) konsantre-aktarma oluk alanları için havalandırma sistemi. 3–10 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında toz seviyeleri elde edilir.
- Bir torba filtre (25 000 Nm<sup>3</sup>/s) ile donatılmış briket aktarma aktarma istasyonu için



havalandırma sistemi. Toz seviyeleri 3–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır.

- Briket transfer depolama kutuları (iki operasyon için) için havalandırma sistemleri, kutuların tepesinden gelen hava için üç torba filtreden (25 000 Nm<sup>3</sup>/s) ve alt vibratörlerinden gelen hava için ise üç torba filtreden (27 000 Nm<sup>3</sup>/s) oluşmaktadır. 3–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında toz seviyeleri elde edilir.

Legnica'da ulaşım hatlarında aşağıda verilenler bulunmaktadır:

- Bir torba filtre ile donatılmış konsantre taşıma sistemi için havalandırma sistemi (10 000 Nm<sup>3</sup>/s, toz 0.2–5 mg/Nm<sup>3</sup>).
- Bir torba filtre ile donatılmış briket transfer depolama kutuları için havalandırma sistemi (9 000 Nm<sup>3</sup>/s, toz 0,3–5 mg/Nm<sup>3</sup>).
- Briket filtresi (23 500 Nm<sup>3</sup>/s, 0,3–5 mg/Nm<sup>3</sup>) ile donatılmış briketlenmiş konsantre ve yardımcı malzeme taşıma sistemi için havalandırma sistemi.
- Briketlenmiş konsantre ve yardımcı malzeme taşıma sistemi (her bir fırına) için üç torba filtreli havalandırma sistemi (her biri 20 000 Nm<sup>3</sup>/s, toz 2– 10 mg/Nm<sup>3</sup>).

Głogów 1 ve Legnica'daki torba filtreler titreşimli kaset tipindedir.

Głogów 2'de, harmanlanmış malzeme kapalı bir bantlı konveyör aracılığıyla bir kurutucuya aktarılır, daha sonra pnömatik olarak yükleme kutularına nakledilir.

Metallo-Chimique Beerse'de, pnömatik taşıma, ince ve tozlu materyalleri izabe fırınına beslemek için çift duvarlı borularla kullanılır. İnce ve tozlu malzemeler, kurutucuya gönderilmeden önce bir siloda kurutulmuş ve geçici olarak depolanan giriş malzemeleridir.

Umicore Hoboken'de tozlu malzemeler kapalı binalarda konteynerlerde saklanmaktadır. Bu malzemeler, kapalı bir sistem içinde boşaltılırlar ve daha sonra kapalı bir konveyör sistemi ile bir karıştırıcıya nakledilirler. Burada açık havada depolanmadan önce çok ıslak malzemeler veya su ile karıştırılırlar. Kapalı sistem negatif basınç altındadır ve sistemden dışarı atılan hava bir torba filtrede temizlenir.

#### **Ortamlar arası etkiler**

- Egzoz ve filtrasyon sistemlerinin çalışması için enerji kullanımındaki artış, örn. fanlar ve torba filtreler için.
- Kirleri uzaklaştırmak için baca tozlarının işlemden geçirilmesi için yapılmalıdır.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

#### **Ekonomi veriler**

Bilgi verilmedi.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Emisyonların azaltılması.
- Ham madde tasarrufu.

#### **Örnek Tesisler**

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), Boliden Harjavalta(FI), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), Metallo-Chimique Beerse (BE), and Umicore (BE).

#### **Referans literatür**

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.4. Malzeme ön işleme prosesleri

### 3.3.5. Karıştırma, kurutma, karıştırma, homojenleştirme, eleme ve peletleme gibi birincil ve ikincil malzemelerin ön arıtımından kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

Cevherler, konsantreler ve çeşitli ikincil hammaddeler, bakır üretimi için ince tozlardan büyük tek maddelere kadar kullanılır. Diğer metaller ve kirlenici maddelerin içeriği gibi bakır içeriği her bir malzeme türüne göre değişir.

Uygulanan başlıca ön arıtma teknikleri; harmanlama, kurutma (konsantre kurutma için bkz. Bölüm 3.3.2.3), briketleme/peletleme/yığılma ve boyut küçültme ve ayırmadır.

Karıştırma, değişen kalitede kalıbı ve konsantreleri akıllarla karıştırmak veya farklı ikincil hammaddeleri karıştırmak için stabil ve homojen bir besleme malzemesi üretmek üzere gerçekleştirilir. Karışımlar, ağırlık kaybı dozaj sistemleri veya bant kantarları kullanılarak yataklama tesisleri veya dozaj kutusu sistemleri kullanılarak üretilir.

Kurutma işlemi, kuru bir besleme veya besleme malzemesi neminde bir azalma gerektiriyorsa kullanılır. Sıcak gazlı döner kurutucuların (doğrudan brülör ile ısıtılan) veya buharlı kurutucuların (ısı değiştirici bobinlerde buhar veya sıcak hava kullanılarak dolaylı olarak ısıtılarak) uygulanmasıyla elde edilir. Buhar bobin kurutucuları, ısı dengesinin buna izin vermesi koşuluyla, işlemin diğer kısımlarından atık ısı kullanabilirler. Baca tozu, kalıntı, çamur ve diğerleri gibi özel malzemeler için sıcak hava konveyörleri veya vakumlu kurutucular kullanılabilir.

İşleme bağlı olarak konsantreler ve diğer ince malzemeler briketlerde pelet haline getirilebilir veya sıkıştırılabilir. Bu amaçla kaplama ve bağlayıcı maddeler, sonraki işlem aşamalarında toz gelişimini azaltmak için kullanılır. Kalıntı, işlemeden önce presleme veya bilye ile sıkıştırılır.

Kırma, ebat küçültme ve eleme, ikincil hammaddenin büyüklüğünü azaltmak için satışa veya ileri işleme uygun hale getirmek için uygulanır.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kapalı konveyörler ve başlık veya pnömatik transfer sistemi (Bölüm 2.12.4.1'e bakınız);
- Tozlu materyallerle (ör. karıştırma) gerçekleştirilen faaliyetleri yürütmek için kapalı bina (bkz. Bölüm 2.12.4.1);
- Su spreylere veya sis sistemleri gibi toz bastırma sistemleri;
- Torba filtre gibi filtrasyon ekipmanına bağlı toz ve gaz çıkarma sistemleri (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- Su topları, yapılan karıştırma için malzemeyi nemli tutmak için;
- İmha işleminden önce sıvı atıkların toplanması ve deşarj edilmesi;
- Metal geri kazanım verimini arttırmak için hurda ayırma teknikleri.

#### Teknik Açıklama

Ön işlem için kullanılan teknikler, malzeme büyüklüğüne ve doğasına ve herhangi bir kirlilik derecesine bağlıdır.

Tozlu materyaller karıştırılacaksa, harmanlama kapalı binalarda gerçekleşir ve kapalı yük taşıyıcılar ve pnömatik transfer sistemleri kullanılır. Tahliye sistemleri ve sonrasında tozsuzlaştırma da uygulanabilir. Toplanan tozlar prosese geri gönderilebilir. Su buharı elde etmek için su spreyi veya sis sistemleri gibi toz bastırma sistemleri uygulanabilir. Konsantreler doğal olarak toz oluşumunu önlemek için yeterli su içerir.

Kurutulmuş materyal genellikle çok tozlidir ve tozlu gazları işlemek için kullanılan tahliye ve torba filtreler, pnömatik taşıma ile kullanılır. Toplanan tozlar işleme geri döndürülür.

Briketleme ve peletleme alanları kapatılır. Kapalı yük taşıyıcılar kullanılır. Havalandırma sistemleri, torba filtrede daha sonra tozsuzlaştırma uygulanır. Hurda sıkıştırma işlemleri kapalı bir binada veya toz bastırma sistemleriyle donatılmış açık bir alanda gerçekleştirilir. Gürültü azaltma duvarı gibi gürültü azaltma önlemleri gerekli olabilir.

Kırma, frezeleme, öğütme ve eleme işlemleri potansiyel olarak bir toz yayılma kaynağıdır ve bu nedenle özütleme ve azaltma sistemleri kullanılır ve toplanan tozlar işleme geri döner. Su spreylere veya sis sistemleri gibi toz bastırma sistemleri uygulanabilir.

İkincil hammaddeler için ayırıştırma teknikleri, gerekirse ve kurtarma işlemi için de uygunsa, özel bir süreçte kullanılır. Akışları ön işleme tabi tutmak için manuel ve mekanik ayırma kullanılır. Ör. pillerin çıkarılması, cıva teması ve elektronik ekipmanlardan kablo yalıtımı. Elektronik bileşenler, ayırma işleminin gerçekleşebilmesi için devre kartlarını ve diğer metalik bileşenleri metalik olmayanlardan ayırmak için öğütücüler veya değirmenlerde öğütülebilir. Çeşitli kısımların yoğunluk ve boyut farkı, bir su taşıyıcıyı kullanarak metalik ve metalik olmayan bileşikler ayırmak için kullanılır. Hava sınıflandırması ayrıca, daha az yoğun olan metallerin, elektronik hurdalardan ayrılması için de kullanılır. Manyetik ayırma, genellikle yük taşıyıcıların üzerindeki fazla bant mıknatıslarının kullanılmasıyla demir parçalarını çıkarmak için kullanılır. Elektromanyetik alanlarla optik ayırma veya girdap akımı ayırma, alüminyum diğer malzemelerden uzaklaştırmak için kullanılabilir. İndüksiyon ayırma, plastikleri ayırmak için kullanılabilir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz, metal ve diğer bileşiklerin emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Hammaddelerin korunması, filtre tozu olarak proseste tekrar kullanılır.
- Suya yayılan emisyonların azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Huelva (ES) 'deki Atlantik Bakır fabrikasında, karışımın hazırlanması her biri 200 ton kapasiteli 16 siloda gerçekleştiriliyor. Bunlardan ikisi akı için kullanılıyor. Kapalı galerilerde yer alan yük taşıyıcı bantları, konsantrelerin ve akıların kapalı depodan silolara aktarılmasını sağlar; her transfer noktasında havalandırma kapakları ve havalandırma gazı için tozsuzlaştırma torba filtreler takılıdır.

Hamburg'daki Aurubis tesisinde (DE), ana ergiyiğin bakır konsantreleri ve diğer besleme malzemeleri, depolama haznesinden bir konveyör bant sistemi (300 t/h) ile depolama yerinden altı kutulu dozaj istasyonuna taşınır ki bu kutular konsantre için 240 ton kapasiteli, akıcı silika için de 220 ton kapasitelidir.

Silo istasyonu, besleme malzemesi karışımının bileşenlerinin, hız kontrollü tahliye kayışlarıyla ayarlanmasına izin verir. Besleme malzemesi karışımı, kapalı bir yük taşıyıcı bant sistemi aracılığıyla kurutuculara taşınır. Konsantre alma ve tartma kutularında, torba filtrede tozsuzlaştırma ile bir havalandırma sistemi kullanılmaktadır.

Kapalı bir depolama alanı, entegre kırma, eleme ve kapalı konveyör bantlarına sahip ikincil malzemeleri topluyor. İkincil izabe için ince ve çamur tipi besleme malzemeleri peletlenir ve bir konveyör tipi veya vakumlu kurutucu üzerinde sıcak hava ile %2'den azına kadar kurutulur.

Peletleme alanı kapatılır. Bu işlem için kapalı konveyörler kullanılır. Egzoz gazları bir torba filtreye yönlendirilir. Kurutulduktan sonra gaz bir torba filtrede işlenir. Sürekli toz ölçümü, 0,5–10 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama), 0,5–5 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) ve yıllık ortalama 3.4 mg/Nm<sup>3</sup> olan toz seviyelerini gösterir.

Pirdop'taki (BG) Aurubis tesisinde karışımın hazırlanması otomatik olarak gerçekleştirilir. Besleme malzemelerinin ağırlığı, her bir besleme malzemesi haznesinden belirli malzeme miktarlarını çıkarır, daha sonra bir bant yük taşıyıcısına deşarj edilir. Konveyör üzerinde elde

edilen karışım elenir ve dört 'ıslak karışım' bidonlarına taşınır. Harmanlama faaliyetleri kapalı bir binada gerçekleştirilir. Karışım kapalı taşıyıcılarda yük kutularına taşınır.

Lünen'deki (DE) Aurubis tesisinde, elektronik hurda hazırlanması için iyi bir ayırma tasarlanmıştır. Elektronik hurda parçalanır ve daha sonra hava ayırma, eleme, demir için manyetik ayırma, alüminyum ve bazı alaşımlar için optik ayırma ve plastik malzeme için indüksiyon ayırma işlemlerinden geçirilir. Parçalama ve ayırma kapalı bir binada gerçekleşir. Eleklerin yanı sıra bir yük taşıma bandından diğerine aktarma noktaları da kapalıdır. Malzemeyi ıslak tutmak için sulama tesisleri de kullanılır. Parçalanmış malzeme taşıyan yük taşıyıcılar havalandırılır ve egzoz gazı bir torba filtrede işlenir. Hava ayırma kolonundan hava bir siklonda işlenir. Tozlu materyaller kapalı bir binada saklanır ve karıştırılır. KRS fırınına yüklenmeden önce su ile bir malzemenin kısmi yığılması gerçekleştirilir. Kapalı konveyörler kullanılır.

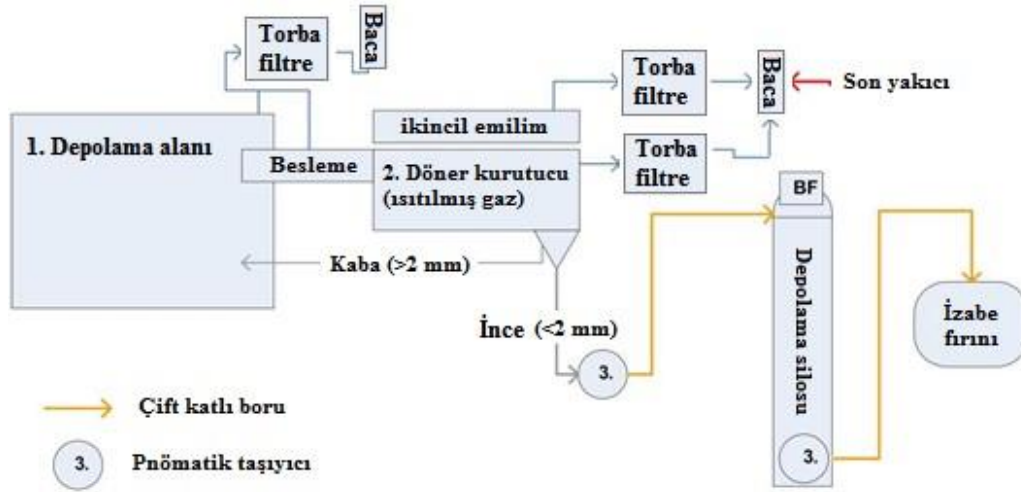
Harjavalta'daki (FI) Boliden tesisinde homojenizasyon, yataklama tesisinde ise farklı konsantrelerin besleme malzemesi hazırlanır. Ek olarak, silika akı ve farklı geri dönüştürülmüş çökeltiler ve diğer ikincil malzemeler homojenizasyon sırasında karıştırılır. Besleme malzemesi karışımının homojenizasyon süreci, işlem kontrollerini geliştirir. Yatak tesisi kapalı bir kulübede yer almaktadır. Homojenleştirilmiş besleme malzemesi karışımı, bantlı konveyörler kullanılarak kutulara aktarılır. Taramadan sonra, besleme malzemesi karışımı, kapalı bantlı konveyörlerdeki kurutma tesisine gider. Aynı sistem Boliden Rönnskär (SE) de kullanılıyor.

KGHM Głogów 1 fabrikasında (PL), bir yataklama tesisinde harmanlama yapılır. Konsantreler ve geri dönüşümler, üç koridordan birinde katmanlar halinde tozsuzlaştırılır. Birincil eriticiler için bakır konsantresi ve diğer besleme malzemeleri, boşaltma istasyonundan kapama bölme istasyonuna bir konveyör bant sistemi ile konsantre için 15 bidon ve diğer malzemeler için ise 6 bidon ile taşınır. Kutulardan gelen konsantrasyonu alan hız kontrollü kayışlar, istenen karışımın korunmasını sağlar.

KGHM Legnica tesisinde (PL), konsantre, harmanlama otomatik olarak gerçekleştirilir. Her bir konteynirden gelen malzemeler, bir tartım sistemi ile taşıyıcı bant üzerine deşarj edilir ve istenen karışımın elde edilmesi sağlanır. Bu daha sonra siyah likörün eklendiği vidalı karıştırıcıya beslenir.

Belçika'daki Metallo-Chimique tesisinde, ikincil hammaddelerin kurutulması için doğal gazla ısıtılan bir döner kurutucu yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.12 ve Tablo 3.38).

## Metallo-Chimique – Malzeme depolama ve kurutma



Şekil 3.12: Metallo-Chimique – Malzeme depolama ve kurutma

Torba filtre, kurutucu aktifken çalışmaktadır.

Tablo 3.38: Metallo-Chimique kurutucular için işlevsel veriler

Fırın tipi	Kapasite	Isıtma	Atık gaz arıtma	Emisyon
Döner kurutucu	15 t/s (2 ton su/saat; Su içeriği: öncesinde %12, sonrasında < %1)	Doğalgaz yanması	Birincil torba filtre + İkincil torba filtre + Son yakıcı	Toz 1–3 mg/Nm <sup>3</sup>
Kaynak: [ 7, Metallo-Chimique 2012 ]				

Bazı hurda biçimleri hidrolik balya makinesi ile balyalanır; diğerleri hurda makasları kullanılarak kullanılabilen parçalar halinde kesilir. Gerekirse cüruf daha küçük parçalara ayrılır.

Hoboken (BE) 'deki Umicore tesisinde, numuneleme ve fırına giriş için elektronik hurda parçalanmıştır. Parçalama işlemleri ve taşıyıcı bantlar negatif basınç altındadır; atık hava mutlak bir filtrede (torba filtre) işlem görür. Mutlak filtre, seri yerleştirilmiş öğelere sahip çoklu bir filtredir. Filtreden geçen akış oranı çok fazla değildir ve emisyonlar önemsiz olarak sınıflandırılır ve sonuç olarak ölçülmez. Parçalanmış malzemeye, taşıyıcı bandın boşaltılması sırasında su serpilir. Fırın için besleme malzemesi, açık havada bulunan yataklarda karıştırılır, toza duyarlı malzemeler öncelikle nemlendirilir. Karıştırma ön uç yükleyiciler tarafından yapılır.

### Ortamlar arası etkiler

#### Toz bastırma sistemleri

- Hammaddelerin artan su içeriği nedeniyle izabe işleminde enerji kullanımında artış.
- Su kullanımında artış.
- Su akışı için su arıtma gereklidir.

#### Filtreleme ekipmanına bağlı toz ve gaz tahliye sistemleri

- Enerji kullanımında artış.
- Azaltılmış toz tekrar kullanılmazsa atık üretilebilir.

#### Söndürme ve toz filtreleme sistemi ile son yakıcı

- Enerji kullanımında ve NOX emisyonlarında artış.

#### Deşarj edilmeden önce sıvı atıkların toplanması ve arıtılması.

- Enerji kullanımında ve atık suların arıtılması için katkı maddelerinin kullanımında

artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

- Toz oluşturan malzemeler için kapalı bir bina, kapalı taşıyıcı, pnömatik transfer sistemi ve filtreleme ekipmanına bağlı tahliye sistemi uygulanır.
- Yalnızca izabe fırını ve sonraki azaltma sistemi ıslak hammaddeyi işleyebildiği zaman toz bastırma sistemleri uygulanabilir.
- Torba filtreleri sadece gazların sıcaklığı çığ noktasından daha yüksek olduğunda kullanılabilir.

### Ekonomik veriler

2007-2008 yıllarında Metallo-Chimique, mevcutta bulunan torba filtreyi kurutucudan çıkan atık gazları tutabilmek için yeni bir torba filtre (19 500 Nm<sup>3</sup>/saat) ile değiştirdi. Bu, 665.000 Euro'luk bir yatırım (bacada bir son yakıcı torba filtre ve bacanın kendisi için) içeriyordu. İkincil filtre (20 500 Nm<sup>3</sup>/saat), 1994-1995 yıllarında 400.000 Euro'luk bir yatırım için kurulmuştur.

Aurubis Hamburg'da bir torba filtreye (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) bağlı entegre bir kırma, eleme ve taşıma tesisi ile kapalı bir depolama alanının (5000 m<sup>2</sup>) inşaatı, 7,5 milyon Euro'luk bir sermaye harcaması içeriyordu.

Lünen'de 10 600 m<sup>2</sup> yüzölçümlü ve 210 000 m<sup>3</sup>'lük bir hacme sahip toz oluşturan giriş malzemeleri için kapalı bir depolama alanının inşaatı 7,5 milyon Euro'luk bir yatırım harcaması içeriyordu (sıvı geçirmez beton ile özel zemin inşaatı ve su püskürtme nozulları ve çıkış yapan kamyonlar için lastik yıkama uygulaması dahil).

Olen'de gürültü azaltıcı bir duvarın inşası 560.000 Euro'luk bir yatırımı içeriyordu. (Watertorenstraat boyunca duvarların parçası: uzunluk: 100 metre, yükseklik: 4 metre; uzunluk: 132.3 metre, yükseklik: 11 metre; ve Watertorenstraat'a dik açıldaki kısım: uzunluk: 38.31 metre, yükseklik: 11 metre).

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Yayılı emisyonların önlenmesi ve azaltılması ve hammaddelerin geri kazanımı.
- İzabe prosesinin optimizasyonu.
- Çevre ve sağlık mevzuatına uygunluk.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), Metallo-Chimique Beerse (BE), and Elmet S.A. Berango (ES).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.6. İkincil bakır üretiminde ergitme aşamasından önce ternalama işleminden çıkan yağı giderme teknikleri

Mekanik işlemlerden olan ternalama operasyonundan çıkan talaşın ikincil hammadde olarak kullanıldığı fabrikalarda, ergitme işleminden önce yağlama ve yağ emülsiyonunun talaşlardan arındırılması için yağ giderme işlemleri uygulanır. Yağ giderme işlemlerinin uygulanması ve kullanılan teknik, kirlilik derecesine bağlıdır. (Örneğin, eğer torna ustası yardımcı maddeyi-yağ veya yağ emülsiyonunu- geri dönüşüm için zaten çıkarmışsa, ergitme prosesinden önce yağ giderme işlemini gerçekleştirmek gerekli değildir).

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Yağ geri kazanımı ile santrifüj,
- Döner kurutucu kullanılarak pirolitik işlem,

- Deterjan ile yıkama, sonrasında santrifüj ile yıkama ve 130-140 °C sıcaklıkta kurutma.

### **Teknik açıklama**

#### *Yağ geri kazanımı ile santrifüj*

Yüksek oranda kirli olan talaşlar, yağın çoğunu uzaklaştırmak için santrifüj edilebilir. Ayrılan yağ yeniden kullanılmak üzere sudan ayrılmalıdır.

#### *Döner kurutucu kullanılarak pirolitik işlem*

Dolaylı olarak ısınan talaşlar kullanılır. Sıcaklık, piroliz gerçekleşecek şekilde 500 ° C'de kontrol edilir. Kurutucudan gelen piroliz gazları, tam yanma elde etmek için bir son yakıcıda 850 ° C'de yakılır, daha sonra PCDD/F de novo sentezinden kaçınmak için söndürülür ve ıslak bir gaz yıkayıcı veya torba filtrede işlenir.

#### *Deterjan ile yıkama, sonrasında santrifüj ile yıkama ve 130-140 ° C sıcaklıkta kurutma*

Yağı uzaklaştırmak için, talaşlar su ve deterjan ile yıkanabilir. Daha sonra, talaşlar önce santrifüj ile ve daha sonra bir kurutucuda 130-140 ° C sıcaklıkta kurutulur.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Ergitme aşamasından önce yağ ve organik bileşiklerin talaşlardan uzaklaştırılması.
- İzabe işleminden kaynaklanan emisyonların azaltılması (özellikle organik bileşikler).

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Atık gazdaki toz torba filtre ile uzaklaştırılır ve periyodik ölçümlere dayanarak 0,01 mg/Nm<sup>3</sup> ile 8,6 mg/Nm<sup>3</sup> arasında emisyonlar rapor edilir.

Organik bileşikler (VOC'ler gibi) bir son yakıcı tarafından azaltılır ve periyodik ölçümlere dayanarak, 1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 5 mg/Nm<sup>3</sup> emisyonları rapor edilir.

Periyodik ölçümlere dayalı olarak 0.027 ng/Nm<sup>3</sup> ile 0.455 ng/Nm<sup>3</sup> arasında PCDD/F emisyonları rapor edilmektedir.

Tablo 3.39, 2010 yılında İtalya'daki dört fabrikada pirolitik işlem için emisyon verilerini göstermektedir.

Tablo 3.39: 2010'da dört talaş kurutucunun emisyonları

Kuruluş	Teknik	Kirlenici	Birimi	Değerleri			Denetim aralığı	Ortalama
				Min.	Ort.	Max.		
A	Son yakıcı + torba filtre	Dust	mg/Nm <sup>3</sup>	0,144	1,09	2,1	Sürekli	Aylık
		PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	0,144	0,261	0,455	Periyodik (Yılda 3 kez)	Numuneleme döneminde
		CO	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1	0,36	0,9	Sürekli	Aylık
		NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	3	15,9	28,8	Periyodik (Yılda 2 kez)	Numuneleme döneminde
B	Son yakıcı + torba filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	8,62	NR	Periyodik (Yılda 1 kez)	NR
		NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	12,33	NR		
		VOC	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	2,9	NR		
C	Son yakıcı + torba filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	0,01	0,22	0,61	Periyodik (Yılda 3 kez)	Numuneleme döneminde
		PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	0,1889	0,239	0,291	Periyodik (Yılda 2 kez)	
		CO	mg/Nm <sup>3</sup>	1	1,3	2	Periyodik (Yılda 3 kez)	
		NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	6	11,3	16		
		VOC	mg/Nm <sup>3</sup>	1	2	3		
D	Son yakıcı + torba filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	0,58	NR	Periyodik (Yılda 1 kez)	Numuneleme döneminde
		PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	NR	0,0272	NR		
		NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	36	NR		
		VOC	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	5	NR		

NB: NR = Belirtilmemiştir.

Kaynak: [ 384, Italy 2013 ]

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonunda artış
- Atık su miktarında artış.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Fırın ve azaltma sistemi organik içeriği karşılamak için özel olarak tasarlanmadıkça, genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

İzabe fırınından yayılan VOC'lerin azaltılması.

#### Örnek tesisler

İtalya'da 4 kuruluş.

#### Referans literatür

[ 384, Italy 2013 ] [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.7. Konsantre kurutucudan kaynaklanan emisyonları azaltmak için teknikler

Konsantreler, izabe prosesinden önce nem içeriğini %7-8'den yaklaşık %0,2'ye düşürmek için kurutulur. Şaft fırınlarında izabe işlemi için konsantre %3,5-4 oranında kurutulur ve briketlenir.



Bakır konsantresi kurutmak için kullanılan iki tip kurutucu vardır.

- Doğalgaz yakma veya diğer yakıtlardan çıkan atık gazlarla ısıtılan sıcak gazlı döner kurutucular. Anot fırını gibi fırınlardan gelen proses gazı da kullanılabilir.
- Buhar ısıtmalı bobin kurutucular, yani genellikle atık ısı kazanından çıkan buharı kullanan kurutucular.

Kurutucu açıklamaları için, bkz. Bölüm 2.5.1.2.

Kurutulmuş konsantrenin tipik olarak çok tozlu olması nedeniyle, tozlu gazların emisyonunu toplamak ve azaltmak için tahliye ve azaltma sistemleri kullanılır.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre;
- Elektrostatik çöktürücü (ESP);
- Gaz yıkayıcı.

### Teknik açıklama

Kurutucu tipine bağlı olarak, atık gazlar, malzemenin oksitlenmesine bağlı olarak SO<sub>2</sub> içerebilir. Bu sadece doğrudan ısıtmalı kurutucular için geçerlidir, dolaylı buhar bobin kurutucuları kullanıldığında, sıcaklık konsantrenin tutuşmasını önlemek için yeterince düşüktür ve dolayısıyla SO<sub>2</sub> oluşamaz.

Döner kurutucu, dönen bir silindirdir. Doğal gazın yanmasıyla üretilen sıcak gaz, ıslak konsantreye temas ettirilir ve mevcut su, gaza aktarılır. Kurutuculardan çıkan gaz tozun giderilmesi için bir torba filtrede, elektrostatik çöktürücüde veya gaz yıkayıcıda işlenir. SO<sub>2</sub>'nin azaltılması için bir gaz yıkayıcı kullanılır. Konsantrenin tutuşmasını önlemek için N<sub>2</sub> veya başka bir soygaz kullanılabilir.

Buhar kurutucuları, buhar bobinleri aracılığıyla dolaylı olarak ısıtılmaktadır. Çıkış, buhar basıncına ve tutma süresine bağlıdır; Basıncı artırarak kapasite arttırılabilir. Konsantrenin suyunu almak için az miktarda taşıyıcı hava verilir. Buhar bobin kurutucuları, ısı dengesinin buna izin vermesi koşuluyla, prosesin diğer kısımlarından atık ısıyı kullanabilirler. Hava, Torba filtrede tozun giderilmesi için işlenir.

Kurutulmuş cevherler ve konsantreler kıvılcımlaşabilir ve azaltma sisteminin tasarımı bunu dikkate alır. Ateşlemeyi bastırmak için soygaz (nitrojen) veya yanma gazlarındaki düşük kalıntı oksijen kullanılabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

#### *Torba filtre ve ESP*

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Hammaddelerin geri dönüşümü, toplama toz olarak bu proseste tekrar kullanılır.

#### *Gaz yıkayıcı*

- SO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması.
- Venturi gaz yıkayıcı kullanıldığında toz emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Konsantrelerin kurutulması, önemli miktarda çok küçük parçacıklar ortaya çıkarır. Aerosollerin varlığı ve sıcaklık değişimleri nedeniyle, borularda tozun yoğunlaşması ve yerleşmesi gerçekleşebilir. Bu tortular baca gazının kendisi veya basınçlı hava ile ortamdan uzaklaştırılır.

Tablo 3.40, bazı birincil bakır üreticilerinin performans ve işlevsel verilerini göstermektedir. Veriler, giriş malzemesinin değişkenliği, çeşitli yükler ve çalışma rejimleri, ekipmanın aşınması ve filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı

sunmaktadır.

Tablo 3.40: Konsantre kurutma için işlevsel ve performans verileri (kısım 1)

Kuruluş	Atlantic Copper		Aurubis Hamburg		Aurubis Pirdop	
Kurutucu tipi	Döner kurutucu	Buhar kurutucu	Döner kurutucu	2 Buhar kurutucu	Buhar kurutucu	Buhar kurutucu
Kurutucu kapasitesi	100 t/s	70 t/s	100 t/s	50/100 t/s	110 t/s	
Kuturucu ısıtma	Doğal gazın yanması. Yanma gazlarının azot ile karıştırılması (kısmen yükseltme sisteminden)	Buhar basıncı, 4,5–18 bar	Doğal gazın yanması. Yanma gazlarının buhar kızdırıcı gaz ve azot ile karıştırılması	Buhar basıncı, normal olarak 11 bar	Buhar basıncı, normal olarak 11 bar	Buhar basıncı, normal olarak 11 bar
Atık gaz arıtma	Torba filtre	Torba filtre	ESP & SO <sub>2</sub> Gaz yıkayıcı, ıslak ESP	Torba filtre	Torba filtre	Torba filtre
Parametre	Emisyon seviyeleri (mg/Nm <sup>3</sup> )					
İzleme sıklığı	Yılda 4 kez		Ayda bir (7-saat numuneleme periyodu)		6 ayda bir	6 ayda bir
Toz	12 (*)		1,1–4,6		16 (*)	17 (*)
İzleme sıklığı	Sürekli		Sürekli		Uygulanamaz	Uygulanamaz
SO <sub>2</sub>	5–644 günlük ortalama; 145 yıllık ortalama		< 50–950 yarım saatlik ortalama; < 50–300 günlük ortalama; 50–150 yıllık ortalama		Ölçülemedi	Ölçülemedi
Denetim aralığı	Uygulanamaz		Yılda 4 kez (3*30 dak)		Uygulanamaz	Uygulanamaz
Cu	Ölçülemedi		0,2–0,8		Ölçülemedi	Ölçülemedi
Pb			< 0,01–0,5			
As			< 0,01–0,05			
Cd			< 0,01–0,02			

Tablo 3.41: Konsantre kurutma için işlevsel ve performans verileri (kısım 2)

Kuruluş	Boliden Harjavalta	Boliden Rönnskär	KGHM, Głogów 1	KGHM, Głogów 2	KGHM Legnica
<b>Kurutucu tipi</b>	Buhar kurutucu	Buhar kurutucu	4 döner kurutucu (işlemede olan 2-3)	Döner kurutucu	Döner kurutucu (işlemede olan 2)
<b>Kurutucu kapasitesi</b>	125 t/s	İki 58 t/s	Bir 75 t/s; Üç 55 t/s	110 t/s (132 t/s'e arttırılacak)	50 t/s
<b>Kurutucu ısıtma</b>	Buhar 0.18 t/t.	Buhar	Doğal gazın yanması	Doğal gazın yanması	Doğal gazın yanması
<b>Atık gaz arıtma</b>	Torba filtre	Torba filtre	Venturi gaz yıkayıcı (2 parça)	Elektrostatik çöktürücü	Torba filtre
<b>Parametre</b>	<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Denetim aralığı</b>	Sürekli	Yılda 4 kez	Ayda bir kez	Ayda bir kez	Yılda 4 kez
<b>Toz (minimum-maksimum-ortalama)</b>	0.2-6.1 günlük ortalama; 1.8 yıllık ortalama	0.17-2.69 1.03	Sunulmamış	5-25 5.38	1.54-10 3.7
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Ayda bir kez	Ayda bir kez	Yılda 4 kez
<b>SO<sub>2</sub></b>	Ölçülememiştir	Ölçülememiştir	SO <sub>2</sub> < 15	SO <sub>2</sub> < 25	2-420 80
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Yılda 2 kez	Ayda bir kez	Ayda bir kez	Yılda 4 kez
<b>Cu</b>	Ölçülememiştir	0.06-0.17	Sunulmamış	0.17-6.88	< 0.01-1.36
<b>Pb</b>		< 0.01-0.022		0.01-2.5	< 0.01-0.62
<b>As</b>		< 0.01-0.036		0.001-1.2	< 0.01-0.111
<b>Cd</b>		< 0.001-0.0006		< 0.005	Belirtilmemiştir
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtreleme sisteminin verimliliğine bağlıdır. (* ) Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 385, Germany 2012 ]					

Aurubis Hamburg'da, bir Alman otoritesi tarafından sunulan verilere göre, toz emisyonları normal çalışma koşullarında, 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında ve SO<sub>2</sub> emisyonları (2011'de) kontrol edilen yarım saatlik ortalama değerlerin %95'inde 225 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır. Ayrıca bu toz emisyonları günlük ortalama değerlerin %99'unda 300 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Bir ESP ve bir Venturi gaz yıkayıcı ile karşılaştırıldığında torba filtre, toz emisyonlarını azaltmak için daha iyi performans gösterir; ek olarak, kireç enjeksiyonu kullanıldığında SO<sub>2</sub>'nin azaltılması için torbanın yüzeyi de kullanılabilir. İnce toz için Venturi gaz yıkayıcı tarafından elde edilebilen temizleme verimliliği, kurutucudan kaynaklanan emisyonlarla baş etmek için çok düşüktür.

Nitelikli toz kontrol, toz emme, optik veya triboelektrik cihazlar kullanılarak uygulanır ve filtre torbası arızasını tespit etmek için kullanılır. Temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşü takip edilir.

Bazı durumlarda, kuru konsantrenin, 300 ° C ile 400 ° C arasında bir ateşleme sıcaklığına sahip olduğu bildirilmiştir. Bir sıcak hava kurutucusundaki gazların oksijen içeriği düşüktür, çoğunlukla

soğuk hava ile karıştırılarak, maksimum tolere edilebilir seviyede control edilir. Benzer şekilde buhar bobin kurutucuları konsantredeki düşük bir sıcaklığı ve aynı etkiyi sağlayabilen düşük bir hava akış oranını koruyabilirler. Kendiliğinden tutmayı önlemek için azot da kullanılabilir. Isı algılama, sıcak noktaları tanımlamak ve nitrojen söndürmeyi tetiklemek için kullanılabilir. [103, COM 1998].

### Ortamlar arası etkiler

#### Torba filtre ve ESP

- Enerji kullanımında artış.

#### Gaz yıkayıcı

- Enerji kullanımında artış (torba filtreden yüksek).
- Kimyasal madde ihtiyacı.
- Deşarj veya yeniden kullanımdan önce işlem gerektiren atık su üretimi ve su tüketimi.
- Atık üretimi. Bir SO<sub>2</sub> gaz yıkayıcı kullanıldığında üretilen alçıtaşı, ek enerji ve taşıma masrafları gerektiren fırın akısı beslemesinin bir parçası olarak döner kurutucuya geri dönüştürülmelidir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknikler genel olarak kurutucu tipini dikkate alarak yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir. Konsantrelerdeki yüksek organik karbon içeriği durumunda (örneğin, ağırlıkça yaklaşık %10), torbaların körelmesi nedeniyle torba filtreler kullanılamayabilir. Buhar tedarikinin güvenilirliği genellikle bir buharlı kurutucunun kullanımına bağlıdır.

SO<sub>2</sub> gaz yıkayıcı sadece doğrudan ısıtılan kurutucular için uygulanır. Dolaylı olarak ısıtılan kurutucular için SO<sub>2</sub> arıtımı gerekli değildir.

Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlandırılabilir:

- Ortamlar arası etkiler nedeniyle çok yüksek atık gaz akış oranlarında (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Büyük alanlarda gerekli su miktarı ve atık su arıtımı ve ilgili Ortamlar arası etkiler ile kurak alanlarda.

### Ekonomik veriler

Bir torba filtreli sıcak elektrostatik çöktürücünün değiştirilmesi, 1.3-5 milyon Euro'luk (100 000 Nm<sup>3</sup>/saat akış oranı) yatırım gerektirmiştir. Bu geniş aralık, sadece boru sonu tekniğinin değiştirilmesini değil, aynı zamanda tesisin ilgili yenilenme maliyetini de yansıtmaktadır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevre mevzuatına uygunluk.
- Hammaddelerin geri kazanımı.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.8. Bakır konsantresi kavurma işleminden elde edilen birincil atık gaz emisyonlarını azaltma teknikleri

Proseslerden elde edilen konsantre ve geri dönüşümlü çamur içeren ince taneli hammadde, akışkan yataklı kavurucu fırın içinde kavrulur. Hava akışı, malzemeler için istenen kavurma seviyesine ulaşılan kadar ayarlanır. Kuru eritilmiş malzemelerin kavurulması sırasında arsenik buharlaştırılır ve eğer mevcutsa kükürt ve organik madde kısmen oksitlenir. Kavurma 600-700

### Bölüm 3

°C'de gerçekleştirilir ve otojen olup, harici enerji gerektirmez. Kavrulmuş hammaddenin çoğu, fırın tepesinden çıkan atık gazı takip eder. Akışkanlaştırılmış kavurucu fırın tercihen, atık gazı sisteminin aşırı yüklenmesini önlemek için çok küçük olmayan bir tane boyutu olan bakır konsantreleri için kullanılır. Bu fırınlar, bakır konsantrelerinde arsenik ve civa ayrımı için etkilidir. Arsenik bakımından zengin bakır konsantrelerinin işlenmesi için akışkanlaştırılmış kavurucu fırınları giderek daha fazla kullanılmaktadır, çünkü derinlik arttıkça birkaç büyük bakır madeninde daha yüksek arsenik kalitelerine doğru bir eğilim söz konusudur.

#### Açıklama

Dikkate alınacak teknik, bir siklon, soğutma kulesi ve kuru elektrostatik çöktürücü (ESP), ardından bir iklimlendirme kulesi ve torba filtre kullanılmasıdır.

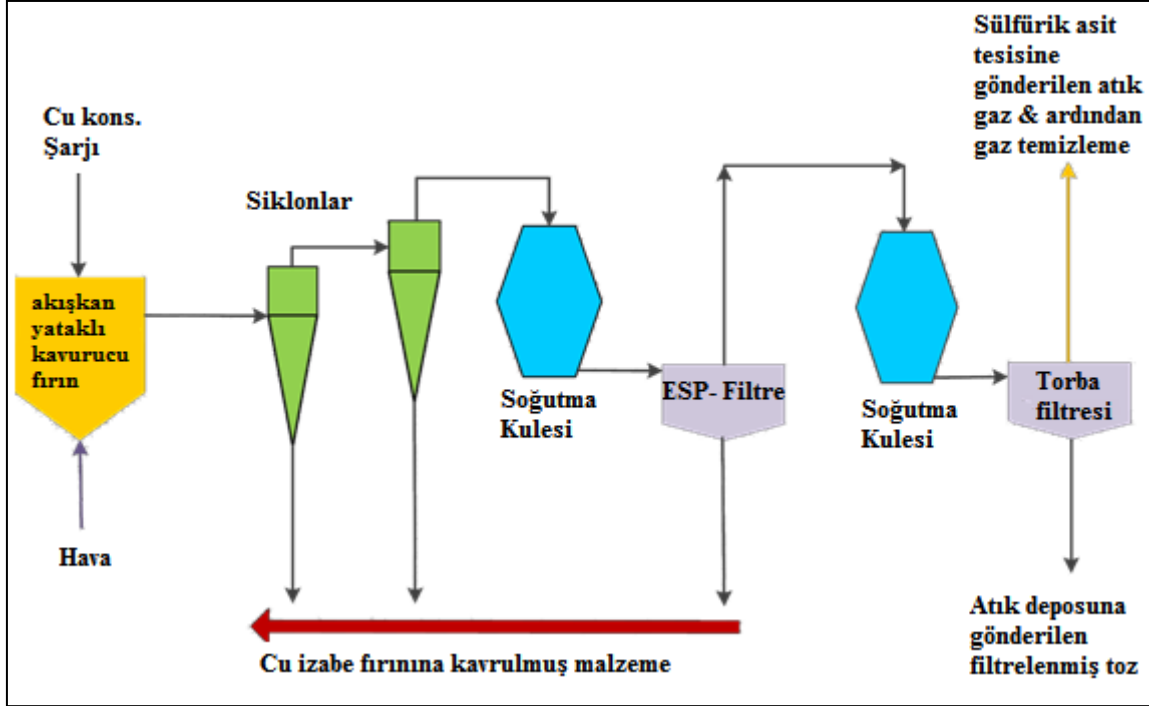
#### Teknik açıklama

Atık gaz, tozun çoğunun çökeltildiği ve kapalı konveyörler aracılığıyla bir izabe fırınına taşındığı bir siklon sisteminden geçer. Siklonlardan sonra, atık gaz, kuru ESP çalışma aralığına uyacak şekilde gaz sıcaklığının yaklaşık 550 ° C'den yaklaşık 310 ° C'ye düştüğü bir soğutma kulesine gider. Soğutmadan sonra gaz, metal içeren tozun uzaklaştırıldığı kuru ESP'de işlenir. Bu toz, izabe fırınına taşınır. Arsenik ve civa, bu sıcaklıkta buhar olarak meydana gelir ve filtreden geçer.

Atık gaz daha sonra su enjeksiyon nozulları ile bir iklimlendirme (ikinci soğutma) kulesinde daha fazla soğutulur ve bu da atık gaz sıcaklığını yaklaşık 120 ° C'ye düşürür. Arsenik ve civa daha sonra katı faza yoğunlaşır. Kavrulmuş arsenik tozunun ve cıvaların çoğu, bir doku torba filtrede ayrılır. Kavurucu toz olarak bilinen ayrılmış toz, bir beton silosunda atık depolama için kapalı bir sistemde toplanır ve taşınır.

Yaklaşık %10 SO<sub>2</sub> içeren atık gazlar ayrıca bir ıslak faz arıtım hattında işlenir. Islak faz işleminden gelen tüm sızıntılar merkezi bir su arıtma tesisinde arıtılmaktadır. SO<sub>2</sub> içeren proses gazı daha sonra bir merkezi gaz yıkayıcıda bir karıştırma kulesine yönlendirilir, ancak alternatif olarak doğrudan sülfürik asit santraline yönlendirilebilir. Sülfürik asit santralinden önce, sülfür (yaklaşık%10 hacimce SO<sub>2</sub>) ve ağır metal içeren gazlar da yıkanır ve cıvayı uzaklaştırmak için temizlenir. Civa, bir dizi teknikle, (örn. selenyum, yüzey emdirme, HgCl<sub>2</sub> aktif karbon filtreleme kullanarak) ortamdan uzaklaştırılır. Gaz hacmi 30 000 m<sup>3</sup>/saat ile 170 000 m<sup>3</sup>/saat arasında değişir. Filtrelemeden önceki civa (toplam) konsantrasyonları, 10 µ/m<sup>3</sup> ile 9900 µ/m<sup>3</sup> arasındadır ve filtrelemeden sonra 3 µ/m<sup>3</sup> ile 50 µ/m<sup>3</sup> arasındadır. Bu, kullanılan civa uzaklaştırma teknolojilerine bağlı olarak %70-99,7 oranında civa uzaklaştırıldığını gösterir.

Akışkanlaştırılmış yatak kavurucu fırını ve gaz arıtma sisteminin bir akış şeması Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13: Akışkan yataklı kavurucu fırın ve gaz arıtma sisteminin akış şeması

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Ham maddelerin geri kazanımı.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Yüksek dereceli arsenik içeren bakır konsantrelerinin kavrulması için 1980 yılında Boliden Rönskär (SE) izabe fırınında akışkan yataklı kavurucu fırın kurulmuştur. Proses birimi tamamen kaplıdır ve entegre edilmiştir. Operatörler tarafından uzaktan kumanda odasından çalıştırılır ve sürekli denetlenir.

Besleme 40-45 ton/saat ve hava (akışkanlaştırma) 25 000–30 000 Nm<sup>3</sup>/saattir. Soğutma kulesi saatte 5-10 m<sup>3</sup> su tüketir. Bu aşamada herhangi bir kanalizasyon emisyonu oluşmaz, çünkü atık gaz, daha fazla gaz temizlemenin gerçekleştirildiği bir sülfürik asit tesisine yönlendirilir.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Su tüketimi.
- Depolanacak tehlikeli atık (kavurucu tozu) üretimi.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Mevcut tesislerde, torba filtre, metallerin indirgenmesi ve sülfürün geri kazanımı için halihazırda mevcut olan atık gaz sistemleriyle entegre edilebilir.

#### Ekonomik veriler

İsveç'in Outotec tarafından yapılan yatırım tahminleri, altyapıya sahip mevcut bir tesiste maliyetin 200 milyon Euro olduğunu belirtti. Maliyet tahmini fırın, soğutma kuleleri, siklonlar ve filtreleri içermektedir.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Ham maddelerin geri kazanımı.
- Kavrulmuş tozun azaltılması.
- Çevre mevzuatına uygunluk.
- İzabe işlemi ve dönüştürme gibi birbirini takip eden proses adımlarında arsenik miktarının azaltılması. Bu, iyi bir çalışma ortamı ve ürün kalitesini korumak için

yararlıdır.

### Örnek tesisler

Boliden Rönnskär (SE).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.9. Birincil ve ikincil bakır üretimi

### 3.3.10. Birincil ve ikincil bakır üretiminde fırınların/konverterlerin yüklenmesinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Hammaddelerin briketlenmesi ve peletlenmesi,
- Tek bir jet brülör, çift çan, kapı sızdırmazlığı, kapalı konveyörler/besleyiciler, banyoya pnömatik enjeksiyon gibi kapalı yükleme sistemleri,
- Fırının indirgenmiş basınç altında yüklenmesi, şişirme sırasında dönüştürücülerin yüklenmesi, yükleme sistemlerinin modifikasyonu, hammaddelerin küçük, hatta ilaveleri veya düzgün sürekli besleme akışı gibi yükleme prosedürleri,
- Verimli duman giderme ve atık gaz temizleme sistemli fırın, muhafaza ve davlumbazların yerleştirilmesi.

#### Teknik açıklama

Yükleme işlemlerinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için uygulanan teknikler, fırının türüne ve tozlu malzeme, hacimli katı veya erimiş besleme malzemesi gibi besleme tipine bağlıdır.

#### *Hammaddelerin briketlenmesi ve peletlenmesi*

- İnce ve tozlu giriş malzemeleri briketlerde sıkıştırılır veya pelet haline getirilir. Bu işlem esas olarak fırın gereksinimlerini karşılamak için yapılır, ancak yayılı emisyonların azaltılmasında da etkilidir.

#### *Kapalı yükleme sistemleri*

- Kapalı konveyörler veya besleyiciler uygulanır.
- Konveyörler, transfer noktaları, depolama kutuları ve besleyiciler için havalandırma sistemleri kullanılabilir.
- Tek bir jet konsantrat brülörü ile flaş izabe fırınının (FSF) sızdırmaz yükleme sistemi
- Şaft fırınının çift çanlı sistemle yüklenmesi. Yükleme bölümleri, yayılı emisyonları toplayan ve torba filtrelerinde temizleyen havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Tozsuzlaştırılmış hava, fırında bulunan yakıt püskürtme havası veya yerel bir santralde ilave yanma havası olarak kullanılabilir.
- Kapalı asansörlü yükleme sistemi ile elektrikli fırın yüklemesi.
- Bir atlama kapısı sızdırmazlık sistemi ile katı besleme malzemesinin yakıt püskürtme şaft fırınına yüklenmesi.
- İnce malzeme fırının ergitme banyosuna pnömatik olarak enjekte edilebilir.

#### *Yükleme prosedürleri*

- Üfleme etkisini azaltmak için fırınların/konvertörlerin düşük basınç altında yüklenmesi. Fırını yükleme sistemlerinin modifikasyonu, şişmelerden kaçınmak için küçük, eşit miktarda ham madde veya düzgün sürekli besleme malzemesi sağlamaktır. Bu teknikte fırının beslemesi sabittir ve emisyonda dalgalanma yoktur. Bazı durumlarda, kesintili bir besleme, fırından proses gazlarının şişmelerine neden olur. Bu nedenle, bu durumlarda sürekli besleme tercih edilir.



*Verimli duman giderme ve atık gaz temizleme sistemli fırın, muhafaza ve davlumbazların yerleştirilmesi.*

- Fırın ve yükleme noktalarında muhafaza/davlumbaz bulunmaktadır (örn. TBRC, elektrikli fırın).
- Yükleme delikleri, birincil ve/veya ikincil yakalama davlumbazları ve hedefli duman toplama sistemleri (PS dönüştürücüler ve döner anot fırınları) ile donatılmıştır. Optimum toplama verimliliği sağlamak için davlumbazlar motor tahriklidir. Otomatik kontroller, dönüştürücünün açıldığı veya kapandığı dönemlerde üfleme önler.
- Davlumbazın açılması veya kapanmasını önlemek ve emisyonları azaltmak için konvertörlerin üflenmesi sırasında davlumbaza doğru akı ve hurda yüklemesi yapılması.
- Vinçle bütünleşik bir davlumbaz, ikincil dönüştürücü fırınlarının (örn. TBRC'ler) yüklenmesinden ve boşaltılmasında kaynaklanan emisyonları azaltmak için çok etkili bir cihaz olarak kullanılabilir.
- Yükleme sistemleri, tahliye ve ardından bir atık gaz temizleme sistemi ile sağlanır.
- Havalandırma havası, fırından çıkan atık gazın ana akımı ile birlikte veya ayrı olarak temizlenerek, daha sonra havayla fırına geri gönderilir (veya ek yakma havası olarak santrale gönderilir) veya Merkezi ikincil gaz temizleme sisteminde temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.2, 3.3.3.3, 3.3.3.5, 3.3.3.6, 3.3.4.1, 3.3.4.2 ve 3.3.5.1).

TBRC'ler veya elektrikli fırınlar ve yükleme noktaları ocağın altındadır veya bir havalandırma sistemi ile kapalı bir binada bulunur.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz, metal ve diğer bileşik emisyonlarının azaltılması.
- Proses sırasında filtre tozu tekrar kullanıldığında hammaddelerin korunması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

FSF konsantre besleme sistemi Hamburg, Pirdop, Huelva ve Głogów 2 tesislerinde uygulanmaktadır. Kurutulan besleme malzemesi karışımı bir yük haznesinde toplanır ve bir ağırlık kaybı besleyicisiyle reaksiyon şaftının çatısında bulunan merkezi sızdırmaz konsantre brülöre beslenir. Havalı bir banda sahip bir konsantre brülör (tek jetli brülör), besleme malzemesini oksijen bakımından zenginleştirilmiş hava ile karıştırır. Hamburg'da elektrikli fırın, kapalı bir asansörlü yükleme sistemi üzerinden yüklenir. Fırının üstü muhafaza altına yerleştirilmiştir. İnce ve çamur tipi besleme malzemeleri peletlenir.

KRS fırınının (Lünen) yüklemesi sızdırmaz bir sistemde gerçekleştirilmektedir. Yükleme sistemleri kapalı ve bir atık gaz yakalama sistemi ile donatılmıştır. TBRC fırınının yükleme ve deşarj işlemleri, ilgili dumanı yakalamak için entegre bir ocağa sahip olan bir vinç ile yapılır. Davlumbaz, bir gaz sistemi aracılığıyla atık gaz ve filtreleme tesislerine bağlanır.

Kabarcık ve bakır hurdası (Aurubis Olen), bir yüksek kaldırma ergitme fırınının şaftına bir skip vinçle yüklenir ve kapalı bir sistem vasıtasıyla fırına yüklenir.

KGHM Głogów 1 ve Legnica'da, şaft fırını yükleme sistemi, üç fırının her biri için briket, kok ve dönüştürücü cürufu için üç yükleme deposunu içerir. Her bir malzemenin tartılmış kısımlarının fiili olarak yüklenmesi, bir çift çan sistemi vasıtasıyla fırının tepesinden otomatik olarak yapılır. Şaft yükleme bölümü (briketlenmiş konsantre ve yardımcı malzemelerin) bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır.

Głogów 1'de, torba filtrelerinde (3 x 21 000 Nm<sup>3</sup>/s) toz toplanır ve prosese geri döndürülür. Süreksiz toz ölçümleri yılda dört kez yapılır. Toz seviyeleri 3–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. İzabe prosesini sürdürmek için fırın içine üflenmiş havanın bir parçası olarak tozsuzlaştırılmış gaz şaft fırınına geri döndürülür.

Legnica'da havalandırma sistemindeki toz üç torba filtrede toplanır. Süreksiz toz ölçümleri yılda

### Bölüm 3

dört kez yapılır. 2–10 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında toz seviyeleri elde edilir. Santralde ek gaz olarak tozsuzlaştırılmış gaz kullanılmaktadır.

Głogów 2'de, yükleme pnömatik olduğundan ve ağırlık azaltma sistemi kullandığından, yükleme alanından yayılan emisyonlar yoktur. Pnömatik taşıma için kullanılan hava, konsantre kurutucudan çıkan hava için kuru ESP'de tozsuzlaştırılmıştır.

Belçika'daki Metallo-Chimique'de dökümhanedeki tüm fırınlar, yükleme faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını yakalamak için tamamen kapatılmıştır. İnce malzeme pnömatik olarak taşınır ve çift cidarlı borularla fırınların eritme banyosuna enjekte edilir. Kapalı titreşimli besleyiciler de kullanılır. Fırınlar, toz emisyonlarını azaltmak ve dioksinleri ve diğer uçucu organik kimyasalları adsorbe etmek için ekstraksiyon ve atık gaz temizleme sistemleri ile donatılmıştır.

İspanya, Elmet'de, izabe fırını, yükleme faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını yakalamak için tamamen kapatılmıştır.

Montanwerke Brixlegg'de, şaft fırınının, bekletme fırını, konvertör ve anot fırınının yükleme ve boşaltma bölümleri, torba filtrelerinde duman toplama ve temizleme için havalandırma sistemleriyle donatılmıştır.

#### Ortamlar arası etkiler

Temizlik ekipmanlarının havalandırılması ve çalıştırılması için enerji tüketiminde artış.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak fırın tipine, proses tipine (seri veya sürekli çalışma) ve alanın kullanılabilirliğine bağlı olarak uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Yayılı emisyonların azaltılması.
- Çevre mevzuatına uygunluk.

#### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg and Lünen (DE), Aurubis Olen (BE), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), and Metallo-Chimique Beerse (BE).

#### Kaynak

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.11. Birincil bakır üretiminde izabe fırınlarından çıkan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler

Bakır konsantreler, bir bakır mat veya blister bakır ve bakır cürufuna ayrılabilen bir eriyik üretmek için yüksek sıcaklıklarda (> 1100 ° C) bir fırında eritilir.

Mata aşağıdaki izabe prosesleri uygulanır:

- Oksijen zenginleştirilmesi kullanılarak izabe (ör. flaş izabe);
- Elektrikli bir fırında kurutulmuş veya kısmen kavrulmuş konsantrelerin yığınlarının izabesi;
- Düşük demir ve sülfür içerikli ve yüksek karbonlu bir konsantreli (şaft) fırınının izabesi;
- Üfleme borusu teknikleri (örneğin, üst-üflelemeli döner ya da üst batık üflelemeli

- sabit fırınlar) aracılığıyla harman izabe işlemi;
- Sürekli izabe (örn. basamaklı reaktörler, flaş reaktörler).

Düşük demir ve kükürt içerikli bakır konsantreler, bir konvertör aşamasına gerek olmaksızın doğrudan bir blister fırında (ör., Flaş) blister için izabe edilebilir. Bunlardan sadece Polonya, Avustralya ve Zambiya'da ticari bir ölçekte sadece flaş izabe teknolojisi kullanılmaktadır. Direkt-blister prosesinde, bir izabe basamağında blister bakır üretilir, böylece potada erimiş matın taşınması ve mat dönüşümü önlenir. Bu, pota transferi ve dönüştürme adımından SO<sub>2</sub> emisyonlarını ortadan kaldırır.

Mitsubishi sürekli izabe, sürekli flaş dönüştürme, üst batırma borusu teknolojisi [305, Ausmelt 2009] ve Noranda sürekli izabe gibi diğer teknikler uygulanır, ancak AB-28 bunun dışındadır. Flaş izabe ve flaş dönüştürme (çift flaş) kombinasyonunda, erimiş mat, birincil izabe fırını kepeğine konvertöre aktarılmaz; bunun yerine mat granüle edilir ve öğütülür ve daha sonra flaş dönüştürücüye sürekli olarak beslenir. Böylece, pota trafiğinden SO<sub>2</sub> emisyonları önlenir. Flaş izabe durumunda olduğu gibi, flaş dönüştürücüsünden SO<sub>2</sub> içeren gaz akışı sürekli ve önemli ölçüde dalgalanma göstermez. Gazın küçük gaz hacmi ve yüksek kükürt dioksit içeriği asit tesislerinde gaz temizliği ve sülfür yakalanmasını kolaylaştırır ve bu da sülfür geri kazanım verimliliğini artırır.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Sızdırmaz/kapalı fırınlar, oksijen zenginleştirme ve negatif basınç altında çalışma.
- Verimli bir ekstraksiyon ve güçlendirilmiş emiş sistemi ile gövde, muhafazalar, kapalı oluklar ve yakalama davlumbazları.
- Atık ısı kazanı (WHB) ve sıcak ESP, ardından bir sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2) veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisi (Bölüm 2.12.5.4.3'e bakınız). Bu azaltma teknikleri, flaş izabe ve elektrikli fırınlardan birincil atık gazının arıtılması için düşünülmektedir.
- Çökeltim odası, siklon ve Venturi gaz yıkayıcı, ardından bir SO<sub>2</sub> azaltma sistemine sahip bir enerji santrali. Bu azaltma teknikleri, şaft fırınlarından birincil atık gazının arıtılması için düşünülmektedir.
- İkincil atık gazın arıtılması için torba filtre (kuru kireç içeren veya içermeyen) veya ıslak gaz yıkayıcı, yarı kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre sistemi.

### Teknik açıklama

*Sızdırmaz/kapalı fırınlar, oksijen zenginleştirme ve negatif basınç altında çalışma*

Gazlar içermek ve emisyonları önlemek için, eritme prosesleri sırasında fırınlar etkili bir şekilde sızdırmaz hale getirilir, örn. flaş fırını, elektrikli fırın. Fırın sızdırmazlığı, fırının basıncını önlemek için yeterli gaz çıkarma oranlarına dayanır. Duman çıkışlarını önlemek için çalışma negatif basınç altında (~50Pa) gerçekleştirilir.

Sülfür esaslı konsantreler dahil olmak üzere yükün ototermal oksidasyonuna izin vermek için oksijen zenginleştirilmesi kullanılır ve sülfürik asit tesislerinde daha verimli dönüşüm ve geri kazanım proseslerine izin veren yeterli veya yüksek kükürt dioksit konsantrasyonlarına sahip proses gazları üretir. Bu ayrıca, atık gazı hacimlerinin minimuma indirilmesine ve sülfürik asit santralleri de dahil olmak üzere gaz taşıma ve azaltma sistemlerinin, boyut olarak küçültülmesine izin verir.

*Verimli bir ekstraksiyon ve güçlendirilmiş emiş sistemi ile gövde, muhafazalar, örtülü havalandırıcılar ve yakalama davlumbazları*

Flaş izabe fırını reaksiyon şaftının, çöktürücünün ve hava bacasının çatıları havalandırılabilir ve egzoz gazları yakalanabilir. Ek olarak, yakalama davlumbazları cürufun ve mat boşaltım deliği üstünde bulunur. Fırından döküm sırasında üretilen yayılı gazları toplamak için havalandırma sistemlerikurulmuştur. FSF prosesinde kullanılmak üzere, havalandırma kaynaklı gazlar kısmen yeniden dolaştırılabilir.

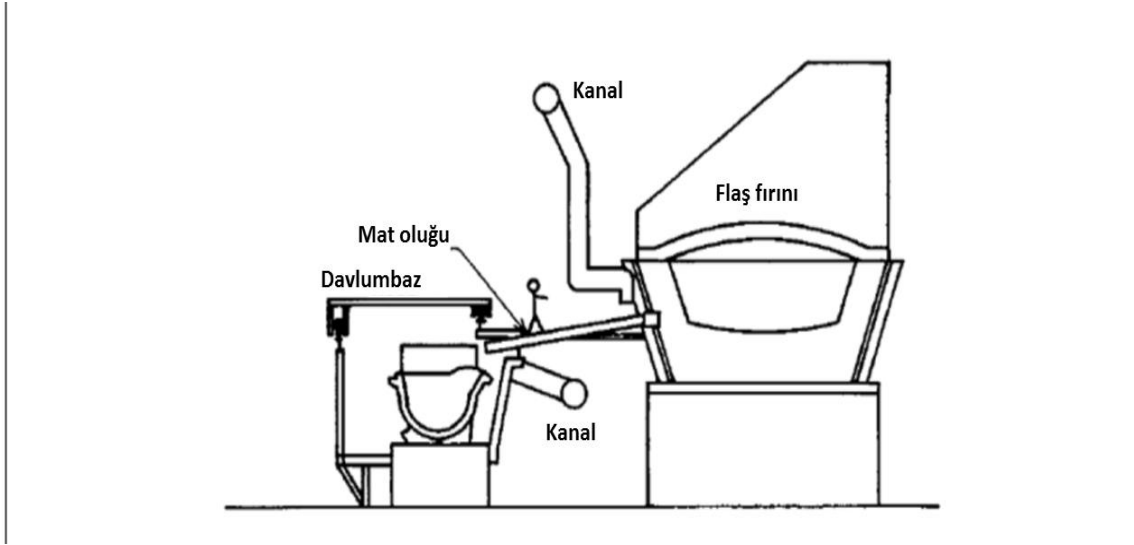
Kapalı lapalar, mat ve cürufu fırından uzaklaştırmak için kullanılır. Fırından döküm sırasında, kepeçler alanda gaz sızıntılarını önlemek için hareketli bir kapı/bariyer ile kapatılmış bir

### Bölüm 3

muhafaza/tünelin içine yerleştirilir. Davlumbazlar kepçe yükleme alanının üstüne yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.14). Sızıntıları önlemek ve optimum toplama verimliliğini sağlamak için davlumbazlar ve muhafazalar negatif basınç altında tutulur.

Bazı izabe fırınlarında, kalıntı yayılı emisyonları yakalamak için çatı ekstraksiyonu da uygulanır. Değişken hız fanları, değişen koşullara uygun ekstraksiyon oranları sağlamak için kullanılır.

Sistemler, optimum toplama verimliliğini sağlamak ve yayılı emisyonları önlemek için fanlar, vanalar ve damperleri otomatik olarak çalıştırmak için kullanılır. Hava geçirmezliği sağlamak ve kaçakları önlemek için fırınların, kanalların, fanların ve filtre sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve önleyici bakımı yapılır.



Şekil 3.14: Toyo izabe fırınında mat fırına döküm için yerel davlumbaz

*Atık ısı kazanı (WHB) ve sıcak ESP, ardından bir sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2) veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisi (Bölüm 2.12.5.4.3'e bakınız).*

Flaş izabe fırını ve elektrikli fırın gibi konsantre izabe fırınlarından çıkan birincil atık gazlar, atık ısı kazanı içinde soğutulur ve ayrıca toz giderme için sıcak ESP'den geçirilir. Kaba toz giderme WHB'de gerçekleşir. ESP, ıslak gaz yıkama ve soğutma bölümünde sonraki toz giderilmesinden önce toz seviyelerini azaltmak için kullanılır. Çoğu izabe fırınında, gazlar, dönüştürücülerden gelen gazlarla karıştırılır. Gaz temizleme aşamalarından çıkan SO<sub>2</sub> içeren atık gazlar esas olarak sülfürik asit tesislerinde (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1) veya sıvı SO<sub>2</sub> tesislerinde (Bölüm 2.12.5.4.3'e bakınız) işlem görür. Temas işleminden önce gaz temizliği (tozun uzaklaştırılması ve işlenen ham maddenin ve üretilen asidin özelliklerine bağlı olarak cıva çıkarılması) katalizörü korumak ve pazarlanabilir bir asit üretmek için gereklidir.

*Çökeltim odası, siklon ve Venturi gaz yıkayıcı bir enerji santrali*

Şaft/yüksek fırından gelen birincil atık gazlar, çökeltme haznesi, siklon ve Venturi gaz yıkayıcıda temizlenir ve (CO içerdiklerinden), ek bir yakıt olarak bir enerji santralinde sonradan yakılır. Santralden gelen baca gazları desülfürize edilir. Kükürt giderme yarı kuru bir gaz yıkayıcıda veya bir polietilen esaslı emilim/desorpsiyon prosesinde gerçekleşir (bkz. Bölüm 3.3.3.9). Fırınlardan çıkan proses gazları, kapalı bir devrede fırın beslemesine geri dönüştürülen belli bir miktarda toz (flaş fırın besleme malzemesinin yaklaşık% 6-7'si) içerir.

*Torba filtre (kuru kireç enjeksiyonlu veya kuru kireçsiz) veya ıslak gaz yıkayıcı, yarı kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre sistemi*

İkincil atık gazlar, bir gaz temizleme sisteminde (ıslak gaz yıkayıcı ve/veya torba filtre) temizlenir. Şaft fırını yükleme bölümü (briketlenmiş konsantrat ve yardımcı malzemelerin) bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır ve şaft fırına geri dönen egzoz gazı torba filtrelerde (Bölüm 3.3.3.1'e bakınız) ve (fırına bağlı olarak) üflenen havanın bir kısmı olarak temizlenir ya da yanma havası olarak yerel enerji santraline gönderilir.

Fırın havalandırmadan toplanan dumanlar ve boşaltım deliğinin havalandırması, oluklar ve pota

yuvası, SO<sub>2</sub> içeriğine bağlı olarak kuru kireç enjeksiyonu veya ıslak gaz yıkayıcılı bir torba filtrede işlenir. Bazı durumlarda, tozsuzlaştırılmış havalandırma gazları, kısmen baca gazları desülfürize edildikten sonra, yerel enerji santrallerinde yanma havası olarak gönderilir ya da işlenmesi için yeniden sirküle edilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve kükürt dioksit emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Dumanların kaynağında etkin bir şekilde yakalanması ve yayılı emisyonların azaltılması.
- Oksijen zenginleştirilmesi ile kullanılan yakıt miktarının azaltılması.
- Toz giderme sistemlerinden kükürt ve tozun geri kazanımı.
- Atık ısı kazanından buhar üretimi.
- Şaft fırını atık gazından enerji içeriğinin geri kazanımı.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

SO<sub>2</sub>, asit santralinde sülfürik asit formunda geri kazanılır. Toz giderme sistemlerinde toplanan baca tozu izabe fırınına geri dönüştürülür. Atık ısı kazanından üretilen buhar, bakır konsantreleri, diğer üretim ihtiyaçları (örneğin bakır rafinerisi) veya elektrik enerjisi üretimi için kullanılır. Şaft fırınından çıkan gazlar (%10 CO içeren) CO'yu yok etmek ve enerjiyi geri kazanmak için yerel enerji santraline iletilir.

Birincil flaş izabe işleminde, avantaj, konsantrelerin ısı değerinin optimum kullanımı nedeniyle standart yakıt tüketiminin ve emisyonlarının azaltılmasıdır. Birincil izabe fırınları için ana işletme ve performans verileri Tablo 3.42'de özetlenmiştir.

Flaş izabe fırını ve %20-45 SO<sub>2</sub> içeren ve yaklaşık 1350-1400 ° C sıcaklıkta doğrudan-blisterli flaş fırından gelen birincil atık gazlar, atık ısı kazanı içinde 400 ° C'nin altına soğutulur. Kazandan çıkan gazlar, tozun giderilmesi için elektrostatik çöktürücülerden geçer. Bakır matta flaş izabe fırınında, gazlar, gaz dönüştürücülerden gelen gazlarla karıştırılır ve bir sülfürik asit santrali veya sıvı SO<sub>2</sub> santralinde (Hamburg, Pirdop, Huelva, Harjavalta, Rönnskär) işlem görür. Doğrudan-blister flaş izabe işleminde, gazlar ısı geri kazanımı ve gaz temizlemesinden sonra bir sülfürik asit fabrikasında işlenir (Głogów 2). ESP'den sonraki toz seviyelerinin asit santralinin yıkama bölümünden önce 50-150 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında olduğu bildirilmiştir. Atık ısı kazanından üretilen buhar, bakır konsantrelerin kurutulması, tank deposundaki ve izabe fırınındaki üretim ihtiyaçları için veya ısıtma amacıyla (Pirdop, Hamburg, Boliden, Huelva, Głogów 2) kullanılır. 45 barda üretilen buhar da elektrik enerjisi üretmek için kullanılır, örn. Huelva (yaklaşık 28,8 MWth) ve Głogów 2.

Tüm izabe fırınları, tipik olarak flaş izabe fırını için %40-60 O<sub>2</sub> aralığında ve şaft fırını için yaklaşık %25 oranında oksijen zenginleştirilmesi kullanırlar.

Atlantik Copper'da, fırından boşaltma sırasında üretilen yayılı emisyonları toplamak için havalandırma sistemleri kurulur. Boşaltma ve havalandırmadan gelen gazları, FSF prosesinde kullanılmak üzere proses havası fanına kısmen sirküle edilir. Kalan FSF havalandırma ve boşaltma gazları kireç enjeksiyonu ile bir torba filtrede işlenir.

Aurubis Hamburg'da, FSF reaksiyon şaftının, çöktürücünün ve giriş şaftının çatısı havalandırılır ve havalandırma gazları, boşaltma sırasında potaları yerleştirmek için oluklar ve boşaltım deliklerinde toplanan havalandırma gazları ile birleştirilir. Gazlar, ortak bir ikincil gaz temizleme sisteminde, kuru kireç enjeksiyonlu bir torba filtre ile temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Pirdop'ta, boşaltım delikleri yakalama davlumbazları ile donatılmakta, oluklar kaplanmakta ve davlumbazla birlikte bir pota yerleştirilmektedir. Boşaltma sırasında üretilen yayılı emisyonlar, ortak bir ikincil gaz temizleme sisteminde (ıslak gaz yıkayıcı ve torba filtre) SO<sub>2</sub> için alınır ve artırılır (bkz. Bölüm 3.3.3.6). Boşaltım deliğinden gelen havalandırma gazı, dış ortam havası kullanmak yerine, gazın flaş fırınının brülörüne geri dönüştürülmesi için proses havası fanlarının girişine sokulur. Çatı ekstraksiyonu kalıntı kaçak emisyonlarını yakalar ve bunları gaz temizleme sistemine yönlendirir.

Boliden Harjavalta'da flaş fırının boşaltım delikleri ve deşarj sistemleri davlumbaz ve havalandırma

ile donatılmıştır. Flaş izabe alanından gelen havalandırma gazları (110 000 Nm<sup>3</sup>/saat), merkezileştirilmiş torba filtrelerinde işlemden geçirilir ve daha sonra bacaya gönderilir. Elde edilen seviyeler, toz için <5 mg/Nm<sup>3</sup> ve günlük ortalama olarak SO<sub>2</sub> için <500 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Boliden Rönnskär'da, elektrikli ocaktan (250 000 Nm<sup>3</sup>/saat) gelen davlumbaz gazları bir torba filtrede arıtılır. Toz ve SO<sub>2</sub> sürekli olarak ölçülür. Elde edilen seviyeler hem günlük ortalama olarak hem de toz için <5,46 mg/Nm<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> için <562 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Głogów 1'de, 300–650 °C sıcaklıktaki şaft fırını atık gazları çok kademeli bir sistemde (çökeltme odası, siklonlar ve Venturi gaz yıkayıcı) temizlenir. Nispeten yüksek karbon monoksit konsantrasyonu (yaklaşık %10), atık gazlarını yanıcı hale getirir, böylece ek yakıt olarak yerel enerji santraline aktarılır. Santralden gelen baca gazları, yarı kuru bir kükürt giderme tesisindeki yaklaşık %82'lik bir verimlilikle desülfürize edilir. Sülfür dioksit, gazdan Ca(OH)<sub>2</sub> süspansiyonuna emilir. Süspansiyondaki suyun tamamı buharlaşır ve kuru ürün torba filtrelerinde toplanır. Temiz gaz <20 mg/Nm<sup>3</sup> toz ve <950 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> içerir. Torba filtrelerde toplanan toz, izabe proseslerini iyileştirmek için kısmen fırınlara geri döndürülür ve kısmen depolanır. Şaft fırınlarının (iki operasyonda) boşaltma bölümleri, daha sonra torba filtrelerde (60 000 Nm<sup>3</sup>/s) temizlenen ve santralde ek hava olarak kullanılan yayılı emisyonu emen havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Bu şekilde, bu akışta görünebilen herhangi bir SO<sub>2</sub> kalıntısı sonunda desülfürize edilir.

Legnica'da, 300–650 °C sıcaklıktaki şaft fırını atık gazları çok kademeli bir sistemde (çökeltme odası, siklonlar ve Venturi gaz yıkayıcı) temizlenir. Nispeten yüksek karbon monoksit konsantrasyonu (yaklaşık %10), atık gazlarını yanıcı hale getirir, böylece ek yakıt olarak yerel enerji santraline aktarılır. Santralden gelen baca gazları, elektrofiltrelerde tozsuzlaştırılır ve bir sonraki aşamada, sülfürik asit bitkisinden gelen atık gazları ile birlikte polietere esaslı emilim/desorpsiyon tesislerinde desülfürize edilir (bkz. Bölüm 3.3.3.9). Şaft yükleme bölümü (briketlenmiş konsantre ve yardımcı malzemeler için bkz. Bölüm 3.3.3.1) ve şaftlı fırın boşaltma bölümleri, tozun bir torba filtrede toplandığı havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Santralde ek gaz olarak tozsuzlaştırılmış gaz kullanılmaktadır.

Głogów 2'de, flaş fırını atık gazları, ısı ve bazı kaba tozları geri kazanmak için atık ısı kazanına aktarılır. Daha sonra gazlar bir elektrostatik çöktürücüde tozsuzlaştırılır ve bir çift dönüşümlü sülfürik asit santraline (bir radyal akış gaz yıkayıcı (RFS) ve ön-arıtma için ıslak elektrostatik çöktürücü içerir) gönderilir. Konsantre, flaş fırının besleme sistemine pnömatik olarak beslenir. Fırının atık gazı, atık ısı kazanına transfer edilir. Flaş fırınının boşaltma bölümünde bir havalandırma sistemi vardır. Gazlar (yaklaşık 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat), bir torba filtrede, SO<sub>2</sub>'yi yakalamak için bazı kireçlerin üflendiği filtre ile tozsuzlaştırılır. Bu, cüruf boşaltma sırasında çalışır. Bakır blisterin boşaltılması sırasında ek bir ıslak tozsuzlaştırma sistemi-sirküle eden soda solüsyonu içeren bir Venturi gaz yıkayıcı kullanılır. Süreksiz toz ve SO<sub>2</sub> ölçümleri yılda dört kez yapılır. Flaş fırından cüruf, bir Cu-Pb-Fe alaşımının daha fazla dönüştürülmek üzere oluşturulduğu bir elektrikli fırın içinde işlenir (Bölüm 3.3.3.4.2'deki açıklamaya bakınız). Son cüruf granüle edilir.

Tablo 3.42: Birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 1)

Kuruluş	Atlantic Copper	Aurubis Hamburg	Aurubis Pirdop	Boliden Harjavalta
Fırın tipi	FSF, Tek jetli brülör, Oksijen zenginleştirme %40-60	FSF, Tek jetli brülör, Oksijen zenginleştirme %55-60	FSF, Tek jetli brülör, Oksijen zenginleştirme %45-60	FSF, Tek jetli brülör, Oksijen zenginleştirme %65-85
Kapasite	4000 t/g	4000 t/g	4000 t/g	2180 t/g
Birincil gaz kontrolü	WHB ve ESP buharı 52 t/saat	WHB ve ESP buharı 49 t/ saat, ESP toz < 100 mg/Nm <sup>3</sup>	WHB ve ESP buharı 54 t/ saat, ESP toz < 150 mg/Nm <sup>3</sup>	WHB ve ESP buharı 40 t/ saat
Birincil gaz arıtma	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi
Parametre	<b>Birincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
SO <sub>2</sub>	Bakınız Bölüm 2.7.2			
İkincil gaz toplama kaynakları	FSF havalandırma, boşaltım deliği,	FSF havalandırma, boşaltım deliği, oluklar	FSF havalandırma, boşaltım deliği, oluklar	Havalandırma flaş izabe alanı
İkincil gaz arıtma	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Kuru gaz yıkayıcı, ıslak gaz yıkayıcı ve torba filtre	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre
Max. akış oranı (Nm <sup>3</sup> /saat)	99 000	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir
Parametre	<b>İkincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
Denetim aralığı	Yılda 5 kez	Sürekli	Sürekli	Sürekli
Toz	Sunulmamış	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
Denetim aralığı	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli
SO <sub>2</sub>	Sunulmamış	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
Denetim aralığı	Uygulanamaz	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
Cu	Ölçülemedi	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bakınız Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
Pb				
As				
Cd				
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]				

Tablo 3.43: Birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 2)

Kuruluş	Boliden Rönnskär	KGHM Głogów 2	KGHM Legnica
<b>Fırın tipi</b>	FSF, Tek jetli brülör, Oksijen zenginleştirme ~ %55	FSF doğrudan blister	3 Şaft fırınları, 2 işletme, Atık gaz 300–650 ° C, Hava üfleme 17 000–32 000 Nm <sup>3</sup> /saat, Oksijen zenginleştirme ~%23,5
<b>Kapasite</b>	Belirtilmemiştir	125 t/saat	20–35 t/saat
<b>Birincil gaz kontrolü</b>	WHB ve ESP buharı 20 t/saat	WHB ve ESP buharı 64 t/saat	Çöktürücü tankı, siklonlar ve Venturi gaz yıkayıcılar, Enerji santrali
<b>Birincil gaz arıtma</b>	Çift kontak/çift emilim asit tesisi ve sıvı SO <sub>2</sub> tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi (ön arıtma için RFS ve ıslak ESP dahil)	Solinox tesisinde baca gazlarının desülfürize edildiği ek yakıt olarak yerel enerji santralinde yanma
<b>Parametre</b>	<b>Birincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>		
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz
<b>Toz</b>	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz
<b>Denetim aralığı</b>	Bakınız Bölüm 2.7.2	Sürekli	Sunulmamış
<b>SO<sub>2</sub></b>	Bakınız Bölüm 2.7.2	140–800 (günlük ortalama) 270 (yıllık ortalama)	Sunulmamış
<b>İkincil gaz toplama kaynağı</b>	Elektrikli fırından, flaş fırından ve kurutuculardan gelen havalandırma gazları	Flaş fırından dökülen bakır ve cürufun havalandırılması	Şaft fırınlarından malzeme yükleme, eriyik boşaltma ve yükleme çevresinin havalandırılması
<b>İkincil gaz arıtma</b>	Torba filtre	Yarı kuru desülfürizasyon ve torba filtre	Torba filtreler ve bacalardan ortaya çıkan emisyonlar
<b>Toz</b>	331 000	132 000	22 000 maksimum
<b>Parametre</b>	<b>İkincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>		
<b>Denetim aralığı</b>	Haftada bir	Yılda 4 kez (1 saat)	Yılda 4 kez (1 saat)
<b>Toz</b>	0.133–5.46 0.812 (yıllık ortalama)	1–5 2 (yıllık ortalama)	2–10
<b>SO<sub>2</sub></b>	Sunulmamış	0–100 23 (yıllık ortalama)	0.5–78
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 12 kez	Yılda 4 kez	Belirtilmemiştir
<b>Cu</b>	< 0,01–0,627	0,04–0,65	Belirtilmemiştir
<b>Pb</b>	< 0,01–0,119	0,1–1,1	
<b>As</b>	< 0,01–0,174	0,12–0,8	
<b>Cd</b>	< 0,01–0,005	0,005–0,05	
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012.]			



### Ortamlar arası etkiler

- Temizlik ekipmanlarının havalandırılması ve çalıştırılması için enerji tüketiminde artış.
- Islak gaz temizleme sistemleri deşarj edilmeden önce arıtılması gereken atık, atık sular ve katı atıklar da üretebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknikler yeni ve mevcut birincil bakır tesislerine uygulanabilir.

#### *Atık ısı kazanı (WHB) ve sıcak ESP*

Bu teknik, flaş fırın ve elektrikli fırın birincil atık gazları için geçerlidir ve bir sülfürik asit santralinde sonraki arıtma ile alakalıdır.

#### *Çökeltim odası, siklon, Venturi gaz yıkayıcı ve enerji santrali*

Bu teknik, düşük kükürt ve demir içeriği ve yüksek organik karbon içeriği ile konsantre ile çalışan şaft fırınları için geçerlidir.

#### *Torba filtre*

Bu teknik ikincil emisyon için geçerlidir.

#### *Islak gaz yıkayıcı*

Toplanan ikincil atık gazlarda SO<sub>2</sub> içeriğinin azaltılması için uygulanabilir. Islak temizleyicinin uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir:

- Ortamlar arası etkilerden dolayı çok yüksek atık gaz akış oranları (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Gerekli su hacmi ve atık su arıtma ihtiyacı ve ilgili Ortamlar arası etkiler ile kurak alanlarda.

#### *Yarı kuru gaz yıkayıcı*

Bu teknik, torba filtre ile birlikte toplanan ikincil atık gazdaki SO<sub>2</sub> içeriğini azaltmak için uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Aurubis Hamburg'da (bir torba filtre, borulama, davlumbaz, fan ve proses kontrolü dahil) birincil bir bakır izabe fırınında kaçak gazı yakalamak ve işlemek için mevcut bir sistem için yaklaşık 10 milyon EUR tutarında bir yatırım bildirilmiştir.

Aurubis Pirdop'ta, izabe fırınındaki kaçak emisyonların toplanması için yaklaşık 1 700 000 Euro'luk yatırım maliyeti rapor edildi. Buna flaş fırın alanındaki davlumbazlarda yapılan iyileştirmeler, döküm sırasında metal bariyerler ile pota tünellerinin kapatılması ve üç aşamalı konvertör ikincil davlumbaz sisteminin kurulması da dahildir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Emisyonların azaltılması ve azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.12. Birincil bakır üretiminde dönüştürücü fırınlardan kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

Eritme fırınındaki mat, oksijenle zenginleştirilmiş havayı Peirce-Smith (PS) veya Hoboken

konvertörlerine (AB-28'de kullanılan iki tip konvertör) üfleyerek kabarcık bakırına dönüştürülür. Dönüştürücü kepçeler aracılığıyla sıvı mat ile doldurulur. Mat, yardımcı materyaller (çizikler ve akı) ile birlikte, dönüştürücü boğazından yüklenir. Matürün dönüştürülmesi sırasında üretilen cürufklar ve bakır blister daha sonra dönüştürücüdün ayrılırken kepçelere dökülür. Dönüştürücü, aynı zamanda, flaş fırından cürufu çözen elektrikli ocakta elde edilen Cu-Pb-Fe alaşımını işlemek için de kullanılır. Konvertörlerde elde edilen blister bakır daha sonra anot fırınlarında işlenir.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Oksijen zenginleştirmesinin kullanılması ve negatif basınç altında çalışması.
- Yakalama davlumbazları ve PS dönüştürücüler için malzemelerin (hurda ve akı) davlumbazdan eklenmesi dönüştürücüler.
- Hoboken dönüştürücüler için kapalı kapakların kullanılması.
- Flaş dönüştürme kullanımı.
- Duman toplama ve verimli ekstraksiyonu sağlamak için artırılmış emiş sistemleri.
- ESP'nin ardından bir sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2) veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisi (Bölüm 2.12.5.4.3'e bakınız). Bu azaltma teknikleri birincil atık gazı arıtma için düşünülmektedir.
- Kuru kireç enjeksiyonu ile torba filtre veya ikincil atık gazı arıtımı için ıslak gaz yıkayıcı veya yarı kuru gaz yıkayıcı kullanımı.

#### Teknik açıklama

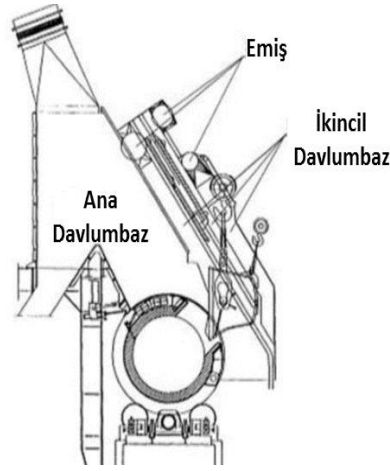
Dönüştürücü fırınlar toz, metal ve SO<sub>2</sub> havaya emisyon oluşturur. Kepçe ile transfer, aynı zamanda toz ve kükürt dioksit ihtiva edebilecek potansiyel bir yayılı emisyon kaynağıdır. Yayılı emisyonları önlemek ve yayılan proses gazlarını toplamak için uygulanan teknikler kullanılan dönüştürücüye bağlıdır.

PS dönüştürücülerde, üretilen gazlar dönüştürücü boğazından çıkar ve yakalama davlumbazları ile toplanır (bkz. Şekil 3.15). Hoboken konvertörlerinde, gazlar boğazdan geçmez, ancak bir baca ile ayrı ayrı emilir. Her iki dönüştürücüde de gazlar daha sonra soğutulur, tozsuzlaştırılır ve sülfürik asit veya sıvı SO<sub>2</sub>'ye dönüştürülmek üzere bir kükürt geri kazanım sistemine gönderilir.

#### *Negatif basınç altında çalışma, PS dönüştürücüler için yakalama davlumbazları ve Hoboken konvertörleri için kapalı kapaklar*

Dönüştürücüler negatif basınç altında çalıştırılmaktadır. PS konvertörlerin birincil atık gazları, konvertör açıklığı üzerinden bir birincil davlumbaz ile toplanır. Emisyonları önlemek için PS dönüştürücünün davlumbazından malzemeler (hurda ve akı) eklenebilir. İkincil gazlar, yakalama davlumbazları vasıtasıyla üretildikleri noktada yakalanır. PS dönüştürücüler, ana davlumbaza ek olarak üç davlumbaza kadar bir sistemle donatılmıştır. Bu davlumbazlar ya sülfürik asit tesisine (kapak 1) ya da ikincil temizleme sistemine (davlumbaz 2 ve 3) bağlanabilir. Doldurma ve boşaltma işlemleri sırasında, münferit davlumbazlar optimum toplama verimliliğini sağlayan pozisyonlara motor tahriklidir. Otomatik kontroller, dönüştürücünün açıldığı veya kapandığı sırada şişmeyi önler.

Hoboken dönüştürücülerinin çıkış gazı dönüştürücünün ucundaki bacadan emilir. Sifon, tüm operasyon aşamalarında gaz kaçımasını en aza indirir. Hoboken dönüştürücülerinin boğazları, dönüştürme prosesi sırasında emisyonları önlemek için özel kapaklarla donatılmıştır. Yükleme ve boşaltma sırasında, Hoboken dönüştürücülerinde negatif basınç korunur.



**Şekil 3.15: Dönüştürücü için ikincil davlumbaz sistemi**

#### *Duman toplama ve verimli ekstraksiyon sağlamak için kontrol sistemleri*

Kanallar ve fanlar toplanan gazları azaltma veya arıtma proseslerine iletmek için kullanılır. Toplamanın etkinliği, davlumbazların verimliliğine, kanalların bütünlüğüne ve iyi bir basınç/akış kontrol sisteminin kullanımına bağlıdır. Değişken hızlı fanlar, minimum enerji tüketimi ile gaz hacmi gibi değişen koşullara uygun ekstraksiyon oranları sağlamak için kullanılır. Akıllı sistemler, duman üreten proses aşamalarında optimum toplama verimliliğini sağlamak için fanları, vanaları ve damperleri otomatik olarak çalıştırmak için kullanılır. Hava geçirmezliği sağlamak ve yayılı yayılımları önlemek için fırınların, kanalların, fanların ve filtre sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve önleyici bakımı yapılır.

*ESP, ardından bir sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2) veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisi (Bölüm 2.12.5.4.3'e bakınız).*

Toplanan birincil atık gazlar (PS dönüştürücülerdeki ana davlumbazlar veya Hoboken konvertörlerindeki bir bacada) %5 ile %15 arasında bir içeriğe sahip olan yüksek SO<sub>2</sub> seviyeleri içerir. Bunlar tipik olarak soğutulur, toz giderme sistemlerinde arıtılır ve bir sülfür geri kazanım sistemine, sülfürik asit tesisine veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisine geçirilir.

Dönüştürücü atık gazları, buharlaşmalı soğutma bölmelerinde, atık ısı kazanlarında veya atmosferik soğutucularda soğutulur. Gazlar elektrostatik çöktürücülerde tozsuzlaştırılır ve çift kontak/çift emilim asit tesisinin gaz soğutması ve temizleme bölümünden önce flaş fırınında olduğu gibi izabe işlemlerinden diğer proses gazları ile karıştırılabilir.

Bir tesiste, dönüştürücü atık gazları, dönüşüm (%97 verimlilik) ile tek aşamalı bir asit fabrikasında işlenir, ancak atık gazları, adsorpsiyon/desorpsiyon proseslerine dayanan bir desülfürizasyon tesisinde (polieter) işleme tabi tutulur (bakınız Bölüm 3.3.3.9).

*Kuru kireç enjeksiyonu ile torba filtre veya ıslak gaz yıkayıcı, yarı kuru gaz yıkayıcı ve Torba filtre*

Dönüştürücü yüklenmesi ve deşarj edilmesi sırasında ikincil davlumbazlar tarafından yakalanan ve damlatma yoluyla ya da çatı hattı ekstraksiyonu yoluyla toplanan ikincil gaz, bir gaz temizleme sisteminde arıtılır. Gaz temizliği, dönüştürücü alanlarından gelen ikincil gazlara özgüdür veya birincil kirleticilerin çeşitli kaynaklardan gelen gazları arıtmak için ortak (merkezi) bir sistem kurulmuştur.

Bazı tesislerde, ikincil gaz temizleme sistemi kuru kireç enjeksiyonu ile bir torba filtreden oluşur. Bir tesiste, ikincil gazlar bir ıslak gaz yıkayıcı, kuru gaz yıkayıcı ve torba filtreden oluşan merkezi bir gaz ve toz gaz temizleme sisteminde temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Birincil atık gazın Cu-Pb-Fe alaşımının dönüştürülmesini sağlamak için EU-28'deki bir tesiste bir ıslak gaz yıkayıcı ve siklon damlacık ayırma kullanılır. Bu atık gazlar, sülfürik asit tesisindeki kükürdün geri kazanımı için yeterli miktarda SO<sub>2</sub> içermez ve sodalı ıslak bir gaz yıkayıcıda desülfürize edilirler.

Temizlik ekipmanlarında sızıntı ve arızaları tespit etmek için kontrol sistemleri kurulmuştur. Toplama davlumbazının, kanalların, filtre sisteminin ve fanın bakımı, toplama veya ekstraksiyon oranlarının tasarlanmış düzeyde kalmasını sağlamak için gereklidir.

#### *Flaş dönüştürme kullanımı*

EU-28'in dışında, Kennecott-Outotec sürekli mat dönüştürme prosesi kullanılmaktadır. Bu proste, flaş dönüştürücü fırınların blister olukları örtülür ve döküm açıklıkları ikincil gazların toplanması için kaplıdır. Flaş dönüştürücü ikincil gazlar, flaş izabe havalandırma gazlarına ortak olan bir torba filtrede temizlenir. Flaş dönüştürücü atık gazları, çıkış şaftından çıkar ve bir atık ısı kazanı içinde soğutulur. Kazan içindeki basınç ve sıcaklık, sülfürik asitin yoğunlaşmasını ve aşırı korozyonu önlemek için ayarlanır. Oksit baca tozunun fırından sülfatlanması için, radyasyon bölümünün girişine hava üflenir. Süzülen tozun bir kısmı atık ısı kazanı içerisine yerleşir, geri kalanı elektrostatik çöktülide toplanır. Toplama elektrotları üzerinde biriken toz tabakası tekrar fırına geri döndürülür. Gaz daha sonra sülfürik asit tesisinin gaz temizleme bölümüne yönlendirilir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- PS dönüştürücü için üç aşamalı dönüştürücü ikincil kapak sistemi, dönüştürücünün farklı çalışma rejimlerinde üretilen atık gazlarının kaynağında yakalanmasını ve yayılı emisyonların azaltılmasını sağlar.
- PS konvertörü için, emisyonları yüksek ve düşük kükürt içerikli iki farklı akıma ayırarak kükürt geri kazanımı ve SO<sub>2</sub> azaltımı için daha yüksek verimlilik sağlar.
- Oksijen zenginleştirilmesi, ısıyı eriterek bakır hurdalarının geri kazanılmasını sağlar.
- Hoboken dönüştürücü, kapalı kapaklarla çalışma sırasında emisyonların salınmasını önler.
- Flaş dönüştürücü için, yayılı emisyonların azaltılması ve baca gazında daha kararlı bir SO<sub>2</sub> içeriği.
- Atık ısı kazanından buhar üretimi.
- Toz ve kükürt dioksit emisyonlarının azaltılması.
- Sülfürün geri kazanımı.
- Tozun geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Yayılı emisyon önleme ve azaltma sistemlerinin kurulmasından önce ve sonra bir ana bakır izabe fırınında yapılan ölçümler, dağınık olmayan emisyonlara kıyasla, bu sektörden ortaya çıkan toplam yayılı emisyonların %80'ine varan emisyonların ortaya çıktığını göstermiştir.

SO<sub>2</sub> konsantrasyonu gaz, proses döngüsüne bağlı olarak değişir. İlk bakır üfleme sırasında, SO<sub>2</sub> konsantrasyonları %10'dan daha yüksek olabilir. Bununla birlikte, diğer üfleme periyotları sırasında ve dönüştürücü yüklendiğinde veya boşaltıldığında SO<sub>2</sub> konsantrasyonları çok daha düşüktür, hatta çoğu zaman sıfırdır.

Atlantic Copper Huelva, 4 PS konvertörle (ikisi de bir seferde üç adet sıcak dönüştürücü) ve ortalama 37.000 Nm<sup>3</sup>/saat üfleme hızı ile çalışmaktadır. Dönüştürücüde, atık gazları, her dönüştürücü için bir tane olan evaporatif soğutma odalarında soğutulur. İki bağımsız arıtma hattı kullanılarak, gazlar sıcak elektrostatik çöktüçülerde tozsuzlaştırılır ve daha sonra sülfürik asit tesisinin gaz soğutma ve temizleme bölümüne gönderilmeden önce flaş fırından çıkan gazlarla karıştırılır. Dönüştürücüler, davlumbaz içine girdiklerinde veya çıktıklarında yayılı gazların emisyonunu en aza indirecek bir kontrol sistemine sahiptir. Üfleme sırasında hurda ve akı kapağın içinden dönüştürücüye yüklenir. İkincil dönüştürücü davlumbazlar tarafından tutulan ikincil gazlar, SO<sub>2</sub>'nin azaltılması için kuru kireç enjeksiyonlu bir torba filtreden oluşan bir gaz arıtım sisteminde arıtılır. Toz kısmen flaş fırına besleme ile geri kazanılır.

Aurubis Hamburg ve Pirdop'ta, üç PS dönüştürücü kurulmuş; iki dönüştürücü paralel olarak üflenmiştir (üfleme hızı 750 Nm<sup>3</sup>/dak). Üfleme sırasında hurda ve akı kapağın içinden dönüştürücüye yüklenir. Böylelikle, dönüştürücüleri bacanın içine veya dışına doğru yuvarlamaktan kaçınılır ve böylece gaz salınım potansiyelini azaltır. SO<sub>2</sub> içeren proses gazları,

su ile soğutulmuş birincil başlıklarda toplanır, ESP içinde tozsuzlaştırılır ve daha sonra arıtım için asit tesisine aktarılır.

Hamburg ve Pirdop'ta, dönüştürücü yüklenmesi, pota cürufu veya metal dökümü sırasında ikincil gazların tutulması, her dönüştürücüde bir ikincil davlumbaz sistemi ile sağlanır. Yakalanan gazlar kısmen asit tesisine aktarılır ve geri kalanlar ortak ikincil gaz taşıma ve temizleme sisteminde işlenir ve tozsuzlaştırılır. Bu, Pirdop'ta ıslak gaz yıkayıcı ve torba filtre ve Hamburg'da kuru bir kireç enjeksiyonuna sahip bir torba filtre içerir. Hamburg'da, cüruf dökülürken, kepçeler ve oluk sökülebilir kapaklarla ve merkezi ikincil gaz işleme sisteminde yakalanan ve tozsuzlaştırılan gazlarla kapatılır. Pirdop'ta, kalıntı yayılı emisyonları yakalamak ve gaz temizleme sistemine yönlendirmek için kısmi çatı ekstraksiyonu vardır.

Boliden Rönnskär, üç PS dönüştürücüyü (iki adet sıcak dönüştürücü, bir seferde yalnızca bir tane) çalıştırır. Dönüştürücü atık gazları enerji geri kazanımı için atık ısı kazanından geçer. Kazanı terk eden gaz, sıcaklık ayarlaması için buharlaştırıcı bir soğutucuyu geçer ve daha sonra, sülfürik asit/sıvı SO<sub>2</sub> tesisinin önündeki karıştırma kulesine girmeden önce sıcak bir elektrostatik çöktürücüde tozsuzlaştırılır. Koridor havalandırması, dönüştürücüde, mat ve hurda yüklemesi, diğer malzemelerin yüklenmesi, cürufu kumlama ve davlumbazın içinde veya dışında dönen dönüştürücü (akış hızı 800 000 m<sup>3</sup>/saat) gibi dönüştürücü işlemleri sırasında oluşabilecek yayılı gazları toplar. Konvertör salonu çatı havalandırmasından (üç PS dönüştürücüden) ve flaş izabe fırından çıkan musluk gazından elde edilen bu havalandırma gazları bir torba filtrede filtrelenir.

Boliden Harjavalta'da, dördüncü sırada kalan üç ateşli dönüştürücüden ikisi bir anda patlayabilir. Evaporatif soğutma, atık ısı kazanından önce sıcaklık tepe noktalarını eşitlemek için kullanılır. Tozsuzlaştırma için sıcak bir ESP kullanılır. İkincil davlumbazlar ve çatı havalandırma portları, yükleme/cürufu kumlama/blister dökümü sırasında atık gazları toplamak ve mat taşımanın neden olduğu yayılı emisyonları toplamak için kullanılır. Toplanan gazlar daha sonra bir torba filtreden bacaya yönlendirilir. Koridorun çatısı kapalıdır. Havalandırma kanalı, yayılı SO<sub>2</sub>'nin bir kısmını yakalamak için kuru kireç enjeksiyonu ile donatılmıştır.

Głogów 1 tesisinde, beş adet Hoboken dönüştürücüsü çalışmaktadır; üçü genellikle sıcak, ikisi de üfleme altındadır. Dönüştürücü atık gazları (akış oranı 110 000 Nm<sup>3</sup>/saat), bir çökeltme odasından, atmosfer soğutucularından ve bir ESP içinden geçmekte ve bir ön arıtma için bir radyal akış yıkayıcı ve ıslak ESP içeren bir çift dönüşümlü sülfürik asit tesisinde kullanılmaktadır.

Legnica'da, Hoboken konvertörlerinden çıkan atık gazlar (akış hızı 50 000–80 000 Nm<sup>3</sup>/saat, sıcaklık 300–350 °C, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu %5-12 vol-%) bir çökeltme odasından, atmosfer soğutucuları ve ESP'lerden geçmektedir ve bir ön arıtım için bir ıslak gaz yıkayıcı (DynaWave®) ve ıslak ESP içeren tek bir kontak sülfürik asit tesisinde kullanılır. 70 000 Nm<sup>3</sup>/saat akış hızına ve yaklaşık 6-8 g/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> içeren çıkış gazları, 500 mg/ m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> seviyesinin altına inen son kükürt giderme için polietiler bazlı absorpsiyon/desorpsiyon tesisine aktarılır.

Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica'daki Hoboken dönüştürücülerinin boğazları, operasyon sırasında emisyonları önlemek için özel kapaklarla donatılmıştır. Yükleme ve boşaltma yaparken, dönüştürücülerde negatif basınç korunur.

Głogów 2'de, Hoboken dönüştürücüleri, flaş fırın cürufu temizliği için kullanılan elektrikli bir fırında elde edilen Cu-Pb-Fe alaşımını işlemektedir. Ek olarak, dönüştürücüler, döner anot fırınlarından katı metal döküntüleri ve erimiş cüruf alırlar. Dönüştürücü atık gazı, bir Venturi gaz yıkayıcı ve siklon damlacık ayırıcısından oluşan özel bir ıslak temizleme sisteminde işlenir. Sirküle edilen sıvı madde, aynı zamanda, atık gazının kükürttan arındırılmasını da sağlayan bir soda çözeltilisidir.

Kennecott Utah Copper izabe fırınında (Magna, Utah, ABD), 1997'den bu yana matlaştırma işlemi için bir flash dönüştürme fırını (FCF) kullanılmıştır. Flaş izabe fırını (FSF) ile bakır mat, su ve harmanlanmış depolama alanında depolanır. FCF'ye gitmeden önce, mat eş zamanlı olarak öğütüldüğü ve kurutulduğu dikey bir silindir değirmenine beslenir. FCF'de, mat blister bakır ve cüruf dönüştürülür. Cüruf boşaltılır, su ile granüle edilir ve FSF'ye geri dönüştürülür. Kabarık bakır (%0,1-0,5 sülfür içeren) anot fırınına gönderilir. [52, Newman, C.J. ve diğ. 1998]

Birincil konvertörler için ana işletme ve performans verileri Tablo 3.44'te özetlenmiştir.

Tablo 3.44: Birincil dönüştürücüler için operasyonel ve performans verileri

Firma	Atlantic Copper	Aurubis Hamburg	Aurubis Pirdop	Boliden Harjavalta
<b>Dönüştürücü verileri</b>	4 PS dönüştürücüler (3 sıcak) Üfleme oranı 37 000 m <sup>3</sup> /saat	3 PS dönüştürücüler (2 sıcak) Üfleme oranı 750 Nm <sup>3</sup> /dak %24 O <sub>2</sub>	3 PS dönüştürücüler (2 sıcak) Üfleme oranı 3000 Nm <sup>3</sup> /saat % 24 O <sub>2</sub>	4 PS dönüştürücü (3 sıcak, 2 üfleme) Üfleme oranı 450 Nm <sup>3</sup> /dak % 25–27 O <sub>2</sub>
<b>Birincil gaz kontrol</b>	Evaporatif soğutucular ve ESP	ESP	Evaporatif soğutucular ve ESP	Isı kazanları ve ESP Buharı 15 t/saat
<b>Birincil gaz arıtımı</b>	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi
<b>Parametre</b>	<b>Birincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>SO<sub>2</sub></b>	Bakınız Bölüm 2.7.2	Bakınız Bölüm 2.7.2	Bakınız Bölüm 2.7.2	Bakınız Bölüm 2.7.2
<b>İkincil gaz toplama kaynakları</b>	Dönüştürücü ikincil davlumbaz	Dönüştürücü ikincil davlumbazlar Merkezi sistem parçası (bkz. Bölüm 3.3.3.6)	Dönüştürücü ikincil davlumbazlar Merkezi sistem parçası (bkz. Bölüm 3.3.3.6)	Yaygın toplama dönüştürücü alanı - dönüştürücü koridor ve dönüştürücü havalandırma davlumbazları Merkezi sistem parçası (bkz. Bölüm
<b>İkincil gaz arıtımı</b>	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Kuru gaz yıkayıcı, ıslak gaz yıkayıcı ve torba filtre	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre
<b>Maks. Akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat) (ortalama)</b>	350 000	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir
<b>Parametre</b>	<b>İkincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Denetim aralığı</b>	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli
<b>Toz</b>	3.2–6.6 4.7	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler
<b>Denetim aralığı</b>	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli
<b>SO<sub>2</sub></b>	105–732 (günlük ortalama) 399 (yearly average)	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler
<b>Cu</b>	Uygulanamaz	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler	bkz. Bölüm 3.3.3.6. Merkezi sistemler
<b>Pb</b>				
<b>As</b>				
<b>Cd</b>				

Firma	Boliden Rönnskär	KGHM Głogów 1	KGHM Głogów 2	KGHM Legnica
<b>Dönüştürücü veriler</b>	3 PS dönüştürücüler (2 sıcak) Üfleme oranı 750 Nm <sup>3</sup> /dak %21-26 O <sub>2</sub>	5 Hoboken dönüştürücüler (3 sıcak, 2 üfleme) Üfleme oranı 35 000 Nm <sup>3</sup> /saat	3 Hoboken dönüştürücüler (elektrikli fırında elde edilen Cu-Pb alaşımının dönüştürülmesi)	4 Hoboken converters (3 hot, 2 blowing) Blow rate 12 000 Nm <sup>3</sup> /saat %23,5 O <sub>2</sub>
<b>Birincil gaz kontrol</b>	WHB, evaporatif soğutucu ve ESP	Atmosferik soğutucular, ESP'ler	Uygulanamaz	Atmosferik soğutucular, ESP'ler
<b>Birincil gaz arıtımı</b>	Çift kontak/çift emilim asit tesisi ve sıvı SO <sub>2</sub> tesisi	Çift kontak/çift emilim asit tesisi (ön arıtma için RFS ve ıslak ESP dahil)	Soda çözeltisi, siklon damlacık ayırıcı ile Venturi gaz yıkayıcı	Tek kontaklı asit tesisi ve Solinox tesisi (Venturi gaz yıkayıcı ve ön arıtma için ıslak ESP dahil) ve son desülfürizasyon için Solinox tesisi
<b>Maks. Akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	Belirtilmemiştir	128 000	77 000	240 000
<b>Parametre</b>	<b>Birincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Yılda 12 kez (1 saat)	Uygulanamaz
<b>Toz</b>	İlgili değil	İlgili değil	3-15 4.6 (yıllık ortalama)	İlgili değil
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Yılda 12 kez (1 saat)	Uygulanamaz
<b>Cu</b>	İlgili değil	İlgili değil	0.01-1.7	İlgili değil
<b>Pb</b>			0.25-2.0	
<b>As</b>			0.02-3.8	
<b>Cd</b>			0.0004-0.03	
<b>Denetim aralığı</b>	bkz. Bölüm 2.7.2	Sürekli	Sürekli	Yılda 26 kez (1 saat)
<b>SO<sub>2</sub></b>	bkz. Bölüm 2.7.2	5-800 (günlük ortalama) 140 (yıllık ortalama)	0-200 (günlük ortalama) 81 (yıllık ortalama)	40-500 300 (yıllık ortalama)
<b>İkincil gaz toplama kaynakları</b>	Dönüştürücü alanı çatı havalandırma (3 PS dönüştürücüler) + FSF 'den gelen gaz	Çalışma sırasında emisyonu önlemek için özel kapaklar. Yükleme ve boşaltma sırasında dönüştürücülerde negatif basınç	Çalışma sırasında emisyonu önlemek için özel kapaklar. Yükleme ve boşaltma sırasında dönüştürücülerde negatif basınç	Çalışma sırasında emisyonu önlemek için özel kapaklar. Yükleme ve boşaltma sırasında dönüştürücülerde negatif basınç
<b>İkincil gaz arıtımı</b>	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Hoboken dönüştürücüde yayılı emisyon ortadan kaldırılır, havalandırma sistemine gerek yoktur	Hoboken dönüştürücüde yayılı emisyon ortadan kaldırılır, havalandırma sistemine gerek yoktur	Hoboken dönüştürücüde yayılı emisyon ortadan kaldırılır, havalandırma sistemine gerek yoktur
<b>Maks. Akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	846 000	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz



Parametre	İkincil gaz emisyon seviyeleri (mg/Nm <sup>3</sup> )			
Denetim aralığı	Ayda 2 kez	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Toz	0,018–1,17 0,41 (yıllık ortalama)	İlgili değil	İlgili değil	İlgili değil
Denetim aralığı	Sürekli	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz
SO <sub>2</sub>	250 (yıllık ortalama)	İlgili değil	İlgili değil	İlgili değil
Denetim aralığı	Ayda 2 kez	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Cu	< 0,01–0,082	İlgili değil	İlgili değil	İlgili değil
Pb	< 0,01–0,143			
As	< 0,01–0,041			
Cd	< 0,01–0,015			
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]				

### Ortamlar arası etkiler

- Temizlik ekipmanlarının havalandırılması ve çalıştırılması için enerji tüketiminde artış.
- Özellikle çatı ekstraksiyon sistemleri için büyük hacimlerde hava arıtımı ve yüksek enerji tüketimi.
- Islak gaz temizleme sistemleri (gaz yıkayıcılar) deşarj edilmeden önce arıtılması gereken atık ve atık sular ve ortamdaki uzaklaştırılmak üzere katı bir atık üretebilir.
- Bir flash dönüştürme fırını granül ve öğütülmüş mat gerektirir ve anod fırında bakır hurdaları eritilmelidir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Muhafaza ve kapalı kapaklar Hoboken dönüştürücülerine uygulanır. Birincil ve ikincil davlumbaz sistemi Peirce-Smith dönüştürücülerine uygulanabilir.

Flash dönüştürme fırınları sadece yeni tesislere veya mevcut tesislerin büyük yükseltmelerine uygulanabilir. Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir:

- Ortamlar arası etkilerden dolayı çok yüksek atık gaz akış oranları (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Büyük alanlarda gerekli su miktarı ve atık su arıtımı ve ilgili Ortamlar arası etkiler ile kurak alanlarda.

### Ekonomik veriler

Bir tesiste (Aurubis Pirdop), izabe fırınındaki yayılı emisyonların toplama sisteminin iyileştirilmesi için yatırım maliyetlerinin yaklaşık 1 700 000 Euro olduğu bildirilmiştir. Bu, üç aşamalı bir dönüştürücü ikincil davlumbaz sisteminin kurulmasını, davlumbazların iyileştirilmesini flaş fırın alanı ve boşaltma sırasında kepçelerin metal bariyerler ile kapatılmasını içermektedir.

Başka bir şirkette (Atlantic Copper), tüm ana dönüştürücülerin ve hurda yükleyicilerin yenilenmesi ve ikincil davlumbazların ve bir ikincil gaz arıtma sisteminin kurulumu için yatırım maliyetleri 16 milyon Euro'dur.

Varolan bir sistem için Aurubis Hamburg'daki ana bakır eritme makinesindeki (torba filtre, borulama, havalandırma, kireç enjeksiyon sistemi, fanlar ve proses kontrolü) dönüştürücülerden gelen yayılı gazların yakalanmasını ve işlenmesini iyileştirmek için mevcut 6 milyon Euro'luk yatırım maliyeti rapor edilmiştir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Yayılı emisyonların sınırlandırılması.
- Çevre ve sağlık mevzuatına uygunluk.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), and Kennecott Utah Copper (USA).

### Referans literatür

[ 52, Newman, C.J. et al. 1998 ], [ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.13. Bakır açısından zengin cüruf işleme

Eritme fırınlarından veya dönüştürücülerden bakır bakımından zengin cüruf bakır içeriğini geri kazanmak için işlenir. İki proses kullanılır:

- Cüruf konsantratörü,
- Cüruf fırın işlemi.

#### 3.3.13.1. Yavaş soğutma, ezme, öğütme ve yüzdürme (cüruf konsantratörü) ile bakır açısından zengin cüruf işlemeden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

Eritme ve/veya dönüştürmeden elde edilen bakır açısından zengin cüruf, bir cüruf konsantrisinde bakır geri kazanımı için işlenir. Bu cüruf temizleme prosesi, erimiş cürufun yavaş soğutulmasına, soğutulmuş cürufun ezilmesine ve ıslak öğütülmesine ve bir cüruf konsantrisinin üretilmesi için yüzdürme ile bakırın geri kazanılmasına dayanır. Yeterli boşluğun bulunduğu ve nihai cürufun yeterince işlendiği veya imha edilebileceği bir cüruf konsantratörü kullanılır. İyi bir metal geri kazanımı elde etmek için, cüruf yüzdürme malzemesinin ince tane boyutuna öğütülmesi gerekir. Bu nihai cüruf, farklı endüstriyel uygulamalar için kullanılabilir, ancak kullanım potansiyeli, ince parçacık büyüklüğünden dolayı sınırlı olabilir ve bu nedenle bazı cürufun ortamdaki uzaklaştırılması gerekebilir. Cüruf konsantrisi, birincil konsantre ile birlikte flaş izabe fırını içine beslenir.

Bir cüruf konsantratörünün enerji tüketimi, elektrikli cüruf temizleme fırını prosesinden daha düşüktür. Gaz temizleme ekipmanı için ilave enerji gerekmez. Cüruf fırın işleminden daha yüksek bakır geri kazanımı elde edilebilir.

Cüruf konsantrasyon santrali esnek bir şekilde çalışır ve besleme malzemesindeki değişikliklere uyum sağlar. Cüruf işleminin ana su izabe fırını prosesinden ayrıştırılması gerçekleştirilir.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Su spreyleri. Ambalajlama, depolama ve ezme sırasında toz emisyonunu bastırmak için uygulanır.
- Drenaj sistemi. Toprak ve yeraltı sularının kirlenmesini önlemek için su püskürtme işlemi ile gerçekleştirilen tüm operasyonlardan su geri kazanımı için uygulanır.
- Soğutma alanından ve yüzdürme prosesinden ve aynı zamanda son cürufun hidro taşınımından suyun işleminde toplama ve tekrar kullanma.
- Toprağı korumak ve yeraltı su kirlenmesini önlemek için cüruf depolama havzası için özel tasarım ve yayılı toz emisyonlarını önlemek için bir su tabakasının tutulması. Son cüruf, kapalı boru hatlarında hidro taşınım kullanılarak nihai depoya nakledilir.

### **Teknik açıklama**

Cürufun yoğunlaşma prosesinde cüruf kuyu veya çukurlarda hava ve su spreleriyle soğutulur. Drenaj sistemleri soğutma alanlarında kurulur ve su yeniden sirküle edilir. Toz emisyonlarını bastırmak için ambalajlama ve depolama alanlarında su serpm tesisleri kurulmaktadır.

Tek kademeli kırma yapılmaktadır. Su serpm tesisleri de besleme bidonlarından sonra kırma ve transfer noktalarına yerleştirilebilir. Öğütme prosesi, ilk adımın bir otojen değirmen ve ikinci bir top veya çakıl değirmeni olduğu iki aşamalı bir prosestir. Birincil değirmen, ikincil aşamaya bağlı olarak açık veya kapalı bir devrede olabilir. Kapalı devre işleminde, sınıflandırıcı bir ekran, spiral veya siklon tipi olabilir. İkincil aşama, siklonlar ile kapalı bir devrede olur.

İkincil öğütme taşlamasını, tipik olarak daha ön köpürtücü, temizleyici ve iki temizleme aşaması içeren yüzdürme takip eder. Temizleyici konsantresi ve ilk temizleyici atıklar ön köpürtücüye geri döner. Yüzdürme, zantat toplayıcı ve köpürtücü ile doğal pH'ta yapılan fiziksel ve kimyasal bir işlemdir. Taşlama ve yüzdürme prosesleri su ile gerçekleştirilir, böylece havaya emisyonlar önlenir.

Bakır konsantresi konvansiyonel olarak bir kalınlaştırıcı ve vakum filtresi ile sudan arındırılır. Filtre keki, izabe besleme malzemesi karışımı ile birlikte kurutmaya ve izabe fırınına geri döner.

Su, drenaj pompaları tarafından sirküle edilir ve proseste tekrar kullanılır.

Son cüruflar kapalı boru hatlarında hidro transport kullanılarak bir havuza taşınır. Katı maddeler havuza yerleşir; Su dökülür ve yüzdürme prosesine geri verilir. Baraj duvarı ve havuzun tabanı, toprağa ve yeraltı sularına sızmasını önlemek için yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) astar ile korunmaktadır. Katıların ve toz emisyonlarının kurummasını önlemek için havuz yüzeyinde bir su tabakası tutulur. Kireç sütü gibi toz gidericiler de kuru alanlarda kullanılabilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Cüruf temizliği ıslak bir proses olduğu için havaya emisyonların en aza indirilmesi.
- Su yeniden kullanılır.
- Bakırın geri kazanımı ve hammadde tasarrufu.
- Toprağın ve yeraltı suyunun korunması.
- Son cüruf, yol yapımı ve diğer dolgu uygulamaları gibi farklı endüstriyel uygulamalar için, klinker üretimi için veya harmanlanmış çimentolara mineral ilavesi olarak veya demir/çelik üretimi için bir bileşen olarak kullanılabilir.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Boliden Harjavalta'da bakır flaş fırından ve dönüştürücülerden gelen cüruf, cüruf konsantresinde bakır geri kazanımı için işlem görür. Cüruf, su spreji ile oluklarda yavaş soğutulur. Soğutmadan sonra, oluklar hidrolük bir çekiçle boşaltılır. Daha sonra cüruf koni kırıcı tarafından öğütülür, bir öğütülmüş değirmen ve çakıl değirmeni ile öğütülür ve cüruf konsantratörü içinde işlenir. Bakır taşıyan parçacıklar, hava, su, yüzdürme yağı ve ksantanlar kullanılarak yüzdürme hücrelerinde ayrılır. Cüruf konsantresi daha sonra koyulaştırılır, süzülür ve tekrar bakır flaş fırın besleme malzemesi karışımına geri dönüştürülür.

Cüruf konsantresinden çoğunlukla demir silikattan elde edilen nihai atıklar, yüzdürme hücrelerinden atılır ve özel olarak hazırlanmış bir atık depolama alanına pompalanır. Cüruf soğutma alanı su kullanımı cüruf konsantratörü su hattının bir parçasıdır. Cüruf yoğunlaştırıcısındaki su geri dönüştürülür ve su arıtmasına dökülür.

Boliden Rönskär'da, bakır flaş fırından çıkan cüruf, bir cüruf konsantrasyon prosesinde bakır geri kazanımı için işlenir. Cüruf oluklar içinde soğutulur, öğütülmüş ve yüzdürme ile bakırın geri kazanıldığı cürufu bir yoğunlaştırıcıya kapalı kamyonlar tarafından nakledilir. Konsantre bakır fırın besleme malzemesi karışımına geri dönüştürülür. Nihai atıklar, özel olarak hazırlanmış atık depolama havuzunda, yüzdürme işleminden gelen yüzdürme atıkları ile birlikte pompalanır. Cüruf yoğunlaştırıcısındaki su geri dönüştürülür.

### Bölüm 3

Aurubis Pirdop'ta, flaş fırın ve dönüştürücü cürufları, soğutma alanına demiryolu vagonları ile taşınır. Cüruf, ardışık hava ve su soğutması ile kristalizasyon çukurlarında soğutulur. Ekipman bir drenaj sistemi ve pompa istasyonu içerir. Soğutma için tüm su geri dönüştürülür. Soğutulmuş cüruf kazılır ve bir alıcı hazne veya açık depolama alanına taşınır. Tek kademeli kırma, bir çeneli kırıcı tarafından gerçekleştirilir. Kırılmış cüruf bir lastik bantlı konveyör ile iki sığmağa taşınmakta ve daha sonra öğütme ve sınıflandırma için öğütme bölümüne beslenmektedir. Taşlama iki aşamada gerçekleştirilir.

Birincil öğütme, otojen değirmenlerde gerçekleşir. İlk otojen değirmen (kapasite: 45–50 ton/saat) spiral sınıflandırıcı ile kapalı bir devrede çalışır. Sınıflandırıcıdan gelen taşma, bir pompa karterine ve güç hidroksiklonlarına girer. İkinci otojen değirmen (kapasite: 100–105 ton/saat) iki hidroksiklon ile kapalı bir devrede çalışır. İkincil taşlama, üç hidroksiklon ile kapalı bir döngüde çalışan bir bilyalı değirmenin yerini almıştır.

Hidroksiklondan taşan kısım yüzdürmeye gönderilir. Yüzdürme klasik bir devreden oluşmaktadır: ön köpürtücü, temizleyici ve iki yüzdürme kademesi. Birincisi, temizleyici konsanstre ile birlikte daha temiz atıklar ikincil köpük yüzdürücüye pompalanır. İkincisi, daha temiz atıklar ilk temizleme aşamasına pompalanır.

Cüruf konsantresi bulamacı, yüzdürme hücrelerinden bir koyulaştırıcıya pompalanır. Kalınlaştırıcının alt kısmı bir disk vakum filtresi ile filtrelenir. Filtrede oluşan cüruf konsantresi, flaş izabe fırını içine geri döndürülür. Kıvamlaştırıcı su taşması, bir tank aracılığıyla yüzdürme tesisinin sirkülasyon suyu döngüsünü kapatarak proses suyu haznesine pompalanır.

Tüm alanların döküntülerin toplanması için zemin çukurları vardır.

Son cüruf, seri halde çalışan iki çamur pompası ile bir atık havuzuna pompalanır. Cüruf çökeltilir ve su bir toplama tankına pompalanır, buradan cüruf konsantratörü proses suyu olarak kullanılır.

Atık havuzu kalın bir duvarla çevrilidir. Bu duvar ve havuzun tabanı, toprağa ve yeraltı sularına sızmasını önlemek için yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) astar ile korunmaktadır. Kaçak yüzeyde biriken tozları önlemek için havuzun yüzeyi bir su tabakası altında tutulur.

#### Ortamlar arası etkiler

*Su fiskiyesi*

Su tüketiminde artış.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Cüruf konsantratörü şunları gerektirir:

- Reaktiflerin tüketimi: ksantat ~ 240 g/t; köpürtücü ~ 7.5 g/t;
- Öğütme için güç tüketimi: otogen değirmen ~ 18,2 kWh/t; bilyalı değirmen ~ 14.3 kWh/t.

Son cüruf atık havuzunun (1,6 milyon m<sup>3</sup>'lük kapasite) inşası, pompa istasyonu, basınçlı çelik boru ve kapalı devre su sistemi dahil olmak üzere 8 milyon Euro'ya (2002, Aurubis Pirdop) kadar yatırım gerektirmiştir.

Havuz kapasitesinin 3,65 milyon m<sup>3</sup>'e yükseltilmesi, (toplam alan 220 dönüm) 6,5 milyon Euro'luk bir yatırım (2008, Aurubis Pirdop) gerektirmiştir.

45 yeni soğutma ve kristalizasyon çukurunun inşası 1.350 milyon Avro (2007–2009, Aurubis Pirdop) yatırım içeriyordu.

Yüzdürme tesisinin kapasitesini genişletmek ve arttırmak için bir proje, ikinci bir otojen değirmen ve ek flotasyon hücreleri dahil olmak üzere 14 milyon Euro'ya (2010, Aurubis Pirdop)

kadar bir yatırımı içeriyordu.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Hava ve su emisyonlarının en aza indirilmesi.

### Örnek tesisler

Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), and Aurubis Pirdop (BG).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

#### 3.3.13.2. Bakır açısından zengin cüruf fırın işleminden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler (elektrikli fırın veya cüruf dumanı)

Cüruf fırın işlemi bakır bakımından zengin cüruftan bakır elde etmek ve son cüruf üretmek için kullanılır. Farklı prosesler uygulanır.

- Flaş fırından ve dönüştürücüden cüruf, bir elektrik ark fırında (EAF) işlemde geçirilir.
- Temizlik, bir mat/metal alaşımı tabakasının yerleştiği ve temiz cüruftan ayrıldığı karbon indirilmesi ile gerçekleştirilir. Elektrikli fırınlar sürekli veya toplu olarak çalıştırılabilir. Son cüruf ya granüle edilir ya da cüruf tencerelerine dökülür, havada yavaş soğutulur ve daha sonra taşlara ayrılır.
- Elektrikli izabe fırınından cüruf, bir dumanlama tesisinde metal geri kazanımı için çinko içeren tozla birlikte işlem görebilir. Dumanlama tesisi, bir duman fırınından ve elektrikle ısıtılan yerleşimciden oluşur. Dumanlama fırını kesintili olarak çalışır. Eriyik, mat ve alaşımın ayrıldığı ve bağlandığı elektrikle ısıtılan çöktürücüye aktarılır. Son cüruf granüle edilir. Dumanlama fırını soğutma suyundan gelen ısı geri kazanılır ve bölgesel ısıtma için kullanılır.
- İkincil dönüştürücülerden cüruf, demir hurdası ile indirgenerek TBRC fırınlarında işlem görür. Son cüruf granüle edilir.

Dönüştürücü cürufu bazı durumlarda bir şaft fırını gibi bir izabe fırını içine de geri gönderilebilir. Cürufu arıtmak gibi bakır açısından zengin olan diğer cüruflar, çoğunlukla, daha önce dönüştürülen bir önceki proses aşamasına veya ikincil izabe noktalarına, izabe aşamasına doğru sirküle edilir.

Elde edilen nihai cüruf düşük bir metal içeriğine sahiptir ve farklı tane boyutlarında üretilebilir (yani, iri topaklı, granül ve daha ince taneli malzemeye kadar), örneğin, yol yapımında zemin katmanı veya yüzey tabakası, set yapımı için agrega, dolgu malzemesi, beton uygulamaları ve diğer dolgu uygulamaları, klinker üretimi veya harmanlanmış çimentolara mineral ilavesi veya aşındırıcı bir patlatma maddesi olarak geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesinde kullanılmaya uygun hale getirir.

### Açıklama

Bakır açısından zengin cürufun fırın işleminden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Fırın ve azaltma sisteminin tasarımı ve fırında negatif basınç;
- Muhafaza, kapalı oluklar ve havalandırma davlumbazlarının kullanımı;
- Son yakıcı;
- Islak veya yarı kuru gaz yıkayıcı;
- Torba filtre ve ESP gibi toz filtreleme sistemleri;
- Su püskürtme gibi toz bastırma teknikleri;
- Suyun sirkülasyonu ve proseste tekrar kullanımı.

### Teknik açıklama

#### *Fırın ve azaltma sisteminin tasarımı ve fırında negatif basınç*

Emisyon önleme, fırının doğru tasarımı ve azaltma sistemi ile sağlanır. Fırında negatif basınç muhafaza edilir ve yayılı emisyonları önlemek için yeterli bir gaz çıkarma oranı uygulanır.

#### *Muhafaza, kapalı oluklar ve havalandırma davlumbazlarının kullanımı*

Kapalı oluklar erimiş bakır açısından zengin cürufu elektrikli fırına beslemek için kullanılır. Kapalı oluklar temiz cürufu granülasyon aşamasına veya potaya aktarır. Kapalı oluklar, mat/metal alaşımı bir potaya aktarır. Havalandırma davlumbazları fırın çatısının, boşaltım deliklerinin, cüruf potasının ve mat potasının üzerinde bulunur. Dumanlama fırını ve çökeltiden yayılı gazları toplamak için havalandırma sistemleri kurulmuştur. Sızıntıları önlemek ve optimum toplama verimliliğini sağlamak için davlumbazlar ve muhafazalar negatif basınç altında tutulur.

#### *Gaz yıkayıcı, torba filtre ve ESP*

Elektrikli fırın atık gazı, yanmış, soğutulmuş ve kireç enjeksiyonu veya bir gaz yıkayıcı ile bir torba filtrede temizlenmiştir. Dumanlama fırını gazları bir atık ısı kazanı (WHB) içinde soğutulur ve yoğunlaştırıcı soğutucu ve toz elektrostatik çöktürücülerde ayrılır. TBRC fırın atık gazı bir Torba filtrede temizlenir. Ayrılan tozlar metal geri kazanımı için tesis içi veya dışında geri dönüştürülür.

İkincil gazlar, kireç ilavesiyle veya kireç eklenmeden ilgili bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. İkincil gazlar, proses atık gazları ile birlikte ele alınabilir. Fırın havalandırması, boşaltım deliği havalandırması, oluklar ve pota hortumundan gelen ikincil gazlar, kuru kireç enjeksiyonu ile bir torba filtrede arıtılır.

#### *Toz bastırma teknikleri, suyun sirkülasyonu ve proseste tekrar kullanımı.*

Son cürufun soğutulması, taşınması ve depolanması ile ilgili olarak, cüruf granülasyonu, yüksek basınçlı su jeti veya başka söndürme sistemleri kullanılarak, küçük eşit boyutlu parçacıklar oluşturmak için suya dökülerek gerçekleştirilir. Granülasyon aşamasından kaynaklanan su atığı, kapalı bir devredeki proseste yeniden kullanılır. Askıda katı madde ve metal bileşiklerin birikmesini önlemek için, gazın içerisindeki kalıntı maddeler, su sirkülasyonundan sürekli olarak uzaklaştırılmalıdır. Granül, açık alanda depolanır ve işlenir. Cürufun yavaş soğutulması açık potalarda gerçekleştirilir. Topaklar açık bir alanda saklanır ve işlenir. Cüruf kırma açık alanda gerçekleştirilebilir. Kırıcı, bir davlumbaz ve egzoz havası ile donatılmış bir torba filtrede temizlenebilir. Su serpmme tesisleri son cüruf için ambalajlama, kırma ve depolama alanlarında kurulabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Toz temizleme ekipmanlarından gelen toz tesis içinde tekrar kullanılır veya metallerin geri kazanımı için gönderilir.
- Bakırın geri kazanımı ve hammadde tasarrufu.
- Son cüruf, farklı endüstriyel uygulamalar için kullanılabilir.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Atlantik Bakırında, flaş fırını ve dönüştürücü cürufları, bir toplu iş prosesi içinde bir elektrikli fırın içinde işlenir. Son cüruf suyla granüle edilir. Elektrikli fırından çıkan gazlar, SO<sub>2</sub> ve tozun azaltılması için bir kapalı sıvı hattı (25 000 Nm<sup>3</sup>/saat) ile ıslak bir gaz yıkayıcıda arıtılır. Süreksiz izleme, yılda en az dört kez gerçekleştirilir: üç 8 saatlik analiz. SO<sub>2</sub> seviyeleri 10-200 mg/Nm<sup>3</sup> olarak bildirilmiştir.

Elektrik fırınının havalandırma gazları, boşaltım delikleri, okuklar ve boşaltma sırasında cüruf potasının üzerindeki davlumbazlar bir torba filtrede temizlenir. Sıvının fırçalanması sırasında toplanan katılar çinko geri kazanımı için kullanılır.

Aurubis Hamburg'da kombine eritme ve dönüştürme cürufu, bir elektrikli cüruf temizleme fırını içinde dekompanse edilir. Dönüştürücü cürufu, erimiş halde, elektrikli fırınlama işleminden önce önceden indirgenmiş olan flaş izabe fırınının çöktürücüsüne beslenebilir. Elektrikli cüruf

temizleme fırını sürekli olarak yarı sürekli cüruf akışı ve boşaltma ile çalıştırılır. Son cüruf ya granüle edilir ya da cüruf potalarına dökülür, havada yavaş soğutulur ve yumru malzemelere ayrılır. Atık gazları, fırında kontrollü giriş havası ile yanmışlardır. Havalandırılmalı gazları karıştırılarak gaz sıcaklığı, 700 ° C'den aşağıya çekilir, daha sonra bir tüp tipi soğutucu içinde daha da soğutulur ve daha izabe ikincil gazlar için merkezi torba filtrede tozsuzlaştırılır. Fırın tavanının üstündeki davlumbazdan, boşaltım deliklerinden, oluklardan, cüruf potasının üstündeki kapaktan ve döküm sırasında pota haznesi üzerindeki havalandırma gazları, ayrıca ikincil gazlar için merkezi torba filtrede de temizlenir. Tüm gazlar, ortak bir ikincil gaz temizleme sisteminde, kuru kireç enjeksiyonlu bir torba filtre ile temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Boliden Rönnskär'da, çelik endüstrisinden çinko içeren tozla birlikte, elektrikli bakır mat eritme fırını cürufu, bir dumanlı bitkide metal geri kazanımı için işlenir. Dumanlama fırını kesintili olarak çalışır. Eriyik, mat ve alaşımın ayrıldığı ve dokunulduğu elektrikle ısıtılan çöktürücüye aktarılır. Cüruf granüle şekilde ve farklı uygulamalar için satılmaktadır. Uçucu hale getirilmiş çinko (ve kurşun) içeren dumanlı fırın gazları, bir atık ısı kazanı (WHB) içinde yeniden oksitlenir ve soğutulur. Buharlaştırıcı bir soğutucuda sıcaklık ayarlamasından sonra, metal oksit tozu, bir baca ile atmosfere salınmadan önce elektrostatik çökelticilerde (ikisi paralel artı bir seri) ayrılır. Dumanlama fırını soğutma suyundan gelen ısı geri kazanılır ve bölgesel ısıtma için kullanılır. Çökelticiden ortaya çıkan gazlar da dahil olmak üzere dumanlaştırmadan gelen ikincil gazlar, bir havalandırma sisteminde toplanır ve elektrikli fırın gazları ile birleştirilir; Gaz akımı bir torba filtrede temizlenir ve bir baca vasıtasıyla atmosfere bırakılır.

KGHM Głogów 2'de, flaş fırın cürufu bir elektrikli fırında temizlenir. Fırın toplu olarak çalışır. Cu-Pb-Fe alaşımı ve su ile granüle edilen son cürufu üretir. Atık gazı, iki torba filtrede yanmış ve temizlenmiştir. Süreksiz kontrol, ayda bir kez gerçekleştirilir. Toz için 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> için <100 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri bildirilmiştir. Düşük SO<sub>2</sub> emisyonları, kullanılan konsantredeki düşük kükürt içeriği ile ilgilidir. Toz, Głogów 1'de kurşun üretimi için kullanılır. Elektrikli fırın, flaş fırından erimiş cürufuyla doldurulur. Cüruf kapalı dolgular ile tanıtılmaktadır. Yardımcı malzemelerin yükleme alanı (sıvı dönüştürücü cürufu, katı cüruf, kok, kireçtaşı), iki torba filtreli bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Cu-Pb-Fe alaşımı ve erimiş cürufun döküm alanları da havalandırması havalandırmasının, torba filtrelerinin bir arada tozsuzlaştırılmadan önce, elektrik fırını atık gazının ana akımına ilave edildiği bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Ek olarak, havalandırma havası torba filtrelere girmeden önce atık gazını soğutur.

KGHM Głogów 1 ve Legnica'da, nihai cüruf doğrudan şaft fırınlarında üretilir. Yavaş-soğutma ve kırma için kepçeli araçlarda periyodik olarak taşınır ve taşınır, yol yapım malzemesi olarak kullanılır. Hoboken dönüştürücüsü cürufu kepçeli araçlarda, soğutulduğu, ezildiği ve şaft fırınlarında ergitmeye geri döndüğü bir cüruf çukuruna nakleder.

Metallo-Chimique Beerse'de, rafinasyon fırınındaki cüruf Cu, Sn, Pb ve Ni'nin geri kazanımı için TBRC cüruf fırınlarında işlenir. İlk aşamada, Cu/Fe hurdasının cüruf fazına eklenmesiyle bakır oksitler azalır. Elde edilen saf bakır alaşımı metali çekilir ve rafinasyon fırınına geri gönderilir. Bir sonraki aşamada, geriye kalan Sn ve Pb oksitleri demir hurdası ile indirgenmekte, esas olarak Pb ve Sn'yi içeren kompleks çok bileşenli bir alaşım üretmekte, aynı zamanda Cu ve Ni'yi de üretmektedir. Bu metal daha küçük bir TBRC fırında işlenir. Son temiz cüruf suda granüle edilir. Cüruf fırını atık gazı bir torba filtrede temizlenir. Süreksiz kontrol, ayda bir kez gerçekleştirilir. Toz seviyeleri 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ten az olarak bildirilmiştir.

Montanwerke Brixlegg'de, şaft fırınındaki cüruf su ile granüle edilir. Dönüştürücü cüruf, şaft fırınına geri döndürülür.

Aurubis Lünen'de, KRS fırınının ergitme aşamasından gelen cüruf, cüruf boşaltım deliği vasıtasıyla, önce bir cüruf depolama fırını ile sıkıştırılır ve daha sonra su ile granül haline getirilir. TBRC'den (veya TBRC'nin çalışmadığı takdirde KRS'den) gelen metal açısından zengin dönüştürücü cürufu kalay-kurşun alaşımını bir fırında işlenir.

İşletmeye ait veriler Tablo 3.45'te özetlenmiştir.

Tablo 3.45: Cüruf temizleme fırınları için operasyonel ve performans verileri

Firma	Aurubis Hamburg	Atlantic Copper	Boliden Rönnskär	KGHM Głogów 2	Metallo-Chimique Beerse
<b>Besleme malzemesi</b>	Flash fırın cürufu (dönüştürücü cürufu dahil)	Flash fırın cürufu ve dönüştürücü cürufu	Elektrikli izabe fırını cürufu	Flaş fırın cürufu	Rafinasyon fırını cürufu
<b>Fırın tipi</b>	Elektrikli fırın. 3 elektrot	Elektrikli fırın. 3 elektrot	Duman fırını. Çöktürücü	Elektrikli fırın. 3 elektrot	TBRC fırını
<b>Birincil gaz arıtımı</b>	Son yakma. Soğutma. Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	EF atık gazları: gaz soğutma ve gaz temizleme	WHB; evaporatif soğutucu. ESP'ler (paralelde 2 artı seride 1))	Yanma sonrası ve Torba filtre	Soğutucu. Torba filtre
<b>İkincil gaz arıtımı</b>	Birincil gazla birlikte arıtılır. Merkezi ikincil gaz temizleme sistemi. Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre (bkz. Bölüm 3.3.3.6)	EF havalandırma gazları boşaltım deliği. Oluk: Torba filtre	Torba filtre Elektrikli fırın atık gazları ile birlikte arıtılır.	Uygulanmamış	Torba filtre
<b>Maks. Akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	Merkezi sistem parçası (bkz. Bölüm 3.3.3.6)	180 000'e kadar	Belirtilmemiştir	252 000	Belirtilmemiştir
<b>Parametre</b>	<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Kaynak</b>	Birincil ve ikincil atık gaz	Birincil atık gaz	Birincil atık gaz	Birincil atık gaz	Pb/Sn geri kazanımı
<b>Denetim aralığı</b>	bkz. Bölüm 3.3.3.6	Yılda 5 kez	Yılda 12 kez	Yılda 12 kez (1 saat)	bkz. Bölüm 3.3.5.3
<b>Toz</b>		Sunulmamış	< 5	1-5 (yıllık ortalama)	
<b>Denetim aralığı</b>	bkz. Bölüm 3.3.3.6	Yılda 15 kez	Sürekli	Yılda 12 kez (1 saat)	bkz. Bölüm 3.3.5.3
<b>SO<sub>2</sub></b>		10-200 80 (Yıllık ortalama)	Sunulmamış	0-100 19.6 (Yıllık ortalama)	
<b>Denetim aralığı</b>	bkz. Bölüm 3.3.3.6	Uygulanamaz	Yılda 12 kez	Yılda 12 kez (1 saat)	bkz. Bölüm 3.3.5.3
<b>Cu</b>		Ölçülemedi	< 0,01-0,03	0,01-0,4	
<b>Pb</b>			0,01	0,34-3,25	
<b>As</b>			< 0,01-0,1	< 0,01-0,2	
<b>Cd</b>			< 0,01-0,01	< 0,01-0,05	
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012]					



### Ortamlar arası etkiler

- Havalandırma ve temizlik ekipmanlarının çalışması için gerekli olan enerji tüketiminde artış.
- Islak gaz temizleme sistemleri (gaz yıkayıcıları) deşarj edilmeden önce arıtılması gereken atık ve atık sular ve ortamdan uzaklaştırmak üzere katı atık üretebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknikler yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir. Mevcut tesisler için mevcut ekipmanın özelliklerine ve kapasitesine dikkat edilecektir. Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlandırılabilir:

- Ortamlar arası etkilerden dolayı çok yüksek atık gaz akış oranları (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Büyük alanlarda gerekli su miktarı ve atık su arıtımı ve ilgili Ortamlar arası etkiler ile kurak alanlarda.

### Ekonomik veriler

Elektrikli fırın gücü tüketimi: ~ 10–50 kWh/t cüruf.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Emisyonların azaltılması.
- Metallerin geri kazanımı.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg (DE), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 2 (PL), and Metallo-Chimique Beerse (BE).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.14. Birincil ve ikincil bakır üretiminde eritme ve yangın rafinasyon (anot fırını) emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulacak olan teknikler:

- Yükleme ve boşaltma sırasında dumanları yakalamak için döner anotlu fırınlar, davlumbazlar ve havalandırma sistemlerinin boğazlarındaki kapakların kullanılması;
- Kireç enjeksiyonu veya gaz yıkayıcı ve ıslak ESP içeren torba filtre kullanımı;
- İkincil bakır üretiminde, Torba filtreden önce bir son yakıcı kullanımı, söndürme, kireç ve aktif kömür enjeksiyonu;
- Bir besleme fırınında katı besleme malzemesinin önceden ısıtılması veya yanma havasının ön ısıtılması veya kurutma işlemleri için atık gazın atık ısısının geri kazanımı.

#### Teknik açıklama

Fırın atık gazları, indirgeme aşaması sırasında art arda yakılır, toz giderme için bez filtrelerde soğutulur ve temizlenir. SO<sub>2</sub> emisyonu ilgili olduğunda, kireç enjeksiyonlu kuru bir gaz yıkayıcı kullanılır. Islak gaz yıkayıcılar ve ıslak ESP kullanarak SO<sub>2</sub> ve toz giderme de uygulanır. Son yakıcılar PCDD/F (ikincil bakır üretiminde) dahil olmak üzere organik bileşikleri termal oksidasyonla yok ederler. Gerekli olduğunda dioksin emisyonlarını azaltmak için torba filtreden önce kireç ve/veya aktif kömür enjeksiyonu uygulanır.

Yayıllı emisyonları en aza indirmek için çeşitli teknikler kullanılır:

- Döner anotlu fırınların boğazları, çalışma sırasında ortaya çıkan yayıllı emisyonları

- azaltmak için kapaklarla donatılmıştır;
- Anot fırını doldurma ve boşaltma bölümlerinde dumanı yakalamak için davlumbazlar ve havalandırma sistemleri uygulanır;
- Anot fırınındaki havalandırma gazları, anot fırında brülörde yanma havası olarak kullanılabilir.

Rafinasyon fırını atık gazından ısı geri kazanımı, bir anot şaftı fırınında katı malzemenin ısıtılması/eritilmesi için kullanılır. Anot fırınlarından çıkan sıcak gazlar ayrıca kurutma veya diğer proses aşamalarında da kullanılır. Havalandırma davlumbazlarından çıkan gazlar, önceden ısıtılmış yanma havası olarak kullanılabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya emisyonların azaltılması.
- Toplanan toz, izabe prosesine geri döndürülür.
- Kullanılan enerjinin azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bir birincil izabe fırınında, anot fırınlarından ve %70 oranında anot döküm çarkından gelen yayılı emisyonların azaltılması, alandan yayılan emisyonların çevrelenmesi ve boşaltılması için alınan önlemlerle elde edilmiştir. Eritme fırından (Contimelt) çıkan atık gazlar şafttan yukarı doğru yönlendirilir ve fırının tepesinden çıkmadan önce yüklemenin ön ısıtması yapılır. Atık gazlar, anot fırını gaz fazında kısmen yakılabilir. Sıcak anot fırını atık gazları, konsantrelerin kurutulmasında kullanılır.

Atlantik Bakır Huelva'da (birincil kireç), üç rafinasyon fırını monte edilmiştir. Ateşli rafinasyonçıkan gazlar, her bir fırın için (akış oranı 25 000 Nm<sup>3</sup>/saat) ve daha sonra bir ıslak elektrostatik çöktürücüde üç ıslak gaz yıkayıcıda işlenir. Toplanan katılar, ayrılmış ve yanmamış doğal gaz, yoğunlaştırılmış metal ve oksitlerin bileşenleridir ve prosese geri dönüştürülürler. Toz için <8 mg/Nm<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> için <60 mg/Nm<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> için <150 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri rapor edilmiştir.

Aurubis Hamburg'da (birincil izabe fırını), anotlu fırın gazları bir yanma odasına yönlendirilir ve havalandırma başlıklarından gelen havalandırma gazları yanma için ve ikinci adımda soğutma havası olarak eklenir. Bir tüp tipi hava-gaz soğutucusunda daha fazla soğutulduktan sonra, gazlar bir torba filtrede (normalde 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha düşük toz seviyelerine) tozsuzlaştırılır ve bir baca ile atmosfere bırakılır. Çöken toz, flaş fırına devirdaim edilir. 2009 yılında anot fırını ve döküm makinesi alanında yayılı emisyonların toplanması ve temizlenmesi için bir proje tamamlanmıştır. Tesisin kapalı kısımlarından, atık gazların emilmesinden ve kireç enjeksiyonu ile yeni bir torba filtrede temizlemeden oluşuyordu. Sürekli ölçümler toz ve SO<sub>2</sub> için yapılır. Toz seviyeleri 0,5–10 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) aralığında ve <0,5–3,3 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) aralığında rapor edilmiştir. <50-1050 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve 50-180 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) aralığında SO<sub>2</sub> seviyeleri rapor edilmiştir. SO<sub>2</sub> esas olarak oksidasyon aşaması sırasında oluşur, bu nedenle SO<sub>2</sub> emisyonları oksidasyon sırasında redüksiyon aşamasına göre çok daha yüksektir.

Aurubis Pirdop'ta (birincil izabe fırını), anot fırını atık gazları bir yanma odasından geçer ve kuru gaz yıkayıcıda daha fazla desülfürize edilir ve merkezi bir gaz temizleme sisteminde bir torba filtrede tozsuzlaştırılır (bakınız Bölüm 3.3.3.6).

Aurubis Lünen'de (ikincil izabe fırını), yükleme delikleri, cüruf alma ve boşaltım delikleri, davlumbaz ve havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Tüm anotlu izabe fırın yapıları havalandırılır ve atık gazlar 300 000 m<sup>3</sup>/sa kapasiteli ayrı bir filtre ünitesinde temizlenir. Ham gaz içeriği yaklaşık 1000 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Anot fırınlarından ortaya çıkan atık gazlar, atık ısı kazanlarında soğutulur, altı torba filtrede tozsuzlaştırılır ve iki baca ile atmosfere salınır. Sürekli ölçümler toz, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> için yapılır. Toz seviyeleri <0,5-6,8 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <0,5–2,9 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) olarak bildirilmiştir. <50–1620 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <50-450 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) SO<sub>2</sub> seviyeleri rapor edilmiştir. PCDD/PCDF, her üç yılda bir ölçülür (üç tane 6 saatlik numune) ve 0,05 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki seviyeler rapor edilir.

Aurubis Olen'de (ikincil izabe fırını) Contimelt prosesi uygulanır. Eritme fırınının yanma gazları

şafttan yukarı doğru yönlendirilir ve fırının üstünden ayrılmadan önce yüklemenin ön ısıtması yapılır. Desteklenmiş fırın gazları CO'nun CO<sub>2</sub>'ye oksidasyonu için sonradan yakılır. Daha sonra, desteklenmiş fırından çıkan gaz akımı, ısı geri kazanımı için atık ısı kazanlarından geçer. Eritme fırınındaki gaz akımı önce bir atık ısı kazanı içinden geçmeden önce bir söndürme ve bir siklonda işleminden geçirilir. Bir torba filtre ünitesinde gazlı fırın ile birlikte gazlar ile birlikte bir baca vasıtasıyla atmosfere salınmadan önce temizlenir. Dioksin emisyonlarını azaltmak için torba filtreden önce bir kireç ve aktif kömür ovma ünitesi kurulmuştur. Emisyon ölçümleri ayda bir kez yapılır. Toz için 1–6,7 mg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> için <1-427 mg/Nm<sup>3</sup> ve NO<sub>x</sub> için 178-500 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri bildirilmiştir. PCDD/F ölçümleri yılda üç kez yapılır (6 saatlik örnekler). PCDD/F seviyeleri 0.03-0.5 ng I-TEQ /Nm<sup>3</sup> olarak bildirilmiştir. Tablo 3.46'da 2013 yılında alınan tüm TVOC ölçümleri rapor edilmiştir.

**Tablo 3.46: 2013'te Aurubis Olen'in TVOC emisyonları**

Ay	TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )
Ocak	9
Şubat	19
Mart	26
Nisan	10
Mayıs	14
Haziran	10
Temmuz	6
Ağustos	23
Eylül	28
Ekim	13
Kasım	50
Aralık	22
NB: NFM nihai TWG toplantısı sırasında tesis operatörü tarafından sağlanan veriler.	

Boliden Harjavalta'da, atık gazları kısmen anot fırını gaz fazında yakılır. Torba filtrelerine herhangi bir CO girmemesi için bir son yakıcı odası fırına bağlanır. Sıcak anot fırını atık gazlarının bir kısmı nikel konsantrasyonlarının kurutulmasında kullanılır. Atık gazların geri kalanı bir torba filtrede soğutulduktan sonra tozsuzlaştırılır ve daha sonra bacaya yönlendirilir. Geri kazanılan toz, pnömatik bir dönüştürücü ile flaş fırına geri dönüştürülür. Çatı havalandırma delikleri, partikülleri yakalamak için dönüştürücü alanı havalandırma torba filtresine bağlanır.

Boliden Rönnskär'da, ateşli rafinasyon sırasında ortaya çıkan atık gazlar bir torba filtrede tozsuzlaştırılır ve baca ile atmosfere verilir. Havalandırma gazları da bu sistem aracılığıyla ele alınmaktadır. Toz ayda bir kez ölçülür. Toz seviyeleri <1 mg/Nm<sup>3</sup> olarak bildirilmiştir. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> yılda bir kez ölçülür. SO<sub>2</sub> seviyelerinin <500 mg/Nm<sup>3</sup> ve NO<sub>x</sub> seviyelerinin <400 mg/Nm<sup>3</sup> olduğu bildirilmiştir.

KGHM Głogów 1 ve Głogów 2'de (birincil izabe fırınları), anot fırını atık gazları, son yakıcılar ve daha sonra, boşaltma alanlarından gelen havalandırma gazları ile karıştırılmış ve bir yarı-kuru desülfürizasyon sisteminde birlikte arıtılmış, ardından SO<sub>2</sub> ve toz emisyonlarının yakalanması için torba filtreler kullanılmıştır. Döner anot fırınlarının boğazları, işlem sırasında yayılı emisyonları azaltmak için özel kapaklarla donatılmıştır. Ek olarak, tüm anot fırınlarının yükleme ve boşaltma bölümleri, anot fırını gazlarının ana akımı ile birlikte gazın tozsuzlaştırılmış ve desülfürize edildiği havalandırma sistemlerine sahiptir. Emisyon ölçümleri ayda bir kez yapılır. Toz için 1-5 mg/Nm<sup>3</sup> ve NO<sub>x</sub> için 10–200 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri bildirilmiştir. Rafinasyon fırınından çıkan atık gazda PCDD/F, kısmi kontrol edilmiş ve konsantrasyonlar, 0.036 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (rafinasyon sırasında) ve 0,121 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> (eritme bakır hurdası) olmuştur. SO<sub>2</sub> emisyonları için Głogów 1'de 10–100 mg/Nm<sup>3</sup> ve Głogów 2'de 20-200 mg/Nm<sup>3</sup> bildirilmiştir.

Legnica'da (birincil izabe fırını), anot fırını atık gazları art arda yakılır ve desülfürizasyon için kuru kirecin üflendiği bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. Fırınlar, çalışma sırasında yayılı emisyonları azaltmak için özel kapaklarla donatılmıştır. Buna ek olarak, anot fırınlarının yükleme, boşaltma ve cüruflandırma bölümleri, havalandırma havasının, anot fırınlarının

### Bölüm 3

brülörlerinde yanma havası olarak kısmen kullanılan ve son yakıcı odasındaki anot atık gazlarının ana akımına kısmen eklendiği havalandırma sistemlerine sahiptir (esas olarak indirgeme aşamasında). Deşarj edilen temiz gaz şunları içerir: 0,2–1 mg toz/Nm<sup>3</sup>, 0,2–300 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> ve 10–100 mg NOX/Nm<sup>3</sup>. Döküm alanı ayrıca, sadece buharla doldurulmuş emilmiş havanın yerel baca ile deşarj edildiği bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Metallo-Chimique Beerse'de (ikincil izabe fırını), ateşli rafinasyon için bir TBRC kullanılır (bkz. Bölüm 3.3.4.3). Mevcut anot fırından çıkan atık gazlar bir son yakıcı tarafından arıtılır ve bir torba filtre ile süzülür. Yeni anot fırını, yükleme ve deşarj (boşaltım delikleri) faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını yakalamak için kapatılmıştır. Atık gazlar bir son yakıcı odasından geçer ve bir torba filtrede temizlenir. Kantitatif toz emisyonları verileri ayda bir kez toplanır ve raporlanır. <5 mg/Nm<sup>3</sup> toz seviyeleri korunabilir. İşlevsel veriler için Tablo 3.49'a bakınız.

Montanwerke Brixlegg'de (ikincil izabe fırını), atık gazlar bir torba filtrede (150 000 m<sup>3</sup>/s) temizlenir. Isı, atık ısı buhar kazanı içinde geri kazanılır. Anot fırınının yükleme ve boşaltma bölümleri havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Egzoz gazları bir torba filtrede temizlenir. 20–50,4 mg/Nm<sup>3</sup>'te SO<sub>2</sub> seviyeleri, 0,6-3,8 mg/Nm<sup>3</sup>'te toz ve 4,5-213 mg/Nm<sup>3</sup>'te NO<sub>x</sub> rapor edilmiştir.

İşlevsel ve performans verileri, birincil bakır üretimi için Tablo 3.47'de ve ikincil bakır üretimi için Tablo 3.49'da gösterilmiştir.

**Tablo 3.47: Eritme ve ateşli rafinasyon birincil eritme için işlevsel ve performans verileri (kısım 1)**

Tesis	Atlantic Copper	Aurubis Hamburg	Aurubis Pirdop	Boliden Harjavalta
<b>Fırın tipi</b>	3 döner fırın, 2 döküm çarkı. Döküm kapasitesi 70 t /saat ve 40 t/saat	2 döner fırın, 1 döküm çarkı (80 t/saat)	2 döner fırın, 1 döküm çarkı	2 döner fırın, 1 döküm çarkı (60 80 t/saat)
<b>İndirgen madde</b>	Doğalgaz	Doğalgaz	Propan-bütan	Propan
<b>Kaynak</b>	Fırın atık gazı	Fırın atık gazı, Havalandırma gazı	Fırın atık gazı, Havalandırma gazı	Atık gaz, Çatı havalandırma kısımları
<b>Gaz arıtımı</b>	Islak gaz yıkayıcı ve ıslak ESP	Son yakıcı odası, tüp tipi hava-gaz soğutucu, torba filtre	Son yakıcı odası, ortak bir ikincil gaz temizleme sisteminin bir parçası olarak kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre (merkezi sistem parçası, bkz. Bölüm 3.3.3.6)	Son yakıcı odası, soğutma, kireç enjeksiyonu ile torba filtre (merkezi sistem parçası, bkz. Bölüm 3.3.3.6)
<b>Maks. akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	47 000	70 000	bkz. Bölüm 3.3.3.6	bkz. Bölüm 3.3.3.6
<b>Parametre</b>	<b>Emission levels (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 5 kez	Sürekli	Sürekli	Sürekli
<b>Toz</b>	Sunulmamış	<0,5–9,5 (yarım saatlik ortalama) <0,8–3,3 (günlük ortalama) 0,5–2 (yıllık ortalama)	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 5 kez	Sürekli	Sürekli	Sürekli
<b>SO<sub>2</sub></b>	< 10–337 50 (*)	< 50–1050 (yarım saatlik ortalama) < 50–180 (günlük ortalama) 80–150 (yıllık ortalama)	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
<b>NO<sub>x</sub></b>	< 10–56 35 (*)	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir	Belirtilmemiştir
<b>Denetim aralığı</b>	Uygulanamaz	Yılda 4 kez (3*30 dak)	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem	Bkz. Bölüm 3.3.3.6 Merkezi sistem
<b>Cu</b>	Ölçülemediği	0,03–1,5	Bkz. Bölüm 3.3.3.6	Bkz. Bölüm 3.3.3.6
<b>Pb</b>		< 0,01–0,52		
<b>As</b>		< 0,01–0,18		
<b>Cd</b>		< 0,02		

Tablo 3.48: Eritme ve rafinasyon arıtma birincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri (kısım 2)

Firma	Boliden Rönnskär	KGHM Głogów 1	KGHM Głogów 2	KGHM Legnica
<b>Fırın tipi</b>	2 döner fırın, 2 döküm çarkı (100 t/saat)	2 döner fırın, 2 döküm çarkına sahip 1 döküm makinesi	2 döner fırın, 2 döküm çarkı olan bir döküm makinesi ve bir döküm çarkı bir döküm makinesi olan 2 reverber fırın.	2 döner fırın, 2 döküm çarkına sahip 1 döküm makinesi
<b>İndirgen madde</b>	Amonyak	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
<b>Kaynak</b>	Atık gaz, Havalandırma gazı	Atık gaz, Havalandırma sistemi yükleme ve boşaltma bölümü ve döküm alanı	Atık gaz, Havalandırma sistemi yükleme ve boşaltma bölümü ve döküm alanı	Atık gaz, Yükleme, boşaltma ve cürufalama havalandırma sistemi
<b>Gaz arıtımı</b>	Torba filtre	Son yakma, yarı kuru desülfürizasyon, torba filtre	Son yakma, yarı kuru desülfürizasyon, torba filtre	Son yakma, yarı kuru desülfürizasyon, torba filtre
<b>Maks. akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	66 200	38 000	102 000	40 000
<b>Parameter</b>	<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 12 kez	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)
<b>Dust</b>	< 0.02–0.89 0.22 (*)	1–5 1.77 (*)	1–5 1.47(*)	0.2–1 0.7 (*)
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 1 kez	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)
<b>SO<sub>2</sub></b>	1–532 73.4 (*)	0–100 34.4 (*)	20–200 98.3 (*)	0.12–355 38.5 (*)
<b>NO<sub>x</sub></b>	Belirtilmemiştir	10–200 20.7 (*)	15–170 117 (*)	0.4–150 25 (*)
<b>Denetim aralığı</b>	Yılda 2 kez	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)	Yılda 12 kez (1 saat)
<b>Cu</b>	0.005–0.45	0,16–3,38	0,04–0,4	0,01–0,158
<b>Pb</b>	Belirtilmemiştir	0,06–1,33	0,01–1	0,01–0,135
<b>As</b>	Belirtilmemiştir	0,07–0,9	0,05–1	0,0–0,115
<b>Cd</b>	Belirtilmemiştir	0–0,002	0–0,01	Belirtilmemiştir
(*) Bir yılda alınan ölçümlerin ortalaması. NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtreleme sisteminin verimliliğine bağlıdır. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]				

**Tablo 3.49: Eritme ve rafinasyon arıtma ikincil izabe fırını için işlevsel ve performans verileri(kısım 2)**

Firma	Aurubis Lünen	Aurubis Olen	Metallo-Chimique Beerse	Montanwerke Brixlegg
<b>Fırın tipi</b>	1 sabit fırın, 1 eğilebilir fırın, 1 döküm çarkı	Contimelt, Erime şaft ocağı, Destek fırın, 2 döküm çarkı	2 döner fırın, 2 döküm çarkı	1 reverber fırın, 1 döküm çarkı
<b>İndirgen madde</b>	Ahşap 20 kg/t Cu, Doğalgaz 10 m <sup>3</sup> /t Cu	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
<b>Kaynak</b>	Atık gaz, Davlumbazlar ve havalandırma delikleri, cüruf alma ve boşaltım delikleri, Anot izabe fırınının havalandırması	Atık gaz eritme ocağı, Atık gaz destekleme fırını	Atık gaz, Havalandırma sistemi	Atık gaz, Havalandırma sistemi
<b>Gaz arıtımı</b>	WHB + torba filtre Torba filtre, kireç enjeksiyonu	Su verme, siklon, WHB, torba filtre son yakma, WHB, torba filtre Kireç ve aktif kömürlerin eklenmesi	Mevcut: Son yakıcı + Torba filtre, Yeni: Son yakma odası + soğutucu + Torba filtre	WHB + torba filtre
<b>Maks. akış oranı (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	150 000	120 000	116 700	150 000
<b>Parameter</b>	<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Denetim aralığı</b>	Sürekli	Ayda bir kez (1 * 60dk)	Yılda 2 kez (4 saat)	Sürekli Süreksiz
<b>Dust</b>	<0.5–6.8 (yarım saatlik ortalama) <0.5–2.9 (günlük ortalama), 2.1 (günlük ortalamanın %90'ı) 0.9 (yıllık ortalama)	< 1–6,7 < 1–2,1 (*)	1–1,3 1,15 (*)	2 (günlük ortalama *) 0,6–3,8 (3 yılda bir 3x0,5 saat **)
<b>Denetim aralığı</b>	Sürekli	Ayda bir kez (1 * 60dk)	Belirtilmemiştir	(3 yılda bir 3x0,5 saat **)
<b>SO<sub>2</sub></b>	<50–1620 (yarım saatlik ortalama) <50–450 (günlük ortalama), 320 (günlük ortalamanın %90'ı) 190 (yıllık ortalama)	50–427 70–260 (***)	Belirtilmemiştir	0–50.4 (3 yılda bir 3x0,5 saat **)
<b>NO<sub>x</sub></b>	<50–350 (yarım saatlik ortalama) <50–210 (günlük ortalama) 105 (günlük ortalamanın yüzde 90'ı) <50 (yıllık ortalama)	178–500 352–460 (***)	Belirtilmemiştir	4.5–213 (3 yılda bir 3x0,5 saat **)

### Bölüm 3

Denetim aralığı	Her 3 yılda bir (6 * 0,5 saat)	Ayda bir kez (1 * 60 dk,)	Yılda iki kez (4 saat)	Her 3 yılda bir 3x0,5 saat **
<b>Cu</b>	0,19–0,43	0,02–0,6	< 0,0005–0,2703	0,5
<b>Pb</b>	0,07–0,18	< 0,01–0,2	< 0,0005–0,1476	0,1
<b>As</b>	< 0,01–0,03	0,01–0,6	< 0,0005–0,0312	0,0019
<b>Cd</b>	0,001–0,003	< 0,2	< 0,0005–0,0111	0,01
<b>Ni</b>	< 0,01–0,01		< 0,0005–0,0077	0,0014
<b>Sn</b>	< 0,017–0,054	< 0,2	< 0,001–0,017	0,0028
<b>Sb</b>	0,001–0,003		< 0,0005–0,004	< 0,0001
<b>TVOC</b>	7–38	10–50	Not reported	0,2–15,9
Denetim aralığı	Belirtilmemiştir	Yılda üç kez (6 saat)	Uygulanamaz	3 yılda bir 3x3 saat **
<b>PCDD /PCDF</b>	0,039–0,050 ng I-TEO/Nm <sup>3</sup>	0,03–0,5 ng I-TEO/ Nm <sup>3</sup>	Belirtilmemiştir	0,142–0,209 ng I-TEO/ Nm <sup>3</sup>

\* Sürekli ölçüm.  
\*\* Süreksiz ölçüm.  
(\*\*\*) Bir yıl içinde alınan ölçümlerin ortalaması.  
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtreleme sisteminin verimliliğine bağlıdır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 385, Germany 2012 ]

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Atık su, deşarj edilmeden önce ek arıtma gerektiren ıslak gaz yıkayıcıdan üretilir ve atılması gereken katı atık vardır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknikler, kullanılan besleme malzemesine, fırına ve indirgeyici maddeye bağlı olarak yeni tesislere ve mevcut olanlara uygulanabilir.

Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir:

- Ortamlar arası etkilerden dolayı çok yüksek atık gaz akış oranları (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Büyük alanlarda gerekli su miktarı ve atık su arıtımı ve ilgili Ortamlar arası etkiler ile kurak alanlarda.

#### Ekonomik veriler

Aurubis Hamburg'a anot fırını ve döküm çarkında ortaya çıkan yayılı emisyonları ölçmek için yaklaşık 7 milyon Euro yatırım yapıldı.

Islak ESP kurulumu dahil olmak üzere emisyonları azaltmak için Atlantik Bakırına yaklaşık 3.4 milyon Euro yatırım yapıldı.

Montanwerke Brixlegg'e 150.000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli yeni bir torba filtre için dört filtre hattı, bir vantilatör, baca, bina ve boru tesisatı olmak üzere yaklaşık 2 milyon Euro yatırım yapıldı.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

#### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg and Lünen (DE), Aurubis Olen (BE), Boliden Harjavalta (FI), Boliden Rönnskär (SE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), Metallo-Chimique Beerse (BE), and Montanwerke Brixlegg (AT).

#### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]



### 3.3.15. Birincil bakır üretiminde fırınlardan ve yardımcı cihazlardan ikincil emisyonların merkezi olarak toplanması ve azaltılması

#### Açıklama

Bazı birincil bakır izabe fırınındaki çeşitli kaynaklardan gelen ikincil gazlar, Bölüm 2.4'te açıklanan teknikler kullanılarak merkezi olarak toplanır ve merkezi bir gaz temizleme sisteminde (kuru veya ıslak gaz yıkayıcı, ardından bir torba filtre ile) arıtılır.

#### Teknik açıklama

Bazı izabe fırınlarında, özellikle Peirce-Smith dönüştürücülerinin faaliyet gösterdiği yerlerde, ikincil emisyonların toplanması ve azaltılması merkezi olarak gerçekleştirilmektedir.

Birincil bakır izabe fırınının çeşitli noktalarından ikincil gazlar, dönüştürücü ikincil davlumbazlar, flaş izabe fırınında ve elektrikli cüruf fırınındaki havalandırma davlumbazları, izabe fırınlarında ve rafinasyon fırınlarında boşaltım deliği ve oluk havalandırması ve anot fırınlarının havalandırma kapakları ve döküm çarkı ortak bir sistemde toplanır.

Bölüm 3.3.2 ve 3.3.3'te açıklandığı gibi, SO<sub>2</sub> içeriği bir emici madde ile veya kuru gaz ya da ıslak gaz yıkayıcı kullanımı ile azaltılır ve baca gazı bir baca ile atmosfere salınmadan önce bir torba filtrede toz giderilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Yayılı toz ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Ayrı arıtımın mümkün olmadığı birçok küçük ikincil gaz akımının toplanması ve arıtımı.
- Sürekli ve optimize edilmiş akış ve daha kararlı kirletici konsantrasyonunu sağlayarak potansiyel olarak daha iyi arıtma verimliliği.
- Islak gazların sıcak gazlarla karıştırılması bir torba filtrede arıtılmasına izin verir, aksi halde ıslak gazların bir gaz yıkayıcıda arıtılması gerekir.
- Soğuk gazların farklı kaynaklardan gelen sıcak gazlarla karıştırılması, Pb ve As gibi belirli parametrelerin gaz fazından toz fazına indirgenmesine izin verir. Bu, aksi takdirde mümkün olmayan bir torba filtrede etkili bir arıtıma izin verir.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bir tesiste (Aurubis Hamburg, birincil izabe fırını), aşağıdaki kaynaklar dahil olmak üzere toplam 930 000 Nm<sup>3</sup>/saat gaz akışı için ortak bir gaz toplama ve temizleme sistemi kurulmuştur: dönüştürücü ikincil davlumbazlar; flaş izabe fırını (FSF) ve elektrikli cüruf fırınında havalandırma davlumbazları; FSF'nin, elektrikli cüruf fırınının ve anotlu fırınların boşaltım deliği ve oluk havalandırması; anot fırınlarının havalandırma davlumbazları; ve tekrar işlem ve kontrol tesisinin havalandırması.

Toplanan gazlar bir torba filtrede arıtılır. SO<sub>2</sub> için, torba filtreden önce sisteme kuru kireç enjekte edilir. Torba filtreden gelen toz içeren kirecin bir kısmı yeniden dolaştırılır ve tekrar enjekte edilir, geri kalanı geri çekilir ve flaş fırına geri verilir; Saatte 700 kg toz toplanır. Toz, izabe fırını içinde yeniden kullanılır.

İlgili parametreler aşağıdaki Tablo 3.50'da gösterilmiştir.

**Tablo 3.50: Aurubis Hamburg'da merkezi gaz toplama ve azaltma sistemi ile ilgili parametreler**

Giriş şartları	
Maks. tasarım hacmi	930 000 Nm <sup>3</sup> /saat
Hacim varyasyonu	~ 500 000–880 000 Nm <sup>3</sup> /saat
SO <sub>2</sub> giderimi için absorban	Kireç sütü
Ortalama toz ve absorban içeriği	1 500 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub> giriş aralığı	100–3000 mg/Nm <sup>3</sup>

Çıkış şartları	
Hacim değişimi toz emisyonu	~ 500 000–880 000 Nm <sup>3</sup> /saat < 0,5–10 mg/Nm <sup>3</sup> yarım saatlik ortalama (2011'de ölçülen değerlerin% 95'i <1 idi) 0,5–4,5 mg/Nm <sup>3</sup> günlük ortalama
Sülfür emilim SO <sub>2</sub> çıkış aralığı	~ 50–70 % < 50–1275 mg/Nm <sup>3</sup> yarım saatlik ortalama (2011'de ölçülen değerlerin% 95'i <525 idi) < 50–494 mg/Nm <sup>3</sup> günlük ortalama 300–430 mg/Nm <sup>3</sup> yıllık ortalama
<i>Kaynak:</i> [ 383, Copper subgroup 2012 ], [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 385, Germany 2012 ]	

Çeşitli emisyon kaynakları, SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının geniş bir yelpazesine sahiptir, çünkü kesintili işlemler, atık gazlarda SO<sub>2</sub> konsantrasyonunda değişikliklere yol açar. Atık gazı akışını en aza indirmeye gereksinimleri, emisyon dalgalanmalarını artırır.

Başka bir tesiste (Aurubis Pirdop, birincil izabe fırını), ikincil gaz yakalama ve temizleme için ortak bir sistem, aşağıdaki kaynaklar dahil olmak üzere toplam 450.000 Nm<sup>3</sup>/saat gaz akışı için kurulur: dönüştürücü ikincil davlumbazlar; flaş izabe fırınında havalandırma davlumbazları; flaş izabe fırınında mat ve cüruf boşaltım deliği ve oluk havalandırması; anot fırınları proses gazları ve ikincil gazlar; kirletici binanın çatısında ekstraksiyon.

Gazlar, aşağıdaki kısımlardan oluşan merkezi bir gaz ve toz temizleme sisteminde temizlenir.

- Kireç sütü torba filtrede hidratlı kireç ile kaplamak için, anot fırından çıkan atık gaz akışına kireç sütü enjekte etmek üzere tasarlanmış yarı kuru bir gaz yıkayıcı (kireç sprey kurutucu).
- Aşağıdakileri içeren gaz akımından SO<sub>2</sub>'yi uzaklaştırmak için tasarlanmış bir ıslak gaz yıkayıcı: kombine dönüştürücü ikincil gazları, dönüştürücü tavanı gazları ve FSF boşaltım deliği gazları ve çatı havalandırma gazları.
- Kombine anot fırını egzoz gazı, dönüştürücü ikincil gazı, izabe fırının çatı havalandırma gazı ve FSF cürufu ve mat boşaltma gazı akışlarından partikülleri uzaklaştırmak için tasarlanmış bir torba filtre. Torba filtreye giriş akışı, ıslak gaz yıkayıcının ve sprey kurutucu çıkış akımlarının sonuçtaki karışımıdır. Torba filtre, iki sıra üç bölmeye yerleştirilmiş altı paralel bölmeden oluşur. Torba temizleme sistemi, düşük basınçlı hava darbelerine göre tam otomatiktir.
- Yukarıda belirtilen prosesler için gerekli olan tüm kireç sütünü üreten bir kireç hazırlama istasyonu.

İlgili parametreler aşağıdaki Tablo 3.51'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.51: Aurubis Pirdop'taki merkezi gaz toplama ve azaltma sistemi ile ilgili parametreler**

Giriş şartları	
<i>Kuru gaz yıkayıcı</i>	
Gas hacmi	70 000–110 000 Nm <sup>3</sup> /saat
Sıcaklık	250–450 °C
Toz yükü	250–1000 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0–900 mg/Nm <sup>3</sup> , 1500 mg/Nm <sup>3</sup> 'ye kadar
<i>Islak gaz yıkayıcı</i>	
Gas hacmi	82 000–320 000 mg/Nm <sup>3</sup>
Sıcaklık	10–60 °C
Toz yükü SO <sub>2</sub>	40–350 mg/Nm <sup>3</sup>
Kireç sütü eklenmesi	1000–3900 mg/Nm <sup>3</sup> , 15 000 mg/Nm <sup>3</sup> 'ye kadar
	550 kg lime/saat
<i>Torba filtre</i>	

Gaz hacmi	450 000 Nm <sup>3</sup> /saat
<b>Çıkış şartları</b>	
SO <sub>2</sub> aralığı	100–625 mg/Nm <sup>3</sup> günlük ortalama (2011’de günlük ortalamanın %90’ı 377 mg/Nm <sup>3</sup> ) 290 mg/Nm <sup>3</sup> yıllık ortalama
Üretilen alçı	48–50 t/gün
<i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]</i>	

Toz ve SO<sub>2</sub> sürekli olarak doğrudan bacada ölçülür. Toz, iki ışınlı alternatif bir ışık analizörü ile ölçülür. SO<sub>2</sub> diferansiyel optik absorpsiyon spektroskopisi (DOAS) analizörü ile ölçülür.

Emisyon değerlerinde varyasyonlar, çeşitli ikincil ve birincil (anot fırını egzoz gazı) kaynaklarına, giriş koşullarındaki ve toz ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında ve kesintili işlemde kaynaklanır.

Boliden Harjavalta'da, ikincil gaz yakalama ve temizleme için ortak bir sistem (kireç enjeksiyonu ile Torba filtre), aşağıdaki kaynakları içeren toplam 900.000 Nm<sup>3</sup>/saat gaz akışı için monte edilir: dönüştürücü koridor ve dönüştürücü havalandırma davlumbazları; anot fırını (baca gazları konsantre kurutma için yönlendirilmediğinde); bakır ve nikel flaş fırını ve nikel elektrikli fırın alanlarından havalandırma gazları.

Emisyonlar Tablo 3.52'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.52: Boliden Harjavalta'daki merkezi gaz toplama ve azaltma sisteminden kaynaklanan emisyonlar**

Parametre	Emisyon (mg/Nm <sup>3</sup> )			Ölçüm
	Min.	Ort.	Maks.	
Akış	317 200	665 000	890 000	Sürekli (günlük ortalama)
Toz	0,01	0,14	5	
SO <sub>2</sub>	22	407	NR	
Cu	< 0,01	< 0,01	0,2	Yılda 12 kez (örnekleme dönemi boyunca ortalama)
Ni	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Zn	< 0,01	< 0,01	0,09	
As	< 0,01	< 0,01	0,2	
Pb	< 0,01	< 0,01	0,1	
Cd	< 0,01	< 0,01	0,01	
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
NB: NR = Sunulmamış. <i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</i>				

### Ortamlar arası etkiler

- Yüksek hacimli akış nedeniyle enerji kullanımında ve işletim maliyetlerinde artış, birçok valf ve fanın çalışması ve bakımı.
- Optimum çalışmayı sağlamak için çok iyi kontrol ve ölçüm sistemlerinin kurulması ve bakımı.
- Kireç ve su tüketimi.
- Elde edilen alçıtaşı, izabe prosesinde, cüruf oluşumu için kalsiyum akışı olarak tekrar kullanılmalı veya ortamdaki uzaklaştırılmalıdır.
- Deşarj edilmeden önce ek arıtma gerektiren atık su üretilir ve ortamdaki uzaklaştırılmak üzere katı bir atık oluşturulur.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Yeni ve mevcut tesisler için genel olarak uygulanabilir, ancak uygulanabilirlik sahaya özel koşullara bağlı olsa da mevcut ünitelerin tasarımı ve düzeni dikkate alınmalıdır.

### Ekonomik veriler

Aurubis Hamburg'daki yatırım maliyetleri anot fırını ve döküm çarkından ortaya çıkan yayılı emisyonları yakalamak için 10 milyon Euro + yaklaşık 7 milyon Euro idi. Elektrik enerjisi tüketimi 13,6 GWh/yıl'dır.

Aurubis Pirdop'ta ikincil gaz temizleme sistemi 12,5 milyon Avro'dan fazla bir sermaye harcaması içeriyordu. Enerji tüketimi 1,62 MW/s'dir. Ve kireç tüketimi 550 kg/saat'tir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Birçok kaynaktan gelen emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.
- Sürekli ve optimize edilmiş akış sayesinde daha iyi emisyon toplama ve kirletici azaltma verimliliği.

### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), and Boliden Harjavalta (FI).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.16. Birincil ve ikincil bakır üretiminde anot dökümden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

Erimiş bakırın anot fırınından dökülmesi, bir döküm çarkına veya sürekli döküm ünitesine dönüştürülür. Sürekli döküm sadece Japonya ve Endonezya'da EU-28 dışında kullanılır.

En yaygın olarak kullanılan teknik, bir döner tablanın çevresi üzerinde bir dizi anot-şekilli kalıp içeren bir döküm çarkıdır. Erimiş metal ilk önce bir veya iki döküm kepçesini dolduran bir ara potaya yönlendirildiği bir tandişe akar. Döküm kepçeleri metali kalıplara doldurur ve çark dönerek anotları soğutmak için bir dizi su jeti ile döner.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Kapalı tandiş;
- Kapalı ara pota;
- Döküm çarkının (döküm parçasının) ve döküm potasının üzerindeki davlumbazlar;
- Bir torba filtrede işlem ile kombine edilen çatı ekstraksiyonu;
- Döküm çarkından havalandırma gazlarından partikül ayrılması için gaz yıkayıcı veya buğu önleyici.

### Teknik açıklama

Döküm sırasında yayılı emisyonların önlenmesi ve azaltılması için kaplanmış bir tandiş, kapalı ara pota, döküm çarkları ve döküm çarkı üzerindeki davlumbazlar ve çatı ekstraksiyonu kullanılır. Davlumbazlar ve muhafazalar verimli ekstraksiyon ile korunur. Döküm alanından toplanan dumanlar genellikle anot fırını atık gazlarıyla birleştirilir ve daha sonra torba filtrelerde işlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Döküm çarkı soğutma başlığından gelen ıslak havalandırma gazları, partiküllerin çıkarılması için bir gaz yıkayıcı veya buğu önleyicide işlenir. Gaz yıkayıcıdan gelen katı maddeler geri dönüşüme gönderilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya salınan yayılı emisyonların azaltılması.
- Toplanan toz/katı maddeler izabe prosesiyle geri dönüştürülür.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Atlantik Bakırında, anot dökümü 28 ve 20 kalıplı iki tam otomatik döküm çarkı ile gerçekleştirilir. Döküm oranı 70 t/saat ve 40 t/saat'tir. Döküm sırasında üretilen ve yakalanan su buharı, parçacıkların toplanması için bir buğu önleyiciye gönderilir ve gaz (47 000 Nm<sup>3</sup>/saat) daha sonra atmosfere salınır. 4 mg/Nm<sup>3</sup> ile 15 mg/Nm<sup>3</sup> arasında toz emisyonları bildirilmiştir. Anotları soğutmak için su, soğutma kulesi olan kapalı döngü sisteminde kullanılır.

Aurubis Hamburg'da anot döküm, 24 kalıplı tam otomatik tek döküm çarkıyla gerçekleştirilir. Döküm oranı 80 t/saattir. Döküm sırasında üretilen su buharı sistemden dışarı atılır, parçacıklar bir buğu önleyicide çökeltilir ve gaz daha sonra günlük ortalama olarak 5 mg/Nm<sup>3</sup>'den az katı madde içeren atmosfere salınır. 2009 yılında anot fırını ve döküm makinesi alanındaki kaçak emisyonların toplanması ve temizlenmesi projesi tamamlanmıştır. Anot döküm fabrikasının bir kısmı kapalıdır. Bu proje ile anot fırınlarından ve anot döküm çarkından ortaya çıkan yayılı emisyonlar %70'e kadar azaltılmıştır. Anot fırını atık gazları, kireç sütü enjeksiyonu ile bir torba filtrede döküm sisteminden kuru egzoz akımları ile birlikte işlenir.

Aurubis Lünen'de tüm anotlu izabe fırınları havalandırılır ve atık gazları 300 000 m<sup>3</sup>/saat kapasiteli torba filtre ünitelerinde temizlenir.

Boliden Harjavalta'da anot döküm, 28 kalıplı tam otomatik tek döküm çarkıyla gerçekleştirilir. Döküm oranı tipik olarak 70 t/saat'tir. Döküm çarkı soğutma başlığından gelen havalandırma gazları, partiküllerin uzaklaştırılması için 15 000 Nm<sup>3</sup>/saat akış hızında bir vorteks gaz yıkayıcı içinde işlenir. Gaz yıkayıcıdan gelen katılar, anot döküm kapalı soğutma suyu hattına aktarılır ve geri dönüşüme tabi tutulur. Gaz yıkayıcı sonrası toz ölçümleri yılda iki kez yapılır. 20 mg toz/Nm<sup>3</sup> seviyeleri bildirilmiştir.

Metallo-Chimique Beerse'de, yeni döküm çarkı tam otomatik tek döküm çarkıdır. Döküm çarkı soğutma başlığından gelen havalandırma gazları bir torba filtrede işlenir. Toz seviyeleri 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında tutulur. Anotları soğutmak için su kapalı döngü sisteminde kullanılır. Anot soğutma suyundan gelen katı parçacıkların çökmesine izin verilir ve fırınlara geri gönderilir.

KGHM Głogów 1 ve Legnica'da anot dökümü, iki kalıplı 16 kalıplı tam otomatik ikiz çark döküm makinesi ile gerçekleştirilir. Głogów 2'de, iki döküm çarkı (sabit anotlu fırınlar için 28 kalıplı tek bir döküm çarkı ve döner anotlu fırınlar için iki adet 18 kalıplı bir çift-çark döküm makinesi) bulunmaktadır. Tüm anot fırınlarının boşaltma bölümleri, gazın tozsuzlaştırıldığı ve anot fırını gazlarının ana akımı ile birlikte desülfürize edildiği havalandırma sistemlerine sahiptir. Döküm prosesi sırasında, anot fırınından gelen erimiş bakır, kapalı bir oluk ve bir döküm teknesinden, bir havalandırma sistemi ile donatılmış bir döküm alanına akar, burada sadece buharla yüklenmiş emilmiş hava, yerel bacadan deşarj edilir.

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Atık sular, metallerin suya deşarj edilmesini önlemek için ek arıtma ihtiyacı olan gaz yıkayıcılardan üretilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Dökme ekipmanı için alan ve tasarım durumuna bağlı olarak, atık gaz toplama ve sonraki filtreleme sistemleri yeni ve mevcut tesisler için uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Aurubis Hamburg'a anot fırını ve döküm çarkından ortaya çıkan yayılı emisyonları ölçmek için yaklaşık 7 milyon Euro yatırım yapılmıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Atlantic Copper Huelva (ES), Aurubis Hamburg and Lünen (DE), Boliden Harjavalta (FI), Metallo-Chimique Beerse (BE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.17. Birincil ve ikincil bakır üretiminde optimize elektroliz

#### Açıklama

Optimize elektroliz (elektrolitik rafinasyon ve elektrolitik çıkarma) emisyonları ve enerji tüketimini azaltmak için tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmayı içerir.

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Optimize edilmiş hücre tasarımı, paslanmaz çelik katot boşlukları veya bakır başlangıç levhaları kullanımı;
- Yüksek derecede otomasyon (katot/anot değişimi ve soyma işlemleri) ve kalite kontrolü;
- Kapaklar, davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri;
- Sürfaktan ilavesi;
- Kapalı depolama tankları ve çözümlerin aktarımı için kapalı boru hatları;
- Gaz yıkayıcı ve buğu önleyiciler;
- Metallerin yeniden kullanımı veya geri kazanımı için çözümlerin sirkülasyonu yoluyla suya emisyon azaltımı;
- Değerli metal geri kazanımı için yan ürünlerin (anot tortusu) kullanımı;
- Su geçirmez ve aside dayanıklı zeminlerin kullanımı ile toprak/yeraltı suyu kirlenmesinin önlenmesi.

#### Teknik açıklama

*Optimize edilmiş hücre tasarımı, paslanmaz çelik katot boşlukları veya bakır başlangıç levhaları kullanımı*

Optimize edilmiş hücre tasarımı, anot/katot aralığı, anot geometrisi, akım yoğunluğu, elektrolit bileşimi, sıcaklık ve akış hızına sahip elektrolitik rafinasyon prosesleri, düşük enerji tüketimi sağlar ve yüksek üretkenlik sağlar. Paslanmaz çelik katot boşluklarının (diğer bir deyişle kalıcı katotlar) veya bakır başlangıç levhalarının kullanılması da uygulanmaktadır (EU-28'deki bakır rafinerilerin çoğu kalıcı paslanmaz çelik katot teknolojisini uygular).

*Yüksek derecede otomasyon (katot/anot değişimi ve soyma işlemleri) ve kalite kontrolü*

Mekanik ve otomatik depolama ve soyma işlemleri ve kısa devre tespiti kullanımı emisyonları önler ve enerji tüketimini azaltır.

Anotların doğru, düz ve tam ağırlıkta olmasını sağlamak için kalite kontrol uygulanır. İyi ve temiz elektrik kontakları mevcut dağıtım ve enerji tüketimini iyileştirir.

*Kapaklar, davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri*

Elektrolitik rafinasyon hücreleri, sıcaklığı kontrol etmek ve suyun elektrolitik solüsyondan buharlaşmasını önlemek için (örneğin, plastik, bez veya lif tabakaları ile) kaplanabilir. Ekstraksiyon davlumbazları, özel durumlarda elektrolitik rafinasyon hücrelerine monte edilir, örn. Yüksek safsızlık (As, Sb, Bi, Pb, Ni) anotlarının işlendiği yerler.

Elektrolitik çıkarma hücreleri, ilgili yerlerde oksijen evrimi tarafından üretilen asit dumanını emmek için entegre ekstraksiyon ünitelerine sahip davlumbazlar ve kapaklarla kaplıdır.

Sızan kısmın işlendiği elektrolitik çıkarma hücreleri normal olarak kapalıdır ve egzoz havalandırması, gaz yıkayıcılar ve arsane algılama sistemleri ile donatılabilir. Arsane gaz evrimi, çözelti son aşamasında kullanılan akım yoğunluğuna kıyasla besleme malzemesi çözeltisindeki

bakır konsantrasyonunun optimum seviyede tutulmasıyla önlenebilir.

Katot sıyırma ve anot hurdası yıkama makinelerinin yıkama odalarındaki su buharı ve aerosoller çıkarılır.

Sızdırmazlık sağlamak ve sızıntıları önlemek için hücrelerin, tankların, boruların, pompaların ve temizleme sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve önleyici bakımı yapılır.

#### *Sürfaktan ilavesi*

Entegre ekstraksiyon üniteli davlumbazlı elektrolitik çıkarma hücrelerinin örtülmesine bir alternatif olarak, bazen hücrelerden asit dumanından kaynaklanan yayılı emisyonları en aza indirmek için sürfaktanlar eklenir.

#### *Çözelti transferi için kapalı depolama tankları ve kapalı boru hatları*

Depolama tankları kapalı ve bir egzoz gazı çıkarma sistemi ile donatılmıştır.

Elektrolit/çözücüler sabit kapalı borulara aktarılır.

#### *Metallerin yeniden kullanımı veya geri kazanımı için solüsyonların sirkülasyonu yoluyla suya emisyonların azaltılması*

Metal giderimi için sızan kısım artırılır ve elektrolitik çıkarma ve/veya liç prosesine geri gönderilir. Sirküle edilmeyen akışkanlar bir atık su arıtma tesisinde (fiziksel ve kimyasal arıtma) artırılır. Asit atık su katotları yıkayarak oluşturulur ve kısmen doğru asit konsantrasyonunu iyileştirmek için yeniden kullanılır.

#### *Kıymetli metallerin geri kazanımı için yan ürünlerin geri dönüşümü (anot tortusu)*

Anot tortuları değerli metallerin geri kazanımı için kullanılır. Sızan elektrolit, metalleri (Ni, As) geri kazanmak için saflaştırılır. Atık anotlar metal geri kazanımı için yeniden eritilir.

#### *Su geçirmez ve aside dayanıklı bir zemin kullanılarak toprak/yeraltı suyu kirliliğinin önlenmesi*

Drenaj sistemleri sızdırmaz hale getirilir ve toplanan tüm çözücüler devirdaim edilir.

Depolama tankları/kapları çift duvarlı tanklardır ve dayanıklı bacalara yerleştirilir. Zemin sızdırmaz ve aside dayanıklıdır. Sızdırmazlık sağlamak ve sızıntıları önlemek için hücrelerin, tankların, boruların, pompaların ve temizleme sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve önleyici bakımı yapılır.

#### *Gaz yıkayıcı ve buğu önleyiciler*

Toplanan egzoz gazları, gaz yıkayıcı veya buğu önleyicilerde artırılır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Havaya salınan yayılı emisyonların ve toprak ve yeraltı suyuna verilen emisyonların azaltılması.
- Verimli enerji kullanımı (%95'lik bir akım verimliliği sağlanabilir). Paslanmaz çelik boşlukların kullanılması katot kalitesinin artmasına, akım veriminde bir artışa ve daha yüksek akım yoğunluklarına rağmen düşük enerji tüketimine neden olur.
- Metallerin geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

KGHM'de (Głogów 1, 2 ve Legnica) rafineriler bakır başlangıç tabakalarıyla çalışırlar.

Ancak, çoğu elektrolitik rafineriler (Atlantik Bakır, Aurubis Hamburg, Olen, Pirdop ve Lünen, Boliden Harjavalta ve Rönnskär, Montanwerke Brixlegg ve Metallo-Chimique) kalıcı paslanmaz çelik katot plakaları kullanırlar. Bu sistem, kontrollü anot ağırlığı ve işleme ile fiziksel anot hazırlığı ile birlikte elektrotların geometrisini geliştirir. Sonuç olarak, tesis performansı ve katot kalitesi iyileştirilmiş ve yüksek derecede proses otomasyonu sağlanmıştır. İşleme makineleri, ör. soyma, anot hazırlama ve anot hurda yıkama makineleri için tam otomatiktir.

Bakır üretiminin elektrolitik rafinasyon aşaması tarafından tüketilen enerjinin, bakırın tonu başına 300-400 kWh olduğu bildirilmektedir, ancak kullanılan safsızlık anotları elektrilik arıtım edildiğinde kullanılan enerji daha yüksektir [134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998]. Kullanılan boş katodun tipi (paslanmaz çelik veya bakır) temel olarak tank evinin verimliliğini etkiler [90, Traulsen, H. 1998] ve bu, mevcut verimlilik açısından %92 ile %97 arasında değişebilir.

Isıtma için, elektrolitik rafinasyon proseslerinde buharla çalışan elektrolit ısı değiştiriciler kullanılır. Buhar tüketimi seviyesi uygulanan akım yoğunluğuna, kaplanan hücrelerin miktarına ve tank evinin havalandırmasının nasıl düzenlendiğine bağlıdır. Daha yüksek voltaj nedeniyle, elektrolitik çıkarım prosesinin elektroliti soğutması gerekir.

İspanya'daki Atlantic Copper'da katotlar ve anot hurdaları ve regülatör hücreler için yıkama makineleri, kapalı gaz yıkayıcı sıvı hattına sahip bir gaz yıkayıcıya bağlı bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Daha derin dekompresyon hücreleri (bu hücreler 'kurtarıcılar' olarak adlandırılır) kapalıdır ve bir arsane saptama sistemi ile donatılmıştır. Bakır rafinasyon hücreleri, suyun buharlaşmasını önlemek ve enerji tüketimini azaltmak için plastik bir bezle kaplanır.

Aurubis Hamburg ve Olen'de, depolama tankları, katot soyma ve anot hurdası yıkama makineleri ve regülatör hücreler havalandırılır ve havalandırma gazları bir gaz yıkayıcıda işlenir.

Aurubis Lünen'de, işleme makinesinin havalandırılmasından çıkan egzoz gazı ve elektrolit saflaştırması, buğu önleyicilerde işlenir.

Aurubis Pirdop'ta kısmi ve daha derin deklanşör bölümleri yerel havalandırma sistemleriyle donatılmıştır. Daha derin dekompresyon hücreleri ('kurtarıcılar') tamamen kapalı ve bir arsane algılama sistemi ile donatılmıştır. Katotlar ve anot hurdaları için kullanılan çamaşır makineleri havalandırılır. Çıkarılan gazlar, buğu önleyicilerde temizlenir. Regülatör hücrelerden ve ayrıca daha derin dekompresyon bölümlerinden gelen asit dumanının yaygın emisyonları, davlumbazlar tarafından toplanır ve gaz yıkayıcılarda temizlenir.

Boliden Harjavalta'da kalıcı katotlar kullanılır. Katot sıyırma ve anot hurdası yıkama makineleri havalandırılır. Bakır rafinasyon hücreleri, suyun buharlaşmasını önlemek ve enerji tüketimini azaltmak için plastik bir bezle kaplanır. Tank evin havalandırma gazlarından ısı toplamak için bir ısı geri kazanım sistemi kullanılır. Tüm bakırlama hücreleri kaplıdır. Bu aşamada kullanılan akım yoğunluğunun doğru seviyedeki bakır konsantrasyonunun analiz edilmesi ve muhafaza edilmesiyle bakırlamanın son aşamasında Arsane gaz evrimi önlenir. Aynı proses Boliden Rönnskär'da da kullanılmaktadır.

Son birkaç yılda, Montanwerke Brixlegg'te çeşitli geliştirme ve optimizasyon projeleri gerçekleştirildi. Ana proje, tank evinin yüksek akım yoğunluğundaki bir tank evine dönüştürülmesiydi. Ekim 2007'ye kadar rafinasyon kapasitesi tank evini genişleterek yılda 108 000 ton katota yükseltilmiştir. 2011 sonbaharından bu yana kapasite, yüksek yoğunluklu akım kullanılarak yılda 118.000 ton katota yükseltilmiştir. Bu yüksek akım yoğunluğunu sağlamak için tank evinin yarısı yüksek bir akım verimliliği ve iyi katot kalitesini korurken, yüksek akım yoğunluklarının kullanılmasına olanak sağlayan paralel akış için bir manifold elektrolit girişi ve yeni bir transformatör ile donatılmıştır. Yüksek akım yoğunluklu depo evinde maksimum 424 A/m<sup>2</sup>'lik bir akım yoğunluğu kullanılabilir.

Tüm bakırlama hücreleri kaplıdır ve atık gazlar, buğu önleyiciler içinde arıtılır. Bu aşamada kullanılan akım yoğunluğunun doğru seviyedeki bakır konsantrasyonunu analiz ederek ve koruyarak bakırlamanın son aşamasında Arsane gazı oluşumu önlenir.

KGHM Głogów 1, 2 ve Legnica'da rafineriler, bakır başlangıç levhaları ile çalışır. Elektrolitik hücreler genellikle lif tabakaları ile kaplanır. Elektrolit saflaştırma safhasında buharlaştırıcılardan çıkan atık gaz, buğu önleyicilerde (Głogów 2 ve Legnica) arıtılır. Głogów 1'de, vakumlu evaporatörler gaz yaymazlar.

Metallo-Chimique Beerse'de, rafineri, anotların yüksek miktarlarda safsızlıkları gidermek üzere



tasarlanmıştır. Tank evi kalıcı katot prosesini kullanır. Hücrelerdeki kapaklar entegre ekstraksiyon ile monte edilir.

Umicore Hoboken'de, bakır granülün yüksek miktarda safsızlık ile ve ISASMELT fırında üretilen çok değişken bakır içeriği ile işlem görmesi için bir liç ve elektrolitik çıkarma prosesi kurulmuştur. Sülfürik aside bir sürfaktan eklenerek asit dumanı oluşumu önlenir. Elektrik (akım) verimliliği >% 95'tir. Bir tespit sistemi arsane varlığını sürekli olarak izler. Metal giderimi için sızan kısım arıtılır ve filtreleme ve elektrolitik çıkarma prosesine geri gönderilir.

Filtreleme, kapalı tanklarda yapılır. Asit depolama tankı ve süzdürme reaktörleri havalandırılır ve ekstrakte edilen buhar (30 000 Nm<sup>3</sup>/saat) bir sodyum hidroksit çözeltisi ile bir gaz yıkayıcı içinde arıtılır, sonuçta 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> toz, 0,02 mg/Nm<sup>3</sup> Cu ve 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çıkışı sağlanır. Asit atık su katotları yıkayarak oluşturulur ve kısmen doğru asit konsantrasyonunu iyileştirmek için kullanılır ve kısmen nötralizasyon için atık su arıtma tesisine gönderilir.

İspanya'daki Cobre Las Cruces'de, hidrometalurjik çözücü ekstraksiyon prosesinden üretilen bakır sülfat solüsyonunun işlemde geçirilmesi için bir elektrolitik çıkarma prosesi kurulmuştur. Esas olarak bakır sülfat içeren soyulmuş bir çözelti, elektrolitik çıkarma hücrelerine pompalanır, burada bakır, paslanmaz çelik katotlar üzerinde biriktirilir ve bakır metal levhalar (yani bakır katotlar) oluşturur. Hücre başına 84 katot ile 144 hücre vardır. Kalıcı katotlar, her bir tarafta 1,15 m<sup>2</sup>'lik bir alan ile kullanılır.

Elektrolitik hücreler, asit dumanının tank ev atmosferine yayılmasını önlemek için hücre davlumbazları ile kaplıdır. Hücre davlumbazları tank ev vinçleri ile işlenir ve katotlar hasat edildiğinde veya değiştirildiğinde hücrelerden geçici olarak uzaklaştırılması gerekir. Her bir hücre ucu, asit dumanı kanalına bağlıdır ve atık gazları, kademeli tipte ıslak temizleyicilere yönlendirilir. Aynı zamanda, soyma makinesi yıkama haznesinden asit dumanları ve elektrolit filtreleri, gaz yıkayıcıya yönlendirilir. Her bir gaz yıkayıcı , optimize edilmiş bir basınç düşüşü ve maksimum ayırma verimliliği ile büyük gaz hacimlerini işlemek üzere tasarlanmıştır. Sülfürik asit ve bakır sülfatın yaklaşık %95-98'i geri kazanılır. Bu bileşikler atık yıkama suyundaki başka bir şekilde gaz yıkayıcıdan dışarı çıkarılır ve çözelti daha sonra tekrar prosese geri döndürülebilir. İnce su damlacıklarının son ayrımı siklon tipi ayırıcılarda gerçekleşir. 0.05 mg/m<sup>3</sup>'den daha az sülfürik asit içeren temizlenmiş atık gazlar, atık gaz fanları vasıtasıyla bacadan atmosfere gönderilir.

#### Ortamlar arası etkiler

- Asit atık su üretimi. Sirküle edilmeyen akışkanlar bir atık su arıtma tesisinde (fiziksel ve kimyasal arıtma) arıtılır.
- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı (sürfaktan).

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Liç prosesinden sonra, bakır sülfat çözeltisinden bakırın tüketilmesinde sadece elektrolitik çıkarma kullanılabilir. Çok değişken bir bileşim ve yüksek miktarda kirlilik içeren girdiler için filtreleme, solvent ekstraksiyonu ve elektrolitik çıkarma tercih edilir.

Hücrelerin sıcaklığını çalışabilir bir seviyede (yaklaşık 65 °C) tutmak için, hücrelerin bazen atmosfere doğrudan ısı transferini desteklemek için açığa çıkması gerekir.

#### Ekonomik veriler

Aurubis Pirdop'ta (2008) 180.000 ton/yıl'lık üretim kapasitesi ile yeni bakır rafinerisi için 80 milyon Euro'luk yatırım maliyeti rapor edilmiştir.

Mevcut tank evleri için paslanmaz çelik katot teknolojisine dönüşüm maliyeti uygun olmayabilir.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevre mevzuatına uygunluk.
- Enerji tüketiminin azaltılması, üretkenlik artışı ve maliyetlerin en aza indirilmesi.

### Örnek tesisler

- Sızan kısmın işlendiği elektrolitik rafinasyon ve elektrolitik çıkarma: Aurubis Hamburg and Lünen (DE), Aurubis Pirdop (BG), Aurubis Olen (BE), Atlantic Copper Huelva (ES), Boliden Rönnskär (SE), Boliden Harjavalta (FI), Metallo-Chimique Beerse, Montanwerke Brixlegg (AT), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL).
- Elektrolitik çıkarma: Umicore Hoboken (BE) and Cobre Las Cruces (ES).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ], [ 150, J.A. Davis, W.R. Hopkins 1994 ], [ 134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998 ], [ 297, Schlesinger. et al. 2011 ]

### 3.3.18. Birincil ve ikincil bakır üretiminde düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğiyle atık gazlardan sülfür dioksit uzaklaştırılması

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Kireç enjeksiyonu, ardından bir torba filtre;
- Polieter bazlı emilim/desorpsiyon prosesi;
- Sırasıyla kalsiyum sülfid ve alçıtaşı üretmek için kalsiyum bileşiklerini kullanılarak yarı kuru veya ıslak gaz yıkayıcıda baca gazı kükürt giderme;
- Hidrojen peroksit ile gaz temizleme; sülfürik asit üretmek için hidrojen peroksit ile oksidasyon;
- Sodyum bileşiklerini ile gaz temizleme;
- Mg(OH)<sub>2</sub> ile gaz yıkayıcı ve magnezyum sülfatın kristalleştirilmesi;
- Gazları prosese geri döndürmek.

#### Teknik açıklama

Aşağıdaki teknikler, birincil ve ikincil bakır üretiminde düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip atık gazlardan kükürt dioksitin giderilmesi için uygulanır.

##### *Kireç enjeksiyonu, ardından bir torba filtre*

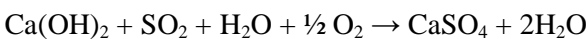
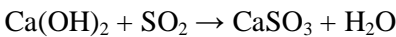
Kireç, gaz akışına enjekte edilerek kalsiyum-sülfür bileşiklerinin oluşmasına neden olur. Mümkün olduğunda, eşzamanlı bir su enjeksiyonu kirecin reaktivitesini artırır, dolayısıyla kirecin çıkarılma verimliliğini artırır. Kalsiyum-sülfür bileşiklerini ve proses tozu, ilave toz yükü için yeterli kapasiteye sahip olması gereken bir kumaş filtresi ile gaz akışından uzaklaştırılır. Elde edilen kireç ve kalsiyum-sülfür bileşiklerini karışımı diğer metalurjik veya su arıtma işlemlerinde tekrar kullanılabilir. Kireç enjeksiyonu diğer bileşenlerin eşzamanlı enjeksiyonu ile birleştirilebilir, örneğin. Hg veya PCDD/F giderimi için aktif karbon.

##### *Polieter bazlı emilim/desorpsiyon prosesi*

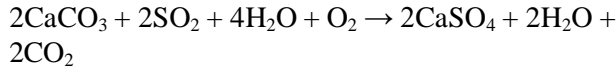
Bu, yıkanmış ve soğutulmuş gaz akışından sülfür dioksitin tam yenileme sahip bir sıvı polieter bazlı çözücüyle seçici fiziksel emilimini içerir. Ana ürün, sülfürik asit tesisine yönlendirilen SO<sub>2</sub> gazı (~%80) açısından zengindir. Saflaştırma, istenmeyen katı yan ürünler oluşturmadan yapılır. Bu teknik, bir birincil bakır içicisinde bir tek dönüşümlü sülfürik asit tesisinden ve yerel enerji santralinden gelen düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğine sahip atık gazların son kükürt giderme işlemine uygulanır. (Bölüm 2.12.5.4.5'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır).

##### *Kalsiyum bileşiklerini kullanarak yarı kuru veya ıslak gaz yıkayıcı*

Reaktant 'kireç sütü' bir bulamaç gaz akışı ile bir reaktör içine enjekte edilir. Gaz sıcaklığı yeterince yüksek olması şartıyla su buharlaştırılır ve gaz halindeki bileşenler parçacıklar ile reaksiyona girer. Reaksiyona giren reaktifin partikülleri daha sonra bir torba filtrede gaz akışından uzaklaştırılır. Kimyasal reaksiyon:



Islak gaz yıkayıcıda, SO<sub>2</sub> atık gazları, alçı üretimi için hava ile oksitlendikten sonra bir kireç taşı süspansiyonundan geçer.



#### *Hidrojen peroksit ile gaz temizleme*

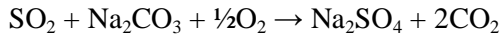
Proses SO<sub>2</sub>'yi sülfürik aside oksitlemek için hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kullanıyor: SO<sub>2</sub> (g) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (aq) → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aq)

Gaz temizleme, ortak akımlı bir sprey kulesinde ve aşağıdaki karşı akımlı gaz temizleme kulesinde doğrudan temas ile elde edilir. Üretilen asidin konsantrasyonu, bir seyreltme birimi olarak asit tesisine geri dönüştürülebilir veya bir piyasa mevcutsa bir yan ürün olarak satılan % 50'ye kadar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e ulaşabilir.

#### *Sodyum bileşikleri ile gaz temizleme*

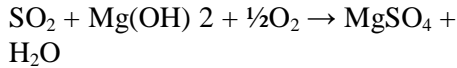
Islak gaz yıkayıcı emilim maddesi olarak sodyum hidroksit kullanılır. Reaksiyon formülüne göre: SO<sub>2</sub> + 2NaOH + O<sub>2</sub> → Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O, bir sodyum sülfat çözeltisi üretilir.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ayrıca aşağıdaki reaksiyona göre SO<sub>2</sub> ile reaksiyona girer:



#### *Mg(OH)<sub>2</sub> ile gaz temizleme*

Islak gaz yıkayıcıda bir katkı maddesi olarak Mg(OH)<sub>2</sub> de kullanılır. Buharlaştırma ve kristalizasyondan sonra magnezyum sülfat üretilir.



#### *Gazları prosese geri döndürme*

Düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğine sahip olan tozsuzlaştırılmış havalandırma gazları, yanma havası olarak, ana gaz akışıyla nihayet kükürtlecek şekilde, prosese geri döndürülebilir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- SO<sub>2</sub> emisyonlarının havaya indirgenmesi.
- Kireç enjeksiyonu, dioksin emisyonlarının azaltılmasında olumlu bir etkiye sahiptir. Toz ve SO<sub>2</sub> giderimi aynı torba filtre ile elde edilir. Ortaya çıkan katı kireç ve alçı veya kireç ve kalsiyum sülfat karışımı veya alçıtaşı diğer metalurjik veya su arıtma işlemlerinde tekrar kullanılabilir.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

##### *Kireç enjeksiyonu, ardından bir torba filtre*

Kuru veya yarı kuru gaz yıkayıcının kükürt giderme verimliliği, gazların sıcaklığından, nem içeriğinden ve kireç parçacıkları ile gaz arasındaki temas süresinden etkilenir. Gaz akışının türbülansı, kireç parçacıklarının yüksek özgül yüzeyi ve kireç miktarı da verimliliği etkiler. Yeterli kalma süresine sahip bir reaktör bölmesi, eğer yer varsa, türbülanslı bir akış oluşturmak için kullanılabilir, fakat bir reaktör için yeterli alanın olmadığı yerlerde bir bez filtresinin yukarısındaki gazın içine kireç ve suyun doğrudan enjeksiyonu kullanılır. Prosesin etkili bir şekilde çalışması için minimum 60 °C'lik bir sıcaklığa ihtiyaç vardır. Gazın 150 °C ve %5 nem içeriğinde çıkarılma verimliliği yaklaşık %45'dir. Nem içeriği %25'e çıktığında, arındırma verimliliği %75'e çıkarılır. Daha düşük sıcaklıklarda, arındırma verimliliği %20–40'a düşer ve yüksek kireç enjeksiyon oranlarına ihtiyaç vardır. Gaz sıcaklığının çiğlenme noktasına yakın olduğu yerlerde, torba filtre üzerindeki olumsuz etki nedeniyle ilave su enjeksiyonu mümkün değildir.

Aurubis Hamburg'da ikincil duman toplama sistemi, birincil bakır izabe fırınında ikincil davlumbazlara eklenen kireç enjeksiyonu kullanır. İçindeki SO<sub>2</sub>'yi azaltmak için kireç sütünün

(Ca(OH)<sub>2</sub>) gaz akışına enjekte edilmesi için bir sistem takılmıştır. Gaz akışında bulunan SO<sub>2</sub> için 100-1500 mg/Nm<sup>3</sup> konsantrasyonda, %50-70 oranında uzaklaştırılır. Sürekli SO<sub>2</sub> ölçümleri gerçekleştirilir. Çıkış SO<sub>2</sub> konsantrasyonu, yarım saatlik ortalama olarak 50-1275 mg/Nm<sup>3</sup>tür ve 2011'de ölçülen SO<sub>2</sub> değerlerinin %95'i <525 mg/Nm<sup>3</sup>tür (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Belçika'nın Hoboken bölgesinde, yeni bir gaz temizleme sistemi ile yeni tasarlanmış bir kesikli proses, proses gazlarında farklı SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile birlikte kullanılmaktadır. Bu, altı saniyelik bir bekleme süresine sahip bir karıştırma haznesinde kireç ve su enjeksiyonu ile kombine bir toz azaltma ve proses toz giderme sistemini uygular ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonu %0 ila %1 arasında değişir. Enjeksiyon oranı 150 ° C'de +/- 250 kg/saat ve nem içeriği %30'dur. Proses tozunun metal içeriği nedeniyle torba filtresi ile uzaklaştırılan baca tozu başka bir proseste tekrar kullanılır ve alçıtaşı bu proseste de kullanılabilir. Kireç enjeksiyonu nedeniyle, filtre kapasitesi sadece toz azaltma için %40 daha yüksektir. Soğuk bir gazda kuru kireç enjeksiyonu testi kötü performans ve yüksek işletme maliyetleri göstermiş ve sistem reddedilmiştir.

#### *Polieter bazlı emilim/desorpsiyon prosesi*

Polieter esaslı emilim/desorpsiyon prosesi, bir bakır köpüğünden (KGHM Legnica) düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğine sahip atık gazların son kükürt giderme işlemine uygulanır. Atık gazların kükürten arındırılması için Bölüm 2.12.5.4.5'e bakınız:

- Tek dönüşümlü sülfürik asit tesisi;
- Şaft fırını yükleme ve boşaltma alanlarından CO ve gaz içeren kömür ve şaft fırını gazlarını yakan bir yerel enerji santrali.

#### *Kalsiyum bileşikleri kullanarak yarı kuru veya ıslak gaz yıkayıcı*

Kalsiyum bazlı sorbentler kullanan yarı kuru veya ıslak gaz yıkayıcılar uygun karıştırma ve reaksiyon odalarını içerir. Reaksiyon odasında üretilen parçacıklar, genellikle bir torba filtre veya ıslak ESP'de giderilir. Kısmen reaksiyona giren gaz temizleme ortamı reaktöre geri dönüştürülür. Mümkünse, atık gaz temizleme ortamı ana proseste kullanılır. Yarı kuru gaz yıkayıcılar, dumanların üretilmesi durumunda bir duman gidericiyi devreye sokar.

KGHM Głogów 1'de, kireç süspansiyonlu yarı-kuru desülfürizasyon, şaft fırını çıkış gazlarından SO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için uygulanır. CO içeren şaft fırın gazları, aynı zamanda ince taneli kömürle ateşlenen yerel santralde yakılır. Baca gazları, Ca(OH)<sub>2</sub> süspansiyonuna yarı kuru desülfürize edilir. Süspansiyondaki suyun tamamı buharlaşır ve kuru ürün torba filtrelerinde toplanır. Yarı kuru desülfürizasyon tesisinin verimliliği yaklaşık %82'dir.

KGHM Głogów 1 ve Głogów 2'de, kireç süspansiyonuna sahip yarı-kuru desülfürizasyon ve ardından torba filtreler, anot fırını atık gazı ve anot fırınlarının yükleme ve boşaltma bölümlerinden havalandırma için de uygulanır. Emisyon ölçümleri ayda bir kez yapılır. SO<sub>2</sub> seviyeleri 20-200 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Aurubis Pirdop'ta, kireç sütü olan bir ıslak gaz yıkayıcı, kombine dönüştürücü ikincil gazları, dönüştürücü tavanı gazları ve FSF boşaltım deliği gazlarını içeren gaz akımından SO<sub>2</sub>'yi uzaklaştırmak için uygulanır. SO<sub>2</sub>, doğrudan bacada sürekli olarak ölçülür. Günlük ortalama SO<sub>2</sub> değerleri aralığı 100-625 mg/Nm<sup>3</sup>tür (günlük ortalamaların %90'ı 377 mg/Nm<sup>3</sup>tür) (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

#### *Hidrojen peroksit ile gaz temizleme*

Aurubis Hamburg'da, atık gazı, birincil bakır dönüştürücülerin (SO<sub>2</sub> içeriği yaklaşık %0,1, %2'ye kadar) üfleme ve dökme işlemleri sırasında ikincil bir davlumbaz ile yakalanır ve işlenen teknolojik gazların sülfürik asit tesisinde seyreltilmesi için kullanılır ya da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> arıtma tesisi tarafından işlenir. Bu proseste H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün normal konsantrasyonu, uygun bir SO<sub>2</sub> emilimini sürdürmek için %30-35'tir. Elde edilen asit seyreltme için asit tesisinin emme bölümünde kullanılabilir. Temizlenen gazdaki SO<sub>2</sub> seviyelerinin, SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki yüksek dinamik değişimler nedeniyle, 20-350 mg/m<sup>3</sup> (günlük ortalama sürekli ölçümler) geniş bir aralıkta bulunmaktadır.

*Sodyumlu bileşiklerle gaz temizleme*

Atlantik Copper'da, Na(OH) ile Venturi gaz yıkayıcıları ve ardından ıslak bir elektrostatik çöktürücü, SO<sub>2</sub>'nin ateşli rafinasyon sırasında oluşan atık gazlardan uzaklaştırılması için uygulanır. Toplanan katılar, ayrılmış ve yanmamış doğal gaz, yoğunlaştırılmış metal ve oksitlerin bileşenleridir; prosese geri dönüştürülürler. SO<sub>2</sub> ölçümleri en az üç ayda bir yapılır. SO<sub>2</sub> seviyeleri 200 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır. Elektrikli cüruf fırınındaki gazları temizlemek için kapalı bir gaz yıkayıcı sıvı hattına sahip bir Venturi gaz yıkayıcı de kullanılır. Katılarda metal içeriği kısmen geri kazanılır. SO<sub>2</sub> ölçümleri üç ayda bir yapılır. SO<sub>2</sub> seviyeleri 200 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Aurubis Lünen'de, NaOH içeren bir gaz yıkayıcı , dönüştürme aşamasındaki atık gazından SO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için kullanılır. Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip, yani maksimum dönüştürme aşamasında olan TBRC atık gazları (maksimum tasarım hacmi 70 000 Nm<sup>3</sup>/sa), gaz temizleme ünitesine yönlendirilir. Gaz yıkayıcı , NaOH (%50 çözelti) kullanır. Ünite, bir ara gaz yıkayıcı , NaOH depolama tankı ve ara gaz temizleme çözeltisi için üç tanktan oluşur. Atık gaz yıkayıcı solüsyonu KRS söndürme işleminde kullanılır, yani KRS atık gazını soğuturken buharlaşır, böylece atık su olmaz. Sülfür dioksit, filtre tozunun bir parçası olan (KRS oksit) sodyum sülfat haline dönüştürülür ve bir ürün olarak satılır. Sürekli ölçümler SO<sub>2</sub> için yapılır. SO<sub>2</sub> seviyeleri, günde ortalama olarak <50 mg/Nm<sup>3</sup> ila 1040 mg/Nm<sup>3</sup>, günlük ortalama olarak <50 mg/Nm<sup>3</sup> ila 270 mg/Nm<sup>3</sup> arasındadır ve günlük ortalamanın %90'ı 206 mg/Nm<sup>3</sup>'tür.

Głogów 2'de, doğrudan-blisterli flaş fırınının boşaltma bölümünde bir havalandırma sistemi bulunmaktadır. Gazlar (yaklaşık 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat), tozsuzlaştırma prosesinin iyileştirilmesi ve SO<sub>2</sub>'nin yakalanması için bazı kireçlerin üflendiği bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. Sistem cüruf boşaltırken çalışır. Bakır blisterin boşaltılması sırasında ek bir ıslak tozsuzlaştırma sistemi sirkülasyonlu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisine sahip bir Venturi gaz yıkayıcı kullanılır. Süreksiz toz ve SO<sub>2</sub> ölçümleri yılda dört kez yapılır. Toz seviyeleri 3–5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. SO<sub>2</sub>, 100 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Głogów 2'de, Hoboken konvertörleri, flaş fırın cürufunun temizlenmesi için kullanılan bir elektrikli fırında elde edilen Cu-Pb-Fe alaşımını işlemektedir. Dönüştürücü atık gazı, bir Venturi gaz yıkayıcı ve bir siklon damlacık ayırıcısından oluşan özel bir ıslak temizleme sisteminde işlenir. Dolaştırılan sıvı madde, aynı zamanda, atık gazı desülfürizasyonunu da sağlayan bir Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisidir. Yayılan gaz 1–5 mg/Nm<sup>3</sup> toz içerir ve 200 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>'nin altındadır.

*Mg(OH)<sub>2</sub> ile gaz temizleme*

Montanwerke Brixlegg'de, dönüştürücü fırınından çıkan atık gazdan SO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için Mg (OH) 2'li bir gaz yıkayıcı kullanılır. Kullanılan emilim ortamı, suda bir Mg(OH)<sub>2</sub> süspansiyonudur. Gaz yıkayıcı , 30 000 Nm<sup>3</sup>/saat atık gazın arıtılması için kullanılır. Ham gaz yaklaşık 5–15 g SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> içerir. Bu gaz temizleme sistemi, paralel olarak yerleştirilmiş üç Venturi multivan emici içerir ve bunlar, hafif alkali bir ortamda 5–30 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> temiz atık gazına kadar bir seviyede baca-toz filtreleme ve desülfürizasyon sağlar. Gaz yıkayıcı de üretilen MgSO<sub>4</sub>, inşaat amaçlı bir katkı maddesi olarak satılmaktadır.

*Gazları prosese geri döndürme*

Bazı havalandırma gazları akışı proses havası olarak kullanılabilir ve sonunda proses gazları olarak desülfürize edilir.

Głogów 1'de, şaft fırınında parçalanmış havalandırma gazları, torba filtrelerde tozsuzlaştırılıp, şaft fırınında hava üfleme olarak kullanılır. Şaft fırını boşaltma alanından gelen havalandırma gazları, torba filtrelerinde tozsuzlaştırılır ve yanma havası olarak yerel enerji santraline gönderilir (yukarıda açıklandığı gibi).

Legnica'da, şaft fırını yükleme ve boşaltma alanlarındaki tüm havalandırma gazları, torba filtrelerinde tozsuzlaştırılır ve yerel enerji santralinde yanma havası olarak kullanılır (yukarıda açıklandığı gibi). Anot fırınlarının yükleme, katlama ve boşaltma bölümleri, gazın anot fırında veya anot fırını ve torba filtre arasında bulunan yanma odasında yanma için hava olarak kullanıldığı gazdan havalandırma sistemlerine sahiptir.

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddeleri kullanımı.
- Elde edilen yan ürünler (tesis içinde veya üçüncü şahıslar) geri dönüştürülemez veya başka bir şekilde geri kazanılmazsa atık üretilebilir.
- Hidrojen peroksit ile gaz temizleme ile üretilen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> doğrudan kullanılamaz ve sülfürik asit tesisine yönlendirilmelidir. Bu ileri proses, prosesin uygulanabilirliğini sınırlandırmaktadır (sülfürik asit fabrikasında seyreltme ihtiyacına bağlı olarak).
- Fırınlara eklenen alçı, tekrar yakalanması gereken SO<sub>2</sub> oluşumuna neden olabilir.
- Islak sistemler kullanıldığında, atık suyun metallerin suya deşarj edilmesini önlemek için ek arıtma ihtiyacı vardır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kireç enjeksiyonu ile SO<sub>2</sub> yakalama, uygun proses parametrelerinin mümkün olması koşuluyla, birincil ve ikincil izabe fırınlarından çıkan atık gazların arıtılması için uygulanabilir. Yani sıcaklık (minimum 60 °C), SO<sub>2</sub> içeriği, farklı proses aşamaları üzerinde SO<sub>2</sub> içeriğinin değişkenliği ve nem içeriği. Bir eritme fırınının egzoz gazlarını temizlemek için bir torba filtre kullanan mevcut tesisler için, yeterli sıcaklık, nem içeriği ve temas süresi olduğunda ve mevcut filtre kapasitesi ek toz yükünü alabildiğinde mevcut azaltma sistemini güçlendirme olmadan doğrudan kireç enjeksiyonu yapılabilir. Yeni tesisler en uygun koşullarda çalışmak üzere tasarlanabilir.

Gaz yıkayıcılar yeni tesislere ve büyük bir modernizasyon veya tesis yükseltmesine uygulanabilir. Bununla birlikte, ıslak sistemler sadece, üretilen su akımları için uygun solüsyonlar sağlanabilirse uygulanabilir (ortamdan uzaklaştırma, arıtmadan sonra uzaklaştırma veya faydalı uygulama). Atık sular SO<sub>4</sub> içeren su akımlarının kireç ile arıtılmasından sonra 1.5 g SO<sub>4</sub>/l'ye kadar içerebilir.

### Ekonomik veriler

Üretilen yan ürünler ticarileştirilebilir veya yeniden kullanılabilir. Bu her zaman geçerli değildir ve yerel piyasa koşullarına ve gerekli kalite şartlarına bağlıdır. Bu, uygulanan tekniklerin kombinasyonunu etkileyebilir. Ayrıca, en iyi tekniklere karar verirken yatırım maliyetlerindeki artış (kurulacak ek ekipmandan dolayı) ve katkı maddelerinin (kireç, sodyum hidroksit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, vb.) Kullanımına bağlı işletme maliyetlerinde dikkate alınmalıdır.

#### *Kireç enjeksiyon*

Aurubis Hamburg'da, yatırım maliyetleri anot fırınının ve döküm çarkından ortaya çıkan yayılı emisyonları yakalamak için 10 milyon Avro, artı 7 milyon Avro idi.

SO<sub>2</sub>'nin kireç ile reaksiyonu parçacıkların yüzeyinde gerçekleştiği ve reaksiyonun daha yüksek bir nem içeriğinde daha hızlı ilerlediği için, kireç tüketimi şu durumlarla azaltılabilir:

- Eşzamanlı su enjeksiyonu (buhar) (daha yüksek enerji maliyeti);
- Daha yüksek spesifik yüzeye sahip bir kireç kullanılarak (daha yüksek maliyet: kireç maliyeti kalsiyum hidroksit için 60 €/tondan genişletilmiş kalsiyum hidroksit için 200 €/ton'a kadar değişir);
- Filtre tozunun geri döndürülmesi.

Baca tozunun ortamdan uzaklaştırılması gerektiğinde, bu tekniğin maliyeti çok yüksek olabilir.

#### *NaOH gaz yıkayıcı*

Aurubis Lünen'de, KRS Plus projesi kapsamında uygulanan çevre koruma önlemleri için 17,5 milyon Euro'luk bir yatırım rapor edildi (vinçle entegre edilmiş davlumbaz, gaz toplama sistemi, NaOH gaz yıkayıcı ve yeni torba filtre).

#### *H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gaz yıkayıcı*

Aurubis Hamburg (2000-2007) tarafından 4,5 milyon Euro yatırım maliyeti rapor edildi.

Yaklaşık 60 000–70.000 Nm<sup>3</sup>/saat ve %2'ye kadar SO<sub>2</sub> için işletme maliyetleri yılda 1 milyon Euro'dur (2012).

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Aynı anda tozu (torba filtrelerini uygulayarak) ve SO<sub>2</sub>'yi azaltma ihtiyacı kireç enjeksiyon tekniğinin uygulanmasını desteklemektedir.
- Atık gaz temizleme solüsyonları söndürme kulelerinde kullanılabilir (yani gazların soğutulmasıyla buharlaştırılır), atık su oluşumunu azaltır veya ortadan kaldırır.
- Üretilen MgSO<sub>4</sub>, inşaat amaçlı bir katkı maddesi olarak satılabilir.
- Üretilen alçı metalürjik proseslerde kullanılabilir ve reaksiyona girmeyen fazla kireç atık su arıtma tesisinde kullanılabilir.

#### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg and Lünen (DE), Montanwerke Brixlegg (AT), KGHM Głogów 1, Głogów 2 and Legnica (PL), and Atlantic Copper (ES).

#### Referans literatür

[ 346, Eurometaux 2010 ], [ 238, ECI 2012 ],

### 3.3.19. Konsantre veya ikincil malzemeden hidrometalurjik bakır üretiminde yer alan solvent ekstraksiyon tesisinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Proses reaktifi seçimi ve kapalı karıştırma tankları, kapalı çöktürücüler ve kapalı depolama tankları gibi kapalı ekipmanların kullanımı;
- Deşarj edilmeden önce atık su arıtma tesisinde çözücü ekstraksiyon prosesinden arındırma işlemi;
- Organik çözeltili içeriğini geri kazanmak için kalıntıların (çöp) arıtılması;
- Temizlik ve çöktürücülerden gelen çamurun arıtılması için santrifüjün kullanılması.

#### Teknik açıklama

*Proses reaktifi seçimi ve kapalı karıştırma tankları, kapalı yerleşimciler ve kapalı depolama tankları gibi kapalı ekipmanların kullanımı*

Solvent ekstraksiyon aşamasında, üretilebilecek hava emisyonları temel olarak proses akışlarının depolanması, aktarılması ve işlenmesinden kaynaklanan emisyonlar esas olarak yayılı VOC emisyonlarıdır. Kapalı karıştırma tankları, kapalı çöktürücüler ve kapalı devrede kapalı depolama tankı gibi kapalı ekipmanların kullanılması, olası VOC emisyonlarını en aza indirir. Yayılı emisyonların en aza indirilmesi, daha düşük bir buhar basıncına sahip bir proses reaktifi (solvent) seçilerek de elde edilebilir.

*Deşarj edilmeden önce atık su arıtma tesisinde çözücü ekstraksiyon işleminden arındırma işlemi*

Solvent ekstraksiyon aşamasında üretilen ana sıvı atık ikincil rafinattır. Bu atık madde, sızıntıdan kaynaklanır ve solvent ekstraksiyonu, süzme ve elektrolitik devrelerde biriken kirleri önlemek için hidrometalurjik proseste gereklidir. Bu atık suların hidroksitler ve sülfat olarak çöktürüldüğü atık su arıtma tesisine gönderilir. Elde edilen su akışı, alıcı ortama deşarj edilir.

*Organik çözeltili içeriğini geri kazanmak için kalıntıların (çöp) arıtılması*

Çözücü ekstraksiyon adımıyla ham olarak bilinen bir çöp üretilir. Çöp, askıda katı madde, sulu çözeltili ve organik solüsyondan oluşan stabil bir emülsiyondur ve çözücü ekstraksiyon çöktürücülerdeki organik ve sulu çözeltiler arasındaki fazda oluşur.

### Bölüm 3

Katı maddelerin atıktan uzaklaştırılması için bu çöp, çöp özütü çöktürmelerinden pompalandığı ve katı fazı kalan fazlardan ayırmak için bir kil filtresinden geçirildiği bir arıtma tesisine gönderilir. Kil filtresindeki çamur, çözelti katı madde içermeyene kadar (arıtmanın başladığı yer olan) çöp toplayıcı tankına geri döner. Safhalar tankta ayrı ve sulu ve organik çözeltiler tanktan ayrı olarak alınır. Sulu çözelti, yüklenen organik depoya geri döndürülen organik çözeltiyi geri kazanmak için çöktürücüden sonra birincil arıtım ürününe pompalanır.

#### *Çamurun temizlik ve çöktürücülerden arıtılması için santrifüjlemenin kullanılması*

Çöktürücülerin (sulu faz, çöp ve organik faz) temizlenmesiyle oluşan çamur, katıyı sıvı fazdan (çözücü ve su) ayırmak için santrifüje tabi tutulur. Bu, çözücü ve suyun geri kazanılmasını sağlar ve katı kalıntıların miktarını azaltır. Yayılı emisyonları önlemek için, bu tesis tamamen kapalıdır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Yayılı emisyonların en aza indirilmesi.
- Solvent çözeltisi ve su geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Cobre Las Cruces'te, solvent ekstraksiyonu için kullanılan ürünlerin bileşimi, yayılı VOC emisyonlarını en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, karıştırma tankları ve çöktürücüler kapalıdır.

Sızıntı, esas olarak, yüksek bir ağır metal muhtevası, yüksek sülfat konsantrasyonu (çoğunlukla mineral liç aşamasında sülfürik asit eklenmesinden ve sülfürlerin oksitlenmesinden) ve çok düşük bir pH ile karakterize edilir.

Tablo 3.53, tasarım koşulları altında Cobre Las Cruces'te ikincil arıtım ürünü karakterize eden ana parametreler için tipik değerleri göstermektedir.

**Tablo 3.53: Cobre Las Cruces'te ikincil arıtım ürününün tipik karakterizasyonu**

Parametre	Değer
pH	0,5–1,5
Temperature	35–45 °C
Total organic carbon	2 mg/l
Total nitrogen	10.2 mg/l
Sulphide	5 mg/l
Sulphate	43 169 mg/l
Chloride	201 mg/l
Calcium	187 mg/l
Ferrous ion	5 678 mg/l
Ferric ion	5 976 mg/l
Cu	0,01–0,5 g/l
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16 g/l
<i>Kaynak: [358, CLC 2012.]</i>	

İkincil rafinat, metallerin, hidroksitler ve sülfat olarak çöktürüldüğü nötrleştirme tesisine gönderilir. Arıtılan atık su, bu atık su arıtma tesisinin çıkışında, alıcı ortama deşarj edilmeden önce analiz edilir.

Çöp formlarının oluştuğu oran her bitkinin kendine özgüdür. Cobre Las Cruces örneğinde, verimli özütleme çözeltisi yüksek konsantrasyonda demir içerir ve bu da çöpün oluşturulması için başlıca kaynaklardan birini oluşturur. Çöp organik çözeltiyi ayırmak için işlenir. Sulu çözelti, yüklenen organik depoya geri döndürülen olası bir organik çözeltinin geri kazanılması için, sonradan çöktürücünün birincil rafinatına pompalanır.

Çöktürücülerin (sulu faz, çöp ve organik faz) temizlenmesinden gelen bulamaçın işlendiği



santrifüj ünitesi aşağıdaki ekipmanları içerir:

- Santrifüjü beslemek için tanklar: her biri iki tank;
- Santrifüjü beslemek için pompalar;
- Farklı yoğunluklarda iki sıvı içeren karışımı ayırmak için santrifüj (organik ve sulu) ve bu karışımda bulunan katılar;
- Tricanter'den elde edilen sulu fazı toplamak için tanklar;
- Organik fazın yeniden kullanımı için tekrar prosese döndürme pompası.

Bu tesis tamamen kapalıdır ve solvent ekstraksiyon tesisinin kapalı çevresi içinde bulunur.

Temizlikten gelen bulamaç ve Cobre Las Cruces'in santrifüj ünitesinin çöktürücülerini işlenir. Proses şu şekildedir:

- Besleme tankları, solvent ekstraksiyonu çöktürücüsünde bir çözücü ile temizlendikten sonra çöpü işlemek için alırlar. Ayrılacak olan karışım, bu tanklardan besleme pompaları vasıtasıyla tricanter'e gönderilir.
- Tricanter ayırma prosesini gerçekleştirir, diğer yandan ilgili pompa yardımıyla çöktürücülere geri döndürüldüğü toplama tankında sulu fazı elde eder. Diğer taraftan, yeniden depolanacak ve solvent ekstraksiyon işlemine yeniden entegre edileceği bir tankta toplanan organik bir faz elde edilir.
- Son olarak, beslenen katı faz, tricanterden ayrılır ve bir tesis kalıntısı olarak bertaraf edilmek üzere bir kap içinde toplanır.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

#### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Yayılı emisyonların en aza indirilmesi.
- Solvent çözeltisinin geri kazanımı.

#### **Örnek tesisler**

Cobre Las Cruces (ES).

#### **Referans literatür**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **3.3.20. İkincil bakır üretimi**

İkincil bakır üretiminde çok çeşitli ikincil malzemeler kullanılır ve bunlar değişken bakır içeriği ve diğer metallerin geniş bir konsantrasyon aralığı ile karakterize edilir veya diğer elementlerle (örneğin metalik, oksidik, sülfidik) kompleksleştirilir. Ayrıca, bakır ve diğer metalleri içeren atıklar işlenebilir, örneğin elektronik hurda. Giriş materyalleri, kullanılan proses için uygun olmalıdır.

Giriş materyallerine bağlı olarak aşağıdaki işlemler uygulanır:

- ISASMELT fırını, çok çeşitli birincil ve ikincil bakır/kurşun içeren malzemelerin (tozlar, matlar, kalıntılar, cüruflar, anot maden atıkları, vb.) blister bakırına eritilmesi ve dönüştürülmesi için, elektronik hurda, çinko ve atık içeren bazı hammaddeler;
- KRS, bakır alaşımli hurda, elektronik hurda, bakır açısından zengin cüruflar, bakır

cüruf, baca tozu, çamurlar gibi ikincil bakır malzemelerin blister bakırının eritilmesi ve dönüştürülmesi için;

- Çok çeşitli bakır ve bakır/kurşun içeren malzemelerin eritilmesi için elektrikli fırın, bir oksidik, sülfürik veya metalik doğası olan, yani tozlar, cüruf atıkları, cüruflar, düşük kaliteli değerli metaller içeren anot maden atıkları, bakır alaşımli hurda, düşük dereceli mat, bakır/kurşun konsantreleri;
- Mini izabe fırını ve yüksek fırın, küçültücü madde olarak demir veya bakır/demir hurdası kullanılarak ikincil oksidik ve metalik bakır içeren malzemelerin eritilmesi için;
- TBRC, bakır ve bakır alaşımli hurda, cüruf ve kompleks konsantrelerin eritilmesi için;
- Sürekli olarak iki aşamalı bir proses olan Contimelt, bakır anotlar üretmek için siyah ve blister bakır, yüksek dereceli bakır hurda ve anot hurdalarının eritilmesi ve işlemden geçirilmesi için (bkz. Bölüm 3.3.3.6).

Ausmelt/ISASMELT fırını ve KRS, aynı tesiste aralıklı iki aşamalı eritme ve dönüştürme prosesini uygulayabilir, böylece malzemelerin bir fırından diğerine aktarılmasından kaynaklanan ek emisyonları önleyebilir.

İkincil hammaddelerden elde edilen bakır üretimi, yeni tekniklerin getirilmesiyle yıllar içinde daha verimli hale gelmiştir. KRS kurulumunun enerji tüketimi, 2300 kWh/ ' de yüksek fırın, dönüştürücü ve kurşun kalay alaşımı tesisinin eski sisteminden önemli ölçüde daha düşük olan 1080 kWh/t hammaddedir. [234, UBA (D) 2007]

### 3.3.21. İkincil bakır üretiminde eritme fırınlarından çıkan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Besleme malzemelerinin fırına ve kurulu azaltma sistemine göre kullanılması;
- İşlemin negatif basınç altında gerçekleştirilmesi, kapatılmış fırınlar/şarj sistemleri, muhafazalar, örtülü dolun malzemelerinin kullanımı, verimli özütleme ile ikincil davlumbazlar (ve daha sonra tozsuzlaştırma ve gaz temizleme sistemleri);
- Güçlendirilmiş bir emiş sisteminin kullanılması;
- Atık gaz arıtılması (birincil ve ikincil):
  - Torba filtrelerle kombinasyon halinde siklonlar,
  - Çift temas/çift absorpsiyon asit tesisi, sıvı SO<sub>2</sub> tesisi, gaz yıkayıcı , kuru kireç/Sorbalit enjeksiyonu, adsorbentlerin eklenmesi, cıva giderme sistemleri, yanma, söndürme.

#### Teknik açıklama

*Besleme malzemelerinin fırına ve kullanılan azaltma sistemine göre kullanımı*

Emisyonun önlenmesi, fırın ve emisyon azaltma sisteminin doğru tasarımı ve tasarım kriterlerine göre doğru hammaddelerin kullanılması ile sağlanır.

Besleme malzemelerinin ön-işlenmesi aynı zamanda, pelet haline getirilmiş ya da alternatif olarak karıştırılmış ya da kurutulmuş ve pnömatik olarak enjekte edilen ince ve çamurumsu besleme malzemeleri gibi gerekli proses şartlarının elde edilmesi için de kullanılmaktadır. Organik materyallerin mevcudiyetine bağlı olarak, süsleme veya yağsızlaştırma gibi diğer ön işlemler uygulanabilir (bkz. Bölüm 3.3.2.2).

*Negatif basınç altında çalışma, kapatılmış fırınlar/şarj sistemleri, uygun muhafazalar, örtülü havalandırıcılar, verimli çekmeli ikincil davlumbazlar*

Sızdırmaz yükleme sistemleri (çift zil, kapı sızdırmazlığı, kapalı konveyörler ve besleyiciler gibi) ve sızdırmaz veya kapalı fırınlar uygulanabilir. Fırının basınçlandırmasını önlemek için negatif basınç altında ve yeterli gaz çıkarım oranı ile uygulanır.

Fırınlarda havalandırma odası içinde kapatılır veya muhafazalar kullanılır. Davlumbazlar gibi ekstraksiyon sistemleri, fırın şarj ve boşaltma bölümlerindeki dumanları yakalamak için uygulanır. Toplamanın etkinliği, davlumbazların verimliliğine, kanalların bütünlüğüne ve iyi bir basınç/akış kontrol sisteminin kullanımına bağlıdır. Bir Ausmelt/ISASMELT fırının veya KRS'nin kullanımı, bir fırından diğerine malzemelerin aktarımından kaynaklanan emisyonları engelleyebilir, çünkü bu fırınlar, aynı tesiste aralıklı iki aşamalı eritme ve dönüştürme prosesini uygulayabilir.

#### *Güçlendirilmiş bir emiş sisteminin kullanılması*

Egzoz sisteminin şarj koşullarına otomatik olarak ayarlanması gibi, çıkarma oranlarının gerçek gereksinimlere göre ayarlanması, değişken hızlı fanların uygulanması ile mümkündür. Amortisörler için iyi çıkarım elde etmek ve çok fazla enerji kullanmadan dumanın kaynağını çıkarım çabasını hedeflemek için otomatik kontroller kullanılır. Kontroller, prosesin farklı aşamalarında çıkarma noktasının otomatik olarak değiştirilmesini sağlar. Değişken koşullar için uygun çıkarım oranları sağlamak amacıyla değişken hızlı fanlar kullanılır. Optimum toplama verimliliği sağlamak ve yayılı emisyonları önlemek için fanlar, vanalar ve damperler otomatik olarak çalıştırılan sistemler de uygulanır.

Tüm çıkarma sisteminin performansının sürekli veya düzenli olarak izlenmesi ve fırınların, davlumbazların, kanalların, fanların ve filtre sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve önleyici bakımı, hava sızdırmazlığını sağlamak ve kaçak salınımları önlemek için uygulanır.

#### *Atık gazların arıtılması*

İkincil izabe fırını atık gazlarının (birincil ve ikincil) içeriği, kullanılan hammaddelerin/yakıtların bileşimine bağlıdır. Emisyonları azaltmak için, TVOC ve dioksinlerin termal olarak tahrip edilmesi fırında 950 ° C'den yüksek gaz sıcaklıklarıyla elde edilebilir. Hızlı gaz soğutması (söndürme veya atık ısı kazanı) ile dioksinlerin yeniden oluşumu önlenir. Toz ve metaller için bir torba filtre kullanılır; Bazı durumlarda, aktif karbon enjeksiyonu ile birlikte VOC, PCDD/F ve civa emisyonlarını da azaltır. İkincil gazlar, atık gazları prosesi ile birlikte ele alınabilir. Ayrılan tozlar metal geri kazanımı için tesis içinde veya dışında geri dönüştürülür.

İkincil izabe fırınlarından yayılan birincil atık gazlar, girdi malzemesinin bileşimine ve kullanımdaki prosese bağlı olarak sülfür dioksit içerebilir (örneğin, kumlama/şaft fırını için gerekli olan kok). Sülfür içeren materyalleri işleyen fırınlardan yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına sahip atık gazlar, sülfürik asit üretimi veya sıvı bir SO<sub>2</sub> tesisi için çift temaslı/çift absorpsiyonlu işlem biriminde işlenir. Bu işlemlere girmeden önce, proses gazları kuru sıcak ESP'de kabaca tozsuzlaştırılabilir ve soğutma ve yıkama işleminden sonra ıslak ESP'de ikinci kez olabilir. Isı, diğer işlemlerde kullanılmak üzere veya ısıtma amaçlı olarak üretildiği bir atık ısı kazanı içinde geri kazanılabilir.

İkinci elektrikli ocakta, atık gazı yakılmış, soğutulmuş, bir torba filtrede filtrelenmiş ve ek bir yıkama ve soğutma olmaksızın asit bitkisine girmeden önce bir cıva sökme tesisinde işlenmiştir.

Düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğine sahip atık gazlar için kükürt dioksit giderme, kireç torba filtrede enjekte edilerek elde edilebilir (bkz. Bölüm 3.3.3.9).

Bölüm 2.12.5.5'te açıklanan absorban veya diğer teknikler kullanılarak cıva giderme sistemleri uygulanır.

Dioksinleri ve diğer VOC'leri ortadan kaldırmak için gerektiğinde filtre sistemlerine adsorbanlar (örneğin aktif kömür) eklenir veya başka teknikler uygulanabilir (bkz. Bölüm 3.3.4.1.2 ve 3.3.4.1.3).

Ayrılan tozlar metal geri kazanımı için tesis içinde veya dışında geri dönüştürülür.

İkincil atık gazlar, kireç veya diğer katkı maddeleri ile gerekirse bir torba filtresinde tozsuzlaştırılır.

3.3.3.9, 3.3.4.1.1 ve 3.3.4.1.3 bölümlerinde SO<sub>2</sub>, PCDD/F ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının önlenmesi ve

azaltılması için göz önünde bulundurulması gereken teknikler açıklanmıştır. Bölüm 3.3.4.1.2, bir RTO kullanımı ile ilgilidir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının havaya indirgenmesi.
- SO<sub>2</sub> emisyonunun havaya indirgenmesi ve sülfürün geri kazanımı.
- PCDD/F ve VOC emisyonlarının azaltılması.
- Yıpranmış tozun tekrar kullanılmasıyla hammaddenin geri kazanımı.
- Atık ısı kazanı kullanılarak enerji geri kazanımı.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Aurubis Hamburg'da kapalı bir elektrikli fırın kapalı kemerler ve sızdırmaz bir kaldırma şarj sistemi ile şarj edilir. Fırının üstü muhafaza altına yerleştirilmiştir. İnce ve çamurumsu besleme malzemeleri peletlenir. Fırın primer atık gazı, devridaim edilen soğuk gaz ve bir hava-gaz soğutucusu ile soğutulur. Soğutulduktan sonra, atık gazı bir torba filtrede filtrelenir ve bir cıva emilim biriminden gönderilir. Orada, yoğunlaştırmadan sonra adsorbanlar eklenir. Ek cıva, selenyum içeren bir absorban kullanılarak uzaklaştırılır. Eğer önemli ölçüde SO<sub>2</sub> içeriyorsa veya yalnızca düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğinin azaltılması gerekiyorsa atık gaz bir çift kontak/çift absorpsiyon asit tesisine aktarılır. Davlumbazlar boşaltım boyunca ikincil gazları yakalar. Fırının başı tamamen davlumbazın altındadır. Elektrik fırından gelen ikincil gazlar toplanır ve bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. Sürekli ölçümler toz ve SO<sub>2</sub> için yapılır. 0,5-5,5 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <0,5-4,2 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) toz seviyeleri rapor edilmiştir. SO<sub>2</sub> emisyon seviyeleri 50-840 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve 50-340 mg/Nm<sup>3</sup>'tür (günlük ortalama). SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının varyasyonları, cürufun ve metal dökümünün toplu çalışmasından kaynaklanır. Veriler, giriş malzemesinin değişkenliği, çeşitli yükler ve çalışma rejimleri, ekipmanın aşınması ve filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı temsil eder. Ayrılan tozlar metal geri kazanımı için tesis içinde veya dışında geri dönüştürülür.

Aurubis Lünen'de KRS fırını etkili bir şekilde kapatılmıştır. Şarj sistemleri kapalı ve bir atık gaz yakalama sistemi ile donatılmıştır. Boşaltma deliği, davlumbaz ve gazsız yakalama sistemleri ile donatılmıştır. KRS fırını atık gazları bir WHB içinde soğutulur ve bir torba filtre sisteminde ikincil gazlarla (davlumbaz) birlikte temizlenir. Yaklaşık 500 000 Nm<sup>3</sup>/saat akışa ve 5000- 10 000 mg/Nm<sup>3</sup> toz içeriğine sahip ikincil davlumbazlar içeren fırından çıkan atık gaz akışı beş torba filtrede işlenir.

Sürekli ölçümler toz, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF ve Hg için yapılır. Tozun <0,5-5,2 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <0,5-2,7 (günlük ortalama) olduğu rapor edilirken, günlük ortalamanın yüzde 90'ı <0,5 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. <50-1520 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <50-303 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) SO<sub>2</sub> seviyeleri rapor edilmiştir. Cıva için 0,0037- 0,09 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <0,01-0,05 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) seviyeleri rapor edilmiştir. Konsantrasyonlar, toplu işleyişe bağlı olarak çok yüksek çeşitlilik gösterir. Minimum ve maksimum değerler de her bir grubun girdi materyalinden büyük ölçüde etkilenir.

Umicore Hoboken'de ISASMELT fırını kesikli bakır ve bir kurşun oksit cürufu üreten bir bakır/kurşun girişi ile toplu olarak çalışır. Blister bakır, bir rafinasyon fırınında daha fazla işleme tabi tutulur ve bakır granüller halinde granüle edilir. Proses gazlarının miktarını azaltmak için yüksek oranda oksijen zenginleştirilmesi uygulanır. ISASMELT izabe fırını negatif basınç altında çalışır. Birincil atık gazları 1000 ° C'de sonradan yakılır, buhar üretimi ile atık ısı kazanı içinde soğutulur ve daha sonra su enjeksiyonu ve buharlaştırma ile daha da soğutulur. Daha sonra gazlar beş alanla sıcak bir ESP'de tozsuzlaştırılır. Su verdikten ve daha sonra yıkadıktan sonra, ıslak ESP'de tozsuzlaştırma ve soğutmadan sonra, <300 mg/Nm<sup>3</sup>'lük bir SO<sub>2</sub> salımına sahip bir çift temaslı/çift emici asit bitkisine aktarılır.

İkincil gazlar besleme noktasından, kurum üfleme ağzında, boşaltım deliklerinden ve rafinasyon fırınından özel davlumbazlarla aspire edilir; 230 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtrede temizlenir; gazlar atmosfere 1 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha az toz, 300 mg/Nm<sup>3</sup> 'den daha az SO<sub>2</sub> ve 0.01 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> den daha az dioksin ile salınmaktadır.

Metallo-Chimique Beerse'de, mini izabe fırını toz emisyonlarını yakalamak için kapatılır. Atık gazlar 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtrede işlenir. Tozsuzlaştırma işleminden sonra, gaz akımı dioksinleri ve diğer uçucu organik kimyasalları yakalamak için bir adsorpsiyon filtresinde işlenir. Toz ölçümleri ayda bir kez yapılır. <5 mg/Nm<sup>3</sup> toz seviyeleri muhafaza edilir. SO<sub>2</sub> sürekli olarak ölçülür ve günlük ortalama olarak <500 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Metallo-Chimique'de bir TBRC de kullanılır. Birincil atık gazlar, torba filtreyi (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) Sorbalit enjeksiyonu ile geçirmeden önce bir hava-gaz soğutucusundan ve siklondan geçer. Emisyonları fırının enkapsülasyonundan temizlemek için ikincil bir torba filtre (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) monte edilmiştir. 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 2 mg/Nm<sup>3</sup> arasındaki toz seviyeleri korunabilir. SO<sub>2</sub> sürekli olarak ölçülür. Son toz emisyonları triboelektrik ölçümle sürekli olarak izlenir.

Elmet Berango'da, mini izabe fırını toz emisyonlarını yakalamak için kapatılmış durumdadır. Atık gazlar, 120 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtrede işlenir. İkincil gazlar 55 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtrede işlenir.

Montanwerke Brixlegg'de, şaft fırınından çıkan atık gaz (yaklaşık 50 000 Nm<sup>3</sup>/saat akış hızı) bir torba filtrede tozun giderilmesi için işlenir. Gazda bulunan organik maddeler rejeneratif bir son yakıcı tarafından yok edilir. Şaft fırınının bölümleri yükleme ve boşaltma, havalandırma sistemleri ile donatılmıştır ve egzoz kaçak gazı torba filtrede temizlenir. 0,5–1,8 mg/Nm<sup>3</sup> toz, 0,2–86 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, 2,1–1,5 mg/Nm<sup>3</sup> HCl, 0–12,3 mg/Nm<sup>3</sup> HF ve 0–11 mg/Nm<sup>3</sup> CO (hepsi üç yarım saatlik ölçümün ortalaması olarak) seviyeleri rapor edilmiştir.

Boliden Rönnskär'da elektronik hurdaları siyah bakırla eritmek için TBRC fırını kullanılmaktadır. Kurşun konsantreleri de aynı fırında işlenir. TBRC Kaldo fırından proses gazları, sıvı bir SO<sub>2</sub> tesisinde ve çift temaslı/çift absorpsiyonlu asit tesislerinde işlenir. Proses kapatılır ve havalandırma gazları (44 000 Nm<sup>3</sup>/saat) bir torba filtrede işlenir. Sürekli ölçümler toz ve SO<sub>2</sub> için yapılır. Toz için <5 mg/Nm<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> için <500 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri bildirilmiştir. NO<sub>x</sub> yılda bir kez ölçülür ve 200 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır. PCDD/PCDF yılda bir kez ölçülür. 0,05 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki seviyeler rapor edilmiştir.

Tablo 3.54: İkincil ergitme için operasyonel ve performans verileri (bölüm 1)

Şirket	Aurubis Hamburg	Umicore Hoboken		Aurubis Lünen
Fırın tipi	Elektrikli fırın	ISASMELT fırın		KRS
Fırın kapasitesi	13.5 MW	100 t/saat şarj		25–50 t/saat %25 Oksijen zenginleştirilmesi
Besleme	Tozlar, cüruf kalıntıları, cüruflar, düşük dereceli değerli metaller, anot maden atıkları, bakır alaşımlı hurda, düşük dereceli mat, bakır/kurşun konsantreler ve diğer bakır/kurşun içeren malzemeler	Kıymetli metaller içeren bakır, kurşun, çinko üretimi, kompleks konsantreler, ömür sonu ürünleri yan ürünleri		Bakır ve bakır alaşımlı hurda, elektrik ve elektronik hurda, bakır açısından zengin cüruflar, bakır cüruf, filtre ve siklon tozları, incelticiler, çamurlar, bakır demir malzemeleri
Atık gaz arıtımı	İkincil (birincil emisyonlar SAP'ye yönlendirilir)	Birincil	İkincil	Birincil + İkincil davlumbaz
	Fırın çatı muhafazası, boşaltım deliklerinde davlumbaz, Torba filtre	WHB, evaporatif soğutucu, sıcak ESP, çift kontak/çift emilim asit tesisi	Davlumbazlar ve boşaltım deliklerinde havalandırma, Torba filtrede	WHB, Hg ve HF için özel adsorban enjeksiyonlu torba filtre
Max. debi (Nm <sup>3</sup> /saat)	185 000	75 000	270 000	500 000
<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>				
İzleme sıklığı	Sürekli	Yılda 3 kez (3–5 saat)	Yılda 11 kez (3–5 saat)	Sürekli
Toz	0,5-5,5 (yarım saatlik ortalama) 0,5–4,2 (günlük ortalama)	0,02–0,44 0,44 (% 90)	0,12–0,33 0,23 (%90)	0,5–5,2 (yarım saatlik ortalama) 0,5–2,7 (günlük ortalama)
İzleme sıklığı	Sürekli	Sürekli	Yılda 11 kez (3–5 hours)	Sürekli
SO <sub>2</sub>	50–840 (yarım saatlik ortalama) < 50–340 (günlük ortalama)	55–246 (günlük ortalama) 125 (%90 - günlük ortalama)	3–383 143 (%90)	50–1520 (yarım saatlik ortalama) 50–303 (günlük ortalama)
İzleme sıklığı	Yılda 4 kez (3*30 dakika)	Yılda 3 kez (3–5 saat)	Yılda 2 kez (3–5 saat)	Her 3 yılda 1 kez (6*30 dakika)
Cu	0,01–0,2	0,003–0,046	0,002	0,03–0,04
Pb	0,01–0,2	0,003–0,046	0,001–0,004	0,01–0,1
As	0,01–0,02	0,0002–0,09	0,0012–0,0018	0,01

<b>Hg</b>	Belirtilmemiş	0.008–0.018	Belirtilmemiş	0.0037–0.09 < 0.01–0.05 <sup>(1)</sup>
<b>Cd</b>	< 0,02	< 0,004	0,0002– 0,0009	0,01
<b>Ni</b>	< 0,01–0,1	< 0,036	Belirtilmemiş	0,01
<b>İzleme sıklığı</b>	Uygulanamaz	Yılda 2 kez	Yılda 1 kez	Her 3 yılda 1 kez (3*6 saat)
<b>PCDD/F</b>	Belirtilmemiş	0,001	0,004	0,04–0,08
<b>İzleme sıklığı</b>	Uygulanamaz	Yılda 2 kez (2 hours)	Yılda 2 kez (2 hours)	Her 3 yılda 1 kez (6*30 dakika)
<b>TVOC</b>	Bilgi verilmedi	2	2	7–40
<b>İzleme sıklığı</b>	Uygulanamaz	Yılda 9 kez (1–4 saat)	Yılda 4 kez (1–4 saat)	Sürekli
<b>NO<sub>x</sub></b>	Belirtilmemiş	64–168	4–20	2–55 (günlük ortalama)

<sup>(1)</sup> Sürekli ölçüm, günlük ortalama.

NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır.

Tablo 3.55: İkincil ergitme için operasyonel ve performans verileri (bölüm 2)

Şirket	Elmet		Metallo-Chimique	Montanwerke Kovohuty	Montanwerke Brixlegg
Fırın tipi	Mini izabe fırını		Mini izabe fırını	Şok şaft fırını	Şok şaft fırını
Fırın kapasitesi	Belirtilmemiş		Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Besleme	Bakır içeren küller, tortular ve cüruflar, Düşük dereceli bakır içeren metalik hurda		Bakır içeren küller, tortular ve cüruflar, Düşük dereceli bakır içeren metalik hurda	Yaklaşık %10-70 bakır içeriğine sahip oksitler, cüruf, kok, silika ve demir içeren malzemeler (parçalayıcı bakır, Cu-Fe malzemesi) ile eritilir.	Toz, kül, cüruf, demir bakır
Atık gaz arıtımı	Birincil	İkincil	Birincil + ikincil birlikte çıkış	Birincil + ikincil (havalandırma sistemi yükleme ve boşaltma bölümü) birlikte ele alınır	Birincil + havalandırma sistemleri yükleme ve boşaltma bölümü
	Torba filtresi	Torba filtre	Sorbalit enjeksiyonlu soğutucu, siklon, torba filtre, adsorpsiyon filtresi	Torba filtreli ikincil davlumbazlar	Torba filtre, Quench rejeneratif son yakıcı (RTO)
Maks. debi Nm <sup>3</sup> /saat	120 000	50 000	75 000	25 000	50 000
İzleme sıklığı	Sürekli	Sürekli	Yılda 2 kez (4 saat)	Yılda 1 kez (3*30 dakika)	Sürekli <sup>(1)</sup> Her 3 yılda 1 kez <sup>(2)</sup>
Toz	1,7–3,9 (yarım saatlik ortalama) 2,5 (yıllık ortalama)	14,6 Yarım saatlik ortalama maksimum zirve 1,5 (yıllık ortalama)	0,5	1,5–19,5 13,5 ortalama	3 <sup>(1)</sup> (günlük ortalama) 0,5–1,8 <sup>(2)</sup> (3*30 dakika)
İzleme sıklığı	Yılda 2 kez (30 dakika)	Yılda 2 kez (30 dakika)	Sürekli	Her 3 yılda 1 kez (5*30 dakika)	Her 3 yılda 1 kez (3*30 dakika)
SO <sub>2</sub>	3–60	0–17	80 (yıllık ortalama) 140 (saatlik ortalamının %90 <sup>1</sup> )	30–85	0,2–86



İzleme sıklığı	Yılda 1 kez (30 dakika)	Yılda 1 kez (3*30 dakika)	Yılda 2 kez (4 dakika)	Her 3 yılda 1 kez (5*30 dakika)	Her 3 yılda 1 kez (3*30 dakika)
<b>Cu (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	0,16–0,4	0,15–0,2	0,002–0,007	Toplu veriler rapor edildi	0,0005–0,0175
<b>Pb (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	0,029–0,05	0,036–0,064	0,0015–0,03		0,0039–0,012
<b>As (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	LOD altında	0–0,017	LOD altında		0,0005–0,001
<b>Hg (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	0–0,004	0–0,004	Belirtilmemiş		0,006–0,056
<b>Cd (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	0,007–0,014	0,007–0,01	0,0005– 0,001		0,0001–0,003
<b>Ni (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	0,005–0,007	0,003–0,005	LOD altında		0,0001–0,001
<b>İzleme sıklığı</b>	Yılda 1 kez	Yılda 1 kez	Yılda 2 kez (6 saat)	Uygulanamaz	Her 3 yılda 1 kez (3*3 saat)
<b>PCDD/F(mg I-TEQ/Nm<sup>3</sup>)</b>	0,05	0,05	< 0,005	Belirtilmemiş	0,293–0,564
<b>İzleme sıklığı</b>	Yılda 1 kez (30 dakika)	Yılda 1 kez (30 dakika)	Uygulanamaz	Her 3 yılda 1 kez (5*30 dakika))	Her 3 yılda 1 kez (3*30 dakika)
<b>TOC</b>	4–10	0–1	Belirtilmemiş	12–56 TVOC olarak ortalama 16	0,1–1,2 organik C olarak
<b>İzleme sıklığı</b>	Yılda 2 kez (30 dakika)	Yılda 2 kez (30 dakika)	Uygulanamaz	Her 3 yılda 1 kez (5*30 minutes)	Her 3 yılda 1 kez (3*30 dakika)
<b>NO<sub>x</sub></b>	2–22	0–22	Belirtilmemiş	10–20	87

NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, proses tipine ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- SO<sub>2</sub>, dioksin ve cıvanın giderilmesi için kireç, aktif karbon ve diğerleri gibi katkı maddelerinin kullanılması.
- Toplanan tozlar prosese geri döndürülemez veya tekrar kullanılamazsa atık üretilebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknikler, hammaddenin türüne bağlı olarak yeni ve mevcut ikincil bakır tesislerine uygulanabilir.

Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda sınırlandırılabilir:

- Ortamlar arası etkiler nedeniyle çok yüksek atık gaz akış oranları (önemli miktarlarda atık ve atık su);
- Kurak alanlarda, gerekli su hacmi ve atık su arıtma ihtiyacı ve ilgili ortamlar arası etkiler ile.

Çift temaslı/çift absorpsiyonlu asit tesisinde atık gazının yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun geri kazanımı, ikincil kükürt içeren malzemelerin işlenmesi veya ikincil materyallerin ve birincil konsantrelerin kombinasyonu için ağırlıklı olarak uygulanır. Diğer SO<sub>2</sub> çıkarma teknikleri, düşük SO<sub>2</sub> içeriğine sahip atık gazlar için uygulanır (bkz. Bölüm 3.3.3.9). Cıva azaltmak için tekniklerin kullanılması, beslenen malzemenin tipine bağlı olacaktır.

### Ekonomik veriler

KRS tesisinin sermaye maliyeti, mevcut filtre birimleri ve baca kullanılarak, 40 milyon Euro'dur. [234, UBA Bakır, kurşun, çinko ve alüminyum 2007].

Aurubis Hamburg'da, bir cıva giderim tesisinin kurulması için yatırım maliyetleri 5 milyon Euro'ya kadardır (kondansatör, ısıtıcılar, torba filtre, enjeksiyon sistemi, absorber ve fanlar dahil).

Torba filtrenin yatırım maliyetinin, temizlenmiş havanın 10 €/m<sup>3</sup>'ü kadar olduğu tahmin edilebilir. Tozdan daha karmaşık safsızlıkların temizlenmesi için yatırım maliyetleri, örneğin kükürt giderme tesislerinde, gaz yıkayıcılarda, son yakıcılarda on kat daha fazladır. Kullanılan tekniklere ve elektrik maliyetlerine bağlı olarak, yıllık çalışma maliyeti 0,001 EUR/m<sup>3</sup> ve 0,01 EUR/m<sup>3</sup> arasında tahmin edilebilir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel düzenleme şartları.
- Enerji ve hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg ve Lünen (DE), Umicore Hoboken (BE), Metallo-Chimique Beerse (BE), Elmet Berango (ES), Montanwerke Brixlegg (AT) ve Boliden Rönnskär (SE).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [ 383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.21.1. İkincil bakır üretiminde birincil ve ikincil önlemler kullanılarak PCDD/F emisyonlarının azaltılması

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Fırına göre hammadde ve azaltma teknikleri seçimi;
- Optimum yanma şartları;
- Yarı kapalı fırınlarda az miktarda ham madde veren şarj sistemleri;
- Yüksek sıcaklıklarda fırında dioksinlerin termal tahribatı (> 850 °C);
- Fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonu;
- >250 °C sıcaklıklarda yüksek toz yüklenmesine neden olan egzoz sistemlerinden kaçınmak;
- Son yanma odası veya son yakıcı;
- 400 °C ve 200 °C arasındaki sıcaklıklarda atık gazların hızlı söndürülmesi;
- Tozsuzlaştırmadan önce adsorpsiyon faktörünün (örneğin aktif karbon, linyit kok, kireç) enjeksiyonu;
- Verimli toz toplama sistemi.

#### Teknik açıklama

Bu tekniklerin teknik açıklaması için Bölüm 2.12.5.3'e bakınız.

Yayılabilen organik karbon bileşikleri arasında sentetik veya mineral organik maddelerin (yağ, plastik, vb.) eksik yanmasından kaynaklanan PCDD/F veya bazı durumlarda gazlar yeterince hızlı soğutulmazsa besleme materyalinde ve de novo sentezinde bulunan halojenler.

İkincil hammaddenin organik ve/veya halojen kontaminasyonunu tanımlamak mümkündür, böylece PCDD/F emisyonlarını önlemek için en uygun fırın ve indirgeme kombinasyonu kullanılabilir.

Hurdanın ön işlemi, organik kontaminasyonu gidermek için kullanılan özel fırına veya prosese bağlı olarak gerekli olduğunda uygulanabilir. Yanma koşullarının iyileştirilmesi, zenginleştirilmiş hava veya saf oksijen kullanımını ve yüksek sıcaklıklarda yanma sıcaklığının veya kalma süresinin artmasına neden olan yanıcı madde ile oksijenin geliştirilmiş veya iyileştirilmiş karışımını içerir. Sonuç olarak, PCDD/F dahil olmak üzere VOC'ler oksitlenir.

Yarı-kapalı fırınlarda küçük, eşit miktarda ham madde eklemek için fırın yükleme sistemlerinin modifikasyonu uygulanır. Bu, şarj sırasında fırın soğutmasını azaltır ve prosesi optimize etmeye ve PCDD/F'nin de novo sentezini önlemeye yardımcı olabilecek daha yüksek gaz sıcaklıklarını

korur.

Dioksinlerin termal tahribatı, ocakta 850 ° C'den daha yüksek gaz sıcaklıklarında ve yeterli bekleme süresinde sağlanabilir. Dioksin reformasyonunun önlenmesi, 200 ° C'ye kadar hızlı bir şekilde soğutulmuş olarak sağlanır. Sonar arıtıcılar, üretilen gazların arıtılmasında ve ardından hızlı soğutma işlemlerinde de kullanılabilir. Gazların bir son yakıcıdaki fırınlardan arıtılmasının mümkün olmadığı durumlarda, eritme bölgesinin üzerinde oksijen eklenerek oksitlenebilirler.

PCDD/F, sabit bir yatakta veya hareketli yatak reaktöründe veya aktif karbon veya diğer katkı maddelerinin gaz akışına enjekte edilmesi ile aktifleştirilmiş bir karbon üzerine adsorbe edilebilir ve daha sonra filtre tozu olarak uzaklaştırılır. Katkı maddesinin miktarı ve bileşimi, büyük ölçüde proses koşullarına ve giriş malzemelerinin kaynağına ve bileşimine bağlıdır.

Yüksek verimli toz filtrasyonu, tozun yakalanmasına yardımcı olabilir ve bazen emilen dioksinlerin giderilmesini sağlayabilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

PCDD/F emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bakır, dioksin oluşumunda katalizör görevi görür. Bu, düşük bir organik madde ve klor içeriği ile birlikte ikincil hammaddelerin eritilmesi, diğer demir dışı metallerin üretilmesi sonrasında açığa çıkan ham atık gazın içerisinde beklenenden daha fazla miktarlarda dioksin ortaya çıkabilir.

Atık gazı ile salınan PCDD/F seviyesi de spesifik proses parametresine (şaft fırınının yüksek indirgenme potansiyeli nedeniyle dioksinlerin gelişimi diğer fırınlardan daha büyüktür) ve spesifik atık gaz koşullarına bağlıdır (örn. sıcaklık, farklı sıcaklık pencerelerinde kalma süresi, SO<sub>2</sub> içeriği).

Aurubis Lünen'de, KRS, diğerlerinin yanı sıra, eritme sırasında ortaya çıkabilen ve atık ısı kazanımı 600 ° C sıcaklıkta terk eden atık gazın hızlı bir şekilde soğutulması suretiyle de novo sentezlerinin önlenmesi için dioksinlerin termal tahribatı amacıyla tasarlanmıştır. PCDD/PCDF, her üç yılda bir ölçülür (üç örnek, altı saatlik ölçümler). Ölçülen değerler 0,01 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> ve 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> arasındadır.

Aurubis Hamburg'da, dioksinlerin termal olarak tahrip edilmesi, yüksek sıcaklıklarda (950 ° C'nin üstünde) elektrikli fırında elde edilir. Dioksin reformunun önlenmesi hızlı gaz soğutması ile sağlanır. Bir asit tesisinde daha ileri arıtım da dioksinlerin oluşumunu engeller.

Aurubis Olen'de, dioksin emisyonlarını azaltmak için torba filtrelerinden önce bir kireç ve aktif kömür sistemi kurulmuştur. Potansiyel öncü veya organik materyalin miktarını en aza indirmek için hurda ön seçimi de uygulanmaktadır. PCDD/F ölçümleri yılda üç kez yapılır (altı saatlik ölçümler). Ölçülen seviyeler 0,03-0,5 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (Contimelt tesisi, eritme ve rafine blister bakır, yüksek dereceli bakır hurda ve anot hurdası) ve 0,026-0,25 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. (Bir Contirod tesisi için, bakır kauçuğun işlenmesi ve filmaşın üretimi için yüksek saflıkta hurda).

Boliden Rönnskär'da, TBRC fırının atık gazları söndürülür, daha sonra kireç ve aktif karbon enjekte edilir ve gazlar bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. PCDD/F yılda bir kez ölçülür ve 0,05 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki seviyeler rapor edilir.

Umicore Hoboken'de, dioksin içeriği için gelen hammaddelerde düzenli kontroller yapılmaktadır. Hammaddedeki dioksinler ISASMELT fırında veya yanma sonrası yok edilir. Gazların hızlı bir şekilde söndürülmesi, yeni dioksinlerin oluşmasını önler; temas katalizöründeki reaksiyon da aynı zamanda yeni dioksinlerin oluşumunu önler. Sülfürik asit bölgesini bacasındaki tüm ölçümler 0,001 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Montanwerke Brixlegg'de, gazın içerdiği organik maddeler rejeneratif bir son yakıcı tarafından yok edilir. Şaft fırından gelen atık gazlardaki PCDD/F konsantrasyonu kademeli olarak 0,31 ng

I-TEQ/Nm<sup>3</sup>e indirgenmiştir.

Metallo-Chimique Beerse'de, mini izabe fırını, Sorbalit enjeksiyonlu ayrı bir boru sonu adsorpsiyon filtresi ile donatılmıştır. Sorbalit, kireçin aktif kömür ile birleşimidir. Fırın ağzında, bir son yakıcı kurulur. Boru sonu adsorpsiyon filtresi 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteye sahiptir. PCDD/F, her biri altı saat boyunca yılda iki kez ölçülür. <0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> seviyeleri korunur.

TBRC fırını, birincil atık gazları temizlemek için Sorbalit enjeksiyonlu bir torba filtresi (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) ile donatılmıştır. PCDD/F, her biri altı saat boyunca yılda iki kez ölçülür. 0,01 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> ve 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> arasındaki seviyeler korunur.

### Ortamlar arası etkiler

- Toplanan toz yüksek PCDD/F konsantrasyonlarına sahip olabilir ve üretim prosesine geri döndürüldüğünde bertaraf edilmesi veya dikkatli bir şekilde muamele edilmesi gerekebilir.
- Katkı maddeleri/adsorbanların kullanımı.
- Enerji kullanımında artış (son yakıcı).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Yeni ve mevcut bakır tesislerinde uygulanan tekniklerin optimum kombinasyonu, kullanılan hammadde ve fırın tipine bağlıdır.

### Ekonomik veriler

Adsorbanların maliyetini azaltmak için, filtre tozu prosese geri döndürülebilir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel düzenleme şartları.

### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg ve Lünen (DE), Aurubis Olen (BE), Umicore Hoboken (BE), Metallo-Chimique Beerse (BE), Montanwerke Brixlegg (AT) ve Boliden Rönnskär (SE).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.21.2. İkincil bakır üretiminde rejeneratif bir son yakıcı kullanılarak fırınlardan kaynaklanan emisyonların azaltılması

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre ve RTO kullanımınıdır.

#### Teknik açıklama

Uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve kalıntı CO, ikincil bakır üretiminden çıkan fırın atık gazında istenmeyen kirleticiler olabilir. Fırın atık gazlarından bu safsızlıkları gidermek için son yakıcılar, soğutma sistemleri ve toz emisyon azaltma sistemlerinin bir kombinasyonu kullanılabilir.

Bir son yakıcının kurulumu aşırı oksijen, yüksek sıcaklıklar (> 850 °C) ve tüm organik karbonu gaz akımından ayırıştırmak ve yakmak ve PCDD/PCDF (yani, dioksinler ve furanlar) dahil olmak üzere organik bileşikleri teknik olarak imha etmek için yeterli kalma süresi sağlar. Gazlar daha sonra dioksinlerin ve furanların reformasyonunu önlemek için söndürülür veya varsa ısı geri kazanımı için soğutulur ve tozsuzlaştırma için bir torba filtreye gönderilir.

Rejeneratif termal oksitleyiciler (RTO) baca gazının ısı enerjisini kullanmak için rejeneratif bir sistem kullanır. Bu sistem, baca gazından ısıyı emen bir seramik malzeme yatağı kullanır. Yakalanan ısı, gelen proses gazını önceden ısıtır ve organik bileşikleri tahrip eder. RTO'ya girmeden önce, atık gazları bir torba filtrede tozsuzlaştırılır. Bazı durumlarda ototermal çalışma sağlanır ve daha sonra ilave bir ısıtma gazı gerekmez.

### Elde edilen çevresel faydalar

CO, VOC ve PCDD/F emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Montanwerke Brixlegg'de, atık gaz akışı şaft fırından emilir ve basınç altında rejeneratif son yakıcı ünitesine üflenir. Frekans kontrollü bir fan, daha sonra RTO'ya üflenen fırından çıkan dumanı ve atık gazı gidermek için tasarlanmıştır. Toz filtreli çıkış gazı, 110 ° C'de RTO'ya üflenir. RTO içinde, kapalı gaz seramik kuleler tarafından işlenir ve gazın kendisinin gizli ısısı tarafından desteklenen bir doğal gaz brülörü ile 950 °C'ye kadar ısıtılır. Bu şekilde dioksinleri de dahil olmak üzere organik bileşikler oksitlenir ve CO da CO<sub>2</sub>'ye oksitlenir.

Torba filtreden sonra VOC içeriği kontrol edilir. Gaz akışı ve CO emisyonları, hacim, toz ve CO için bacada sürekli olarak izlenir. Şaft fırını için izleme istasyonu, termal yanma ünitesinin aşağı akışında ve baca girişinden öncedir. RTO, üretken materyal olarak kullanılan seramik içeren üç odalı bir tiptir. Doğal gaz brülörü, 80 m<sup>3</sup>/saat maksimum gaz akışına sahip orta hızlı bir brülördür. Atık gazın kendisi, RTO içinde ortalama 1,5 saniyelik bir tutma süresine sahiptir. Bakım aralığı altı ayda birdir.

Atık gazı akışındaki CO ve toz sürekli olarak izlenir ve veriler dahili sunucuda depolanır. Toz ve CO sürekli olarak yazılır ve kaydedilir.

Toplam PCDD/F miktarı 0,3 ng/m<sup>3</sup>'ün altındadır ve CO'nun oksidasyonu, sürekli ölçüme dayalı olarak rapor edilen günlük ortalama olarak 25 mg/Nm<sup>3</sup> değerinde etkilidir, nokta ölçümleri için ise 0,19 mg/Nm<sup>3</sup> ila 11 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) emisyonları bildirilmiştir. Toz emisyonları için, sürekli ölçüm, günlük ortalama olarak 3 mg/Nm<sup>3</sup> değerini ve nokta ölçümleri için 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ila 1,8 mg/Nm<sup>3</sup> değerlerini gösterir (yarım saatlik ortalama).

### Ortamlar arası etkiler

RTO'nun doğal gazla ateşlenmesi gerekiyor.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik değerlendirme

Teknik, yüksek kalıntı konsantrasyonlarına sahip PCCD/F ve CO konsantrasyonuna sahip fırınlara uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

RTO'nun operasyonel maliyetleri esas olarak atık gazının işlendiği şaft fırınının çalışmasıyla bağlantılıdır. Doğal gaz miktarı, organik gazların atık gazındaki oksidasyonu için gerekli olan termal koşullar tarafından belirlenir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel düzenleme şartları.
- RTO enerji tüketimi, iyileştirilmiş son yakıcıdan yaklaşık %75 daha düşüktür.

### Örnek tesisler

Montanwerke Brixlegg (AT).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [249, Austria, Brixlegg 2007], [383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.21.3. İkincil bakır üretiminde birincil ve ikincil önlemler kullanılarak fırınlardan kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Yanma için saf oksijen kullanılması (oksi-yakıt brülörleri);
- Özel koşullar altında oksijen zenginleştirmesinin kullanılması;
- Bir inert gaz tedarik etmek.

#### Teknik açıklama

Yanma sırasında  $\text{NO}_x$  oluşumu, gaz fazında sıcaklık ve  $\text{N}_2$  kısmi basıncı ile belirlenir. Pirometalurjik prosesler yüksek sıcaklıklar gerektirdiğinden,  $\text{NO}_x$  emisyonlarını azaltmaya yönelik önlemler genellikle  $\text{N}_2$ 'nin kısmi basıncını azaltmaya dayanır. Bu yanma için hava yerine saf oksijen kullanılarak elde edilebilir.

Yanma sıcaklığının yerel olarak artırılmasıyla, havanın oksijen bakımından zenginleştirilmesinin de olumsuz bir etkisi olabilir. Bu  $\text{NO}_x$  oluşumunu teşvik edebilir ve bu nedenle dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.

Ayrıca, yanma (sıcak) bölgesinde 'yanlış' hava alımı  $\text{NO}_x$  oluşumunu teşvik edecek ve kaçınılmalı veya en aza indirilmelidir.

Atmosferik nitrojeni proses sıcaklığına ısıtmak gerekli olmadığından, enerji tasarrufu mümkündür.

Bir inert gazın temini, azot oksitlerin üretimini azaltır. Böyle bir inert gaz, örn. egzoz gazı, kısmen yanma odasına geri yönlendirilebilir. Yakıt moleküllerinin hızlı oksidasyonu, bu gaz moleküllerinin varlığı ile engellenir. Ek olarak, reaktantların tutulma süresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- $\text{NO}_x$  emisyonlarının önlenmesi.
- Düşük yanma gazı hacmine bağlı olarak baca gazının azaltılması.
- Enerji kullanımının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

İkincil bakır için azot oksit emisyonlarının tipik seviyelerinin, fırın ve çalışma türüne bağlı olarak  $20 \text{ mg/Nm}^3$  ila  $400 \text{ mg/Nm}^3$  aralığında olduğu bildirilmektedir.

Bir brülörde saf oksijen kullanımı, alev içindeki azot kısmi basıncında hava kullanımına kıyasla bir azalmaya neden olur ve bu nedenle termal  $\text{NO}_x$  oluşumu azaltılabilir. Bu, brülörün içinde veya yakınında oksijen zenginleşmesi veya fırına önemli miktarda hava sızıntısı olması durumunda olmayabilir, daha yüksek gaz sıcaklığı termal  $\text{NO}_x$  oluşumunu teşvik edebilir. Bu durumda, bu etkiyi azaltmak ve erime hızındaki iyileşmeyi sürdürmek için brülörden aşağı akış yönünde oksijen eklenebilir.

Sekonder bakır üretimi için azot oksit emisyon seviyeleri, fırın geometrisine ve işletme tipine, yakıt türüne, brülörün yapısına, yanma dizisine ve ısı serbest bırakma ve ısı transferine bağlı olarak değişir.  $\text{NO}_x$  için, yüksek verimli proseslerin (ör. Contimelt) kullanımı, enerji kullanımı ile elde edilen değer arasında yerel olarak kurulacak bir dengeyi gerektirir.

Fırında ortam havasının varlığı da dikkate alınmalıdır. Birçok durumda ortam havasının alınmasını önlemek zordur. Bunu başarmak için fırın tamamen kapatılmalı veya aşırı basınç altında çalıştırılmalıdır (bunun nedeni yayılı emisyonlara neden olabilir).

Tablo 3.56'da  $\text{NO}_x$  emisyonları ile ilgili veriler gösterilmiştir.

**Tablo 3.56: Bakır üretiminde NO<sub>x</sub> emisyonu için emisyonlar ve operasyonel veriler**

Üretim alanı	Emisyon kaynağı	NO <sub>x</sub> aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> olarak)	Yorum
Aurubis Lünen, DE	Anot fırın	0–625 (yarım saatlik ortalama) 280 (Yarım saatlik ortalamanın %95'i) 0–171 (günlük ortalama)	Yanma havasının oksijenle zenginleştirilmesi Sürekli ölçüm
Aurubis Lünen, DE	KRS fırın	0–467 (yarım saatlik ortalama) 105 (Yarım saatlik ortalamanın %95'i) 0–54 (günlük ortalama)	Yanma havasının oksijenle zenginleştirilmesi Sürekli ölçüm
Aurubis Lünen, DE	TBRC fırın	0–260 (yarım saatlik ortalama) 150 (Yarım saatlik ortalamanın %95'i) 0–102 (günlük ortalama)	Yanma havasının oksijenle zenginleştirilmesi Sürekli ölçüm
Aurubis Olen, BE	Contimelt prosesi	178–700	Oksi-doğal gaz brülörleri Sürekli ölçüm, ayda bir kez (1 x 60 dk)
Montanwerke Brixlegg, AT	Yüksek fırın	45 (yarım saatlik ortalama)	Oksi yakıt brülörü (gaz giriş alanında)
Montanwerke Brixlegg, AT	Konvertör	10 (yarım saatlik ortalama)	Oksi yakıt brülörü (ön ana brülör)
Montanwerke Brixlegg, AT	Anot fırını (kapak brülörü)	50–200 (yarım saatlik ortalama)	Oxy-yakıt brülörü (kapak brülörleri)
<i>Source: [383, Copper subgroup 2012], [385, Germany 2012]</i>			

### Çapraz media etkileri

Daha yüksek atık gazı sıcaklıkları, refrakter kaplamanın dayanıklılığını azaltır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Oksi-yakıt yanması çoğu pirometalurjik proseslere uygulanabilir. Uygulanan teknikler, fırın geometrisine ve çalışma tipine, yakıt türüne, brülörün yapısına, yanma dizisine ve ısı serbest bırakma ve ısı aktarım hızına bağlıdır. Teknikler, fırında hiçbir ortam havası bulunmaması şartıyla geçerlidir. Yanma odasının ve azaltma sistemlerinin tasarımı daha düşük gaz hacimlerini hesaba katabildiğinde tam fayda sağlanır. Bu, yeni tesislere uygulanabilir veya mevcut tesislerin güçlendirilmesi için yapılabilir.

### Ekonomik veriler

Oksi-yakıt brülörlerinin ekonomik avantajları, esas olarak üretim oranı ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi ile ilgili iyileştirmeler ile ilgilidir (azaltma sistemleri daha küçük tutulabilir).

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Emisyonların azaltılması
- Enerji tasarrufu.
- Brülör alevinin daha yüksek sıcaklığından dolayı potansiyel olarak daha kısa erime süresi.

### Örnek tesisler

Aurubis Lünen (DE), Aurubis Olen (BE), ve Montanwerke Brixlegg (AT).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.22. İkincil bakır üretiminde fırınlardan çıkan hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri

İkincil bakır üretiminde bekletme fırınları, erimiş metalin (örneğin siyah bakır, dönüştürücü bakır, blister bakır) sürekli işlemesi ve uygun bir metal ve cüruf ayrımı elde etmek için kullanılır.

Bekletme fırınları, erimiş metal veya cürufun depolanması için eritme fırınları veya dönüştürücülerden sonra, diğer cihazlarda daha ileri işleme ve rafinasyon için bulunur. Bu, erimiş metal için yeterli kapasiteye ve daha düşük işletme maliyetlerine sahip ve düzgün bir üretim akışı sağlar. Fırınlarda tutulan bu süre, siyah/dönüştürücü bakırın cüruftan ayrılmasını sağlar.

Bekletme fırınları tipik olarak, bir oluk/kanal veya pota üzerinden şarj edilen yatay tambur tipleridir. Fırınlara, gerekli erime sıcaklığını korumak için farklı yakıtlar (fuel oil, doğal gaz) ve oksijen-yakıt brülörleri kullanılabilirler.

#### Açıklama

Bekletme fırınlarından kaynaklanan emisyonların azaltılması için göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kapalı fırın;
- Şarj ve boşaltma noktalarında yakalama davlumbazları veya vinç entegre davlumbazları;
- Alıcı kabinin muhafazası veya çevreleme;
- 'house-in-house' gibi üçüncü derece duman toplama;
- Fırınlarda sıcaklıkları istenen en düşük seviyede tutmak;
- Doldurma ve boşaltma alanlarında gaz çıkarma sistemleri;
- Fırın ve baca gazı doğrultusunda negatif basınçlar;
- Baca gazı soğutma ve torba filtreleri.

#### Teknik Açıklama

Önleme ve toplama teknikleri Bölüm 2.12.4.3'te açıklanmıştır.

Fırın atık gazı ve ikincil havalandırma gazı, torba filtrelerinde soğutulur ve tozsuzlaştırılır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Montanwerke Brixlegg'de erimiş siyah bakır, şaft fırınındaki cüruftan ayrılır. Siyah bakır, fırın içerisinde yer alan tuğla kanalının içine girer. Bekletme fırını içindeki bakır eriyiğinin sirkülasyonu, gözenekli arındırıcı tıkaçlardan yayılan artan bir temizleme gazı (esas olarak hava, dolayısıyla çoğunlukla N<sub>2</sub>) ile elde edilir. Gerekli erime sıcaklığını korumak için, doğalgaz, 1.2 MW kapasiteli bir brülörle ateşlenir. Siyah bakır bir vinç ve kepçeler ile konvertöre ayarlanır. Ayarlama sırasında, atık gazının yanı sıra bekletme fırınından gelen dumanın gazı, indüklenmiş bir çekme fanı tarafından bir torba filtreye emilir. Bekletme fırını için doğal gaz kullanılır (~ 500 000 m<sup>3</sup>/yıl). Bekletme fırınının devirme motoru elektrikle çalışır. Bekleme fırını yılda yaklaşık 240 gün kullanılır ve 15 kt siyah bakır işleme tabi tutulur. Bekletme fırınının toz ve atık gazı ölçüm birimleri, 900 mm<sup>2</sup>'lik bir çıkış yüzü ile dikey bir dairesel kurşun atık gaz borusu içinde yer alır. Egzoz atık gazı, dahili bir sunucuda saklanan verilerle sürekli olarak izlenir. Prosesden yayılan emisyonlar ve doğrudan emisyonlar bir torba filtrede (tozsuzlaştırma) temizlenir. Ortalama toz emisyon değerleri yaklaşık 2 mg/m<sup>3</sup>'tür.

Aurubis Hamburg'un kuzey santrali dönüştürücüsünde, elektrikli eritme ocağından gelen siyah bakır, daha fazla dönüştürülmeden önce bir bekletme fırınına aktarılmaktadır. Bekletme fırını



kapalı bir yapıdadır ve ek olarak bir filtre sistemine (ev-içi muhafaza sistemi) tahliye edilen büyük ölçüde kapalı bir muhafaza içine yerleştirilmiştir. Yükleme/boşaltma işlemleri esas olarak kapalı bir vinç ile donatılmış olan bu muhafaza içerisinde gerçekleşir. Kepçelerin taşınması için şarj arabası havalandırılmıştır (örneğin, dönel davlumbazlar) (bkz. Bölüm 3.3.4.4, house-in-house' muhafaza sistemi).

Aurubis Lünen'de, KRS'den gelen erimiş siyah bakır ve cüruf, bekletme fırınlarına sokuldu. Bekletme fırınları kapalıdır. Yükleme ve boşaltma sırasında yayılı emisyonlar, davlumbazlar ve havalandırma sistemi tarafından toplanır. Alıcı pota kapalıdır. Bekletme fırınlarından çıkan atık gazlar KRS ikincil gazlarla birlikte işlenir (bkz. Bölüm 3.3.4.1). TBRC'den gelen dönüştürücü metal de, daha fazla rafinasyondan önce bir bekletme fırınına aktarılabilir. Bekletme fırını, TBRC ile birlikte, havanın dışarı atıldığı ve bir atık gazı filtre ünitesinde temizlendiği ayrı bir kapalı binada bulunur. Şarj ve deşarj işlemleri, ilgili dumanları yakalamak için entegre bir davlumbaza sahip vinç ile yapılır. Davlumbaz, bir kayış sistemi vasıtasıyla atık gazı ve filtreleme tesisleriyle bağlantılıdır. Bekletme fırını atık gazları davlumbaz tarafından yakalanır ve torba filtrede TBRC atık gazı ile birlikte temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.4.3).

### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımında artış (örneğin fanlar ve torba filtre için).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Vinçli bir davlumbaz sadece yeni veya tamamen yeniden inşa edilmiş tesisler için geçerlidir. House-in-house teknikleri, fırınların boşaltılmasından ve şarj edilmesinden kaynaklanan yayılı emisyonların azaltılması için uygundur.

### Ekonomik veriler

Montanwerke Brixlegg'de, bekletme fırını için doğal gaz tüketimi 500 000 m<sup>3</sup>/yıl'dır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel düzenleme gereksinimleri

### Örnek tesisler

Montanwerke Brixlegg (AT), Aurubis Hamburg ve Lünen (DE)

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Copper subgroup 2012]

## 3.3.23. İkincil bakır üretiminde dönüştürücü fırınlardan hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri

İkincil bakır üretimi için dönüştürme aşaması, Peirce-Smith dönüştürücüler ve toplu işleyen TBRC'leri kullanır. PS dönüştürücüler, bazı durumlarda bakır bakır/kurşun mat, bakır açısından zengin cürufklar veya katı bakır hurdası veya elektronik hurda ilavesiyle siyah bakır ve düşük değerli metaller içeren diğer bakır/kurşun veya malzemelerle işlenir. Hurda PS dönüştürücüler için girdi malzemeleri, alaşım hurda, uygun Cu-Fe hurda ve siyah bakır içerir. Siyah bakır ve bakır ve bakır alaşımı hurdalarının işlenmesi için bir TBRC uygulanır.

Ausmelt/ISASMELT fırını ve KRS, aralıklı iki aşamalı eritme ve dönüştürme prosesi için de kullanılır (bkz. Bölüm 3.3.4.1).

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kapatılmış fırınlar;
- Negatif basınç altında çalışma ve artan emme sistemi;
- Housing ve muhafazalar;

- Birincil ve ikincil davlumbazlar ve kalıntıların/akıların davlumbazdan eklenmesi;
- Yükleme ve boşaltma için vinçle entegre edilmiş başlık;
- Verimli bir ekstraksiyon sistemi ile 'house-in-house' gibi üçüncül duman toplama;
- Bir torba filtre veya ESP kullanılan soğutma sistemleri;
- SO<sub>2</sub> giderme sistemleri.

### Teknik açıklama

#### *Yayıllı emisyon önleme ve gaz toplama*

Konvertörün çalışması negatif basınç ve birincil ve ikincil veya üçüncül duman toplama davlumbazlarının kullanımına dayanır. Tozlar, akımlar ve hurda davlumbazın içinden eklenebilir. TBRC kompakttır ve ikincil dumanların toplanmasına izin vererek kapatılmıştır. Otomatik kontroller, dönüştürücünün 'haddelenmiş' olduğu dönemlerde üfleme önleyebilir.

Dönüştürücüler, yükleme veya boşaltma sırasında emisyon kaynağına yakın yayıllı emisyonları toplamak için ikincil davlumbazlarla donatılabilir. Emme, yaygın emisyonları azaltmak için doğrudan dumanın kaynağından sağlanır. Otomatik sistemler, fanları duman üreten proses aşamalarında otomatik olarak çalıştırmak için kullanılır. Değişken hızlı fanlar da kullanılır. Uygunsa, izabe fırınının içerisine çatı havalandırması uygulanır.

İkincil davlumbazlar tarafından toplanmayan gazlar, ev içi sistem gibi tüm çalışma alanını kapsayan üçüncül bir toplama sisteminde toplanabilir (Bölüm'e bakınız 3.3.4.4). Vinç ile entegre bir davlumbaz, ikincil konverter fırınlarının yüklenmesi ve boşaltılmasından kaynaklanan emisyonları azaltmak için etkili yeni bir cihaz olarak da kullanılır, örneğin TBRCs.

#### *Atık gaz arıtımı*

Sekonder bakır işlemlerinde konvertörlerden çıkan atık gazlar, gaz soğutması (mümkünse ısı/enerji geri kazanımı ile), kaba parçacık ayrımı, ESP'de veya torba filtrede toz giderme ve SO<sub>2</sub>'nin çıkartılması.

SO<sub>2</sub> çıkarılması için uygulanan teknikler kullanılan hammaddelerle bağlantılıdır ve çift temaslı/çift emişli asit tesisidir (Bkz. Bölüm 2.12.5.4.1), Mg (OH)<sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı , NaOH gaz yıkayıcı veya diğer uygulanabilir teknikler (bkz. Bölüm 3.3.3.9).

İkincil gazlar bir torba filtrede işlenir. Kireç enjeksiyonu, SO<sub>2</sub> emisyonları uygunsa uygulanabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz, metal ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Yayıllı emisyonların azaltılması.
- Baca tozu prosese geri gönderilebilir veya tesis dışında geri dönüştürülebilir.
- Atık temizleme çözümleri (NaOH gaz yıkayıcı), buharlaşmanın gerçekleştiği KRS söndürme işleminde kullanılır, böylece temiz su kullanılmaz.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Aurubis Lünen'de, TBRC fırını siyah bakırın dönüştürülmesi için kullanılır. Havanın boşaltıldığı ve bir filtre ünitesinde temizlendiği ayrı bir kapalı binada yer almaktadır. Şarj ve boşaltma operasyonlarından gelen tüm dumanlar, yeni tasarlanmış bir vinç entegreli davlumbaz tarafından toplanır ve ayrıca izabe fırını aralığından çatı havalandırması ile toplanır. Davlumbaz, yeni geliştirilmiş bir kayış sistemi ile atık gaz ve filtreleme tesislerine bağlanır. Havalandırma atık gazı (vinçle entegre edilmiş davlumbaz, izabe fırını ve bekletme fırını) maksimum tasarım hacmi 230 000 Nm<sup>3</sup>/saattir. TBRC fırını atık gazları (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) başka bir davlumbaz tarafından yakalanır ve ayrı bir filtrede temizlenir. Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip (maksimum dönüşüm aşamasında ortaya çıkan) TBRC atık gazı, SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için bir NaOH yıkayıcıda temizlenir (bkz. Bölüm 3.3.3.9).

Sürekli ölçümler toz, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF ve HCl için yapılır. Toz seviyeleri <0,5 mg/Nm<sup>3</sup>'ten 0,8 mg/Nm<sup>3</sup>'e (yarım saatlik ortalama) ve <0.5 mg/Nm<sup>3</sup>'e (günlük ortalama değerlerin % 90'ı) sahiptir. SO<sub>2</sub> seviyeleri, günlük ortalama olarak 270 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır (günlük ortalama

değerlerin %90'ı 206 mg/Nm<sup>3</sup>tür). NO<sub>x</sub> emisyonları <50–250 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama); 50–100 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama), (günlük ortalama değerlerin yüzde 90'ı 60 mg/Nm<sup>3</sup>). Konsantrasyonlar, toplu işlem nedeniyle çok yüksek varyasyonlar gösterir. Minimum ve maksimum değerler, her bir parçanın giriş materyalinden de çok etkilenir.

KRS (bkz. Bölüm 3.3.4.1) dönüştürme adımı için de uygundur.

Aurubis Hamburg, bakır mat veya bakır/kurşun matın blister bakırına dönüştürülmesi için bir küçük PS dönüştürücü kullanır. Dönüştürücü atık gazları soğutulur, kaba parçacıklar bir toz tutma odasında uzaklaştırılır ve daha sonra gaz elektrostatik çöktürücülerde tozsuzlaştırılır ve çift temaslı/çift emişli asit tesisine aktarılır. Dönüştürücü alandan gelen ikincil gazlar toplanır ve kireç enjeksiyonu ile birkaç torba filtrede tozsuzlaştırılır. Dönüştürücü, yakalama davlumbazlarının yanı sıra ek olarak, bir filtre sistemine sahiptir, örn. house-in-house muhafaza sistemi. Tüm dökme ve transfer işlemleri, bu amaç için bir trolley vinç (şarj arabası) ile donatılmış olan bu muhafaza içinde gerçekleşir. Vinç ve dönüştürücü hareketleri uzaktan kontrol edilir. Toz ve SO<sub>2</sub> için sürekli ölçümler yapılır (ikincil gaz). Toz için 0,5–10 mg/Nm<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> için 50-1425 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri yarım saatlik ortalama değerler olarak bildirilmiştir. Yüksek SO<sub>2</sub> içeriği, konvertör yüklemek ve boşaltmak için ana davlumbazın dışına taşındığında ortaya çıkar.

Boliden Rönnskär'da, birincil bakır üretimi için aynı Pierce-Smith dönüştürücü kullanılır (bkz. Bölüm 3.3.3.3).

Metallo-Chimique Beerse'de bir TBRC kullanılır. Birincil atık gazları, Sorbalit enjeksiyonu ile torba filtresine (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) gitmeden önce bir hava-gaz soğutucusundan ve siklondan geçer. Fırının kapsüllenmesinden kaynaklanan emisyonları temizlemek için ikincil bir torba filtresi (70 000 Nm<sup>3</sup>/saat) monte edilir.

Montanwerke Brixlegg'de siyah bakır, bakır alaşımli hurda, pirinç cürufları, bronz ve kırmızı pirinç ile birlikte bir PS dönüştürücü fırında işlenir. Atık gaz, SO<sub>2</sub> çıkarılması için bir Mg(OH)<sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı ile uzaklaştırılır. Üretilen MgSO<sub>4</sub>, inşaat amaçlı bir katkı maddesi olarak satılmaktadır. Dönüştürücü fırın ayrıca nitrojen arıtıcılarla donatılmıştır. Konvertör bölümü bir havalandırma sistemi (45 000 m<sup>3</sup>/s) ile donatılmıştır, egzoz gazı torba filtrelerinde temizlenir. Emisyonlar toz için 2,1–5,9 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama, süreksiz ölçüm) ve SO<sub>2</sub> için 5–30 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama, süreksiz ölçüm) ve HF için 0–3,2 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama, süreksiz ölçüm). Operasyonel veriler Tablo 3.57'de özetlenmiştir.

Tablo 3.57: İkincil dönüştürücüler için operasyonel ve performans verileri

Firma	Aurubis Lünen	Aurubis Hamburg	Metallo-Chimique	Montanwerke Brixlegg
<b>Besleme malzemesi</b>	Siyah bakır, alaşımlı hurda	Bakır mat (erimiş veya katı), bakır/kurşun mat, bakır açısından zengin cürufklar, siyah bakır, katı bakır hurda veya elektronik hurda ve diğer bakır/kurşun veya düşük dereceli değerli metaller içeren malzemeler	Siyah bakır, bakır ve alaşımlı hurda/malzeme	Siyah bakır, alaşımlı hurda, pirinç cüruf, bronz ve kırmızı pirinç
<b>Fırın tipi</b>	TBRC* (120 t/şarj)	PS dönüştürücü	TBRC (120–160 t/şarj)	PS dönüştürücü
<b>Birincil gaz arıtımı</b>	Soğutma, torba filtre ve NaOH gaz yıkayıcı	Toz odası, ESP, yıkama ve soğutma, çift kontaklı/çift emişli asit tesisi (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.2)	Sorbalit enjeksiyonlu soğutucu, siklon, torba filtre	Torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı Mg(OH) <sub>2</sub>
<b>Maks. debi (Nm<sup>3</sup>/saat)</b>	70 000	Bölüm 2.7.2'ye bakınız.	62 000	40 000
<b>Parametre</b>	<b>Emisyon seviyeleri (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>			
<b>İzleme sıklığı</b>	Sürekli	Uygulanamaz	Yılda iki kez (4 saat)	Sürekli ** Süreksiz***
<b>Toz</b>	< 0,5–0,8 (yarım saatlik ortalama) < 0,5 (günlük ortalama) < 0,5 (günlük ortalamanın %90'ı)	İlgilisz	< 0,5–1,3 0,9 (yıllık ortalama)	3 (günlük ortalama **) 2,1–5,9 (her 3 yılda bir)
<b>İzleme sıklığı</b>	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli ** Süreksiz***
<b>SO<sub>2</sub></b>	< 50–040 (yarım saatlik ortalama) < 50–270 (günlük ortalama) 206 (günlük ortalamanın %90'ı)	330–1980 (yarım saatlik ortalama) 270–1080 (günlük ortalama) Ayrıca bkz, Bölüm 2.7.2	494 (günlük ortalamaya göre yıllık ortalama) 664 (günlük ortalamanın %90'ı)	30 (günlük ortalama **) 5–30 (her 3 yılda bir 3x0,5 saat ***)
<b>İzleme sıklığı</b>	Yılda 6 kez (30 dakika)	Uygulanamaz	Yılda iki kez (4 saat)	Her 3 yılda (3 * 30 dk, ***)
<b>Hg</b>	0,001–0,009	İlgilisz	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
<b>Cu</b>	Belirtilmemiş		0,0016–0,02	0,0035
<b>Pb</b>	0,003–0,009		0,0023–0,0026	0,002
<b>As</b>	Belirtilmemiş		< 0,0005	0,0002
<b>Cd</b>	0,001–0,017		< 0,0005–0,0012	< 0,0001

İzleme sıklığı	Yılda 6 kez (6 saat)	Uygulanamaz	Yılda 2 kez (6 saat)	Her 3 yılda (6 saat)***
PCDD/F ng I- TEQ/Nm <sup>3</sup>	0,01–0,06	İlgisiz	0,015–0,019	0,0009–0,0115
İkincil gaz toplama kaynakları	İzabe fırını salonunun çatı havalandırması Vinçle entegre davlumbazlar	House-in-house muhafaza sistemi	Dönüştürücü ikincil davlumbaz	Havalandırma, merkezi sistem parçası (Bölüm 3.3.4.4'e bakınız)
İkincil gaz arıtımı	Torba filtre	Kireç Enjeksiyonlu torba filtre	Torba filtre	Torba filtre
Maks. debi (Nm <sup>3</sup> /saat)	230 000	250 000	67 000	150 000
İzleme sıklığı	Sürekli (birincil gazla birlikte gönderilen ikincil gaz, yukarıdaki verilere bakınız)	Sürekli	Yılda iki kez (4 saat)	Sürekli ** Süreksiz***
Toz	Yukarıdaki verilere bakınız	< 0,5–10 (yarım saatlik ortalama) 0,8–2,7 (günlük ortalama saat) 2–4 (yıllık ortalama)	< 0,5	2 (günlük ortalama **) 1,2–5 (her 3 yılda bir 3x0,5 saat ***) günlük ortalama
İzleme sıklığı	Sürekli (birincil gazla birlikte gönderilen ikincil gaz, yukarıdaki verilere bakınız)	Sürekli	Ölçülmedi	Ölçülmedi
SO <sub>2</sub>	Yukarıdaki verilere bakınız	< 50–1425 (yarım saatlik ortalama) 65–250 (günlük ortalama saat) 100–200 (yıllık ortalama)	Ölçülmedi	Ölçülmedi
İzleme sıklığı	Yukarıdaki verilere bakınız	Yılda 4 kez (3 x 30 dakika)	Yılda iki kez (4 saat)	(Her 3 yılda 3 * 30 dakika***)
Cu	Yukarıdaki verilere bakınız	< 0,01–0,23	0,0008–0,0028	0,06
Pb		0,01–0,3	0,0009–0,0032	0,04
As		< 0,01–0,07	< 0,0005	0,0013
Cd		< 0,01–0,02	< 0,0005	0,0005

\* Aurubis Lünen'deki TBRC firmı yeni devreye alınmış ve hala optimizasyon altında olduğundan, sadece ön veriler mevcuttur.  
\*\* Değerler sürekli izleme anlamına gelir.  
\*\*\* Değerler süreksiz izleme anlamına gelir.  
NB: Metal emisyonları büyük ölçüde kullanılan hammaddelerin bileşimine, prosesin türüne ve toz filtrasyon sisteminin verimliliğine bağlıdır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 385, Germany 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Islak gaz temizleme sistemleri (gaz yıkayıcılar) bulamaç ve arıtma gerektiren ek atık ve atık su üretebilir.
- SO<sub>2</sub>'nin çıkarılması için kireç veya diğer katkı maddelerinin kullanılması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik hususlar

Torba filtreleri yeni ve mevcut tesisler için geçerlidir. Gaz yıkayıcılar yeni tesisler için geçerlidir ve mevcut tesislerin önemli bir modernizasyonu veya yükseltilmesi gerçekleştirildiğinde, bulamaç üretimi ve ek atık su arıtma önlemleri dikkate alınmalıdır. SO<sub>2</sub>'nin çift temaslı/çift emişli bir asit tesisinde geri kazanımı, birincil bakır üretim alanlarına monte edilen mat ikincil dönüştürücüler için ağırlıklı olarak uygulanır, çünkü bunlar sülfürik asit üretim birimleri ile donatılmıştır. Vinçle bütünlük bir davlumbaz sadece yeni veya tamamen yeniden yapılmış tesisler için geçerlidir.

House-in-house tekniği, fırınların boşaltılmasından ve yüklenmesinden kaynaklanan emisyonları azaltmak için uygulanır.

### Ekonomik veriler

house-in-house sistemi için sermaye harcaması 6 milyon Euro'ya kadar rapor edildi.

Aurubis Lünen'de TBRC projesi kapsamında (vinçle entegre edilmiş davlumbaz, gaz toplama sistemi, NaOH gaz yıkayıcı ve yeni torba filtresi dahil) uygulanan çevre koruma önlemleri için yaklaşık 17,5 milyon EUR'luk yatırım maliyeti rapor edildi.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel düzenleme şartları.

### Örnek tesisler

Aurubis Lünen ve Hamburg (DE), Metallo-Chimique Beerse (BE), Montanwerke Brixlegg (AT) ve Boliden Rönnskär (SE).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Bakır alt grubu 2012]

## 3.3.24. İkincil bakır üretiminde yardımcı cihazlardan ikincil hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri

### Açıklama

Dikkate alınması gereken teknikler şunlardır:

- Boşaltım, döküm ve nakliye işlemlerinden gelen dumanları yakalamak için ikincil davlumbazlar;
- Fırın muhafazaları veya ' house-in-house ' gibi üçüncü dereceli duman toplama;
- Otomatik fanlı ekstraksiyon sistemleri ve daha sonra torba filtrelerde veya gaz yıkayıcılarda atık gaz temizleme.

### Teknik açıklama

Şarj noktalarından, boşaltım deliklerinden, döküm tesislerinden çıkan dumanlar, yağmurlama ve pota standları, yakalama davlumbazları ile toplanır ve egzoz gazları bir torba filtresinde temizlenir.

Islak gazlar, ör. granülasyondan gelen gazlar, davlumbazlar tarafından yakalanır ve atmosfere bırakılmadan önce ıslak gaz yıkayıcı kullanılır.

House-in-house konsepti, özenle hazırlanmış bir teknolojidir. Kapalı üretim binalarına monte edilen üniteler (bekletme fırını, konvertörler ve döküm tesisleri) sadece yakalama davlumbazları

ile sağlanmakla kalmaz, aynı zamanda bir filtre sistemine havalandırılan büyük ölçüde kapalı bir muhafazanın içine yerleştirilir. Tüm dökme, döküm ve transfer işlemleri esas olarak bu amaç için bir vagon vinç (şarj arabası) ile donatılmış olan bu muhafaza içinde meydana gelir. Vinç, döküm cihazları ve dönüştürücü hareketleri uzaktan kontrol edilir, böylece işletme personeli dumanlara maruz kalmaz. Erimiş malzemelerin kepçe transferi, ayrıca uzaktan kumandalı motorlu kablo ile çalıştırılan trenlerle gerçekleştirilir. Bu şekilde, konvertörden bekletme fırınına aktarma sırasında doldurulmuş kepçelerden gelen yayılı emisyonlar, kasırga davlumbazları tarafından etkili bir şekilde tutulur.

Fırınlardan dökülmesinden veya şarj edilmesinden kaynaklanan yayılı emisyonlar ya ana davlumbazlar ya da house-in-house muhafaza tarafından tutulur (bkz. Şekil 2.2). house-in-house sistemindeki atık gazlar kireç enjeksiyonlu torba filtrede temizlenir ve bir baca ile atmosfere salınır.

Duman üreten proses aşamalarında fanları otomatik olarak çalıştırmak için bir bilgisayar sistemi kullanılır. house-in-house konsepti, aşırı enerji tüketimini önlemek için bu prensibi kullanır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Dağınık toz ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Tozlar işleme aşamalarına döndürülür veya değerli metalleri kurtarmak için üçüncü taraflara satılır.
- İkincil izabe fırını konvertör salonundan toz emisyonlarının %75 oranında azaltılması, bina içi havalandırma sisteminin uygulanmasıyla bina havalandırma sisteminin kurulum ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. İşyerleri kalıntı emisyon kaynaklarının hemen yakınında bulunmamakta, böylece daha iyi iş sağlığı ve güvenliğine katkıda bulunmaktadır.

### Çevresel performans ve işletme verileri

house-in-house konsepti, Aurubis Hamburg'daki ikincil izabe fırınında uygulanmaktadır. Sürekli ölçümler toz ve SO<sub>2</sub> için yapılır. 0,5–10 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve 0,8–2,7 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) toz seviyeleri rapor edilmiştir. 50-1425 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve 65–250 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) SO<sub>2</sub> seviyeleri rapor edilmiştir. Veriler, girdi malzemesi, yükler ve çalışma rejimlerinin değişkenliği, ekipmanın aşınması ve filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı temsil eder. Yüksek SO<sub>2</sub> içeriği, dönüştürücü yüklemek ve boşaltmak için birincil kaputun dışına taşındığında ortaya çıkar.

Umicore Hoboken'de, tapalardan, boşaltım deliklerinden, lapalardan ve pota standlarından gelen yaygın gazlar toplanır; yakalanan havalandırma gazları 230 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtrede temizlenir; gazlar, 1 mg/Nm<sup>3</sup>'ten az tozla atmosfere bırakılır. Saf olmayan bakırın granülasyon prosesinden gelen ıslak dumanlar temizlenir ve etkili bir şekilde sudan arındırılır ve bu da <5 mg/Nm<sup>3</sup>'lük bir toz içeriğine yol açar.

Montanwerke Brixlegg'de şaft fırınının, tutma fırınının, konvertörün ve anot fırınının yükleme ve boşaltma bölümleri, duman toplama ve merkezi filtreli bir torba filtrede (160 000 Nm<sup>3</sup>/saat) havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Brixlegg sahasındaki bacaların her birinde sürekli toz ölçümleri gerçekleştirilir. Toz için ortalama değer 3 mg/Nm<sup>3</sup> civarındadır.

### Ortamlar arası etkiler

- SO<sub>2</sub> giderimi için kireç veya diğer katkı maddelerinin kullanılması.
- Tozu tekrar kullanmadan önce kirleticileri gidermek için baca tozunun artırılması gerekir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. house-in-house tekniği, fırınların boşaltılmasından ve yüklenmesinden kaynaklanan emisyonları azaltmak ve yeni tesisler için veya mevcut bir tesisin geliştirilmesi sırasında döküm uygulamak için uygulanır.

### Ekonomik veriler

house-in-house " sistemi için sermaye harcamasının 6 milyon Euro'ya kadar çıkabileceği rapor edilmiştir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevre mevzuatı gereksinimleri.
- Yayılı emisyonların azaltılması ve hammaddelerin geri kazanımı.
- Ev içi konseptte çıkarılan ve temizlenen atık gaz hacmi, düzenli bina havalandırma sistemlerine göre daha düşüktür ve dolayısıyla enerji gereksinimleri oldukça düşüktür.

### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg (DE), Umicore Hoboken (BE) ve Montanwerke Brixlegg (AT).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

### 3.3.25. Bakır işleme

### 3.3.26. Bakır ve bakır alaşımı biçimleri, külçelerin ve tel çubukların üretimi için eritme ve dökümden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

Filma, Contirod prosesi, SCR (Southwire Continuous Rod) prosesi veya yukarı doğru dökme işlemleri gibi sürekli proseslerle yüksek saflıkta bakır katotlar, bakır hurdası veya düşük alaşımli bakırdan üretilmiştir.

Bakır ve bakır alaşımli profiller (kütükler ve levhalar), şeritler ve külçeler çoğunlukla sürekli döküm, yarı sürekli döküm veya külçe döküm proseslerinde üretilmektedir.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulacak teknikler:

- Hammaddelerin fırına göre seçilmesi, beslenmesi ve kullanılan azaltma teknikleri,
- Havaya salınan emisyonları önlemek için entegre nem kontrolünün uygulanması,
- Kapatılmış ekipman, davlumbaz, muhafaza veya koruma kullanımı,
- Bir filtrasyon sistemi ile son yakıcı veya aktif karbon enjeksiyonu,
- Torba filtre,
- Besleme malzemelerini ve/veya yanma havasını şaft fırını baca gazlarıyla ısıtmak,
- Dolaylı soğutma sistemlerinin veya su soğutmalı kapalı devrenin kullanılması,
- Haddeleme proseslerinin emülsiyonunun yeniden kullanılması.

### Teknik açıklamalar

Bakır ve bakır alaşımlarının erimesi, döküm prosesine ve ham maddelere bağlı olarak farklı fırınlarda gerçekleşir. Fırınlara ya yakıt ısıtmalı (şaft fırınları ya da döner fırın) ya da elektrikle ısıtılmış fırınlardır (indüksiyon fırınları ya da ısı dirençli fırınlar).

Şaft fırınları, bakır katotları ve diğer saf bakır hurda malzemelerini filmaşın ve profil veya şerit üretimi için eritmek için kullanılır. Bu fırınlar genellikle doğal gaz brülörleri ile ısıtılmaktadır. Elektrikli fırınlar, bakır alaşımlarını ve ayrıca saf bakırları eritmek için kullanılır.

Pota şeklinde şekillendirilmiş fırınlarda veya döner fırınlarda alaşım bileşimini ayarlamak için bir dereceye kadar eritme ve rafinasyon gerçekleştirilebilir.

Bekletme fırınları eritme fırınından sonra uygulanır. Bu fırınlarda, eriyik, sıcaklık ve kompozisyon açısından şartlandırılmış ve homojenleştirilmiştir. Bekletme fırını, yakıt veya elektrikli ısı veya her ikisinin bir kombinasyonu ile ısıtılabilir. Bazı durumlarda eritme ve



bekletme bir fırında gerçekleştirilir.

Erimiş metal ısıtılmış lapalar veya fırından fırına veya fırından döküm ünitesine kepçeler ile transfer edilir.

*Hammaddelerin fırına göre seçilmesi ve beslenmesi ve kullanılan azaltma teknikleri*

Aşağıdaki proses entegre önlemlerinin uygulanması, havaya salınan emisyonları önler.

- Sıralı veya ön işlem görmüş hurdaların girdileri (daha düşük kirlilik seviyeleri, büyük oranda soğutma yağlayıcıları, sıkıştırılmış hurda, pelet haline getirilmiş talaşlar). Üretim amaçları için, EN 12861: 1999'un sınıflandırması normal olarak kullanılır.
- Fırın tipine bağlı olarak, daha düşük bir nem içeriğine sahip olan hurda girişi (örneğin, hazırlanmış yongaların kullanımı, ön kurutma ya da ısıtma işlemi).
- Şarj sırasını gözlemlemek ve daha sonra malzemeyi mümkün olduğu kadar erime birimine beslemek.
- Tek parça katotların kontrollü beslenmesi (ör. Upcast prosesi).
- İndüksiyon fırınları kullanıldığında yongaların doğrudan eriyik içine daldırılmasının sağlanması ve şaft fırını şarj edilirken uygun bir şarj rejimine uyulmasının sağlanması.
- Fırın tipine ve çalışma koşullarına bağlı olarak yanma gazının kontrollü hava yakıt oranının korunması.

*Havaya salınan emisyonları önlemek için entegre nem kontrolünün uygulanması*

- Aşırı ısınmasını önlemek için eriyiğin sıcaklığını düzenler.
- Yanmayı optimize etmek için bir şaft ocağının gaz oksijen oranına yönelik gelişmiş kontrollerin kullanılması.

*Kapalı ekipman, davlumbaz, muhafaza veya koruma kullanımı*

Bakır ve bakır alaşımlı eritme tesislerinden kaynaklanan yayılı emisyonlar, eritme koşullarında ve ayrıca malzeme bileşimine, boşaltma, döküm ve tava ve kanallardan bağlı olarak ortaya çıkabilir.

Atık gazları yakalamak ve ekstraksiyon hacmi akışını, aşağıdakiler de dahil olmak üzere ilgili prosese göre ayarlayarak işlemi optimize etmek için çeşitli teknikler uygulanabilir:

- İndüksiyon fırınları, fırın çatısına entegre edilmiş, tüm çalışma koşullarında (şarj, eritme, boşaltma) atık gaz yakalanmasını sağlayan yakalama cihazlarına sahip olabilir. Bazı teknolojiler (örneğin, Upcast prosesi), bir egzoz sistemi gerektirmeyen düşük bir emisyon seviyesine sahiptir, çünkü bunlar, küçük açıklıklara sahip özel davlumbazlar kullanılarak maruz kalan eriyik yüzeyini en aza indirir.
- Şaft fırınları ve döner fırınlar için atık gaz tutucu fırın gövdesine entegre edilmiştir. Şaft fırınları, fırının tepesindeki atık gazları yakalar. Döner fırınlar, atık gazını, brülörün karşı tarafındaki egzoz açıklığı içinden çeker. Şaft fırını için kapalı bir kaldırma şarj sistemi kullanılması. Döner fırınları egzoz portundan şarj etmek.
- Bakır alaşımlarının dökülmesinden kaynaklanan emisyonlar, mümkün olduğunda, döküm prosesi gerekliliklerine uygun olarak, emiş davlumbazları veya kısmi muhafazalar ya da lapalara, fırın veya döküm kanallarına ayarlanmış emme halkaları ile yakalanabilir. Emisyon kaynağı üzerinden döndürülebilen hareketli davlumbazlar da kullanılabilir.
- Tel çubuk üretimi gibi entegre şekillendirme prosesleri için haddeleme standlarını (kısmen) ve asitleme hattını kapsamaktadır.
- Tutuş ve döküm fırınlarındaki eriyikleri örtmek, örneğin, ürünün kalitesini sağlayan özel tuzlar, odun kömürü veya kurumlardan etkilenmez.
- İlgili prosesin ekstraksiyon hacmi akışını ayarlayarak gaz yakalamayı optimize etme.

#### *Atık gazların arıtılması*

Yakalanan atık gazlar bir torba filtresine veya siklonlara, ardından toz içeriğini azaltmak için torbalı filtrelere yönlendirilir. Atık gazını önceden uygun filtre giriş sıcaklığına kadar soğutmak gerekli olabilir. Fırınlardan çıkan sıcak atık gazlar PCDD/F oluşumunu önlemek için hızla 250 ° C'nin altına soğutulabilir/söndürülebilir. Bu, atık gazlarını yakaladıktan sonra mümkün olan en kısa zamanda atık gaz akışına su enjekte ederek gerçekleşir.

Termal yonga hazırlama ve şaft fırınından çıkan atık gazlar, yüksek oranda organik madde (yağlar, soğutucu yağlayıcı) içeren malzemelerin termal olarak yanma sonrası ürünleri olabilir.

Çıkış gazı içindeki dioksinler ve furanlar da toz giderme prosesi ile çöktülebilir. Filtreden önce sorpsiyon ajanları (aktif kömürler gibi) eklenebilir.

Pirinçler veya bronzlar eritildiğinde, çinko ve çinko oksitler fırından çıkar, ancak fırın sıcaklığının iyi düzeyde kontrol edilmesi bunu en aza indirebilir. Toz bir kumaş filtresinde kesilir ve çinko oksit içeriği genellikle geri kazanılır.

#### *Dolaylı soğutma sistemlerinin veya su soğutmalı kapalı devrenin kullanılması ve haddeleme proseslerinin emülsiyonunun yeniden kullanılması*

Çoğu döküm işlemi (istisna, örneğin, Upcast işleminde), nihai katılaşma ve döküm telinin daha fazla kullanım için uygun sıcaklıklara soğutulması için doğrudan soğutma suyu kullanır. Soğutma suyu, katıların ayrılmasından sonra yeniden dolaştırılabilir.

Sürekli döküm ve haddeleme prosesleri gibi filmaşın üretimi veya diğer proses entegrasyonu ile ruloları soğutmak ve korumak için ve havayı bakır yüzeyini oksitlemekten korumak için, haddehanelerin rulo standlarına emülsiyon (yağ-su yağlayıcı karışımı) aktarılır ve döküm haddeleme prosesleriyle birleştirilir. Emülsiyon, silindirlerin altında toplanır, katı parçacıkları (bakır ölçeği) uzaklaştırmak için bir filtreden pompalanır ve bir tanka toplanır ve buradan tekrar hadde tezgahlarına pompalanır. Bakır teraziler, bakır geri kazanımı için bir izabe fırınına geri dönüştürülür. Emülsiyonun türüne bağlı olarak, atık emülsiyon yeniden işlenebilir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz, TVOC ve PCDD/F emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Bakır ve hammadde tasarruflarının geri kazanımı.
- Şaft fırınının baca gazlarının enerji içeriğinin geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Aurubis Hamburg'da, bir SCR hattında filmaşın üretilmektedir. Southwire süreci sürekli döküm ve sıcak haddeleme prosesidir. Bakır, bir şaft fırınında sürekli olarak eritilir (erime hızı 60 t/saat). Fırın atık gazları iki torba filtrede (akış oranı 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat) yakalanır ve tozsuzlaştırılır. Toz seviyeleri <0.5–10 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ve <0.5–5 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) aralığındadır. Erimiş bakır, gazla ısıtılan bir akış üzerinden 24 tonluk bir bekletme fırınına aktarılır ve akabinde döküm teknesi ve döküm çarkına akar. Döküm tekerleği, kısmen hareketli bir çelik şeritle kaplanmış dönen bir bakır alaşımlı halkadır. Sıvı bakır dolaylı ve direkt su soğutması kullanılarak soğutulur.

Kütük ve levhaların sürekli döküldüğü tesisler de bulunmaktadır. Tesiste iki şaft eritme ocağı, üç adet indüksiyon ocağı ve kütük ve levha dökümü için üç adet çok telli sürekli döküm fırını bulunur. Her iki şaft fırını normalde sürekli işlemedir ve maksimum erime hızı 70 t/saattir. Profile, bakır kalitesine ve tel sayısına bağlı olarak döküm oranı 5–35 t/saattir.

Katot, bakır hurda ve talaşlar, şaft fırınlarına asansör kutuları tarafından yüklenir. Erimiş bakır, şaft ocağından bekletme fırınına akarak transfer edilir. Gümüş veya fosfor gibi alaşım elementleri (bakır alaşımı olarak) lapa ve/veya bekletme fırınlarına dozlanır ve bekletme fırını içindeki erimiş bakır içinde eşit olarak dağıtılır. Şaft fırını atık gazları yakalanır ve sıcaklığa bağlı olarak suyla söndürülür ve torbalı filtrelerde (her biri için 40.000 Nm<sup>3</sup>/saat akış) tozsuzlaştırılır. Toz seviyeleri <0.5–6 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) aralığındadır. Bekletme fırınından, bakır dikey sürekli tekerleklerin döküm kalıplarına verilir. Döküm kalıbından ayrılan katılaşmış bakır, döküm telleri aşağı inerken bir uçan testere ile istenen uzunluğa kesilen, sürekli bir levha veya kütük teli

oluşturur. Döküm tel, su ile soğutulur. Su kısmen yeniden sirküle edilir; sızan su, çöktürüldükten ve katıların ayrılmasından sonra deşarj edilir.

Aurubis Olen'de filmaşın üretmek için bakır katotlar ve yüksek saflıkta bakır hurda işleyen bir Contirod tesisi faaliyete geçti. Bakır eritmek için bir şaft fırını kullanılır. Fırından gelen erimiş bakır, sifonlarla donatılmış bir oluk vasıtasıyla, eğilebilir, gazla ısıtılmış bir bekletme fırınına akar. Bakır daha sonra, besleme hızını otomatik olarak kontrol eden dökme hunisine akar. Çift bantlı döküm makinesi kullanılır. İki kayış, yüzeylerinin uzunluğu boyunca yüksek hızda hareket eden sürekli bir su filmi ile soğutulur.

Şaft fırını, ısı/gazların tesisattan kaçmasını önleyen kapalı bir yükleme sistemi ile yüklenir. Fırının beslenmesi fırın milindeki egzoz gazları tarafından önceden ısıtılır. Egzoz gazları, brülörler için yanma havasını bir ısı değiştiriciden geçirir. Hadde tezgahları ve dekapaj hattı kaplıdır.

Atık gazlar hızlı bir şekilde soğutulur/söndürülür ve bir torba filtrede (akış oranı 30 000 Nm<sup>3</sup>/saat) tozsuzlaştırılır. Torba filtreden önce, dioksin emisyonlarını azaltmak için bir kireç ve aktif kömür sistemi kullanılır. Potansiyel prekürsörlerin veya organik materyalin miktarını en aza indirmek için hurda ön seçimi de uygulanmaktadır. Ölçülen seviyeler 0.026-0.25 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Toz seviyeleri 1-7 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Torba filtrede toplanan toz geri dönüşüme veya bertaraf edilmek üzere geri gönderilir. Meydana gelen su (tel çubuk toplama işleminden sonra) ön-işlemden geçirilir (örneğin NaOH ile nötralizasyon), daha sonra ortak bir kanalizasyon sisteminde (soğutma suyu, proses suyu ve yağmur suyu ile birlikte) toplanır ve bir fiziksel/kimyasal su arıtma tesisinde arıtılır.

Upcast tesislerinde, bakır katotlar eritilir ve oksijensiz tel çubuk içine dökülür. Bu tesisatın bir özelliği, proses boyunca, ortam havası ile temas olmamasıdır, dolayısıyla bakır oksitlenemez. Tesisatlar bir eritme fırını ve bir döküm fırını veya her ikisinin bir kombinasyonundan oluşur. Döküm fırında eritildikten sonra, bakır bir başlangıç parçası üzerinde katılır ve suyla soğutulmuş tüpler içinden yukarı doğru çekilir. Oksijensiz tel çubuk daha sonra bir dizi sarıcıda sarılır. Bu işlemler çevreye emisyon oluşturmaz.

Aurubis Avellino'da Contirod prosesi ile bakır filmaşın üretilir. Bakır, bir şaft fırınında sürekli olarak eritilir. Davlumbazlar şaft ocağında, fırında ve döküm tekniğinde tutulur. Egzoz gazları (akış oranı 60 000 Nm<sup>3</sup>/saat), iki paralel torba filtrede, serideki iki siklondan ve bir ısı geri kazanım sisteminden geçtikten sonra temizlenir. Toz emisyonları 1 mg/m<sup>3</sup>'ün altındadır. Fırının beslenmesi fırın milindeki egzoz gazları tarafından önceden ısıtılır. Egzoz gazları, brülörler için yanma havasını bir ısı değiştiriciden geçirir. Sıvı bakır dolaylı ve direkt su soğutması kullanılarak soğutulur. Soğutma suyu ve proses suyu, bir fiziksel/kimyasal su arıtma tesisinde arıtılmaktadır.

Aurubis Pori'de kütük ve levhalar, son uygulamaya bağlı olarak farklı bakır özelliklerinde sürekli olarak üretilmektedir. Tesiste bir şaft eritme ocağı ve bir döküm indüksiyon ocağı ve kütük ve kalıp dökümü için sürekli bir döküm ünitesi bulunmaktadır. Maksimum erime oranı 22 t/saattir. Profile ve bakır kalitesine bağlı olarak döküm oranı 6-20 t/saattir. Tesis içinden kaynaklanan veya dışından gelen hurda (en az % 99.9 Cu), ör. balyalar, odun talaşı, kesilmiş hurdalar ve küçük miktardaki katotlar asansör kabinleri tarafından şaft fırınına yüklenir. Şaft fırını, bütan gazı brülörleri ile ısıtılmaktadır. Erimiş bakır, şafttan döküm fırınına akarak aktarılır. Alaşım elementleri ve/veya fosfor (bakır alaşımı olarak) lapalara verilir. Şaft fırını atık gazları yakalanır ve bir son yakıcı bölümünde 750 ° C'ye kadar ısıtılır ve bir torba filtrede (maksimum akış hızı 30.000 Nm<sup>3</sup>/saat) tozsuzlaştırılır. Toz seviyeleri normal çalışma sırasında <0.2-4 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Egzoz gazındaki ısı, sıcak yağ sisteminde geri kazanılır ve buhar üretimine satılır. Akarsu gazlarındaki ısı bakır dökümhanesinde ısıtma suyu olarak geri kazanılır.

Döküm fırından bakır, dikey tekerin döküm kalıbına dozlanır. Döküm kalıbından ayrılan katılmış bakır, döküm telleri aşağı inerken bir uçan testere ile istenen uzunluğa kesilen sürekli bir levha veya kütük teli oluşturur. Döküm tel, bir soğutma kulesinde soğutulan iç sirkülasyon suyu ile soğutulur. Wieland-Werke kütük üretmekte ve bakır alaşımları için özel bir dökümhane işletmektedir. Döküm, indüksiyon pota fırınları içerir. Dökümde metaller ve hurdalar eritilir ve alaşımlar kütük veya levha olarak dökülür. Levhalar için yarı sürekli dikey döküm yapılır. Bitmiş levha her iki uçta bir testere ile kesilir. Kütükler için sürekli dikey döküm yapılır. Uçan bir testere

### Bölüm 3

kütükleri istenilen uzunlukta keser. Emisyonlar fanlar tarafından çıkarılır ve siklonlarda ve ardından bir torba filtre ile temizlenir. Baca gazlarındaki toz konsantrasyonu sürekli olarak ölçülür ve  $2 \text{ mg/m}^3$ 'ün altındaki emisyonlar (yıllık ortalama) rapor edilir.

KGHM Cedynia, Contirod ve Upcast prosesleri ile filmaşın üretmektedir. Contirod prosesinde, küçük bir ilaveli (%1'in altında) yüksek saflıkta hurdaya sahip katotlar, saatte 45 ton bakır işleyen bir fırında eritilir. Fırın doğal gaz ile beslenir. Atık gazlar için torba filtreli bir temizleme sisteminin kurulması planlanmaktadır. Erimiş bakır, fırından akan bir gaz yakıtlı fırın içine aktarılır. Sıvı bakır daha sonra döküm makinesine taşınır. Bakır 16 ayaklı yuvarlanma bloklarında dökülür ve işlenir. Döküm ve haddeleme işlemi sırasında, bakır emülsiyon yağmurlama ile soğutulur. Emülsiyon kapalı bir devrede dolaşır. Çekilmiş emülsiyon vakumda damıtılmıştır. Döküm makinesinin döküm kayışları su serpme ile soğutulur. Soğutma suyu, geçici olarak yeniden soğutulan kapalı bir devrede dolaşır. Sızıntı suyu arıtma tesisine deşarj edilir.

Upcast prosesinde, bakır katotlar eritilir ve oksijensiz tel çubuğa dökülür. Tesis, bir katot şarj sistemi, bir eritme fırını, bir yerleşme fırını, dikey döküm ve sargı makineleri için kristalleştiriciler içeren bir döküm makinesinden oluşur. Bu tesisatın özgüllüğü, proses boyunca ortam havasıyla temas olmamasıdır, bu nedenle bakır oksitlenemez ve atmosfere emisyon salınımı yoktur.

KGHM Legnica izabe fırınının nihai ürünlerinden biri 150-310 mm çaplı yuvarlak kütüklerdir. Bakır katotlar ve yüksek saflıkta bakır hurda – elektro rafineden başlangıç tabakaları- bir indüksiyon fırında eritilir. Sıvı bakır, indüksiyon döküm fırınına beslenir. Döküm bölümü stoper cihazları ile donatılmıştır ve kristalizasyon bölümüne bakır besler. Katı bakır, bir çekme silindiri ile dikey bir konuma taşınır. Şarj bölümü, emilen gazların bir baca üzerinden atmosfere deşarj edildiği bir yerel havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Toz seviyeleri  $1-8 \text{ mg/Nm}^3$  aralığındadır (ortalama bir yıllık ölçümler olarak  $3 \text{ mg/Nm}^3$ ).

Buntmetall Amstetten'de, indüksiyon potasından çıkan atık gazlar, kanal eritme ve döküm fırınları olarak iki akıma ayrılır ve bir siklonda, ardından bir torba filtrede işlenir. Toz seviyeleri  $0,5-2 \text{ mg/Nm}^3$  aralığındadır ve Zn, Cr, Cu, Sn gibi metallerin toplamı  $0,1-0,6 \text{ mg/Nm}^3$  aralığındadır (her üç yılda bir süreksiz ölçüm).

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddeleri kullanımı.
- Toplanan toz tekrar kullanılamazsa atık üretilebilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kullanılan duman toplama ve azaltma sistemleri, fırın tipinin yanı sıra, hammaddeye ve mevcut kirlilik derecesine (hurda kalitesi, alaşım elementlerinin uçuculuğu) bağlıdır.

Baca gazı biriktirme için yakalama başlıkları veya muhafazaları esas olarak bakır alaşımları işlenirken uygulanır.

Yüksek derecede organik kirlenmenin olduğu yerlerde son yakıcılar kullanılır; alternatif olarak, fırın yanma kontrol sistemi, kirlenici maddelerin yanmasını sağlayabilmelidir.

Torba filtreler genel olarak uygulanabilir.

Alaşım bileşimini ayarlamak için ateş ile rafinasyon gerçekleştirilirse, ortaya çıkan baca gazları duman toplama ve azaltma sistemlerinin tasarımında dikkate alınmalıdır.

Daha sıkı çalışma koşulları ve azaltma sistemleri, berilyum gibi tehlikeli maddeler kullanıldığında veya bir alaşım üretmek için fosfor gibi reaktif materyaller eklendiğinde uygun olabilir.

#### Ekonomik veriler

$50\ 000-80\ 000 \text{ Nm}^3/\text{saatlik}$  akış oranına sahip atık gazların  $40-50 \text{ t/saatlik}$  tipik bir şaft fırını boyutuna dayanarak, borulama, su söndürme ve emme maddelerinin kullanımı ile bir torba filtre

in yatırım maliyetleri 2 milyon EUR büyüklüğündedir.

Yukarıda belirtilen atık gaz temizleme tesisi için beş günlük bir operasyona dayanan işletme maliyetleri yılda 0,5 milyon EUR büyüklüğündedir. Bu bağlamda, sistemin üfleyici enerjisi ve bakımı, ardından söndürme sistemi için katkı maddesi alımı, katkı maddesi bertarafı ve hava temel maliyet faktörleridir.

Yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri, sistemin düzeni ve enerji ve sarf malzemeleri için önemli ölçüde değişebilen birim maliyetleri ile kuvvetli bir şekilde etkilenmektedir.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevre mevzuatı gereksinimleri.
- Ham maddelerin geri kazanımı ve enerji kullanımında azalma.

#### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Olen (BE), Aurubis Avellino (IT), Aurubis Pori (FI), Wieland-Werke (DE), KGHM Cedyňa ve Legnica (PL).

#### Referans literatür

[ 238, ECI 2012], [ 383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.27. Bakır çubuklar ve yarı bakır ve bakır alaşımlarının asitsiz ve asit asitlenmesinden kaynaklanan emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknik

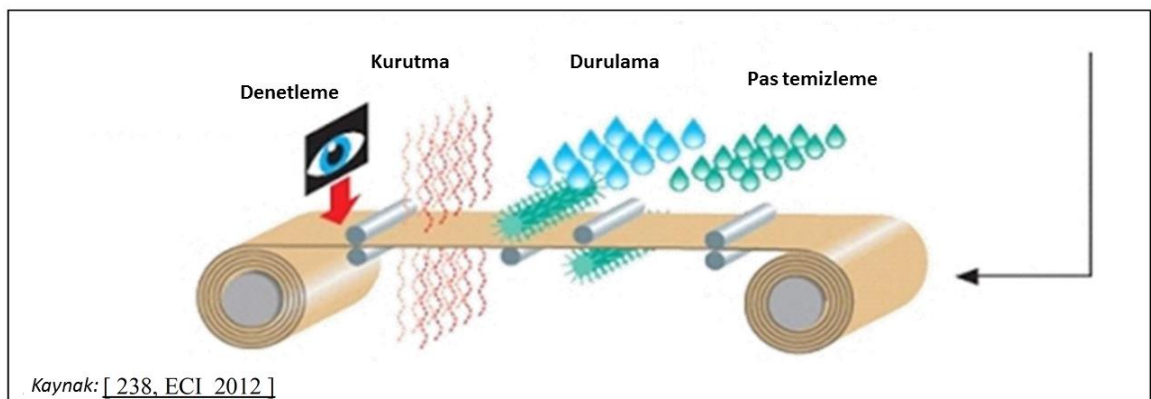
#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kapalı bir devrede çalışan bir izopropanol çözeltisi ile kapsüllenmiş dekapaj hattı;
- Bir azaltma sistemine bağlı bir hava çekme sistemi ile kapatılmış asitleme hattı;
- Islak gaz yıkayıcı veya katalitik son yakıcı ile baca gazı temizleme;
- Dekapaj çözeltilerinin ve durulama suyunun geri dönüşümü;
- Metallerin geri kazanımı için atık asit/durulama suyunun arıtılması.

#### Teknik açıklama

Bakır tel çubukların ve yarı mamul ürünlerin yüzeyindeki oksit tabakalarını ve diğer safsızlıkları gidermek için dekapaj uygulanır (bkz. Şekil 3.16). Isıl işlem görmüş yarı ürün, daha fazla işlenmeden önce bir asitleme ve durulama kombinasyonundan oluşan bir yüzey işlemi gerektirir. İzopropanol (IPA), sülfürik asit, hidroklorik asit, hidrojen peroksit ve bazen seyreltilmiş sülfürik ve nitrik asitlerin bir karışımı, sürekli hatlarda (sürekli döngü ürünleri) veya daldırma sistemlerinde (topaklardaki materyal) asitleme için kullanılabilir.



Şekil 3.16: Sürekli dekapaj prosesi

### Bölüm 3

Tel çubuk asitsiz asitleme suda izopropanol çözeltisi ile gerçekleştirilir. Çubuk basınçlı hava kullanılarak daha da kurutulur ve çubuğun yüzeyinin oksidasyonunu önlemek için bir balmumu kaplaması verilir.

Emisyonları önlemek ve azaltmak için aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- Sürekli dekapaj hatlarının kapsüllemesi,
- Daldırma dekapaj hatlarında ekstraksiyon sadece aerosol oluşumu durumunda gereklidir,
- Asit olmayan dekapaj prosesinin kapalı bir devrede çalışması,
- Çamur/katı maddelerin, dekapaj çözeltilerinden süzme ile ya da sistemin çökeltilmesi ve temizlenmesi yoluyla uzaklaştırılması,
- Metal geri kazanımı için çamur kullanımı.

Bakır tel çubuğun asit dekapajı seyreltilmiş sülfürik asit ile yapılır. Daha sonra kalıntı asit, çubuk yüzeyinden su spreyleri ile birkaç aşamada yıkanır, ardından sıkıştırılmış hava ve balmumu ile kaplama kullanılarak kurutulur.

Bakır/bakır alaşımlı düz haddelenmiş ürünlerin (semis) tipik yüzey işlemi genellikle aşağıdaki adımların bir kombinasyonunu içerir.

- Yağ giderme (örneğin sıvı sülfaktant ile).
- Durulama (ilk önce 60 ° C'de sıcak su ile durulayın, sonra soğuk demineralize su ile durulayın).
- Sülfürik asit çözeltisi ile asitleme (% 4-15). Ağır ölçekli malzemeler (örneğin bazı alaşımlar) için, seyreltilmiş nitrik asit veya oksitleyici hidrojen peroksit ile sülfürik asit karışımları kullanılabilir.
- Durulama.
- Demineralize su ekleyerek kirleticilerin mekanik olarak uzaklaştırılması için parlatma /firçalama.
- Fırça kalıntılarını gidermek için durulama.
- Sıcak hava ile kurutmak.

Yarı asitleme hatlarındaki emisyonları önlemek ve azaltmak için aşağıdaki önlemler uygulanabilir.

- Dekapaj hatları kapatılmış ve yayılı emisyonları azaltmak için ekstraksiyon sistemleri ile donatılmıştır.
- Sulu toplayıcı banyoları ile oluşan buharları işlemek için duman toplayıcıları veya gaz yıkayıcıları olan hava yıkayıcılar kullanılır. Asit buharı yoğunlaştırılır ve dekapaj banyosuna geri dönüştürülür. Aerosoller önlenir veya geri dönüştürülür ve dekapaj banyosuna geri döndürülür.
- Nitrik asitle temizleme için, NO<sub>x</sub> dumanlarını azaltmak ve nitrik asidi geri kazanmak için rondelalar veya katalizörler kullanılır.
- Asitleme solüsyonunun ömrünü uzatmak için, yağ ayırıcılarla proses sırasında asitleme solüsyonlarını temizlemek ve asidi filtrasyon ve yeniden kullanmak gibi önlemler uygulanır. Atık paklama asit çözünmüş metallerin geri elektroliz ile tedavi edilebilir.
- Su tüketimini azaltmak için çoklu kademeli durulama.
- İkinci aşamadan durulama suyu, ilk durulama aşamasında sıcak durulamadan buharlaşma kayıplarını telafi etmek için kullanılabilir. Bu, aksi takdirde artırılması gereken atık suyun ortaya çıkmasını önler.
- Durulama suyu kireç veya sodyum hidroksit ile nötralize edilerek arıtılabilir. Çamurlar/kalıntılar mümkünse geri dönüştürülür.
- Fırçalama aşamasında demineralize durulama suyunun geri dönüşümü. Ayrıca, bir iyon değiştiricide demineralize suyun arıtılması.
- Rulo ürünlerin yüzeydeki yağdan arındırılması için deterjanlar kullanılabilir. Atık

---

su filtrasyon ile temizlenir. Yüzey yağ giderme için organik çözücüler kullanılıyorsa, bir buhar yağ giderme sistemi kullanılır.

- Tekrar kullanılamayan kalan sıvılar atık su arıtma tesisinde (fiziksel ve kimyasal arıtma) arıtılır.

Sıcak su, soğuk suya kıyasla daha etkilidir. Bununla birlikte, bu, artan enerji tüketimi ile sonuçlanmaktadır. Kaskad durulamaları daha yüksek bir pompalama kapasitesi ve dolayısıyla artan bir güç kaynağı gerektirir. Ancak arıtılacak atık su, kademeli durulama kullanımıyla azalır. Daha az miktarda atık su nedeniyle temizleme çabası azalır ve böylece iyon değiştiricideki pompalama kapasitesi de azalır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- VOC ve asit dumanı emisyonlarının en aza indirilmesi.
- Atık suların en aza indirilmesi, dekapaj solüsyonlarının geri dönüşümü veya suyla durulanması.
- Çoklu kaskad durulama kullanarak su tüketiminin azaltılması.
- Metallerin geri kazanımı, dolayısıyla hammadde tasarrufunun teşvik edilmesi ve atık akımlarının en aza indirilmesi.
- Temiz suların ön ısıtılması için sıcak atık sudan enerji geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Çok sayıda asitleme hattı uygulanabilir. Önemli unsurlar Tablo 3.58'de özetlenmiştir.

**Tablo 3.58: bakır çubukların asit ve asit dekapajından kaynaklanan emisyonları ve bakır ve bakır alaşımlarının yarı mamullerini azaltma teknikleri**

Proses	Yağ giderme	Durulama	Asitle temizleme	Durulama	Fırçalama	Kurutma
Sürekli dekapaj hattı	Püskürtme temizleme, fırça temizleme, ultrasonik temizleme veya diğer teknikler yaklaşık 60 ° C'de bir dekapaj banyosu hacmiyle püskürtün. 3 m <sup>3</sup>	Kaskad durulama suyu demineralize su ile durulama	Yaklaşık bir dekapaj banyosu hacmine sahip olan dekapaj hattına devam edin. 5 m <sup>3</sup> - Sülfürik asit - Sülfürik asit ve nitrik asit içeren karışık asit - Filmaşın için IPA	Atık su arıtmaya kaskad durulama ve drenaj	Fırçalama makinesi demineralize su ile. Su çıkışı ve iyon değiştiriciye drenaj	Sıcak durulama demineralize su ve sonraki hava üfleme
Daldırma dekapaj ekipmanı	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Dekapaj sepeti 8 m <sup>3</sup>	Atık su arıtmaya kaskad durulama ve drenaj	Uygulanamaz	Sıcak durulama lavabo
Kaynak: [ 383, Copper subgroup 2012]						

Wieland-Werke'de, duman toplayıcılarına sahip ıslak gaz yıkayıcılar, asitleme banyosunun oluşturduğu emme buharı için kullanılır. Asit buharı yoğunlaştırılır ve dekapaj banyosuna geri dönüş için geri dönüştürülür. Aerosoller önlenir. Yarım saatlik ortalama olarak 0.3 mg/Nm<sup>3</sup> ile 10 mg/Nm<sup>3</sup> arasında emisyon değerleri elde edilmiştir. Nitrik asit içeren asitleme banyosundan gelen emisyonlar, NO<sub>x</sub>'i azaltmak için bir ıslak gaz yıkayıcıda veya bir katalizörün son işlemcisinde işlenir. Yarım saatlik ortalama olarak 250 mg/Nm<sup>3</sup> ile 350 mg/Nm<sup>3</sup> arasında emisyon değerleri elde edilir. Asitleme banyoları proses sırasında temizlenir, örn. yağ ayırıcıları, filtrasyon, asit geri dönüşüm veya asit banyolarının artırılması.

Birinci kademedeki sıcak durulamadaki buharlaşma kayıpları, ikinci aşamadan su ile dengelenir. Bu, aksi takdirde saflaştırılması gerekli olan atık suyu önler. Fırçalama sırasında demineralize durulama suyunun geri dönüşümü gerçekleştirilir ve yükselen suyun artırılması bir iyon değiştirici ile gerçekleştirilir.

Aurubis Hamburg'da, sıcak haddelenmiş çubukları soğutmak ve deokside etmek için haddehane ve sarnıç istasyonu arasında birkaç soğutma bölümü bulunmaktadır. Soğutma maddesi, kimyasal indirgeme ile yüzeydeki bakır oksitleri deokside etmek için izopropanol içerir. IPA çözümü kapalı bir döngüde dolaşır. Hat kapatılmıştır. Katı bakır veya oksit parçacıkları toplanır ve bakır rafinerisine yeniden sirküle edilir.

Aurubis Olen'de filmaşın arındırılması bir sülfürik asit çözeltisi ile gerçekleştirilir. Dekapaj bölümü kapatılır. Asitleme hattından çıkan egzoz için ıslak bir gaz yıkayıcı kullanılır. Atık asit, metallerin geri kazanımı için elektrolitik çıkarım hücrelerinde işleminden geçirilir. Durulama suyu ön işlemden geçirilir (örneğin NaOH ile nötralizasyon), daha sonra ortak bir kanalizasyon sisteminde (soğutma suyu, proses suyu ve yağmur suyu ile birlikte) toplanır ve fiziksel/kimyasal



atık su arıtma tesisinde arıtılır.

Aurubis Avellino'da sıcak haddelenmiş çubukları soğutmak ve deokside etmek için bir su, IPA ve alkalizör karışımı kullanılır. Hat kapatılmıştır. IPA çözümü kapalı bir döngüde dolaşır.

Schwermetall Halbzeugwerk GmbH & Co KG'de, şerit yağının temizlenmesi, sprey, fırça ve elektrolitik temizlemenin bir kombinasyonu kullanılarak gerçekleştirilir. Bakır şeridin dekapajı, sülfürik asit ve ardından aşındırıcı fırçalar kullanılarak yapılır. Bu banyoların temizlenmesi proses sırasında, örneğin filtrasyon ile gerçekleşir.

KGHM Cedynia'da bakır çubukların temizlenmesi için % 4-5'lik bir izopropil alkol ve demineralize su çözeltisi kullanılır. Dekapaj çözeltisi çevreye bırakılmadan kapalı bir devrede tutulur. IPA tüketimi, tonlarca bakır filmaşın için 1.5 dm<sup>3</sup>'tür. Basınç altında, torba filtreler, bakır oksitleri yuvarlanan emülsiyon ve dekapaj çözeltisinden ayırmak için kullanılır. Oksitler bakır geri kazanımı için bakır izabe fırınına aktarılır.

Çekme haddeleme emülsiyonu ve dekapaj çözeltisi vakumla damıtılır. Su emülsiyon hazırlama veya soğutma devresinin beslenmesi için yeniden sirküle edilir ve atık su deşarj edilmez.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımında artış.
- IPA'nın dumandan geri kazanımı, gaz yıkayıcı ve damıtma kolonunun çalışması nedeniyle enerji tüketimini artırır. Kazan, giriş suyunu 95 ° C'ye kadar olan distilasyon kolonuna önceden ısıtmak için kullanılır, bu da ek enerji tüketimi gerektirir. Vakum, IPA'nın buharlaşmasını artırır ve çözümü koşullandırmak ve IPA'yı ayırmak çabaları dikkate değer ve verimsiz olabilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknikler, sonraki işlemlerden önce ortaya çıkma gerekliliklerine ve spesifik reaktif alaşım elementlerinin mevcudiyetine bağlı olarak yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir. Mevcut alan ve alan gereksinimleri ile ilgili sınırlamalar dikkate alınmalıdır.

#### Ekonomik veriler

Maliyetler büyük ölçüde temizlenecek ürünün şekline, kullanılan maddelere ve yüzeye olan gereksinimlere bağlıdır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel düzenleme şartları.
- Atık su azaltımı.
- Hammaddelerin geri kazanımı.

#### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Olen (BE), Aurubis Avellino (IT), Wieland-Werke (DE), Schwermetall Halbzeugwerk (DE) ve KGHM Cedynia (PL).

#### Referans literatür

[ 238, ECI 2012], [ 383, Copper subgroup 2012]

### 3.3.28. İkincil bakır ara ürünlerinden kurşun ve kalay geri kazanımından kaynaklanan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler

Kurşun ve kalay, ikincil bakır rafinasyon proseslerinden yan ürünler olarak spesifik ikincil bakır ara maddelerinden geri kazanılır. Kurşun kalay alaşımı (TBRC veya döner fırın veya çalkalama kepçesi) üretmek ve alaşımı daha da arıtmak için çok aşamalı redüksiyon prosesleri uygulanır. AB-28'de birincil teneke üretimi bulunmamaktadır.

Bakır ara ürünlerden kurşun-kalay alaşımı üretimi sadece yeni tesisler için veya önemli bir tesis

### Bölüm 3

geliştirilmesi yapıldıktan sonra uygulanabilir ve proseste kullanılan ikincil girdi malzemesine bağlıdır.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kapalı fırınlar;
- Bir baca gazı ekstraksiyon sistemi ile yakalama davlumbazları;
- Torba filtre.

#### Teknik açıklama

Önleme ve toplama teknikleri Bölüm 2.12.4.3'te açıklanmıştır.

Torba filtreleri Bölüm 2.12.5.1.4'de açıklanmıştır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Kurşun ve teneke geri kazanımı.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Metallo-Chimique'de (ikincil bakır izabe fırını), ikinci indirgeme aşaması, ilk indirgeme aşamasından sonra esas olarak bakırın cüruftan geri kazanılması için kullanılır [90, Traulsen, H. 1998]. Bu ikinci aşamada, fırına diğer teneke ve kurşun içeren cüruf, kalıntı ve hurda eklenebilir. Kurşun ve kalay (oksit formunda) cüruftan bir TBRC'de çelik hurda veya teneke kutularla indirgenir. Bu şekilde ham bir kurşun kalay alaşımı üretilir. Alaşım, bakır, nikel ve demirin çoğunluğunu gidermek için silikonlu bir çalkalama kepçesinde işleminden geçirilir. Geri kalan bakır, nikel, demir veya çinko, daha sonra eriyiğe daha düşük bir sıcaklıkta sülfür ve sodyum hidroksit eklenerek uzaklaştırılır. Çözülmüş kurşun-kalay alaşımı daha sonra özel bir kurşun teneke arıtma tesisinde işlenir.

Operasyonel veriler Tablo 3.59'da özetlenmiştir.

**Tablo 3.59: İkincil bakır ara ürünlerinden kurşun ve kalay geri kazanımı için operasyonel ve performans verileri**

Parametre	TBRC (büyük)	TBRC (küçük)	Sallayarak pota
Çalışma kapasitesi	120–160 t/şarj	20 t/ şarj	30 t/ şarj
Birincil atık gazı (soğutucu, siklon, torba filtre)	70 000 m <sup>3</sup> /saat	35 000 m <sup>3</sup> /saat (ikincil atık gaz dahil)	Max. 46 000 m <sup>3</sup> /saat
Toz	0.5–2 mg/Nm <sup>3</sup>	0.5–2 mg/Nm <sup>3</sup>	0.5–2 mg/Nm <sup>3</sup>
İkincil atık gaz (torba filtre)	70 000 m <sup>3</sup> /saat	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Toz	0.5–2 mg/Nm <sup>3</sup>	Uygulanamaz	Uygulanamaz

Aurubis Lünen'de, KRS veya TBRC cürufundan siyah bakır, kalay-kurşun alaşımı ve demir silikat cürufu üretmek için çok kademeli bir indirgeme prosesiyle özel bir döner kurşun alaşımı fırını kullanılmaktadır [234, UBA (D) 2007]. Erimiş konvertör cürufunun yanı sıra, yerinde üretimden veya üçüncü şahıslardan ve ikincil malzemelerden diğer ara maddeler giriş malzemeleri olarak kullanılabilir. Malzeme veya katkı maddeleri proses boyunca şarj edilebilir. Bir cüruf bileşimi, pazarlanabilir bir ürün elde etmek için belirlenen limitler dahilinde kontrol edilir. Son bir granülasyon aşamasından sonra cüruf da satılabilir. Siyah bakır KRS veya TBRC fırına geri verilir. Proses ve ikincil davlumbaz atık gazları filtre sistemlerine yönlendirilir. Toplanan baca tozu ya pazarlanır ya da KRS banyo fırınına geri gönderilir. Kalay-kurşun alaşımının rafinasyonu aşağıdaki adımları içerir:

- Segregasyon ve parçalama (bakır ve nikelin çıkarılması);
- Kükürt, amonyum klorür ve alüminyum ekleyerek kalan bakır, çinko ve arsenik kaldırılması.

**Tablo 3.60: Bir döner kurşun alaşımlı fırın için işletme ve performans verileri**

Parametre	Döner fırın	Rafineri
Çalışma kapasitesi	60–80 t/şarj	30 t/şarj
Atık gaz (proses ve ikincil davlumbaz)	100 000 m <sup>3</sup> /saat	60 000 m <sup>3</sup> /saat

Fırın prosesi atık gazı ve ikincil davlumbaz gazı KRS gazlarıyla birlikte işlenir (bkz. Bölüm 3.3.4.1).

**Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımında artış

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Çevresel düzenleme şartları.

**Örnek tesisler**

Aurubis Lünen (DE) ve Metallo-Chimique Beerse (BE).

**Referans literatür**

[ 90, Traulsen, H. 1998 ], [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 238, ECI 2012 ], [ 383, Copper subgroup 2012 ]

**3.3.29. Atık su****3.3.30. Atık su önleme****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Aynı su akışlarının birden fazla kullanımının yapılması (soğutma suyu, soğutma suyu veya yoğunlaştırılmış buharın proses amaçları için yeniden kullanılması ve proses suyunun yeniden kullanılması (bu durumda, temas suyu, proses suyu olarak kabul edilir), eğer uygunsa, başka bir uygulama için);
- Islak proses gaz arıtma tekniklerinden kaçınmak mümkün ise;
- İkincil ısı eşanjörleri olarak hava soğutucularla kapalı devre soğutmanın kurulması;
- Buharlaştırma soğutucularının drenajını en aza indirmek;
- Arıtmadan sonra su akışlarının yeniden kullanılması için yeniden sirkülasyonun maksimize edilmesi;
- Kirli su akışlarını (yağmur suyu, temasız soğutma suyu) proses suyu akışlarından ayırmak.

**Teknik açıklama**

Su geri dönüşümü ve yeniden kullanımı için genel prosese entegre önlemlerin bir tanesi, Bölüm 2.12.6.1'de bulunabilir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Arıtılacak su miktarının azaltılması ve dolayısıyla daha az pompalama enerjisi ve daha az reaktif kullanılır.

- Alıcı su kütlesine deşarj edilecek kirletici madde miktarının azaltılması.
- Alıcı su kütlesine ısı transferinin azaltılması (ikincil ısı eşanjörleri olarak hava soğutucularla kapalı devre soğutmanın montajı için).

### Çevresel performans ve işletme verileri

Umicore Hoboken'de elektrolitik çıkarımlarda buhar kondensi bakır katotları yıkamak için yeniden kullanılır. İzabe fırını gazlarını soğutmak için enjekte edilen su, hammaddelerden gelen su ile birlikte yoğunlaşır ve bu gaz akışını söndürmek için tekrar kullanılır. Yağmur suyu, fazla yağmurlama suyu, soğutma suyu, drenaj suyu, vb. ayrı bir kanalizasyon sisteminde toplanır ve yağmurlama suyu ve soğutma suyu olarak yeniden kullanılmak üzere arıtılır, böylece tesis içinde ihtiyaç duyulan toplam su miktarının %60'ı sağlanır. Buharlaşma soğutma kulelerinin drenajı en aza indirilmiştir. Liç işleminde filtre içeriğinin yıkanması sonucu oluşan su, liç prosesinde tekrar kullanılır.

KGHM'de (Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica izabe fırınları), bakır kondensi (elektrolitik rafinasyon prosesinde elektrolit ısıtılırken oluşur) bakır katotları yıkamak için yeniden kullanılır. Soğutma ve teknolojik devreler mümkün olduğunca kapalı. Sızıntı suyu, izabe fırınlarının atık su kanalizasyonlarına ve son olarak yerel atık su arıtma tesislerine deşarj edilir. Asit atık suyu önce nötrale edilir, yağmur suyu depolanır ve evsel atık su bir Imhoff tankında biyolojik olarak ön işlemden geçirilir. Daha sonra ön işlem görmüş tüm akışlar ve soğutma devrelerinden gelen sızıntı suyu karıştırılır, koagüle edilir ve nehre deşarj edilir. Bununla birlikte, temizlenmiş atık suyun bir kısmı kullanılmaktadır.

Legnica'da atık depolama tesislerinin serpilmesi için arıtılmış atık suyun kullanıldığı bir tampon rezervuar vardır ve bazıları teknolojik devreleri beslemek için geri gönderilebilir.

Głogów 1 ve Głogów 2'de, temizlenen atık suyun üçte biri, depolama alanlarının serpilmesi, döküm anot soğutma devresinin beslenmesi ve diğer su devreleri için makyaj suyu olarak kullanılmaktadır.

Montanwerke Brixlegg sahasında sınırlı bir yeraltı suyu kullanımı nedeniyle, soğutma suyunun çoğu birkaç basamakta kullanılmaktadır. Örneğin, anot fırınının ısıtılmış soğutma suyu, oksijenin buharlaştırılması için kullanılır ve daha sonra fırına geri gönderilir, artı ise daha sonra başka bir kullanım noktasına gönderilir.

Aurubis Hamburg'da yüzey (yağmur) suyu toplanmakta, kimyasal arıtma ile temizlenmekte ve daha sonra soğutma amaçlı ve cüruf granülasyonu için kullanılmaktadır. Aurubis Avellino'da yağmur suyu tanklarda toplanmakta, fiziksel arıtmadan geçmekte ve daha sonra soğutma suyu olarak yeniden kullanılmaktadır.

Atlantic Copper'da arıtılmış atık su arıtma tesisi (WWTP), temiz su yerine gaz temizleme proseslerinde makyaj suyu olarak yeniden kullanılır.

### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Aynı su akışlarının birden fazla kullanımını veya arıtmadan sonra su akışının yeniden sirkülasyonu veya yeniden kullanılmasını sağlayan teknikler, yalnızca aşağıdaki proses için gerekli kriterler akış oranı, sıcaklık, bileşim ve asitlik açısından karşılanırsa uygulanabilir.

Islak proses gazı arıtmasından kaçınmak her zaman mümkün değildir, örn. Tedavi edilecek gazlar çok miktarda su, asit dumanı veya yapışkan madde içerdiğinde.

Sekonder ısı eşanjörleri olarak kapalı soğutma soğutucusunun hava soğutucuları ile monte edilmesi, buharlaştırıcı soğutuculardan çok daha az verimli oldukları için hava soğutucularını kurmak için çok daha fazla yer gerektirir.

Yoğuşan buhar tercihen buhar üretimi için yeniden kullanılmalıdır. Ancak, buhar üreticisine olan

mesafe çok yüksek olduğunda, bunun yerine proses amaçlı kullanımı önerilir.

### Ekonomik veriler

Bazı mevcut tesislerde, bu tekniklerin uygulanması yüksek yatırım maliyetlerini içerebilir.

Aynı su akışının çoklu kullanımlarını yapma teknikleri, bağımlı proseslerin giriş ve çıkışlarını dengelemek için ara depolama kapasitesine ek yatırım gerektirir.

Proses sularından kirlenmemiş su akışlarının ayrılması için ekonomik bir değerlendirme yapılmalıdır. Ayrı kanalizasyon sistemlerine yapılan yatırım, potansiyel olarak geri kazanılabilecek kirlenmemiş yağmur suyu miktarı ile dengelenmelidir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Oluşan atık suyun en aza indirilmesi ve dolayısıyla atık su arıtma maliyetinin azaltılması.
- Alıcı su kütlesine deşarj edilen kirletici madde miktarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Umicore Hoboken (BE), KGHM Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica (PL), Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Avellino (IT) ve Atlantic Copper Huelva (ES).

### Referans literatür

[ 238, ECI 2012], [ 383, Copper subgroup 2012]

## 3.3.31. Atık su arıtma ve birincil ve ikincil bakır üretiminde yeniden kullanım

### Açıklama

Deşarj edilmeden önce atık suların (soğutma suyu hariç) arıtılması için göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kimyasal çöktürme;
- Sedimentasyon veya flotasyon;
- Filtrasyon

### Teknik açıklama

Temel sıvı atık kaynakları Bölüm 3.2.2.4'te açıklanmıştır.

Atık su arıtımı için kimyasal çöktürme, sedimentasyon, flotasyon, filtrasyon ve proses kontrol teknikleri, demir dışı metal endüstrisinde yaygın olarak uygulanan tekniklerdir ve Bölüm 2.12.6.2 ve 2.12.3.3'te açıklanmıştır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Atık sudan askıya alınmış ve kaba parçacıkların, metallerin, asitlerin, sülfatların ve florürlerin çıkarılması, deşarj veya yeniden kullanım için uygun hale getirir.
- Yeniden kullanım için bir çamurun üretimi (örneğin, satış için saf alçı, üretim prosesinde tekrar kullanılabilen değerli metallerle çamur), böylece atılacak atıkların üretilmesini önler.
- Bertaraf edilecek atık miktarını azaltan, yüksek konsantrasyonda zararlı metaller (kadmium, arsenik) içeren bir çamurun üretimi.
- Tesis içinde yeniden kullanım için uygun su üretimi, örneğin yağmurlama, soğutma, endüstriyel temizlik ve bazı prosesler için.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Metaller, askıda katı maddeler ve diğer bileşiklerin emisyonlarının azaltılması, sahaya özgü koşullara bağlıdır. Pirometalurjik ve hidrometalurjik işlemlerden çıkan sıvı atıkların bileşimi, üretim prosesine ve kullanılan hammaddeye bağlıdır. Bununla birlikte, normalde bakır üretim tesislerinden gelen sıvı atıklar, bakır, kurşun, çinko, kalay, nikel, kadmium, krom, arsenik,

molibden, cıva ve asma katılar gibi metaller içerir.

Aritma sonrası ortaya çıkan metal konsantrasyonları, gelen atık su akışlarının bileşimine bağlıdır ve bu da uygulanan ham maddelerin bileşimine ve uygulanan üretim proseslerine bağlıdır. Gelen atık sular ne kadar karmaşıksa, orada daha fazla etkileşim olacaktır ve kirletici maddelerin uzaklaştırılması daha zor olacaktır. Bazen tüm metaller aynı verimle uzaklaştırılabilirken, bir metalin çıkarılması için optimum koşullar diğer metallerin varlığından etkilenebilir.

Temizlik prosesinin etkinliğini değerlendirmek için atık su arıtma ve hedeflenen örnekleme dikkate alınmalıdır. Merkezi atık su arıtma tesisinde toplanan ve arıtılan kombine atık su akıntıları (yüzey akma suyu, proses suyu, dolaylı ve doğrudan proses suyu), genellikle özel atık sularda arıtılan atık sulardan daha fazla seyreltilir. Konsantre proses suyu ve daha az kirli yağmur suyu, farklı tipte işlemlere ihtiyaç duyar. Proses suyu için genellikle daha fazla metal giderme aşaması uygulanırken, yağmur suyu için değişen hava koşullarına bağlı olarak giriş kirletici konsantrasyonunda büyük bir değişiklik vardır.

Aşağıdaki tablo, farklı atık su akışları için temizleme oranlarını özetlemektedir.

**Tablo 3.61: Atık su arıtma tesisinin performansı**

Kaynak	Ana bileşen (mg/l)					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Konsantre proses suyu Aritmadan önce	≤ 2900	≤ 4500**	≤ 10 000	≤ 4000	≤ 3100	≤ 5000
Aritmadan sonra	< 0,26	< 0,3	< 2	< 1	< 0,1	< 2,15
Yüzey akış suyu Aritmadan önce	≤ 30	≤ 5	≤ 2	≤ 2	≤ 0,5	≤ 10
Aritmadan sonra	< 0,5	< 0,5	< 0,09	< 0,5	< 0,11	< 1
Kombine sular* Aritmadan önce	≤ 37	≤ 33	≤ 24	≤ 27	≤ 75	≤ 8
Aritmadan sonra	< 0,7	< 0,25	< 0,17	< 0,5	< 0,021	< 1

\* Proses suyunun bir bitkide yüzey suyu ve/veya soğutma suyu ile birlikte işlenmesi (yani tipik olarak yüksek seyreltme).  
\*\* Demir dışı metalurji atık suları genellikle çözünmeyen kurşun sülfat (VI) oluşturan sülfat iyonları içerir.  
Pb'nin bileşikten çözünürlüğü sadece 4 mg/l civarındadır.  
Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]

Aurubis Pirdop'daki proses suyu arıtımı, asit tesisinden zayıf asit toplar, elektrolitik rafinasyondan sızar ve eritici ikincil gaz temizliğinden ve bazı yüzey suyundan ıslak gaz yıkayıcı suyu, kombine akışı üç aşamadan oluşan merkezi çok kademeli bir kimyasal su arıtma tesisinde işler:

- Temiz alçıtaşı çökeltmesi (kireç sütü ile arıtma, pH 1–1.3, topaklaştıncı, temiz alçıtaşı çökeltme);
- Metal çökeltisi (kireç sütü ile arıtma, FeCl<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, topaklaştıncı ve pH'ı 9–10'a yükseltmek; metallerin çökeltme ile yakalanması);
- Arsenik giderimi (kalan arsenik, 6-8 pH) için kireç sütü, FeCl<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile muamele.

Giriş suyu bileşimi konsantre kalitesine, atık gaz özelliklerine ve ıslak gaz temizleme sistemlerinin çalışmasına bağlı olarak değişir.

Tablo 3.62: Aurubis Pirdop'ta arıtma öncesi ve sonrası proses sularının bileşimi

Parametre	Birim	Giriş değerleri	Emisyon seviyeleri aralığı *	
			%90	Maksimum
Akış	m <sup>3</sup> /saat	100	Uygulanamaz	Uygulanamaz
Akış	m <sup>3</sup> /yr	950 000	Uygulanamaz	Uygulanamaz
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g/l	60	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Cu	mg/l	2100	0,05	0,26
As	mg/l	2200	0,07	0,1
Pb	mg/l	30	0,016	0,3
Ni	mg/l	450	0,15	1
Zn	mg/l	500	0,07	1
Cd	mg/l	200	0,015	0,1
Asılı katı maddeler	mg/l	200	Belirtilmemiş	50

\* Aralık, ölçülen verilerin %90 ve %100 değerleri arasındadır.  
NB: Her 6 saatte bir su deşarjından bir kompozit numune toplanır (günde 4 kompozit numune).  
Örnekleme zaman orantılıdır ve otomatik örnekleme tarafından gerçekleştirilir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012]

Oluşan çamur miktarı 6 ila 7 t/saattir (%40-50 nem) ve aşağıdaki kompozisyona sahiptir:

%30-35 CaSO<sub>4</sub>, %1, %1 Cu, %1-2 Fe, %1 Pb, %0,1 Ni ve % 0,1 Cd.

Aurubis Hamburg'daki proses suyu arıtımı, zayıf asidi birincil ve ikincil bakır izabe fırınlarının atık gazı temizlemesinden ve değerli metaller tesisinden, kimyasal tesislerden, laboratuvar atık sularından, kondenslerden ve diğer küçük alan kaynaklarından gelen ek atıklardan arındırır. Akışlar, aşağıdakileri içeren iki aşamalı arıtma tesisi ile doğrudan bağlantılıdır:

- Arsenik giderme, demir ile reaksiyon (III) ve nötralizasyon, ardından metal çökeltme;
- Demir (II) varlığında sülfür çökeltmesinden oluşan bir parlatma basamağı.

Değişen gaz özellikleri konsantrasyon kalitesine bağlıdır ve değişen bir atık su bileşimine neden olur. Ek olarak, katkı maddelerinin kesikli beslenmesi, atık su çeşitliliğini artırır. Genellikle prosesin optimize edilmiş performans için uyarlanması gerekir. Proses adaptasyonu, günlük numunelere ve proses ayarları için manuel ayarlamalara dayanmaktadır



**Tablo 3.63: Aurubis Hamburg'da arıtma öncesi ve sonrasında proses sularının bileşimi**

Parametre	Birim	Giriş değerleri	Emisyon seviyeleri *
Akış	m <sup>3</sup> /yr	180 000	Uygulanamaz
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g/l	50	Belirtilmemiş
Cu	mg/l	2000	0,0–0,2
As	mg/l	2000	0,06–0,09
Pb	mg/l	500	0,03–0,05
Ni	mg/l	1000	0,05–0,06
Zn	mg/l	1000	0,17–0,2
Cd	mg/l	500	0,01–0,02
Hg	mg/l	Belirtilmemiş	0,019–0,024
Asılı katı maddeler	mg/l	Belirtilmemiş	15

\* Aralık, ölçülen verilerin %90 ve %100 değerleri arasındadır.  
NB: Deşarj suyu spot numunelere göre izlenir: Cu, As, Cd ve Hg için haftalık ve Pb, Ni ve Zn için aylık olarak.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Aurubis Hamburg'daki anot döküm tesisinde doğu bölgesi tesisinden gelen yüzey sularının artırılması ve doğrudan soğutma suyunun dökülmesi farklı bir tesis tarafından yapılmaktadır. Bu durumda, pıhtılaşma ve çökeltme ile takiben pH ayarlaması flokülasyon ve sedimentasyon ile gerçekleştirilir.

Giriş atık su koşullarının değiştirilmesi, değişen hava koşullarından ve anot dökümünden gelen sürekli olmayan soğutma suyu akışından kaynaklanır. En iyi performans için proses adaptasyonu gereklidir. Proses uyarlaması, günlük örneklere ve proses ayarları için manuel ayarlara dayanmaktadır.

**Tablo 3.64: Aurubis Hamburg'da arıtmadan önce ve sonra doğu bitkisinden yüzey akıntısı ve anot döküm tesisinde doğrudan soğutma suyunun dökülmesi**

Parametre	Birim	Giriş koşulları, aralık	Emisyon seviyeleri *
Akış	m <sup>3</sup> /yr	700 000	Uygulanamaz
Cu	mg/l	15–30	0,35–0,5
As	mg/l	< 2	0,05–0,09
Pb	mg/l	< 5	0,06–0,25
Ni	mg/l	< 2	0,124–0,5
Zn	mg/l	1–10	0,3–1
Cd	mg/l	< 0.5	0,016–0,021
Hg	mg/l	Belirtilmemiş	0,0032–0,021
Asılı katı maddeler	mg/l	Belirtilmemiş	20

\* Aralık, ölçülen verilerin %90 ve %100 değerleri arasındadır.  
NB: Deşarj suyu spot numunelere göre izlenir: Cu, As, Pb, Ni, Cd için haftalık ve Zn ve Hg için aylık olarak.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Aurubis Hamburg'daki ikincil bakır eriticiyi, elektrik tesisatlarını ve kurşun rafinerisini kapsayan alandan yüzey akıntısı suyunun arıtımı ayrı bir tesis tarafından yapılır. Bu durumda, arıtma, koagülasyon ve pH ayarı ile metalin çökeltilmesi, ardından flokülasyon ve sedimentasyon ile

gerçekleştirilir.

**Tablo 3.65: Aurubis Hamburg'da arıtma öncesi ve sonrası ikincil bakır izabe fırını, profil tesisleri ve kurşun rafinerisini kapsayan yüzeyden akan suyun bileşimi**

Parametre	Birim	Giriş koşulları, aralık	Emisyon seviyeleri *
Akış	m <sup>3</sup> /yr	500 000	Uygulanamaz
Cu	mg/l	15–30	0,18–0,5
As	mg/l	< 2	0,03–0,09
Pb	mg/l	< 5	0,14–0,5
Ni	mg/l	< 2	0,14–0,5
Zn	mg/l	1–10	0,25–1
Cd	mg/l	< 0.5	0,05–0,11
Hg	mg/l	Belirtilmemiş	0,0065–0,014
Asılı katı maddeler	mg/l	Belirtilmemiş	50

\* Aralık, ölçülen verilerin %90 ve %100 değerleri arasındadır.

NB: Deşarj suyu spot numunelere göre izlenir - Cu, As, Pb, Ni, Cd için haftalık ve Zn ve Hg için aylık olarak.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Aurubis Olen'de, yağmur suyu, soğutma suyu, evsel su ve proses sularından oluşan su akışları, ortak bir kanalizasyon sisteminde toplanmakta ve fiziksel/kimyasal atık su arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Atık sular, anot dökümden ve tel çubuk tesisinden gelen soğutma suyunu içerir.

Durulama suyu (filmaşin arındırılmasından sonra) önceden işleminden geçirilir (örneğin NaOH ile nötralizasyon), ortak bir kanalizasyon sisteminde (soğutma suyu, proses suyu ve yağmur suyu ile birlikte) toplanır ve daha sonra bir fiziksel/kimyasal atık su arıtma tesisinde arıtılır. Arıtma, aşağıdaki adımları içerir: ızgara ve kum tutucu, tamponlama, asitleştirme, alkalizasyon, flokülasyon, sedimantasyon, berrak suların nötralizasyonu ve çamurun santrifüjlenmesi.

Giriş atıksu koşullarının değiştirilmesi, değişen hava koşullarından ve sürekli olmayan soğutma suyu ve diğer proses suyu akışlarından kaynaklanır. Giriş konsantrasyonları için veri yoktur.

**Tablo 3.66: Aurubis Olen'de arıtma sonrası atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Emisyon seviyeleri *
Akış	m <sup>3</sup> /yr	519 000
Cu	mg/l	0,2–0,7
As	mg/l	0,03–0,1
Pb	mg/l	0,01–0,05
Ni	mg/l	0,08–0,15
Zn	mg/l	0,08–0,16
Cd	mg/l	0,001–0,006
Asılı katı maddeler	mg/l	0,2

\* Aralık, ölçülen verilerin %90 ve %100 değerleri arasındadır.

NB: Kompozit 24 saatlik örnekler atık su deşarjından toplanmaktadır. Örnekleme akış orantılıdır ve otomatik örnekleme tarafından gerçekleştirilir. Ayda bir örnek analiz edilir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Montanwerke Brixlegg'teki atık su arıtma tesisi, nikel sülfat bitkisinin üretim hatlarında, değerli metaller fabrikasında ve oksiklorür tesislerinde ve ayrıca laboratuvar kanalizasyonlarında meydana gelen herhangi bir proses suyu çıkışını temizleme görevine sahiptir ve böylece emisyon değerleri öngörülen atık su limitlerinin altındadır.

Bunun için, kanalizasyon, metallerin sülfidik olarak çöktüğü ve ayrıldığı iki aşamalı bir çökelmeye maruz bırakılır. Sülfidik çöktürme seçilmiştir çünkü oluşan metal sülfidler, örneğin ilgili hidroksitlerinkinden daha az çözünür. Kanalizasyon temizleme tesisi 152 m<sup>3</sup>/d kanalizasyon için tasarlanmıştır ve günde 24 saat sürekli çalışır. Yıllık ortalama 300 işletme gününde, tesisin işletme süresi yılda yaklaşık 7 900 çalışma saatidir.

**Tablo 3.67: Montanwerke Brixlegg'de arıtmadan sonra atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Emisyon seviyeleri
Akış	m <sup>3</sup> /d	152
pH		7
Filtre edilebilir malzeme	mg/l	15,2
Arsenik	mg/l	< 0,03
Kurşun	mg/l	0,03
Baryum	mg/l	0,10
Kadmiyum	mg/l	0,01
Krom	mg/l	0,01
Bakır	mg/l	0,39
Demir	mg/l	0,16
Nikel	mg/l	0,12
Civa	mg/l	< 0,001
Gümüş	mg/l	0,006
Çinko	mg/l	0,4
Kalay	mg/l	0,01
COD	mg/l	120
AOX	mg/l	0,11

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012]

Montanwerke Brixlegg'teki yüzey suyu ve yağmur suyunun temizlenmesi için, fabrikada iki sedimantasyon havzası kurulmuştur. Sedimantasyon havzalarının operasyonel verileri en iyi kirliliğin azaltılması ile gösterilir. 30 dakikalık bir tutma süresiyle, çöktürmenin yaklaşık %90'ı ortadan kaldırılır. Yağ da elimine edilir.

Umicore Hoboken'de, değerli metaller içeren kurşun, bakır, birincil ve ikincil hammaddelerin işlendiği karmaşık bir kurşun işleme izabe fırını, WWTP üç devreden oluşur (A, B ve kanalizasyon: her biri önce ayrı bir arıtma gerçekleştirir, sonra A, B ve kanalizasyon suyunun bir kısmı dışarıdan önce ek bir arıtmaya tabi tutulur):

*Tesis dışı WWTP A, asit proses sularının As ile arıtılması*

Gelen su, proseslere bağlı olarak dalgalanan konsantrasyonlarda 1, ~ 1 g/l As ve ~ 35 g/l sülfat pH'ına sahiptir. Ayrıca Tl, Hg, Cd ve diğer metaller bu su akışında çözülür.

İlk aşamada, 10,5–11 pH'da alçıtaşı, kalsiyum florür ve metal hidroksitleri çöktürmek amacıyla kireç sütü ve polielektrolit ilave edilir. Kalsiyum arsenat olarak <50 mg /l seviyesinde çöker. Çamur bir çöktürücü içinde uzaklaştırılır ve %50'ye kadar su içeren bir keke Cd, Tl ve As gibi birçok ayrılmaz metalden süzülür. Güvenli bir depozitoda bertaraf edilir.

### Bölüm 3

İkinci bir aşamada  $\text{FeCl}_3$ , kireç sütü ve NaHS ilave edilir. As,  $\text{Ti}^+$  ve diğer metaller 10'luk bir pH'ta daha fazla uzaklaştırılır. Bu aşamada olduğu gibi, tesis dışı WWT B'nin suyu akıma eklenir, çamur değerli metaller içermektedir. Bu nedenle bu çamur filtrelenir ve izabe fırınına geri döndürülür.

Bu aşamadan sonra, pH bir  $\text{CO}_2$  enjeksiyonu ile ayarlanır. Daha sonra su nehre deşarj edilir.

#### *Tesis dışı WWTP B, proses asit sularının As olmadan arıtılması*

Gelen suyun 1 pH'ı ve +/- 35 g/l sülfatı vardır.

İlk aşamada, alçı ve metalleri 10.5-11 pH'da hidroksitler halinde çökeltmek amacıyla kireç sütü ve polielektrolit eklenir. Çamur bir yerleşimci içinde çıkarılır ve Cu, Pb, In ve Te gibi çok sayıda değerli metal içerir. Bu nedenle bu çamur suya batırılır.

Arıtmanın ikinci aşaması yukarıda açıklandığı gibidir.

#### *Tesis içi WWTP kanalizasyon sularının arıtımı*

Gelen su, yağmur suyu, aşırı yağmurlama suyu, temas soğutma suyu, bazı proses suları ve tesis çapında bir kanalizasyon sisteminde toplanır. Kanalizasyon suyunun pH'si +/- 9'dur ve çok miktarda iri taneli parçacık içerir. İlk önce bir elek içinden geçerek daha büyük parçacıklar giderilir. Daha sonra parçacıkların yerleştiği büyük bir havzaya akar. Bir tırmıkla giderilir, kek olarak süzülür ve izabe fırınına geri döndürülür.

Daha sonra su, metallerin çökeltmesi için sodyum hidroksit ve polielektrolit ile muamele edilir. Bu su daha sonra yağmurlama, soğutma, endüstriyel temizlik ve bazı prosesler için tesiste yeniden kullanılır. Yeniden kullanılmayan su, dahili su döngüsünün tuz içeriğini azaltmak için tesis dışı WWTP A'nın ikinci aşamasına pompalanır.

Deşarj edilmiş suyun kalitesi, ölçülen 24 saatlik ortalamaların %90 ve %100 değerleri arasında olup, aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 3.68: Umicore Hoboken'de arıtma öncesi ve sonrası atık su bileşimi**

Parametre	Birim	WWTP A gelen seviyeler	WWTP B gelen seviyeler	Tesis içi WWTP gelen seviyeler	Emisyon seviyeleri
Akış	$\text{m}^3/\text{yr}$	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	1 000 000
pH		~ 1	~ 1	9	7,5
$\text{H}_2\text{SO}_4$	g/l	35	35	Belirtilmemiş	2,2–2,6
Cu	mg/l	0,08–2,450	0,1–2,900	0,03–37	0,03–0,05
As	mg/l	0,9–10,000	0,2–2,600	0,1–24	0,16–0,17
Pb	mg/l	1,8–1,000	0,4–4,500	0,1–33	0,03–0,04
Ni	mg/l	0,03–450	0,4–270	0,1–27	0,04–0,05
Zn	mg/l	0,1–4,400	0,05–1,100	0,03–8	0,04–0,05
Cd	mg/l	0,2–3,100	0,01–1,850	0,003–75	0,010–0,011
Asılı katı maddeler	mg/l	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	6,5

NB: Gelen konsantrasyonlar minimum – maksimum değerlerdir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Metallo-Chimique Beerse'nin atık suyu (sihhi su, proses suyu, soğutma suyu ve yağmur/yüzey akma suyu karışımı) merkezi hale getirilmiştir. Burada kaba çökeltme fraksiyonu düzenli olarak giderilir ve bir drenaj havzasında depolanır. Çamur, üretim prosesine yeniden girmiştir. Atık su arıtma tesisinde, tüm su yeniden kullanılmadan veya süzülmeden önce bir fizikokimyasal arıtma prosesine tabi tutulur. Aşağıdaki adımlar gerçekleşir:

- Demir triklorür ilavesi;

- Kireç sütünün eklenmesi;
- Polielektrolit eklenmesi.

Asılı parçacıklar atık sudan bir çöktürücü tarafından uzaklaştırılır. Çamur bir pres filtresi kullanılarak uzaklaştırılır. Susuzlaştırılmış kek, üretim prosesine tekrar sokulur. Deşarj edilmeden önce, su bir kum filtresi ile filtrelenir ve pH, CO<sub>2</sub> ilavesi ile ayarlanır. Sadece bazı ayrı akışlar hariç, atık su arıtma tesisinin toplam giriş koşulları izlenmez. WWTP'yi denetlemek için düzenli örnekler alınır ve analiz edilir. Örnekleme periyodu farklı parametreler için farklıdır.

**Tablo 3.69: Metallo-Chimique Beerse'de arıtmadan sonra atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Emisyon seviyeleri *
Akış	m <sup>3</sup> /yr (2011)	209 902
Akış	m <sup>3</sup> /d	307–337
Cu	mg/l	0,0257–0,044
Cd	mg/l	0,001–0,0018
Pb	mg/l	0,02–0,029
Zn	mg/l	0,0232–0,066
Ni	mg/l	0,056–0,075
As	mg/l	0,0178–0,0207
Hg	mg/l	< 0,0002

\* 2011 yılında 24 saatlik akış orantılı örneklere dayanmaktadır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

KGHM Głogów 1, 2 ve Legnica aşağıdaki atık su akışlarını üretmektedir.

- Kantinler, çamaşırhaneler, sosyal ve ofis binaları vb. sıhhi atıklar., ayrı bir sıhhi sisteme deşarj edilir.
- Atık asit de dahil olmak üzere asidik atık su, atık gaz arıtma dönüştürücüsünden sızar ve sülfürik asit tesisinden yağmur suyu ve elektrolit saflaştırma, su demineralizasyon tesisi ve laboratuardan gelen atık sulardan kaynaklanır.
- Soğutma suyu devrelerinden ve ıslak tozsuzlaştırma sistemlerinden sızıntı suları, yıkama zeminlerinden, yollardan ve diğer nesnelere gelen atık suyun yanı sıra yağmur suyu da içeren endüstriyel atık su, endüstriyel bir atık su sistemine deşarj edilir. (Głogów 2'de yağmur suyu için ayrı bir kanalizasyon var).

Tüm atıksular bir atık su arıtma tesisinde arıtmaya tabidir. İlk olarak, asidik akıntılar kireç sütü ile nötrale edilir, Imhoff tanklarında kanalizasyon ön arıtılır ve yağmur suyu tutma tanklarında depolanır. Daha sonra tüm akarsular bir demir bileşiği, kireç sütü ve polielektrolit yardımıyla karıştırılır ve pıhtılaşır. Atık su arıtma tesisinde ayrılan çamur, yerleşme tanklarında çökeler ve daha sonra filtrelenir ve düzenli olarak doldurulur.

Tablo 3.70: Legnica, Glogów 1 ve 2'de arıtmadan sonra atık su bileşimi

Parametre	Birim	Legnica		Glogów 1 ve 2		İzinlere göre Maks. değerler Legnica, Glogów 1 ve 2 için
		Emisyon seviyeleri *	İzleme sıklığı	Emisyon seviyeleri *	İzleme sıklığı	
Debi	m <sup>3</sup> /d	6082	Sürekli	11 175	Sürekli	23 250
pH		8,4	Günde 1 kez	8,1	Günde 1 kez	6,5–9,0
Cu	mg/l	0,23	Ayda 1 kez	0,031	Haftada 3 kez	≤ 0,5
As	mg/l	0,055	Ayda 1 kez	0,022	Haftada 3 kez	≤ 0,1
Pb	mg/l	0,09	Ayda 1 kez	0,148	Her 2 ayda 1 kez	≤ 0,5
Ni	mg/l	0,067	Ayda 1 kez	0,063	Her 2 ayda 1 kez	≤ 0,5
Zn	mg/l	0,428	Ayda 1 kez	0,037	Her 2 ayda 1 kez	≤ 2,0
Cd	mg/l	0,002	Günde 1 kez	0,0037	Günde 1 kez	≤ 0,4
Hg	mg/l	0,003	Günde 1 kez	0,0005	Günde 1 kez	≤ 0,06
Cr	mg/l	0,011	Ayda 1 kez	0,012	Her 2 ayda 1 kez	≤ 0,5
Asılı katı maddeler	mg/l	7,41	Ayda 1 kez	2	Haftada 3 kez	≤ 35
* Yıllık ortalama. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

Atlantik Bakır atık su arıtma tesisi atık suları genellikle cüruf temizleme elektrikli fırın gaz yıkayıcılardan, demineralizasyon tesisinden gelen iyon değiştirme reçinelerinin rejenerasyonundan, konsantr depolama alanından ve gaz yıkayıcılardan kaynaklanır. Tesiste üç alıcı tank ve pH ayarlaması ile pıhtılaştırıcı, topaklayıcı ve reaktiflerin eklendiği bir kanatlı kalınlaştırıcı bulunmaktadır. Kalınlaştırıcıdan gelen taşma, kalan arsenik ve metalleri uzaklaştırmak için iyi temizleme için demir klorürler de dahil olmak üzere reaktifler ilave edilen ikinci bir çöktürme ve temizleme aşamasına geçirilir. İkincisinden gelen taşma iki tanka gönderilir ve su elektrikli atık gaz yıkayıcı fırına geri dönüştürülür. Fazla su deşarj edilir. Yağış basamağından gelen maden atıkları filtre presine gönderilir.

Asit tesisinden ortaya çıkan zayıf asit ve elektrolitik rafineriden sızan kısım, çok aşamalı kimyasal su arıtma tesisinde (alçı tesisi) toplanır ve üç aşamalı olarak arıtılır:

- Kips çöktürmesi (mikro filtrasyon ve kireç sütü ile arıtmaya tabi tutulması, pH'ın 1 civarına ayarlanması);
- Daha sonra asit 1-1,4 pH'ye kadar kireç sütü ile nötralize edilir ve yağışla birlikte, temiz alçı vakum filtresinde > % 96 CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ile üretilir;
- Metal çöktürme (kireç sütü ile arıtma, FeCl<sub>3</sub>, pH'ı 12'ye kadar artırır ve metallerin yakalanmasını sağlar).

Bu aşamada, çözeltinin pH değeri yaklaşık 12'ye yükselir ve daha fazla metal çöktürmek için arsenik ve metallerin oksidasyonu ve çöktürülmesi için gerekli reaktifler de ferrik klorür de dahil olmak üzere beslenir. Bir koyulaştırıcıda katı fazın çökmesi ve dekantasyonu sırasında, nötralizasyon keki üretmek için bir filtre presine gönderilen bir çamur üretilir. Çöktürme, polielektrolit (koagulanlar ve flokulanlar) ile hızlanır.

Arsenik giderimi, kalan arseniği yakalamak için  $FeCl_3$  ile arıtmayı içerir. Bu aşamada, çözelti içinde bırakılan arsenik giderilir ve işlem görmüş suların nihai solüsyonunun pH'ı 7 ile 8 arasında tutulur. Ferrik klorür de dahil olmak üzere gerekli reaktifler, kalan arsenik ve metalleri iki tankta ve bir temizleyicide gidermek için iyi temizleme amacıyla çözeltiye beslenir.

Bu çökeltme adımından gelen maden atıkları metal çökeltisine gönderilir.

**Tablo 3.71: Atlantik Bakırında arıtmadan önce ve sonra atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Maksimum giriş	Emisyon seviyeleri		
			Min.	Ort.	Maks.
Debi	m <sup>3</sup> /yr			200 000	
Cu	mg/l	2000	0,02	0,05	0,21
As	mg/l	10 000	0,02	0,3	2
Pb	mg/l	300	0,03	0,04	0,08
Ni	mg/l	4000	0,02	0,04	0,13
Zn	mg/l	5000	0,16	0,67	2,15
Cd	mg/l	500	0,01	0,03	0,09
SS	mg/l	1500	5	16	100
Hg	mg/l		0,015	0,015	0,015

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

Deşarj edilmiş su, kompozit 24 saat bazında akış orantılı örneklerle göre izlenir. Örnekleme otomatik örnekleme tarafından gerçekleştirilir.

Boliden Harjavalta, bakır ve nikel izabe fırınlarını işletmektedir. Kirli su (yağmur suyu, kar erimesi suyu, yüzey drenajı ve proses suyu) atık su arıtma tesisinde işlenir ve daha sonra nehre geri döndürülür. Boliden, Norilsk Nickel'in yüzey ve atık alan sularının bir parçasıdır. Boliden Harjavalta, 2009 yılında yeni atık su arıtma tesisine başlamıştır. Yatırım maliyeti yaklaşık 4 milyon Euro olmuştur. Yıllık işletme giderleri 800.000 Euro'dur.

Boliden'in atık su arıtma tesisi aşağıdakilerden oluşur:

- Birincil çökeltim.
- Çökeltme: Metaller, sodyum hidroksitli metal hidroksitler olarak çökeltilir (pH Yaklaşık 10.5).
- Dört aşamalı bir proses olan Actiflo © arıtması:
  - o Ferrik sülfat (pıhtılaştırıcı) eklenir. Pıhtılaştırıcı, metal hidroksit parçacıklarının yüzey yüklerini nötrleştirir ve birincil parçacıkların oluşumunu artırır.
  - o Mikrosand akıma enjekte edilir ve üniform bir çözelti oluşturmak üzere karıştırılır. Mikrosand akışa bağlanır ve ağırlığını artırır, böylece yerleşme hızını artırır.
  - o Topaklaştırıcı akıma eklenir. Topaklaştırıcı, metal hidroksit partiküllerini birbirine bağlar ve iyi çökeltme özelliklerine sahip büyük topaklar oluşturur.
  - o Ağır topaklar çöktürücünün dibine yerleştirilir ve temiz su, çöktürücüyü taşıma olarak bırakır. Çöktürücüler ayırımı geliştirmek için lamel ile donatılmıştır. Çökeltinin alt kısmındaki çamur, kum ayıran ve tekrar prosese geri döndüren hidroksiklonlara pompalanır. Metal çamuru, çökeltme havuzuna pompalandığı ve cüruf toplama tesisine taşındığı yer olan birincil çökeltme yoluyla uzaklaştırılır.

**Tablo 3.72: Boliden Harjavalta'da arıtma öncesi ve sonrası atık su bileşimi**

Kirlenici madde	Birim	Giriş	Çıkış	
		Ort.	Ort.	%90
Debi	m <sup>3</sup> /yr		2 426 300	
Cu	mg/l	3,356	0,115	0,120
Ni	mg/l	5,448	0,146	0,170
Zn	mg/l	1,805	0,031	0,040
Pb	mg/l	0,092	0,009	0,008
As	mg/l	0,474	0,053	0,120
Cd	mg/l	0,272	0,006	0,010

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Boliden Rönnskär'da, tüm üretim ünitelerinden (bakır izabe fırını, dönüştürücüler, elektrolizör, Zn-dumanlama tesisi, kurşun santrali, asit tesisi, PM tesisi) farklı proses suları, farklı havuzlarda toplandıktan sonra yağmur suyu ve durulama suyuyla karıştırılır. Arıtma prosesi iki adımdan oluşur. İlk aşamada, sülfürlü reaksiyon tanklarında 2-4 pH'da metaller ve arsenik çökeltisi, sülfür balçık kalınlaştırıcıda ayrılır ve bakır prosesine geri dönüştürülür. İkinci aşama, kalsiyum flüorürünün çöktildiği kireç ile çöktürmekten oluşur. Kireç çamuru toprakla doludur.

**Tablo 3.73: Boliden Rönnskär'de arıtma sonrası atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Emisyon *		
		Minimum	Ortalama	Maksimum
Debi	m <sup>3</sup> /yr	NR	NR	NR
Cu	mg/l	0,003	0,031	0,46
Pb	mg/l	0,001	0,009	0,043
Zn	mg/l	0,01	0,48	12
Cd	mg/l	0,0002	0,002	0,013
As	mg/l	0,005	0,23	1,1
Hg	mg/l	0,00005	0,0003	0,0014

\* Yılda 12 örneğe dayalı değerler. NB: NR = Belirtilmemiş  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Cobre Las Cruces'te, çözücü çıkartma prosesinden (hidrometalurjik işlem) gelen arıtma, bir atık su arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Bu tesiste, nötralizasyon ve oksidasyonu içeren iki aşamalı bir prosesden oluşan ve ardından koyulaştırma ve filtreleme yapan bir fizikokimyasal işlem gerçekleştirilmektedir. Kireç dozajlama ve diğer katkı maddeleri (flokülantlar) de kullanılır. Bu arıtmadan çıkan atık su, alıcı suya deşarj edilmeden önce izlenir.

Tablo 3.74, 2011 yılında ölçülen emisyonları göstermektedir.



**Tablo 3.74: Cobre Las Cruces'te arıtmadan sonra atık su bileşimi**

Parametre	Birim	Emisyon *		
		Minimum	Ortalama	Maksimum
Debi	m <sup>3</sup> /yr	NR	NR	NR
TVOC	mg/l	4,1	5,8	9
Cu	mg/l	0,004	0,04	0,0554
Pb	mg/l	0,0025	0,006	0,006
Zn	mg/l	0,021	0,106	0,123
Cd	mg/l	0,0005	0,003	0,005
As	mg/l	0,017	0,03	0,059
Hg	mg/l	0,0005	0,001	0,0015

\* Yılda 303 ölçümüne dayanan değerler (24 saatlik kompozit örnekler).  
 NB: NR = Belirtilmemiş  
 Kaynak: [358, CLC 2012]

### Ortamlar arası etkiler

- Bertaraf için atık üretimi.
- Enerji kullanımında artış.
- Reaktif kullanımı, ör. soğutma suyu için soğutma kimyasalları veya biyositler.
- Su geri dönüşümü veya yeniden kullanımı çoğu durumda çözümün iletkenliği ile sınırlıdır.
- Gürültü, ör. soğutma kulelerinden kaynaklanmaktadır.
- Sudan havaya ısı transferi.
- Lejyonella'nın kapalı sistemlerde 25 °C ve 60 °C arasındaki sıcaklıklarda olası yayılımı.

Uygulanacak teknikler, üretim proseslerinin ve yerel koşulların özgüllüğünü dikkate almak zorundadır. Ayrıca, alıcı su kütlesinin büyüklüğü ve akış hızı tekniklerin seçiminde rol oynayabilir.

Hacim akışının daha yüksek konsantrasyonlar lehine azaltılması, arıtma için daha az enerji gerektirir. Yüksek konsantrasyonlu atık suların arıtılması, daha yüksek atık konsantrasyonları ile sonuçlanacak, ancak daha düşük konsantrasyona göre daha iyi bir azaltma oranına sahip olacak ve kirletici maddelerin daha iyi bir şekilde giderilmesini sağlayacaktır.

Soğutma suyu devrelerinin kullanımı enerji tüketimidir ve kimyasal ilavelere ihtiyaç duyar, bu nedenle mevcut olduğunda nehirlerin veya göllerin suları daha ucuzdur.

Hidrojen sülfür oluşumunu önlemek için sülfürlerin bir asitle teması engellenmelidir. Fazla sülfürü uzaklaştırmak için çökelmeden sonra ferrik sülfat eklenebilir.

### Ekonomik veriler

Aurubis Pirdop'un yatırım maliyetleri 10 milyon Euro idi; elektrik: 220 kWh, kireç tüketimi: 0.74 t/t asit, FeCl<sub>3</sub>: 8,4 t/t arsenik, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2 t/t arsenik.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Yasal gerekliliklerden kaynaklanan atık su emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Aurubis Hamburg (DE) (birincil bakır izabe fırını, ikincil bakır/kurşun izabe fırını, değerli metal üretimi, bakır işleme); Aurubis Pirdop (BG) (birincil izabe fırını); Aurubis Olen (BE) (ikincil izabe fırını, bakır işleme); Umicore Hoboken (BE) ( karmaşık izabe fırını); Metallo-Chimique Beerse (BE) (ikincil bakır); Montanwerke Brixlegg (AT) (ikincil bakır izabe fırını; hidrometalurjik üretim için WWTP; yüzey suyu için iki sedimantasyon havzası); KGHM Głogów

1, Głogów 2 ve Legnica (PL) (birincil bakır izabe fırını); Atlantik Bakır (ES) (birincil bakır izabe fırını); Cobre Las Cruces (ES) (hidrometalurjik); Boliden Harjavalta (FI) (birincil bakır izabe fırını); ve Boliden Rönnskär (SE) (birincil bakır izabe fırını, ikincil bakır/kurşun izabe fırını, değerli metal üretimi).

#### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Bakır alt grubu 2012]

### 3.3.32. Proses kalıntıları

### 3.3.33. Proses kalıntıları için kullanım veya arıtma seçenekleri

#### Açıklama

Öncelik sırasına göre düşünülmesi gereken teknikler:

- Bakır ve diğer metalleri geri kazanmak için eritme prosesinde tekrar kullanım;
- Tesis dışında metallerin geri kazanımı;
- Diğer faydalı uygulamalar için arıtma.

#### Teknik açıklama

Kullanılan proseslere ve kullanılan hammaddelere bağlı olarak bakır üretimi sırasında geniş bir ara ürün yelpazesi oluşur. Fiziksel görünüm ve kimyasal bileşim ve zamanla değişken olarak birbirinden farklı olan bu çeşitli yan ürünler nedeniyle, bu bölüm potansiyel kullanımların bir açıklamasını içerir, ancak bunlar her koşulda uygun olmayabilir. Yukarıdaki tercih sırasına göre, tüm ara ürünler için bir çözüm tanımlanmalıdır.

Bakır üretimi sırasında üretilen ara ürünlerin çoğu geri kazanılabilir miktarlarda bakır ve diğer demir dışı metalleri içerir ve bu nedenle ikincil hammadde olarak kullanılır. Tüm kaynaklardan gelen baca tozları eritme prosesinde tekrar kullanılabilir veya üçüncü şahıslara satılabilir. Elleçleme sırasında toz oluşumunu önlemek için, bunlar genellikle özel olarak tasarlanmış sistemlerde dikkatle ele alınır veya ileri işleme gereksinimleri için önceden işleme tabi tutulur.

Bazı fırın astarları da boşaltım deliği kütlesi olarak yeniden kullanılabilir veya hammaddelerle birlikte eritme proseslerine sokulabilir ve cürufa dahil edilebilir. Diğer durumlarda, astar atılır.

Fırımlar, füme tesisi veya flotasyondan üretilen son demir silikat cürufları, çok düşük seviyelerde sızan metaller içerir ve stabildir. Cüruflar, farklı endüstriyel uygulamalar için malzeme olarak kullanılır ve yol yapımında alt taban tabakası veya yüzey tabakası, dolgu yapımı için agrega, maden dolgu, beton uygulamaları ve diğer dolgu uygulamaları, klinker üretimi gibi doğal kaynakları değiştirmek için veya harmanlanmış çimentolara veya aşındırıcı bir patlatma maddesi olarak kullanılır.

Son cüruflar, proses ve uygulamalara bağlı olarak farklı tane boyutlarında, yani iri topaklı, granül halinde, daha ince taneli malzemenin üretilir. Bazen rakip doğal minerallerden daha üstün olan mükemmel mekanik özelliklere sahiptirler.

Bertaraf için gönderilen atık miktarını azaltmak için uygulanan teknikler aşağıdaki tablo 3.75'de rapor edilmiştir.

Tablo 3.75: Bakırın üretiminden ara maddeler, kalıntılar ve atıklar

Proses birimi	Üretim kalıntısı	Kullanım/arıtma tekniği
Azaltma sistemleri Tüm metalurjik proseslerde	Toz (ıslak tozsuzlaştırma sistemlerinden balçık dahil)	Pirometalurjik veya hidrometalurjik proseslerle metal geri kazanımı. Satılık alçı. Pirometalurjik proseslerde kalsiyum kaynağı olarak yeniden kullanılır.
	Atık katalizörler	Geri dönüşüm/Rejenerasyon
	Sülfürik asit	Çeşitli uygulamalar için satış
	Zayıf asit	Diğer kullanımlar, ör. liç, alçı üretimi
	Civa kaldırma sistemlerinden kalıntılar	Arıtma veya güvenli bertaraf
Eritme fırınları	Cüruf Final Cüruf	Cüruf fırınında veya cüruf flotasyon tesislerinde arıtma. Yol yapımında bir alt taban katmanı veya yüzey tabakası olarak uygulama, set yapımı için agrega, beton uygulamalar ve diğer doldurma uygulamaları, klinker üretimi veya harmanlanmış çimentolara mineral ilavesi veya aşındırıcı bir patlatma maddesi olarak.
	Fırın balataları	Metallerin geri kazanımı veya refrakter veya kontrollü bertaraf olarak yeniden kullanılması
Dönüştürücüler	Cüruf	Metallerin geri kazanımı
	Fırın balataları	Metallerin geri kazanımı veya refrakter veya kontrollü bertaraf olarak yeniden kullanılması
Cüruf fırınları/dumanlama tesisi	Final Cüruf	Yol yapımında bir alt taban katmanı veya yüzey tabakası olarak uygulama, set yapımı için agrega, beton uygulamaları ve diğer dolgu uygulamaları, klinker üretimi veya harmanlanmış çimentolara mineral ilavesi veya aşındırıcı bir patlatma maddesi olarak.
Cüruf flotasyon	Final Cüruf	Yol yapımında, betonda ve diğer dolgu uygulamalarında, klinker üretimi için veya harmanlanmış çimentolara mineral katkı olarak veya demir/çelik üretimi için bir bileşen olarak endüstriyel uygulamalar. Atık alanında kontrollü bertaraf.
Rafinasyon (anot) fırınları	Cüruf	Metallerin geri kazanımı
Eritme fırınları (bakır işleme)	Refrakter astar	Metallerin geri kazanımı veya kontrollü bertaraf
	Sıvı tortuları, cüruflar	Metallerin geri kazanımı
	Üretim hurda	Metallerin geri kazanımı

### Bölüm 3

Tank evi	Atık elektrolit/sızma	Elektroliz, sementasyon veya diğer tekniklerle Cu'nun geri kazanımı. Kristallenme ile Ni'nin geri kazanımı. Yeni elektrolit oluşturmak için geri kalan asitlerin tekrar kullanımı, alçı üretimi veya nötralizasyon ve bertarafı için.
	Atık anotlar	Pirometalurjik bakır arıtma işlemi sırasında tekrar eritme veya soğutma malzemesi olarak uygulama ile tesis içi geri dönüşüm
	Anot balçık	Değerli ve baz metal geri kazanımı
Atık su arıtma	Temiz alçı	Kalsiyum kaynağı olarak pirotalurjik proseslerde veya yan ürün olarak satışta yeniden kullanım
	Kontamine alçı	Özel olarak tasarlanmış depolama sahalarında bertaraf
	sulu çamur	Pirometalurjik veya hidrometalurjik proseslerle metal geri kazanımı veya atık olarak güvenli bertaraf
Hidrometalurji	Tükenmiş elektrolit	Sızıntı maddesi olarak yeniden
Yarı üretim	Asit dekapaj çözeltileri	Elektroliz, iyon değişimi, çökeltme veya diğer yöntemlerle metal geri kazanımı. Atık su arıtımından sonra solüsyon veya deşarjın tekrar kullanılması.
Çubuk üretimi	Asit dekapaj çözeltileri (uygulanırsa)	Elektroliz, iyon değişimi, çökeltme veya diğer yöntemlerle metal geri kazanımı. Atık su arıtımından sonra solüsyon veya deşarjın tekrar kullanılması.
	ölçek	Pirometalurjik proseslerle bakır geri kazanımı

Kaynak: [ 238, ECI 2012], [ 383, Copper subgroup 2012]

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Bertaraf edilecek malzeme minimizasyonu.
- Kaynakların yeniden kullanımı ve değerli metallerin geri kazanımı.
- Doğal kaynak tasarrufu (nihai cüruf uygulamaları).

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu bölümde açıklanan teknikler, tüm bitkilerde, ara ürünlerin fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak kullanılabilir. Fabrika seviyesinde kullanılan teknikler belirli yerel koşullara, hammaddelere ve kullanılan proseslerin kombinasyonuna bağlıdır.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel düzenleme şartları.
- Ekonomik hususlar.

### Örnek tesisler

Bütün tesisler

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Bakır alt grubu 2012]

### 3.3.34. Enerji

### 3.3.35. Birincil bakır üretiminde enerji tüketimini azaltma tekniği

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Enerji tüketimini optimize etmek;
- Çevrimiçi izleme;
- Raporlama ve analiz araçları;
- Düzenli denetimler.

#### Teknik açıklama

Bazı teknikler hem birincil hem de ikincil bakır üretiminde uygulanır.

#### *Enerji tüketimini optimize etme*

- Isıyı geri kazanmak için rejeneratif brülörlerin, geri kazanımlı brülörlerin, ısı değiştiricilerin ve atık ısı kazanımlarının kullanımı.
- Yakıt gazı ve yanma havasının ön ısıtması. Atık gazların ısısı, yanma havasını ve gazı ısı eşanjörü vasıtasıyla ısıtmak için de kullanılabilir.
- Yakıt gazı ve yanma havasının ön ısıtması. Atık gazların ısısı, yanma havasını ve gazı ısı eşanjörü vasıtasıyla ısıtmak için de kullanılabilir.
- Bir flaş eritme fırını kullanımı, sülfidik konsantrelerin ve bakır konsantresinde bulunan organik karbonun ısıl değerinin optimum kullanımı nedeniyle standart yakıtların tüketimini azaltır.
- Yanma havasının eritme için oksijenle zenginleştirilmesi, fosil yakıtların tüketimini ve doğrudan emisyonları azaltır. Atık gaz hacimleri de azalır, böylece daha küçük fanların kullanımına izin verir. Oksijen üretimi elektrik kullanımını gerektirdiğinden, dikkatli bir enerji ve emisyon dengesi yapılmalıdır.
- Buhar borularının ve sıcak su borularının yalıtımı gibi yüksek sıcaklıklarda tesisatlarda uygun fırın astarı ve yalıtım kullanılması.
- Eritme aşamalarından gelen sıcak proses gazları, kullanılan fırının türüne bağlı olarak, gelen şarjın ısıtılması için kullanılabilir, örn. shaft ocağı.
- Taşıma ve depolama sırasında konsantreleri örtmek, aynı zamanda toz oluşumunu engellerken, yükte aşırı miktarda nem birikmesini önler.
- Konsantrelerin düşük sıcaklıklarda ayrı olarak kurutulması, izabe fırınındaki suyun buharlaşması ve üretilen buhar/gaz hacmi için gerekli enerjiyi azalttığı için enerji gereksinimlerini azaltır.
- Atık ısı kazanlarının enerji tasarrufu sağlamak ve buhar üretmek için kullanılması. Bu buhar, proses havası veya konsantre kurutucularının ısıtılması, izabe fırını üfleyicileri veya kompresörler sürmek, elektrik üretmek veya diğer bitkiler için proses ısısı olarak kullanılır.
- Birincil eritme veya dönüştürme aşamaları sırasında üretilen fazla ısının ilave yakıt kullanılmadan ikincil malzemelerin erimesine kadar kullanılması. Örneğin, PS dönüştürücülerindeki ısı, hurda eritmek için kullanılır.
- Kavurma ve/veya eritme aşamalarından çıkan sülfür dioksitin sülfürik asit üretimi ekzotermik bir prosesdir ve bir dizi gaz soğutma aşamasını içerir. Dönüştürme

sırasında gazlarda oluşan ısı ve üretilen asitte bulunan ısı, sülfürik asit bitkisine yönlendirilen gazı önceden ısıtmak veya buhar ve/veya sıcak su üretmek için kullanılabilir.

- Karbon içeren konsantrelerin kullanımı, egzoz gazlarında yüksek karbon monoksit'e yol açar. Bu, bölgesel ısıtma için veya elektrik türbinlerini tahrik etmek için buhar üretmek ve aynı zamanda bu kirletici maddeyi egzoz gazlarından uzaklaştırmak için yakıt olarak (yerel bir elektrik santralinde) toplanır ve yakılır.
- Anot fırınlarından çıkan gazlar kurutma veya diğer proses aşamalarında kullanılabilir.
- Yüksek verimli elektrik motorlarının montajı, örn. değişken frekanslı bir sürücü ile donatılmış fanlar için.
- Elektroliz tanklarının yalıtımı ve kaplaması, ısı kayıplarını ve sıcaklığı korumak için gerekli ısı tüketimini azaltır.

#### *Çevrimiçi izleme*

Bu genellikle sahadaki en önemli enerji akışları ve yanma prosesleri için kullanılır. Veriler uzun süre saklanır, böylece tipik durumlar analiz edilebilir.

#### *Raporlama ve analiz araçları*

Raporlama araçları çoğunlukla ana proseslerin ortalama enerji tüketimini kontrol etmek için kullanılır. Kullanılan enerjiyi izleyen bir enerji kontrol sistemi, gerçek verileri tarihsel verilerle karşılaştırma olanağı sunar.

#### *Enerji denetimleri*

Bu denetimler, maliyet etkin enerji tasarrufu fırsatlarını tanımlamak için çok önemli bir araçtır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji tüketiminin en aza indirilmesi.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Aurubis Hamburg ve Pirdop'ta, konsantre flaş eritme işleminden gelen ısıyı geri kazanmak için atık ısı kazanı kullanılır. Buhar, konsantre buharlı kurutucular için, tank evinde ve farklı kimyasal prosesler için ısıtma amacıyla ve ayrıca bina ısıtma amaçlı olarak kullanılır. Dönüştürücülerde üretilen ısı, hurda eritme için kullanılır. Çift kontak/çift absorpsiyonlu asit tesislerinde, ısı değiştiriciler, SO<sub>2</sub>'den H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> üretiminde gelen ısıyı geri kazanırlar.

KGHM Głogów 1 ve Legnica'da, şaft eritme fırınlarından gelen gazlar (yaklaşık %10 CO içeren), CO'yu elimine etmek ve enerjiyi geri kazanmak amacıyla yakma için yerel enerji santrallerine yönlendirilir. Şaft fırınlarının yükleme ve boşaltma bölümlerinden çıkan çıkarma gazları, yerel enerji santrallerinde yanma havası olarak kullanılır.

Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica'da, konvertörlerde (birincil üretimde) üretilen ısı, hurdaların eritilmesi için kullanılır (bu, partiye eklenebilir).

Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica, sülfürik asit tesislerinde, ısı eşanjörleri, dönüştürme prosesinden gelen ısıyı geri kazanır ve sülfürik asit tesisine yönlendirilen gazı önceden ısıtmak için kullanır.

Legnica'da, anot fırınlarının yükleme, dokunma ve cüruf bölümlerinden gelen havalandırma gazları kısmen anot fırınlarının brülörlerinde yanma için hava olarak kullanılır. Dönüştürücülerin atmosferik soğutucularının borularındaki ısıtılmış hava, yakma için santrale aktarılan şaft fırınlarından tozsuzlaştırılmış baca gazı ısıtmak için kullanılır.

Głogów 2'de, atık ısı kazanı, buhar ve sıcak su üretimi için konsantre flaş eritme sıcaklığından kurtulmak için kullanılır.

Elektrik tesislerinde ve atık ısı kazanlarında (diğer kaynakların yanı sıra) üretilen buhar, elektrolit ısıtma, siyah likörün boşaltılması ve Legnica'da, polieter bazlı emme/çıkarma işleminin sıyırma kulesinde kullanılır.

Boliden'de atık ısı kazanı, eritme ve konsantrenin dönüştürülmesinden ısıyı geri kazanır. Atık ısı, enerji tasarrufu sağlamak ve SO<sub>2</sub>, gaz ve toz emisyonlarını kurutma prosesinden azaltmak için konsantre kurutmada kullanılır. Sıcak anot fırını atık gazlarının bir kısmı, konsantrelerin kurutulmasında kullanılır.

Atlantik Bakırında, atık ısı kazanı konsantre eritme işleminden gelen ısıyı geri kazanır. Buhar, konsantrelerin kurutulması, tesiste ısınma amaçları ve elektrik üretimi için kullanılır. Dönüştürücünün proses ısısı hurda eritme için kullanılır. Santralden gelen yanma gazları da yoğunlaştırılmış kurutma için kullanılır. Bir enerji yönetim sistemi sürekli enerji verimliliği iyileştirme peşindedir.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Malzemelerin nem oranını azaltmaya yönelik önlemler, toz emisyonlarını önlemek için materyallerde belirli bir nem içeriğinin korunması ihtiyacı ile dengelenmelidir.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bu teknikler, fırın tipine, kullanılan azaltma tekniklerine, yakıt kullanılabilirliğine, hammaddelerin bileşimine ve tesisatın yaşına bağlı olarak uygulanabilir. Örneğin, sülfidik cevherlerin ergitilmesi sırasında üretilen sıcak gazları kullanan atık ısı kazanlarının kullanımı yaygın olarak uygulanır. Yüksek toz yüklerinin ve korozyonun etkilerini önlemek için özel dikkat gösterilmelidir.

Enerji santrallerinde enerji geri kazanımı için atık gazların kullanılması, yüksek konsantrasyonlarda karbon monoksit (yaklaşık %10 CO) içeren gazlar için geçerlidir.

Bazı durumlarda, atık gazlarının toz içeriği ısı değiştiricilerin kullanımını yasaklar.

Torba filtreden önce soğutma, filtreyi yüksek sıcaklıklara karşı koruduğu için önemlidir.

#### **Ekonomik veriler**

Yukarıda tartışılan önlemler önemli yatırımlar gerektirir (örneğin yalıtım/astar malzemeleri için) ancak bunlar uzun vadede geri kazanılır.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Enerji maliyetlerinin en aza indirilmesi.

#### **Örnek tesisler**

Aurubis Hamburg (DE), Aurubis Pirdop (BG), KGHM Głogów 1, Głogów 2 ve Legnica (PL), Boliden Rönnskär (SE), Boliden Harjavalta (FI) ve Atlantik Bakır Huelva (ES).

#### **Referans literatür**

[238, ECI 2012] [383, Bakır alt grubu 2012]

### **3.3.36. İkincil bakır üretiminde enerji tüketimini azaltma tekniği**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Enerji tüketimini optimize etmek;
- Çevrimiçi izleme;
- Raporlama ve analiz araçları;
- Düzenli denetimler.

#### **Teknik açıklama**

Bazı teknikler hem birincil hem de ikincil bakır üretiminde uygulanır.

#### *Enerji tüketimini optimize etme*

- Isıyı geri kazanmak için rejeneratif brülörlerin, geri kazanımlı brülörlerin, ısı

değiştiricilerin ve atık ısı kazanlarının kullanılması.

- Besleme malzemesinin su içeriğini azaltmak. Düşük sıcaklıkta suyun buharlaşması, yüksek sıcaklıkta işlemde daha az enerji gerektirdiğinden, hammaddelerin karıştırılması, eritme sırasında enerji tüketimini azaltır. Bu önlemlerin, toz emisyonlarını önlemek için materyallerde belirli bir nem içeriğinin korunması ihtiyacı ile dengelenmesi gerekmektedir.
- Yüksek sıcaklıklarda tesislerde etkin fırın astarı ve yalıtım kullanılması. Buhar borularının ve sıcak su borularının yalıtımı.
- Yakıt gazı ve yanma havasını ön ısıtma. Atık gazlarının ısısı, bir ısı eşanjörü vasıtasıyla yanma havasını ve gazı ısıtmak için de kullanılabilir.
- Eritme aşamalarından gelen sıcak proses gazları, fırın tipine bağlı olarak gelen fırın yükünü ısıtmak için kullanılabilir. Bir örnek, şarj ön ısıtmanın fırında gerçekleştiği bir şaft fırınının kullanılmasıdır.
- Atık gazların bir oksî-yakıt brülörü ile sirkülasyonu önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlar. Brülör, atık ısıyı gazdan kurtarır ve kirleticilerin enerji içeriğini kullanır ve bunları giderir.
- Son yakıcı olarak bir RTO kullanımı, organik karbon emisyonlarının azaltılması için gereken enerjiyi azaltır.
- Proses aşamaları arasında bir tampon kapasitesi gerektiğinde, parti bazında çalışan eritici için bir bekletme fırınının kullanılması. Kesikli işlem ve farklı aşamalardaki (örneğin, eritme fırınları, dönüştürücüler, anot fırınları) ekipmanın proses döngüleri süresindeki farklılık nedeniyle, metal bu arada erimiş halde tutulmalıdır. Aksi takdirde, siyah bakır veya dönüştürücü bakırın, daha yüksek enerji tüketimini içeren alt fırını/dönüştürücüde kullanılmak üzere yeniden sökülmesi gerekir.
- Eritme için yanma havasının oksijenle zenginleştirilmesi, genel fosil yakıt tüketimini ve doğrudan emisyonları azaltır. Atık gaz hacimleri de azalır, böylece daha küçük fanların kullanımına izin verir. Oksijen üretimi elektrik kullanımını gerektirdiğinden, dikkatli bir enerji ve emisyon dengesi yapılmalıdır.
- Yüksek verimli elektrik motorlarının montajı, örn. değişken frekanslı bir sürücü ile donatılmış fanlar için.
- Enerjiyi geri kazanmak ve buhar üretmek için atık ısı kazanlarının (WHB) kullanılması. Bu buhar, proses havası veya buharlı kurutucuları ısıtmak, elektrikli üfleyiciler veya kompresörleri çalıştırmak, elektrik üretmek veya diğer tesisler için proses ısısı olarak kullanılır;
- Bir anot fırından gelen aşırı ısının geri kazanılmasıyla elde edilen buhar, rafinerilerde elektrolitin ısıtılması ve/veya bir kojenerasyon tesisinde elektrik üretilmesi için kullanılır.
- Elektroliz tanklarının izolasyonu ve kaplaması ısı kayıplarını azaltır ve sıcaklığı korumak için gerekli olan ısı tüketimini azaltır.
- Eritme veya dönüştürme prosesleri sırasında oluşan fazla ısının, ilave yakıt kullanılmadan farklı hurda kalitelerini eritmek için kullanılması.
- Enerji dengesini orantılı olarak geliştirmek için eritme prosesinde geri dönüştürülmüş bakır kullanılması. İkincil malzemelerin kalitesi ve bulunabilirliğindeki değişikliklere gereken özen gösterilmelidir.
- Elektronik hurdaların eritilmesi sırasında, yanıcı plastik içerik, eritme prosesinde kullanılan enerjiye katkıda bulunur ve gerekli olan fosil yakıt miktarını azaltır.

Belli bir beslemeyi kesmek için gerekli olan enerji kuvvetli bir şekilde bileşime bağlıdır, bu nedenle yük bileşimi maksimum ekzotermik ısı üretmek üzere optimize edilebilir. Bununla birlikte, bu, enerji tüketimini azaltmak için önleyici bir önlem olarak görülmemektedir, çünkü ikincil bir malzemenin bileşimi, yukarıdaki proseslere, giriş malzemelerinin piyasada bulunabilirliğine ve kurulu azaltma sistemine bağlıdır.

#### *Çevrimiçi izleme*

Bu genellikle sahadaki en önemli enerji akışları ve yanma prosesleri için kullanılır. Veriler uzun bir süre saklanır, böylece tipik durumlar analiz edilebilir.



### Raporlama ve analiz araçları

Raporlama araçları çoğunlukla ana proseslerin ortalama enerji tüketimini kontrol etmek için kullanılır. Kullanılan enerjiyi izleyen bir enerji kontrol sistemi, gerçek verileri tarihsel verilerle karşılaştırma olanağı sunar.

### Enerji denetimleri

Bu denetimler, maliyet etkin enerji tasarrufu fırsatlarını tanımlamak için çok önemli bir araçtır.

### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji optimizasyonunun amacı, sistemin doğal kısıtlamaları dahilinde enerji tüketimini en aza indirmek ve dolayısıyla ile de dolaysız ve dolaylı emisyonları azaltmaktır.

### Ortamlar arası etkiler

- Elektronik hurda işleme, ekstra çevresel uyumluluk ekipmanı gerektirecektir.
- Materyallerin nem oranını azaltmaya yönelik önlemler, toz emisyonlarını önlemek için malzemelerde belirli bir nem içeriğinin korunması ihtiyacına göre dengelenmelidir.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Aurubis Lünen'de KRS ve anot fırından çıkan ısı, WHB'de geri kazanılır ve elektrolit ısıtma için kullanılır.

Aurubis Olen'de, Contimelt fabrikasında, yükü önceden ısıtmak için ASO şaft fırından sıcak gazlar kullanılır ve atık ısı kazanı buhar üretir. Contirod fabrikasında, Asarco fırınının beslemesi (bakır katotlar), fırın şaftındaki egzoz gazları tarafından önceden ısıtılmaktadır. Egzoz gazları, brülörler için yanma havasını bir ısı değiştiriciden geçirir. Kapalı bir yükleme sistemi, tesisin kaçan ısı/gazları önler. Conform tesisinin ekstrüzyon hattından gelen atık ısı, üretim binasını ısıtmak için tekrar kullanılır.

Aurubis Avellino'da şaft fırınından gelen atık ısı, ön ısıtma doğal gazına geri kazanılır.

Umicore Hoboken'de, ek su kullanmak yerine, kuru hammaddeleri ıslak olanlarla karıştırarak, eritici beslemenin su içeriği mümkün olduğunca azaltılır. İzabe fırınındaki elektronik hurda girişi maksimize edilir. Fanlar, pompalar vb. için yüksek verimli elektrikli motorlar ve değişken frekanslı sürücüler takılıdır. Fırın ve buhar kazanı için yalıtım kullanılır. Prosesin sıcaklığı izlenir ve enerji kullanımı en aza indirmek için enerji beslemesi ayarlanır. Elektrolitik çıkartım tesisinde > %95'lik yüksek bir elektrik verimliliği korunur.

Montanwerke Brixlegg'de atık ısı kazanı, anot fırınının atık gazı ısınısını geri kazanır; şaft fırınından çıkan atık gaz için bir RTO kullanılır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Listelenen indirgeme teknikleri arasında, fırın tipine, kullanılan azaltma tekniklerine, yakıt kullanılabilirliğine, hammaddelerin bileşimine ve tesisin yaşına bağlı olarak seçilen teknikler ve önlemler uygulanacaktır.

Örneğin, bazı durumlarda, atık gazlarının toz içeriği ısı değiştiricilerin kullanımını yasaklar. Filtreyi yüksek sıcaklıklara karşı koruduğu için torba filtreden önce soğutma önemlidir. Bu, ısı geri kazanımı (+/- 600 °C) için bir yöntem olarak radyasyon ile bir filtre sisteminin girişinin bir sıcaklığın, gazları daha da soğutmak için su enjeksiyonu ile köprülendirilmesi gerektiği anlamına gelir.

### Ekonomik veriler

Yukarıda tartışılan önlemler önemli yatırımlar gerektirir (örneğin yalıtım/astar malzemeleri için), ancak bunlar uzun vadede geri kazanılır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Enerji maliyetlerinin en aza indirilmesi.

### Örnek tesisler

Aurubis Lünen (DE), Aurubis Olen (BE), Aurubis Avellino (IT), Umicore Hoboken (BE) ve Montanwerke Brixlegg (AT).

### Referans literatür

[238, ECI 2012], [383, Bakır alt grubu 2012]

## 3.4. Gelişen teknikler

### Banyo ergitme

Banyo ergitme tekniklerinin geliştirilmesinde ve iyileştirilmesinde etkinliğin gerçekleştiği bildirilmiştir [135, Gershel, T. 1998]. Sızdırmaz veya yarı sızdırmaz fırınlarla birleştirilmiş modern tesislerdeki potansiyel olarak yüksek reaksiyon oranları nedeniyle banyo ergitme, düşük maliyetli tesisler sunabilir. Tesis güvenilirliği uzun vadede kanıtlanmalı ve eğer mevcut olursa, Baiyin veya Vanyukov fırınlarını kullanan Çin ve Rus tesisatlarından bazı veriler incelenmelidir. Ortaya çıkan teknikler Tablo 3.76'da gösterilmiştir.

**Tablo 3.76: Gelişmekte olan banyo eritme teknikleri**

Teknik	Yorumlar
Sürekli ergitme/dönüştürme: Noranda reaktörü ve Mitsubishi konvertör fırınının kombinasyonu	1999 yılında değerlendirme bekletme sonuçları

### Hidrometalurjik proses

Biyo-yağlama gibi hidrometalurjik proseslerin kullanımı da ortaya çıkmaktadır ve bunlar düşük konsantrasyonlu değerli metaller içeren karışık oksidik/sülfidik cevherler için uygundur. Liçleşmeye yardımcı olmak için demir ve sülfür oksitleyici bakteriler kullanılabilir.

### Outotec HydroCopper® proses

Klor bazlı bir liç sistemi kullanan Outotec HydroCopper® prosesi, bir demonstrasyon tesisi ölçeğinde mevcuttur. Konsantre ve toz haline getirme, örneğin liç-çözücü ekstraksiyon-elektrotu (L-SX-EW) prosesleri gibi bazı prosesler geliştirilmektedir [308, Haavanlammi 2007], [309, Pekkala 2007].

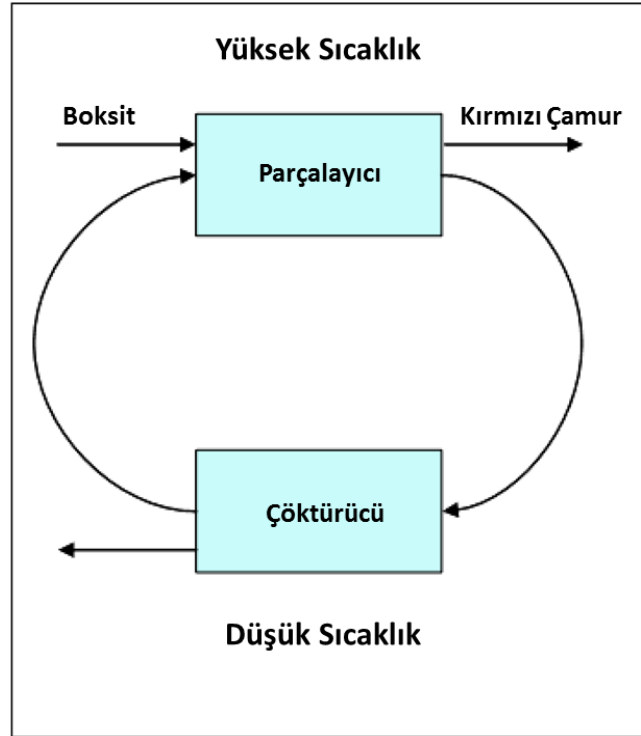
## 4. ALÜMİNA VE ALÜMİNYUM ÜRETİMİ İÇİN ANOTLARI DA KAPSAYAN BİRİNCİL VE İKİNCİL HAMMADDELERDEN ALÜMİNYUM ÜRETİM PROSESLERİ

### 4.1.Uygulanan prosesler ve teknikler

#### 4.1.1. Alümina

Alümina genellikle Şekil 4.1’de gösterildiği gibi iyi bilinen Bayer prosesinde boksitten üretilir. Bu proses kostik soda-alüminyum hidroksit sisteminin farklı termodinamik özelliklerini kullanmaktadır. Boksit içerisinde üç ana alüminyum bazlı bileşik bulunmaktadır: alüminyum oksit trihidrat (jipsit),  $\gamma$ - alüminyum oksit monohidrat (böhmite) ve  $\alpha$ -alüminyum oksit monohidrat (diaspor). Alüminyum oksit hidratın her formunun çözünürlüğü büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle Bayer prosesinde alüminyum bileşikleri parçalama alanında 280 °C’ye kadar sıcaklıklarda çözünmektedir ve daha düşük sıcaklıklarda örneğin yaklaşık olarak 55 – 70 °C’de çözülmüş alüminyum hidroksit, çöktürme alanında katı madde olarak çökeler ve böylece alüminyum bileşikleri prostesten uzaklaştırılabilir.

Bu prosteste kostik soda bir devre içerisinde akar, öğütülmüş boksit ile birlikte beslenir ve ardından parçalama sıcaklığına kadar ısıtılır. Boksitten gelen alümina bileşikleri bu yüksek sıcaklık ve basınç şartları altında çürütücü içerisinde çözünür. Daha sonra boksitten gelen örneğin kırmızı çamur gibi çözünmeyen maddeler yoğunlaştırıcılar veya filtreler vasıtasıyla prostesten uzaklaştırılır. Aşırı doymuş sıvı daha sonra, alüminyum oksit trihidrat parçacıklarının varlığında kristalleşmeyi başlatmak üzere soğutulur. Alüminyum oksit trihidrat (alüminyum hidrat olarak da anılır) çöktürme alanında kristalleşir ve filtreler yardımıyla Bayer prosesinden uzaklaştırılabilir. Daha fazla boksit çözebilmek için bir sodyum hidroksit çözeltisi kullanılır ve döngü yeniden başlar. Son proses aşamasında ise alüminyum hidroksit kalsinasyon işlemi ile alüminaya dönüştürülür.



Şekil 4.1: Bayer prosesinin genel prensibi

Endüstri genelinde temel prosesler aynı olsa da özellikle çürütücü ve kalsinatörlerde kullanım şartları ve kullanılan ekipmanlar değişiklik gösterebilmektedir. Bu farklılıklar proseste enerji kullanımını etkilemektedir [75, Nordheim, E. 1998].

### Parçalama

Öncelikle boksit, pompalanabilir hale getirilmek ve ekstraksiyon için yüzey alanının genişletilmesi amacıyla öğütülür. Boksit bilyeli veya çubuklu veya her ikisinin kombinasyonundan oluşan bir öğütücüde öğütülür ve kostik soda (sıvı) eklenir. Sonuçta ortaya çıkan çamur genellikle çamur tankında depolanır. Çürütücüler optimum çözünme özelliklerini sağlamak amacıyla bu boksit çamuru ve ilave çözelti ile beslenir.

Boksit çamuru boksit kalitesine bağlı olarak, alüminyum bileşiklerinin çözündüğü, 100 °C ila 320 °C arasında değişen çürütücü sıcaklığına kadar ısıtılır. Sıcak çamur çürük buhar tanklarında soğutulur. Buharlaştırılan buhar boksit çamurunun ön ısıtılmasında kullanılır ve böylece ısı geri kazanımı sağlanır. Nihai çürütücü sıcaklığına ulaşmak için birincil enerji, doğrudan veya dolaylı olarak taze buhar enjeksiyonu ile kullanılır. Kondens, çeşitli yıkama amaçları için, örneğin boksit kalıntılarından ve alüminyum hidroksitten çözünebilir kostik giderimi için kullanılabilir.

Boksit içinde bulunan soda ve silika bileşiklerinin çürütülmesi sırasında gerçekleşen reaksiyon nedeniyle sodalit çökeltir ve boksit kalıntısıyla birlikte prostesten uzaklaştırılır. Sodalitin miktarı, boksitin silika içeriğine, silikanın formuna ve ekstraksiyon şartlarına bağlıdır. Boksit kalitesine bağlı olarak, çözüldüğü vanadyum ve fosfatın giderilmesi ve ekstraksiyon veriminin artırılması için kireç eklenir.

### Kırmızı çamur ve boksit kalıntısı giderimi

(Ayrıca Madencilik Faaliyetlerinde Atıkların Yönetimi ve Atık Kaya Yönetimi referans belgesine bakınız [332, COM 2009]). Genellikle kırmızı çamur olarak bilinen boksit kalıntıları, boksitin ekstraksiyonu sonrasında kalan katı maddedir ve çözelti içerisinde çözünmez. Proses çözüldülerinden yoğunlaştırıcı vasıtasıyla ayrıştırılırlar. Bu yoğunlaştırıcılarla çözüldünün akış hızı düşürülür ve katı kalıntı çöker. Bazı rafineriler kum olarak, bilinen kalıntının kaba parçacıklarını yoğunlaştırıcıdan önce ayırır, böylece sonraki aşamalarda meydana gelebilecek olan aşınma önlenmiş olur. Ayrılan bu kum genellikle saha içi yol yapımında kullanılır.

Ayrılan kalıntı, daha sonra bir yıkama treni vasıtasıyla karşı akım yönünde akan bir kondens ile yıkanır. Her yıkayıcıdan önce önceki yıkayıcıdan gelen çamur ile sonraki yıkayıcıdan taşan çamur karıştırılır ve yıkayıcı içerisinde çökeltir. Bu şekilde, her yıkama aşamasında alkali konsantrasyonu düşürülmüş olur. Daha fazla yıkayıcı konulması durumunda, boksit kalıntısındaki nihai alkali konsantrasyonu daha da düşürülmüş olur.

Derin yoğunlaştırıcıların kullanıldığı yoğunlaştırıcı tasarımındaki geliştirmeler, bazı tesislerde daha iyi katı içeriği ve alkali kontrolü sağlamaktadır. Bazı rafinerilerde alkali geri dönüşümünün son aşaması, kalıntının kondens ile yıkandığı ve filtrasyon kekinin özeli bir bertaraf alanında depolandığı, filtrasyon aşamasıdır (bu alkali geri dönüşümüne ve son kalıntı susuzlaştırılmasına yardım eden en verimli yöntemdir). Bu şekilde serbest alkali konsantrasyonu çok düşük seviyelere kadar düşürülebilir. Ya tambur filtreler ya da plakalı ve çerçeveli filtreler ardışık olarak kullanılabilir. Yüksek basınçlı bir filtrasyon kullanıldığında, katı kalıntıda çok az miktarda su kalmaktadır ve katı olarak depolanabilir veya farklı uygulamalarda kullanılmak üzere ekonomik bir şekilde nakliye edilebilir.

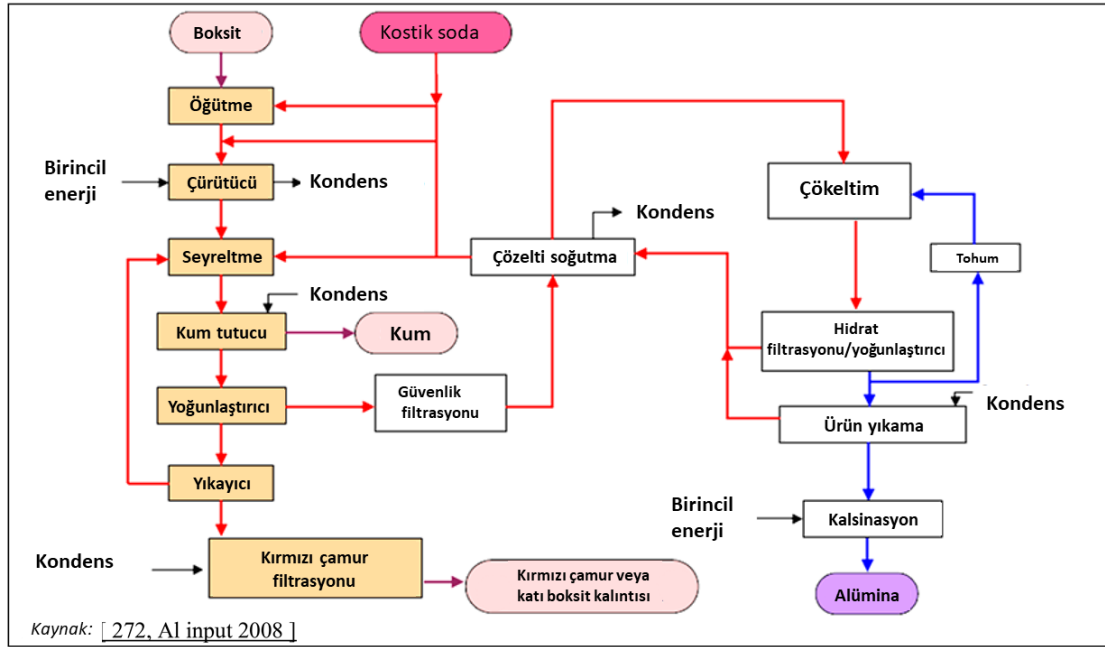
### Çökeltim ve kalsinasyon

Öncelikle çözüldüden katı parçacıkların giderilmesi için çöktürücülerdeki taşan kısım filtrelenir. Ardından çözüldü çökeltim sıcaklığına kadar soğutulur ve çökeltme tohum olarak alüminyum hidroksit eklenerek başlatılır. Bazı Bayer tesislerinde, hidrat çamuru her kademedeki hidratin çökeltildiği bir tank sırasına doğru akar. Tank sırası sonunda katı hidrat çözüldüden ya filtrasyon ya da yoğunlaştırıcı vasıtasıyla uzaklaştırılır. Ayrılan hidrat daha sonra kondens ile yıkanır ve daha sonra kalsine edilebilir. Katı içermeyen çözelti, bazı durumlarda bir buharlaştırma tesisinden geçtikten sonra bir döngü içerisinde geçtiği çürütücü bölgesine tekrar beslenir.

Kalsinasyon aşamasında hidrat 1000 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu şartlar altında alüminyum

hidroksit alüminaya dönüşür. Bu işlem sirkülasyonlu akışkan yatak ve sabit veya döner kalsinatörlerde gerçekleştirilebilir. Sirkülasyonlu akışkan yatak kalsinatörler smelter-grade alümina (SGA) üretimi için kullanılırlar. Döner kalsinatörler akışkan yataklı kalsinatörlere göre daha az enerji verimliliği sağlarlar ve genellikle özel alümina üretmek için gerekli olan, yüksek  $\alpha$ -alüminyum<sup>2</sup> oksit içeriğine sahip alümina üretmek için daha yüksek sıcaklıklarda (1200–1300 °C) işletilirler. Bir smelter-grade alümina genellikle yaklaşık olarak %5  $\alpha$ -alüminyum oksit içeriğine sahip iken bir döner kalsinatörde kalsine edilmiş özel alümina %95'den daha fazla  $\alpha$ -alüminyum oksit içeriğine sahiptir. Kalsinasyon için gaz ya da yağ kullanılabilir.

Bayer prosesi için tipik bir akış şeması Şekil 4.2'de verilmiştir, parantez içerisinde verilen adımlar proses için zorunlu değildir.



Şekil 4.2: Bayer prosesi

Oksalat ve karbonat gibi proses kaynaklı safsızlıklar genellikle çeşitli teknikler ile yan akışlarla uzaklaştırılır. Her iki tuz da boksitin organik ve karbonat içeriğinden kaynaklı olarak, çürütme prosesinde ortaya çıkar ayrıca, karbonatlar proses sırasında karbondioksit ile reaksiyon sonucu ortaya çıkar. Tuz bir kalıntı veya yan ürün olarak üretilir. Eğer alümina üretimi yüksek vanadyum içeriğine sahip boksite dayanıyorsa, tuz daha sonra çelik endüstrisi için vanadyum pentoksit elde etmek amacıyla kullanılabilir. Bu proses, aynı zamanda sızıntı çözümlisine ve daha sonra atık suya taşınan arsenik içerdiği için atık su problemi ortaya çıkarabilir.

#### 4.1.2. Alüminyum üretimi için anotlar

Birincil alüminyum izabesi için üretilen karbon anotlar genellikle ergitme işleminin yapıldığı tesiste üretilmektedir. Bazı durumlarda bağımsız anot üretim tesislerinde de üretilmektedirler. Anotların üretimi, karbon ve/veya grafit elektrotlar ve şekillerinin üretilmesine benzer, ancak kömür katranı zifti içeriğinde, pişirme sıcaklığında ve gradyanında ve diğer proses parametrelerinde önemli ölçüde değişiklikler bulunmaktadır. Ayrıca anot tesisleri, anot izmaritlerinin geri dönüşümünü de kapsamaktadır. Tablo 4.1'de kısa bir karşılaştırma verilmiştir.

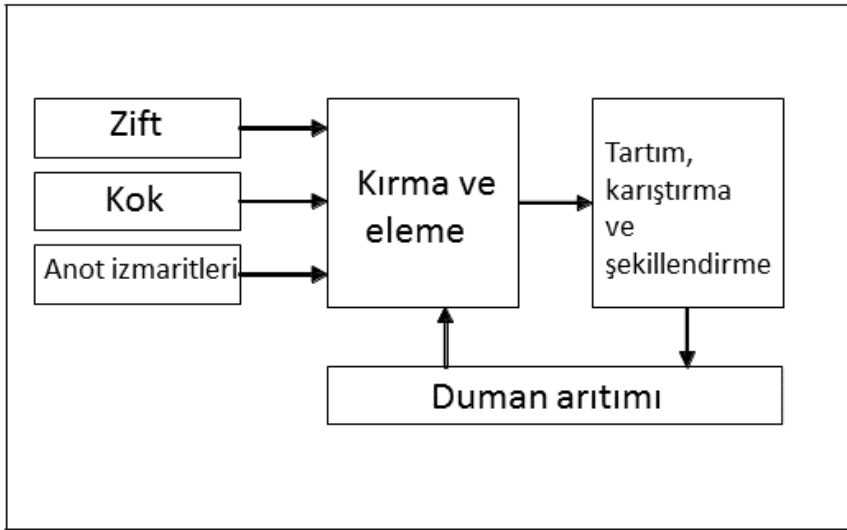
Tablo 4.1:Pişirme sıcaklığının karşılaştırılması

Parametre	Anot üretimi	Karbon elektrodu ilk pişirme aşaması
Piştirme sıcaklığı (°C)	800–1200	800–1100
Zift içeriği (%)	13–18	Up to 40
Isıtma gradyanı (°C/h)	10–14	1–2
Spesifik gaz hacmi (m <sup>3</sup> /h yılda üretilen ton başına)	5000	50–110
Kaynak: [318, Hagen et al. 2007]		

Birincil alüminyum endüstrisi için anot üretimi burada rapor edilmiştir. Karbon elektrotların üretimi ise Bölüm 10’da rapor edilmiştir.

Prosesler, daha sonra anot blokları haline getirilen macunlar üretmek için kok, zift veya temizlenmiş anot izmaritlerini kullanır. Hammadde depolama ve işleme aşamalarında kapalı kok iletimi, işlenmesi ve entegre toz filtreleri kullanılır. Kömür katranı zifti iletimi ve depolanması sistemlerinde, sıvı zift ve katı zift siloları kullanıldığında tankın hava alması için tank back venting ve condenserleri kullanılır. Bazı durumlarda gazı temizlemek amacıyla bir katalitik termal oksitleyici (CTO) veya rejeneratif termal oksitleyici (RTO) kullanılabilir. İnce tozlardan tek büyük maddelere kadar kullanılan diğer ikincil hammaddeler de bulunmaktadır. Suda çözünebilir bileşikler, geri dönüştürülmüş ürünlerden gelen az miktardaki florürler gibi ikincil hammaddeler kapalı ortamlarda saklanır. Bazı ikincil hammaddelerin demir kirliliğinin giderilmesi için ortamsal veya manyetik ayırma ile ön arıtımının yapılması gerekmektedir. Söderberg macunu ve önceden pişirilmiş anotlar oluşur ve sonraki uygun tesislerde kullanıma hazır olacak şekilde pişirilir.

Şekil 4.3’de yeşil anot üretiminin ana prosesi tarif edilmiştir.



Şekil 4.3: Yeşil anotların üretimi

#### Yeşil macun üretimi

Yeşil macun üretimi bütün karbon anotların üretiminin başlangıç noktasıdır. Bütün yeşil macunlar kalsine edilmiş petrokok, temizlenmiş ve geri dönüştürülmüş anot izmaritleri, bir bağlayıcı görevi gören kömür katranı ziftinin bir karışımından üretilir. Petrokoklar, ham petrolün damıtılması sonrasında kalan kalıntılardır ve bu nedenle metaller (nikel gibi) ve sülfür bileşikleri gibi maddeler ile kirlenebilirler.

Kok ve katı ziftler normalde kapalı koveyörler veya yoğun fazlı pnömatik sistemler ile iletilirler ve silolarda depolanırlar. Sıvı zift erimiş halde taşınır, pompalanarak aktarılır ve ısıtılmış tanklarda depolanır. Tank havalandırma gazları hidrokarbon dumanı içerir ve genellikle anot macun tesislerinin buhar temizleme sistemlerinde temizlenir (genellikle kok kuru gaz yıkayıcılar, CTO/RTO, veya bu sistemlerin bir kombinasyonu). Yoğuşturucular veya yağ temizleyiciler

kullanılır [75, Nordheim, E. 1998] ve tank gazlarının back-venting i de kullanılır. Petrokok ve anot izmaritleri öğütülür, ön ısıtması yapılır ve ardından ısıtılmış olan karıştırıcılarda zift ile karıştırılır. Kok zift oranı, macunun işlenebilmesini sağlayacak ve bloklar halinde oluşmasına izin verecek şekilde, uygulamaya göre ayarlanır.

Söderberg macununda karışım, anot kabuğuna eklenebilecek şekilde hazırlanır. Kullanım sırasında ortaya çıkan hidrokarbonların miktarını minimize etmek için kuru anot macunu (düşük zift içeriği) tercih edilir [6, McLellan and Partners Ltd 1993]. Yeşil şekiller, “briketler” oluşturmak için kalıptaki yeşil macuna basınç uygulanması sonucunda oluşturulur ve elektriksel bağlantı için metalik izmaritlerin kullanıldığı anodun üst kısmından beslenir.

### Önceden pişirilmiş anotlar

Bu anotlar petrokok, %13-18 kömür katranı zifti ve anot izmaritlerinden kalan malzemelerin bir karışımından üretilir [75, Nordheim, E. 1998].

Anot üretimi kırma, öğütme, ön ısıtma ve ham maddelerin karıştırılması aşamalarından oluşur. Karıştırılan malzemelerden daha sonra genellikle titreşimli-kompaktör yardımıyla yeşil anotlar oluşturulur. Yeşil anotlar daha sonra içerisinde anotların bulunduğu çok sayıda çukur içeren halka fırında pişirilir. Çukurları refrakter tuğla duvarlar ayırır. Baca gazları çukurdan çukura tuğlalara gömülü olan gaz kanalları aracılığıyla aktarılır. Yeşil anotlar sıra halinde anot fırını içerisinde istiflenir. Kok katmaları anotları ayırır ve oksidasyonu önler. Bu koklar kısmen ısıtma ve soğutma döngüsü sırasında, bir ton anot başına 12-18 kg oranında tüketilir ve geri kalan kok yeniden kullanılır. Herhangi bir zamanda fırın içerisindeki ayrı çukurlar doldurulabilir, ısıtılabilir, soğutulabilir ve boşaltılabilir [91, OSPARCOM 1992].

Sıcak hava, hareketli gaz ateşlemeli brülörler kullanılarak kanallardan geçirilir ve anotlar havasız ortamda 1100 °C’de pişirilirler. Kanallar, duman içermesi için negatif basınç altında tutulur. Isıtma döngüsü sonunda kanallar, bölümün soğutulması için hava üfleyicilere bağlanır. Fırın bölümünden geçen sıcak hava soğutulur ardından hava üfleyicilere veya diğer fırın bölümlerinin ön ısıtmasını yapmak için diğer fırınlara gönderilir.

Pişirme fırınının yerleşimi Şekil 10.6’da gösterilmiştir.

Anotların pişirilmesinde iki tip fırın kullanılmaktadır: açık veya kapalı halka fırınlar. Açık fırınlarda yatay bir kanal kullanılırken kapalı fırınlarda dikey kanallar kullanılır. Açık fırınlar kapasitenin %60’ından fazlasını oluştururlar ve yeni tesislerde kullanılırlar. Açık fırınlarda bulunan yatay kanallar ayrı ve paraleldir bu da her kanal için ısıtma döngüsünün optimize edilmesini ve dolayısıyla yakıt tasarrufu sağlar [91, OSPARCOM 1992]. Fırında çok sayıda bölmenin kullanılması, bir bölümden gelen ısının diğer bölümlerde de kullanılmasını sağlar.

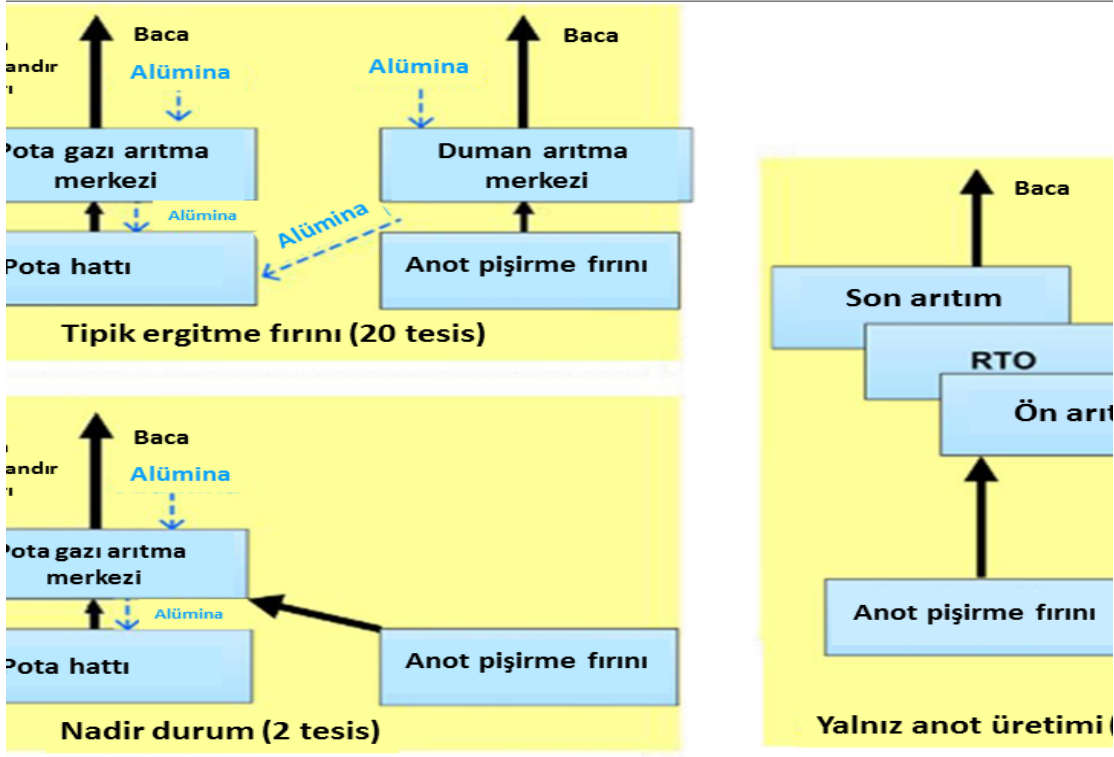
Pişirme işlemi sırasında, kömür katranı zifti, malzemeyi elektriksel olarak iletken hale getiren koka dönüştürülür. Pişirme sırasında yaklaşık olarak %5-10 ağırlık kaybeder [75, Nordheim, E. 1998] ve pişirme işlemi yaklaşık olarak 14 ila 21 gün sürer.

En yaygın durumda birincil bir ergitme fırınının yerinde yapılan anot üretiminde, alümina özel bir duman arıtma merkezinde, polisiklik aromatik hidrokarbonların, anot izmaritinden gelen florürlerin ve bazı uçucu organik karbonların absorpsiyon ile arıtımında kullanılır. Bu teknikler Bölüm 4.3.2.3’te açıklanmıştır.

Bazı nadir durumlarda ise fırın dumanları pota gazları ile birleştirilip, genel bir gaz ve duman arıtma merkezinde alümina ile yıkanarak temizlenebilir.

Yalnız anot üretimi yapan tesislerde pişirme fırınından gelen gazları arıtmak için rejeneratif son yakıcılar (veya rejeneratif oksitleyiciler) tercih edilen bir seçenektir. Teknikler Bölüm 4.3.2.3’te açıklanmıştır.

Yukarıda açıklanan üç seçenek için akış şemaları Şekil 4.4’te verilmiştir.



[6, EAA, OEA 2012 ]

Şekil 4.4: Anot pişirme fırınları konfigürasyonları ve yaklaşık tesis sayıları

Anotlar soğuduktan sonra fırınlardan boşaltılır ve depolanır. Gerekliğinde, çelik çubuklarla alüminyum çubuklara bağlanmak üzere çubuklama tesisine götürülürler. Bu proses çubuklanmış anotların (anot birleşmesi), elektrolitik hücrelerin anot kirişleri üzerinde tutunmasını sağlar. Anotlar elektroliz sırasında tüketilirler ve %80 civarında tüketildiklerinde değiştirilmeleri gerekir. Kalan kısım ise 'anot izmariti' olarak adlandırılır [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [28, OSPARCOM 1997]. İzmaritler (orijinal anot ağırlığının %20'si), kalıntı elektrolitler giderildikten sonra anot üretimi için yeniden kullanılabilirler. Çubukların küçük bir miktarı hurdaya ayrılrsa da ileriki kullanımlar için yenilenirler.

İzmaritlerin temizlenmesi sonrasında ortaya çıkan kalıntılar soğutulur, daha sonra özel banyo geri dönüşüm ünitelerinde öğütülür ve en son olarak da elektrolitik hücrelere geri dönüştürülür.



### 4.1.3. Birincil alüminyum

Birincil alüminyum, alüminyum oksitten (alümina), boksitten başlayarak iki aşamalı bir proseste üretilmektedir [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998], [312, VDI 2008].

- Birinci aşama: boksitten alümina üretimi.
- İkinci aşama: alüminadan birincil alüminyum üretimi, genellikle esas olarak lojistik sebepler ve elektrik durumunun uygunluğu nedeniyle birinci aşamadan farklı bir alanda gerçekleştirilir.

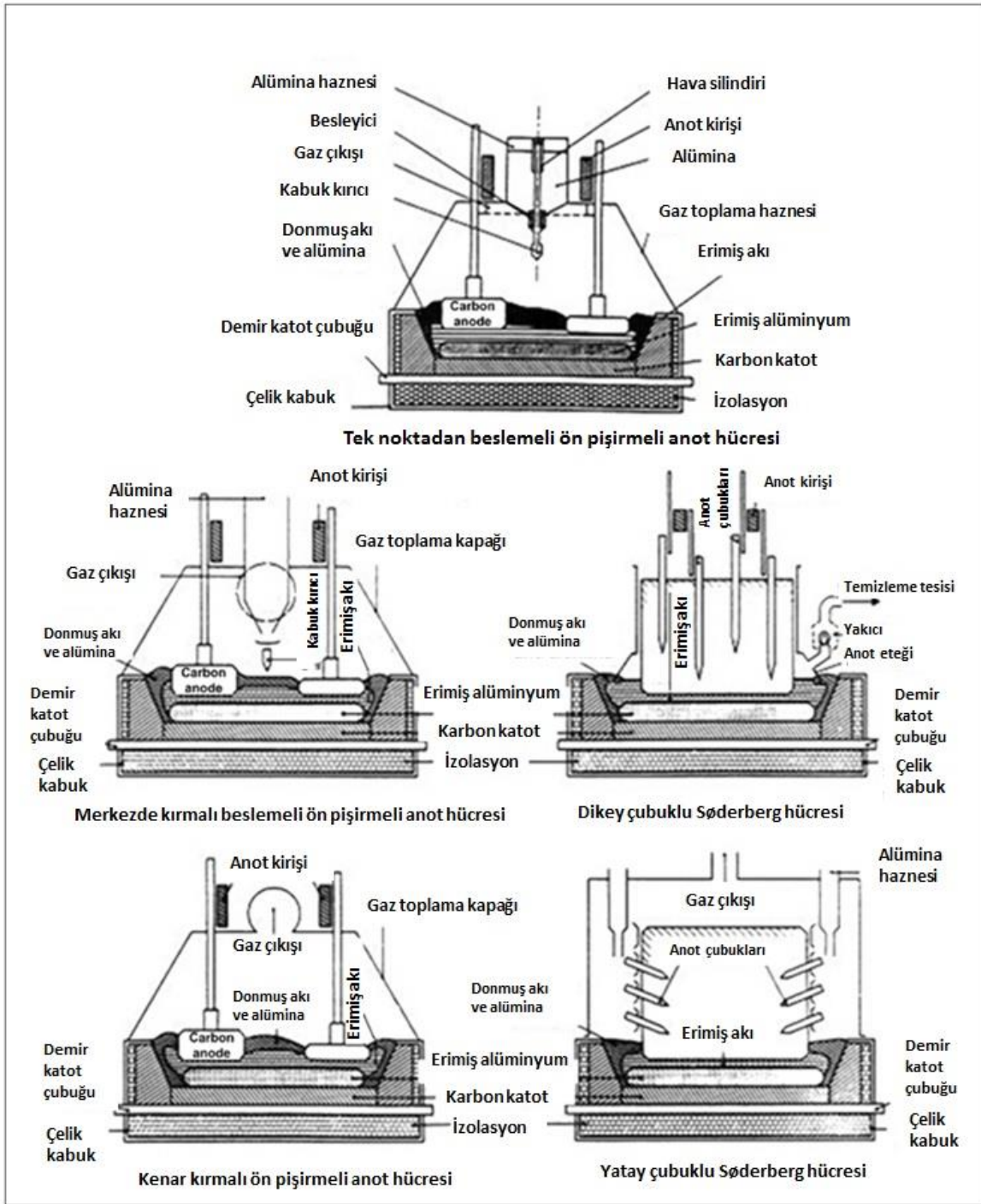
Özel alüminalar olarak bilinen bazı alüminalar, eğer metal üretimi amacıyla işleniyorsa ikinci aşamadan geçmezler.

Alüminyum, yaklaşık 960 °C sıcaklıkta, esas olarak erimiş sodyum alüminyum florit (kriyolit) banyosunda çözünmüş alüminyum oksit (alümina) elektrolitik indirgenmesi ile üretilir. Her birinde karbon katodu bulunan elektrolitik hücreler (potalar olarak da bilinirler), dikdörtgen çelik bir mahfaza içerisinde bulunan refrakter tuğlalar ile izole edilmiştir ve her birisinde elektriksel olarak iletken olan asılı haldeki karbon anotlar bulunmaktadır [312, VDI 2008]. Pota odasında hücreler elektrik indirgeme hattı (hücre çizgisi veya pota hattı) oluşturmak için seri olarak birbirlerine bağlanmıştır. Karbon anotlar üzerinden banyoya ve katottan bir metal tabakasına ve daha sonra bir sonraki hücreye doğru bir dizi akım ileticisi olan ve 'bara' olarak bilinen akım ileticiler ile bir doğru akım geçirilir [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Eritme banyosunda %2-6 alümina içeriği sağlayabilmek için hücrelere alümina eklenir. Modern tesislerde bu ekleme işlemi bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilir. Banyo ergitme noktasını düşürmek için hücrelerin düşük sıcaklıklarda işletilebilmesini sağlayan florür bileşikleri eklenir. Alüminyum florür ( $AlF_3$ ) en yaygın kullanılan ekleme maddesidir ve alümina beslemesinde safsızlık olarak bulunan sodyum oksitlerin nötralle edilmesini de sağlar. Alüminyum florür, alüminadan ayrı olarak eklenebilir ve eklemeler hücrelerin akış düzenine göre belirlenen bir algoritma ile kontrol edilebilir [233, COM 2008]. Şimdi işletilen çoğu hücrede banyonun  $AlF_3$  içeriği stokiometrik kriyolit kompozisyonunu önemli ölçüde aşmaktadır. Bununla birlikte banyoda bulunan  $AlF_3$  konsantrasyonunun artması ile florür emisyonları da artar [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Elektrolitin alümina içeriği %1-2'nin altına düştüğünde anot etkisi denilen etki görülür. Anot etkisi sırasında alüminanın ayrışması yerine kriyolit banyosu metal ve florür iyonlarına ayrışır ve bunlar anot karbonu ile reaksiyona girerek gaz formunda PFC emisyonları açığa çıkarır.

Sıvı alüminyum hücrenin dibinde katot üzerinde birikir. Erimiş alüminyum periyodik olarak vakumlu sifonlar aracılığıyla potalara çekilir. Elektroliz sırasında alüminadan gelen oksijen karbon anot ile karbondioksit ve karbon monoksit üretmek üzere birleşir. Bu nedenle karbon anotlar proses süresince sürekli olarak tüketilirler.

Hücre tipleri anodun tipine bağlı olarak ve Şekil 4.5' de gösterildiği gibi alümina besleme yöntemine göre çeşitlilik gösterir [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [16, HMIP (UK) 1994] [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Søderberg ve ön pişirmeli olmak üzere iki ana elektrolit hücresi tipi bulunmaktadır. Bir Søderberg hücresinde sadece bir adet sürekli anot bulunmaktadır ve alttan tüketilirken üstten karbonlu maddeler eklenerek yenilenir. Bir ön pişirmeli hücrede ise yaklaşık olarak %80'i tüketildiğinde değiştirilmesi gereken bir dizi anot bulunmaktadır.



Şekil 4.5: Birincil alüminyum elektrolitik hücre tipleri

#### a) Söderberg hücreleri

Söderberg teknolojisi, kalsine edilmiş petrokok ve kömür katranı ziftinden üretilmiş bir macundan olduğu yerde yapılmış sürekli bir anot kullanır ve pişirme sırasında eritme banyosundan ve anottan geçen elektrik akımından kaynaklanan ısıyı kullanır. Akım Söderberg anoduna, anot tükendiğinde geri çekilmesi ve yüksekte tutulması gereken çubuklar aracılığıyla iletilir. Bu olduğu gibi, anot kabuğundan daha fazla macun iner, bu nedenle bu proses anotların değiştirilmesini gerektirmeyen bir işlem sağlar. Alümina Söderberg hücrelerine, eritme banyosunu kaplayan donmuş elektrolitin ve alümina kabuklarının kırılması sonrasında periyodik olarak eklenir. Otomatik noktasal besleme sistemleri, iyileştirilmiş tesislerde kullanılmaktadır. Bu sistemler kabuğun düzenli kırılma ihtiyacını ortadan kaldırır. Çıkan gazın tutulması için anot gövdesinin alt kısmına bir gaz eteği eklenir. Katran ve PAH'ların emisyonlarını düşürmek için dumanlar toplanır ve brülörlerde yakılır. Pota odası havalandırma gazları da toplanır ve arıtılır.

Modern Söderberg teknolojisinde hücrelerde noktasal besleyiciler, gelişmiş brülörler ve kuru

macun kullanılmaktadır. Alüminanın noktasal olarak beslenmesi, eski teknolojide gerekli olan düzenli kabuk kırma ihtiyacını ortadan kaldırır ve bu işlemlerden kaynaklanan florür ve toz emisyonlarının en aza indirilmesini sağlar. Anot yüksekliğinin artırılması sonucu anodun en üst noktasında sıcaklığın düşürülmesi ile birlikte, düşük zift içeriğine sahip kuru macunun kullanılması, anodun üst noktasından kaynaklanan PAH emisyonlarının düşürülmesini sağlar. PAH emisyonları, yüksek anot mahfazası içinde kuru macun tarafından absorplanabilir veya gerektiğinde (örneğin yüksek akım yoğunluğu ve yüksek anot sıcaklıklarında) anot haznelinde toplanabilir [365, Karuppanan et al. 2002].

#### b) Ön pişirmeli hücreler

Ön pişirme teknolojisinde, kalsine edilmiş petrokok, temiz ve geri dönüştürülmüş anot izmaritleri ve kömür katranı ziftinden üretilmiş olan çoklu anotlar kullanılır. Anotlar bloklar haline getirilerek anot tesisinde ayrı ayrı pişirilirlir. Anot üretimi genellikle birincil alüminyum üretim tesisi ile entegre haldedir.

Anotlar, elektriksel iletken olarak da kullanılan anot kırışına bağlı askı çubuklarında asılı haldedir. Anotlar tüketildikçe kademeli olarak aşağıya indirilirler ve çubuklar erimiş banyodan etkilenmeden önce değiştirilirler. Anot izmariti olarak da bilinen anot kalıntıları banyo malzemesinden temizlenirler ve anot tesisine geri gönderilirler.

Ön pişirilmiş hücrelerde normal şartlarda düzenli aralıklarla değiştirilen 12 ila 40 arasında anot bulunmaktadır. Büyük bir pota odasında anot değişimi sık sık rastlanan bir durumdur ve “davlumbaz” olarak da bilinen hücre örtüsü korumalarının değişimini de kapsamaktadır. Birkaç kaportanın aynı anda değiştirilmesi durumunda yayılı emisyon miktarında artış gözlenebilir. Bununla birlikte genellikle bakım yapılan hücreden (ekstraksiyon sisteminin hızına bağlı olarak) küçük bir sızıntı yaşanır ve diğer hücrelerden elde edilen toplam ekstraksiyon hızı düşürülmez. Bazı tesislerde davlumbaz açıldığında hava ekstraksiyonunun hızını arttırmak için otomatik bir sistem kullanılır.

Ön pişirmeli hücreler alüminanın eklenme şekline göre üç farklı tipte olabilirler.

- **Yan işlemeli ön pişirmeli anot hücreleri (SWPB)**, burada alümina hücrelere, kabuk pota kabuğu ile anodik ekipmanın çevresi arasında kırıldıktan sonra beslenir. Bu işlem sırasında bütün hücreyi kaplayan gaz toplama davlumbazlarının açılması gerekir. Bazı durumlarda mini-davlumbaz olarak bilinen, merkez kanal veya anotlar arasında bulunan gaz toplama hunileri de kullanılabilir.
- **Merkez işlemeli ön pişirmeli anot hücreleri (CWPB)**, burada alümina, kabuk merkez hattı boyunca kırıldıktan sonra hücreye beslenir.
- **Noktasal beslemeli ön pişirmeli anot hücreleri (PFPB)**, burada alümina, kabuk merkez hattında belirlenen noktalarda kırıldıktan sonra hücreye beslenir.

Hem CWPB hem de PFPB gaz toplama davlumbazları açılmadan işletilebilmektedir. PFPB’ler en yaygın kullanılan ve en iyi proses kontrolü yapılabilen tesislerdir. Aslında kalıntı Avrupa’da işletmede olan CWPB ve PFPB tesisleri bulunmamaktadır (2013).

Alüminyum izabe teknolojileri ile ilgili genel bir değerlendirme Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Alüminyum izabe kategorileri

Hücre teknolojisi	Hücre tipi	Anot konfigürasyonu	Alümina besleme konfigürasyonu	Kısaltma	Avrupa'daki dağılımı
Ön pişirmeli hücre	Merkez işlemeli	Dikey	Kırık çubuk merkezi besleme	CWPB (*)	Yok
		Dikey	Noktasal merkezi besleme feed	PFPB	%90
	Kenar işlemeli	Dikey	Manuel yan besleme	SWPB (*)	Yok
Söderberg hücresi	Dikey saplama	Dikey	Manuel yan besleme	SWVSS (*)	Yok
			Noktasal besleme	PfVSS	%10
	Yatay saplama	Yatay	Manuel yan besleme	HSS (*)	Yok
			Kırık çubuk besleme		
			Noktasal besleme		

(\*) Artık Avrupa'da işletilmemektedir.  
Kaynak: [366, International Aluminium Institute 2013]

Gaz toplama sistemi, proses gazlarını, HF ve florürleri temizlemek ve gidermek için kuru alümina temizleyicilerini kullanan bir azaltım sistemine gönderir. Ayrıca Söderberg tesisatı kullanılması durumunda temizleyici, kalıntı katranın da giderilmesini sağlar, ancak kükürt dioksitin giderimini gerçekleştiremez. Temizleyiciden çıkan florlanmış alümina filtreler vasıtasıyla gaz akışından ayrılır ve genellikle direk olarak hücreye geri beslenir. Modern tesislerde gaz toplama ve arıtma verimleri yüksek olduğu için pota odası havalandırma gazları genellikle tavan havalandırmaları vasıtasıyla salınır. Pota odası havalandırma gazlarının kirlilik derecesinin yüksek olması durumunda bu gazlar da toplanarak ıslak gaz yıkayıcıda arıtılabilir [312, VDI 2008].

Proseste katot kullanılmaz ancak zamanla bozulabilir. Karbon bloklar elektroliti absorplar ve 4 ila 8 yıl sonunda aşınma, kabarma ve çatlama nedeniyle değiştirilmesi gerekir. Aksi takdirde erimiş elektrolit ve alüminyumun katot iletim çubuğuna ve çelik kabuğa nüfuz etmesine neden olabilir. Azot ve karbonun birlikte reaksiyonu sonucunda küçük miktarlarda siyanür ortaya çıkabilir. Katot kalıntısı atık pota astarı olarak bilinir ve bu malzeme için çeşitli bertaraf ve geri dönüşüm yolları [41, Ausmelt Ltd. 1996], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998] kullanılır ve bunlar Bölüm 4.2.3.4'de açıklanmıştır.

Erimiş alüminyum vakumlu sifonlar yardımıyla potalara periyodik olarak boşaltılır. Redüksiyon hücrelerinden sifonlanmış alüminyum ile dolu olan potalar döküm tesisine götürülür ve ısıtmalı bekletme fırınlarına boşaltılır.

#### 4.1.4. Ergitme ve erimiş metal işleme

Elektrolizden gelen sıvı metal indüksiyon veya reverber bekletme fırınında tutulur. Reverber bekletme fırını yakma havasını ısıtmak için rejeneratif yakıcılar ile donatılarak böylece enerji tasarrufu sağlanır. Gerekli metaller (Si, Mg, Pb, Sn, Zn, Cu, Zr, Sr) veya alüminyum ile birlikte (Ti, Cr, Fe, Mn, Ni) metalin ana alaşımı ekleme işlemi bu fırınlarda yapılır. Metal tanelerini inceltmek için diğer eklemeler de yapılır. En yaygın olarak kullanılanları titanyum ve titanyum borürdür. Homojenizasyon işlemi ergimiş malzemenin karıştırıcılar veya karıştırma makineleri yardımıyla hareket ettirilmesi ile sağlanabilir. Elektromanyetik veya mekanik sıvı metal

pompaları da ergimiş malzemenin hareket ettirilmesi için kullanılabilir ve reverber fırın içerisindeki alaşımlı metalin homojenizasyonu iyileştirilebilir.

Döküm için gerekli olan sıcaklık bekletme fırınlarında kontrol edilir.

Metal sodyum, magnezyum ve kalsiyum gibi safsızlıkların, metal dışı partiküllerin ve hidrojenin giderilmesi için işlenir. Bu işleme iki aşamada gerçekleşir: birinci aşamada metalik safsızlıkların giderilmesi için fırına alüminyum florür, magnezyum klorür veya potasyum klorürden oluşan tuzlar eklenir. İşleme sırasında açığa çıkan gaz metal içerisindeki safsızlıklara bağlı olarak çeşitlilik gösterir; hidrojeni uzaklaştırmak için argon veya nitrojen kullanılırken, alkali ve alkali toprak grubunun metalik safsızlıklarını gidermek için klor ve argon veya nitrojen karışımları kullanılır. Ardından metal döküm için filtre edilir.

Birincil alüminyum tesislerinde ticari metal ve hurdalar ergitilir. Bu tesislerde ergitilen hurdalar, boya ve plastik (aynı şirkete ait tesislerden veya plastik ve hurdalar olmadan müşterilerin iade ettiği malzemeler) gibi maddeler olmaksızın şirket içerisinde haddeleme ve ekstrüzyon işlemleri sonucu ortaya çıkan hurdaları ve boya, plastik ve yağ içermeyen piyasadan alınan hurdaları kapsamaktadır. Bu hurdalar iki şekilde ergitilebilir: ya elektrolizden gelen sıvı metal, fırına eklenmeden önce ya da halihazırda sıvı metal bulunan fırına eklenerek.

Ürünlerin arındırma işlemi sırasında gerçekleşen reaksiyonlar ile ve ergimiş olan alüminyumun yüzeyde oksidasyonu sonucunda tortu/cüruf oluşur. Bu cüruf sönmüş durumdadır. Pota cürufu/cürufların daha fazla oksidasyonunu önlemek için sızdırmaz konteynırlar, cüruf presleri, azot veya argon örtüsü veya sıkıştırma işlemlerinden birisi uygulanabilir [103, COM 1998]. Bu bölüm içerisinde pota cürufu ve cüruf terimleri birbirinin yerine kullanılmıştır. Her ikisi de ya alüminyumun geri kazanmak için lokal olarak işlenir ya da ikincil alüminyum endüstrisi tarafından geri dönüştürülür. Ana dökümhanelerden, cüruf/pota cürufundan alüminyum geri kazanımı sonrasında ortaya çıkan kalıntılar normal bir şekilde toprağa gömülürler.

#### 4.1.5. Döküm

Levhalar, T-çubukları veya kütükler, dikey direk soğutmalı döküm makinelerinde dökülürler. Bu makinelerde su soğutmalı metal kalıplar kullanılır ve bu kalıpların altında kalıpları tutan bir tutma masası bulunur. İngot oluştuğunda masa alçaltılır. Daha küçük kesitli kütükler ve levhalar da yatay doğrudan soğutmalı döküm ile üretilebilir. Diğer döküm metotları arasında metal kalıpların kullanılması ve filmaşinin yanı sıra ince sacların sürekli dökümü bulunmaktadır [6, McLellan and Partners Ltd 1993]. Bütün bunlara ek olarak bu aşamada küçük miktarlarda pota cürufu/cüruf da üretilmekte ve erimiş metal yüzeyinden uzaklaştırılmaktadır.

#### 4.1.6. İkincil alüminyum

İkincil alüminyum ergitilen hurdalardan elde edilir. İkincil alüminyum üretiminin iki ana özelliği, kullanılan hammaddenin ve kullanılan fırınların çeşitliliğidir [113, ALFED 1998]. Hurda, EN 13920 sayılı AB standardına göre kaynak, safsızlıklar ve metal verimi gibi birkaç kritere göre derecelendirilir. Derecelendirme için kendi kriterleri bulunan ulusal veya endüstriyel şartnameler ve 333/2011 sayılı Konsey Tüzüğü (AB) gibi diğer kategorizasyon türleri de bulunmaktadır. Hammadde tipi ve ön arıtımı, diğer faktörlerin yanı sıra belirli bir hurda türü için kullanılacak olan en uygun fırın türünün, akının ve azaltım sisteminin belirlenmesinde kullanılır [142, Boin, U. et al. 1998], [312, VDI 2008].

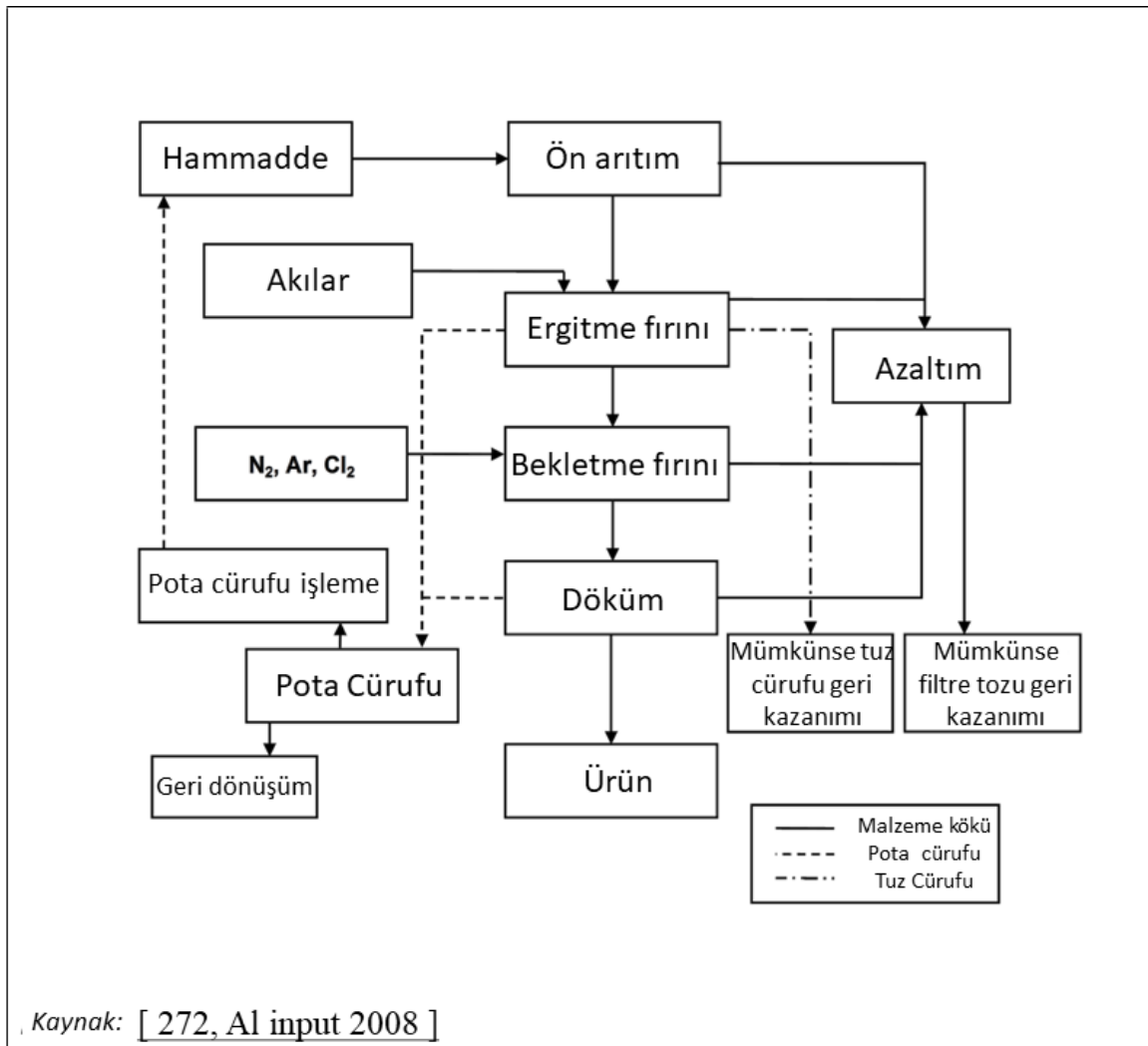
#### 4.1.7. Üretim prosesleri

Metaller önce dökme alaşımlarına ve işlenik alaşımlarına ayrılırlar. İşlenik alaşım hurdalarının çoğunluğu tek veya çok bölmeli fırınlarda yeniden ergitilir. Dökme alaşımlar ise çoğunlukla (bazen bükülebilen) döner tamburlu fırınlarda ergitilir. Uygun işleme prosesinin, fırın tipinin ve diğer proses aşamalarının (bekletme, alaşımlama, ergimiş malzeme işleme) seçimi, öncelikle kullanılan hammaddelerin tipine ve bileşimine ve gerekli ürün kalitesine bağlıdır. Örneğin prosesler kendi özel uygulamaları için optimize edildiğinden farklı ergitme ocakları direk olarak karşılaştırılması çok yararlı olmaz. Bununla birlikte endüstriyel deneyimler uygulama alanlarında

özel uygulamalar için ergitme ocağının pratik bir şekilde seçilmesini sağlamaktadır. Tipik proses aşamaları ön arıtım, şarj etme, ergitme, yüzey sıyırma, bekletme, ergimiş metalin işlenmesi ve dökümden oluşmaktadır. Sonuç olarak tesisin emisyonları ile ilgili proses parametreleri (atık gaz sıcaklığı, ham gaz kirlenmesi vb.) güçlü dalgalanmalara maruz kalır. Verilerin karşılaştırılabilirliği farklı ölçüm yerleri tarafından engellenmiştir.

Erimiş metali kaplayarak oksidasyonu önlemek, verimi artırmak ve termal verimliliği artırmak için tuz karışımları kullanıldığında tuz cürufları ortaya çıkar. Bu cüruflar genellikle döner fırınlarda üretilir ve arazide depolandıklarında çevre üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır. Üretilen tuz cürufunun miktarı önemli ölçüde değişiklik gösterir ve malzemenin ve fırının türüne, alüminyumun kirlilik derecesine vb. bağlıdır. Bazı fırınlarda birçok tipte besleme malzemesi kullanılarak tuzsuz ergitme için çeşitler mevcuttur. Ayrıca tuz cürufundan tüm bileşiklerin geri dönüştürülebildiği seçenekler de mevcuttur [312, VDI 2008].

Kullanılacak olan proses tekniği tesisten tesise farklılıklar göstermektedir. Proses seçimini etkileyen faktörlerin sayısı, benzer şartlara uyabilecek pek çok uygulanabilir stratejinin olduğu anlamına gelir. İkincil alüminyum üretimi kapsamlı bir şekilde Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6: Kapsamlı ikincil alüminyum üretim süreci**

#### 4.1.7.1. Ön işleme

Tipik alüminyum hurda kaynakları proses hurdası, kullanılmış içecek kutuları (UBC), folyolar, ekstrüzyonlar, ticari hurdalar, talaşlar ve eski haddelenmiş veya dökme metaldir. Bunlara ek olarak alüminyum pota cürufu/cüruf ve tuz cüruflarından da geri dönüştürülebilir. Çeşitli kirlenmeler bulunabilir ve ön arıtımın seçiminde veya fırının tasarımında dikkate alınır [75, Nordheim, E. 1998]. Hurda genel olarak istenen alaşımın minimum miktarda yeniden işlenerek üretilmesi için ilk olarak alaşım tiplerine ayrılır [113, ALFED 1998], [118, Laheye, R. et al.

1998].

İncecek kutuları ve talaşlar gibi hurdalar ana hammaddelerdir ancak kirli olabilirler. Sonuç olarak ergitme işlemine bağlı olarak ergitme hızını iyileştirmek (ve termal verimi) ve potansiyel emisyonları azaltmak için bu hurdaların zaman zaman kaplamalarının sökülmesi veya yağlarının temizlenmesi gerekir [118, Lahey, R. et al. 1998], [119, McLellan 1998]. Temiz malzemelerin ergitilmesi enerji tasarrufu sağlar ve pota cürufu/cüruf üretimini azaltır.

#### 4.1.7.2. Ergitme prosesi

Çeşitli alüminyum ergitme tesislerinin fırın tipleri, prosesleri ve emisyon parametreleri (ham gaz) için aralıklar Tablo 4.28'de verilmiştir [312, VDI 2008].

Döner veya reverber fırınlar (kuyu fırın, tek bölmeli veya çok bölmeli fırınlar olarak da bilinirler) çok çeşitli ikincil hammaddelerin ergitilmesinde kullanılırlar. Döner fırınlar bir devirme mekanizması bulundurabilirler. Devirme mekanizması bazı durumlarda, pota cürufu/cürufu da içeren düşük miktarda alüminyum içeren hammaddelerin ergitilme veriminin artırılmasını sağlar ve bu maddeler için gerekli olan akı miktarı da düşürülebilir [142, Boin, U. et al. 1998], [256, Winter 2007]. İndüksiyon fırınları ve şaft fırınları (Meltower) daha temiz alüminyum derecelerini ergitmek için kullanılır. Reverber kuyular genellikle bir yan kuyu içerir. Erimiş metali yan kuyuya taşımak için bir pompalama sistemi (mekanik veya elektromanyetik) ve küçük parçacıkların ergitilmesine yardımcı olmak için bir şarj kuyusu kullanılır.

Elektromanyetik pompalarda hareketli parçalar bulunmaz ve elektromanyetik gücü indüklemek için harici bir bobin kullanılır; karıştırma işlemi şarj kuyusunda ve fırın içerisinde gerçekleştirilir. Isıya dayanıklı iç parçalardan üretilmiş diğer pompalar da kullanılır [142, Boin, U. et al. 1998].

Bir şarj kuyusu ve pompalama sistemine sahip olan yan kuyulu reverber veya tek bölmeli fırın kullanılması, bu fırınlarda ergitilebilen folyo ve küçük talaşları da içeren hurdaların kalitesini yükseltebilir. Bu sistemler yüksek miktarda tuz veya diğer kapaticılar kullanılmadan oksidasyon ile meydana gelen metal kayıplarını da en aza indirirler [118, Lahey, R. et al. 1998], [119, McLellan 1998], [120, McLellan 1998].

Reverber fırınlarda (kuyu, tek bölmeli veya çok bölmeli fırınlar) metal besleme bölgesinde, büyük demir parçaları içeren malzemelerin yerleştirilebileceği eğimli bir bölme kullanılabilir. Alüminyum bölmede kalan demir malzemeyi ergitir. Böylece ergimiş malzemenin demir tarafından kirlenmesi en aza indirilmiş olur [75, Nordheim, E. 1998], [113, ALFED 1998].

İkincil alüminyum endüstrisinde metalin farklı şekillerde işlenmesine yardımcı olmak için, normalde tuz karışımlarından oluşan birkaç farklı akı kullanılmaktadır. Örneğin oksidasyonu azaltmak, safsızlıkları absorplamak ve termal verimi artırmak için erimiş tuzlar (sodyum ve potasyum klorürler ve bazı florürler) kullanılmaktadır. Fırın gazları tuzdan kaynaklı olarak klorürler ve hidrojen klorür içermektedir. Refraktör akılar ve florlanmış akılar da kullanılmaktadır. Tuz cürufu metalden ayrı bir şekilde ayrılır. Kullanılan tuz miktarında değişiklikler olabilir ve bu değişiklikler kullanılan fırına ve hammaddenin oksit içeriğine bağlıdır. Besleme malzemesinin ön arıtımı kullanılan tuz miktarının azaltılmasını sağlar. Ayrıca bir döner fırında metal dışı bileşenler için kg başına 1,1 kg'a kadar, devirmeli döner fırın için kg başına <0,5 kg tuz kullanıldığı rapor edilmiştir [142, Boin, U. et al. 1998], [312, VDI 2008].

#### 4.1.7.3. Erimiş metal işleme ve döküm prosesi

Metal, ergitme fırınından alınabilir. Alaşım eklemesi ya direk döküm sistemine ya da bir iletim sistemi aracılığıyla bekletme fırınına (diğer alaşım malzemeleri de eklenebilir) yapılabilir. Ardından metal ya bekletme fırınında ya da bir sıralı reaktörde gazların ve diğer metallerin giderilmesi için rafine edilir. İkincil alüminyum içerisinde magnezyum ve diğer safsızlıklar bulunabilir ve azaltılması gerekmektedir. Magnezyumu gidermek için erimiş alüminyum, klor gazı karışımları ile işlenir; sodyum alüminyum florür ve potasyum alüminyum florür de kullanılır [113, ALFED 1998]. Bu ikinci malzeme bazı ana alaşımların yan ürünleridir.

Alüminyum kolay bir şekilde okside olur ve bu durum üretim prosesinde oldukça önemli bir faktördür. Alüminyumun ergitilmesi pota cürufu/cüruf olarak bilinen bir oksit tabakası oluşturur. Bu tabaka metalden döküm öncesinde sıyrılarak uzaklaştırılır.

Büyük ingotlar, kütükler ve levhalar Bölüm 4.1.3.2’de birincil alüminyum dökümünde anlatıldığı gibi dökülür. Son uygulamaya bağlı olarak çok çeşitli alaşımlarda üretilebilecek bir dizi küçük ingotları (örneğin döküm endüstrisini desteklemek için) dökmek için kalıplar kullanılır. Döküm alaşımları ön ısıtması yapılmış olan potalara da dökülebilir ve erimiş alüminyum termal olarak yalıtılmış özel taşıyıcılar vasıtasıyla kara yolu ile son kullanıcılara taşımak için kullanılabilir.

#### 4.1.8. Tuz cürufu

İkincil alüminyum üretiminde, çeşitli sınıflardaki hurdaların ve pota cürufu/cürufunun ergitilmesinde döner veya devirmeli döner fırınlar [256, Winter 2007] kullanılmaktadır. Tuz akısı oksidasyonu azalttığı ve bazı safsızlıkların (örneğin Mg, Ca, Li) giderilmesini sağladığı için proseste faydalı bir şekilde kullanılır. Kullanılan tuz akısı fırından tuz cürufu olarak ayrılır. Belirtildiği tarihte (2014) AB-28 ülkelerinde her yıl bir milyon ton tuz cürufu üretilmiş ve işlenmiştir.

Tuz akısı NaCl, KCl ve az miktarda kalsiyum florür ( $\text{CaF}_2$ ) içeren özel bir karışımdır. Diğer bazı florürler de %5’e kadar eklenebilmektedir. Tuz cürufuları, çok fazla miktarda alüminyum oksit ve erimiş metalden ayrılan akı içerisinde çeşitli safsızlıklar bulundurmaktadır. Tuz cürufunun toplam ağırlığının %4-10’unu metalik alüminyum oluşturmaktadır (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3: Tuz cürufunun tipik bileşimi**

İçerik	Tipik değer (%)	Aralık (%)
Al, metalik	6	4–10
Suda çözünebilir tuzlar	37	20–55
Metal oksitler, kaplamasız metaller ve çözünmeyen tuzlar	55	35–75

Tuz cürufunun içerisindeki bileşikleri farklı fiziksel karakteristiklerine göre ayıran, yıkama ve kristalizasyon işlemi kullanarak tuz cürufunun geri kazanılmasını sağlayan birçok tesis bulunmaktadır. AB-28’de faaliyet gösteren ikincil alüminyum üretim endüstrisinde, tuz cürufundan geri kazanım yapabilmek için yeterli kapasite bulunmaktadır. Proseste geri dönüştürülmüş alüminyum granülleri ve tuz üretilmektedir. İnce alüminyum partikülleri üretmek için metal oksit fraksiyonları (esas olarak alüminyum, kalsiyum ve magnezyum oksitleri) daha fazla işlenir ve yıkanarak çimento endüstrisinde kullanılmak üzere satılabilir [359, Tsakiridis 2012].



#### 4.1.9. Tuz cürufu geri kazanımı

Tuz cürufu, aktif karbon (eğer kullanılmışsa) dışında herhangi bir kalıntı üretmeden satılabilir ürünler üretmek üzere tamamen geri dönüştürülebilir. İki farklı geri dönüşüm prosesi bulunmaktadır: tam geri dönüşüm prosesi ve kısmi geri dönüşüm prosesi. Tam geri dönüşüm prosesinde tuz cürufunun tamamı geri dönüştürülür ve atık su oluşturulmaz. İşletmede üç farklı kısmi geri dönüşüm prosesi bulunmaktadır.

- Birinci proses sadece KCl ve alüminyum granüllerinin geri dönüştürüldüğü gübre üretim tesisinin bir parçası iken diğer bileşenler (sodyum klorür ve oksitler) potaslı atık yığınlarının geri kazanılması için kullanılır. Proses tam geri dönüşüm prosesi ile aynı ana basamaklardan oluşmaktadır (mekanik ön arıtım, gaz arıtımı için yıkama, katı-sıvı ayrımı ve kristalizasyon). Bu durumda tuz ürünü olarak sadece KCl içeriği (tipik bir tuz cürufu içerisinde %10-20) geri dönüştürülür. Potas tesisindeki tuz rafinasyon kademesinde daha fazla işlendikten sonra gübre endüstrisi için satılabilir. Suda çözünebilir NaCl içeriği (tipik bir tuz cürufu içerisinde %20-40) sızıntı suyunda kalır [360, Germany 2013]. Atık su oluşumu gaz arıtımı aşamasında ortaya çıkar.
- Diğer bir kısmi geri dönüşüm prosesinde tuzun geri kazanılmasının yanı sıra, diğer bütün proses aşamaları tam geri dönüşüm prosesi ile aynıdır [233, COM 2008]. Proses suyu ve gaz arıtım filtresinin temizlenmesi sonrasında ortaya çıkan atık su, ucu denize çıkan eski bir maden sistemine gönderilir. Bu maden sisteminde kalan parçacıklar toprağa çöker. Madene gönderilen proses suyunun denize ulaşmadan önceki hesaplanan bekletme süresi iki yıldır.
- Üçüncü proseste ise alüminyum ve diğer metalik ürünler, elektromanyetik ve mekanik işlemler sonucunda geri kazanılır ve kalıntılar bertaraf edilir [361, Spain 2013].

Tam geri dönüşüm prosesinde alüminyum tuz cürufunun kazanılması için farklı fizikokimyasal proses basamaklarının kombinasyonları bulunmaktadır. Her proses basamağında malzeme fraksiyonlarını ayırmak için kullanılan üç ana tuz cürufu bileşeni şunlardır:

- Metalik alüminyum (tipik bir tuz cürufu içerisinde %20-40) suda çözünmez, öğütme sırasında alüminyumun sünek yapısı nedeniyle, küçük partiküller preslenerek daha büyük yüzey alanına sahip olan pulcuklar oluşturulur ve bunlar eleme yapılarak uzaklaştırılabilir.
- Oksidik bileşikler (tipik bir tuz cürufu içerisinde %20-40 kuru madde), su içerisinde çözünmez ve kırılğan yapıdadırlar, ezildiklerinde daha küçük parçacıklara ayrılırlar.
- Alkali klorürler (tipik bir tuz cürufu içerisinde %20-55), suda oldukça iyi çözünürler ve bunlar da kırılğan yapıdadır.

Alüminyum cürufları ve hurdaların ön arıtım işlemi sırasında ortaya çıkan tozun ve fırın filtrelerinden gelen tozun geri kazanımı teknik olarak mümkündür. Bu işlem bazı tesislerde gerçekleştirilmektedir. Bu da ikincil alüminyum üretimi sırasında ortaya çıkan katı atıkların tamamen geri dönüştürülebileceğini göstermektedir. Yıkama suları normalde proseste kullanım sonucunda buharlaşarak eksilen suyun tamamlanması için çözücülere geri döndürülür. Tuz cürufunun çözünmeyen ve metalik olmayan kısmının tipik içeriği Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Tuz cürufunun çözünmeyen ve metalik olmayan kısmının tipik içeriği

Bileşik	Ağırlıkça-% <sup>(1)</sup>	Bileşik	Ağırlıkça-% <sup>(1)</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60–75	TiO <sub>2</sub>	0.5–1.5
MgO	3–14	MnO	< 0.3
SiO <sub>2</sub>	3–12	Na <sub>2</sub> O	< 1.0
CaO	1.5–5	K <sub>2</sub> O	< 1.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5–3.0	Cl <sup>-</sup>	<0.8
Bağlı su	7–16		

<sup>(1)</sup> Kuru maddeleri ifade eder  
Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]

## 4.2. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

### 4.2.1. Alümina

Prosesin madde ve enerji girdileri oldukça önemlidir. Bir ton alümina üretmek için yaklaşık olarak iki ton boksit kullanılır ve üretilen bir ton alüminadan da yaklaşık olarak 0,53 ton alüminyum üretilir. Karbon anotlar tüketilir ve üretilen bir ton alüminyum için yaklaşık olarak 0,4-0,45 ton karbon kullanılır. Üretimde kullanılan enerji maliyeti de oldukça yüksektir ve toplam üretim maliyetinin yaklaşık olarak %30'unu kapsamaktadır. Alümina üretimi için girdi aralıkları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Alümina üretimi için girdi aralıkları

Parametre	Tipik aralık (kg/t alümina için)
Boksit	2065–2275
NaOH (50 %)	30–70
CaO	30–80
Su	1000–5000
Enerji (GJ/t)	7,6–11,7

Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]

Alümina üretimi sırasında çürütme ve kalsinasyon işlemleri sırasında enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Enerji ihtiyacı kullanılan boksitin kaynağına ve kimyasal bileşimine, kullanılan çürütücünün ve kalsinatörün tipine göre değişmektedir. Kullanılan NaOH ve CaO miktarları da boksit kompozisyonuna bağlı olarak değişir.

Enerji ihtiyacının azaltılması esas olarak, erimiş tuz ısı transfer ortamı kullanılarak yüksek sıcaklıklarda işletilebilen tüp çürütücülerin kullanılmasına bağlıdır. Bu çürütücülerin kullanılması ile ton başına 10 GJ'den daha az enerji tüketimi gerçekleştirilebilmektedir. Tüm bunların yanında tüp çürütücülerin mevcut tesislerde fiilen kullanılması maliyet ve alan ihtiyacından dolayı mümkün değildir.

### 4.2.2. Alümina üretiminden kaynaklanan havaya verilen emisyonlar

Boksitin kalsine edilmesi sırasında toz, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları ortaya çıkmaktadır. Uygulanan azaltım tekniği ise torba filtre veya ESP kullanılmasıdır.

### 4.2.3. Kırmızı çamur

Bayer prosesinin ana çıktısı, boksitin ekstraksiyonu sonrasında kalan ve çözelti içerisinde çözünmeyen katı maddelerden oluşan "kırmızı çamurdur". Kırmızı çamurun miktarı ve bileşimi tamamen boksit kalitesine bağlıdır. Üretim miktarı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün tonu başına 600 ila 1500 kg arasında değişmektedir. Bu nedenle ciddi bir bertaraf ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mevcut durumda uygulanan yöntem kırmızı çamurun üretim bölgesinde veya üretim bölgesi yakınında özel olarak tasarlanmış,

kapalı havuzlarda depolanmasıdır. Havuzda ortaya çıkan fazla su prosese gönderilir.

Bazı rafinerilerde kırmızı çamurun arıtımında son basamak olarak yüksek basınçlı filtreler kullanılmaktadır. Bu işlemin sonunda katı boksit kalıntısı ortaya çıkar. Ortaya çıkan katı boksit kalıntıları böylece uzun mesafeler boyunca kolay ve güvenli bir şekilde taşınabilir. Ayrıca ortaya çıkan katı boksit kalıntıları çimento endüstrisinde tuğla üretimi, seramik endüstrisinde alternatif bir hammadde veya yol yapımı gibi çeşitli endüstrilerde kullanılabilir [247, France 2008]. Bu prosesten üretilen satılabilir malzemeler Bölüm 4.4'te belirtilmiştir.

Kırmızı çamur bir bölgede taze deniz suyu ve atık havuzundan gelen su ile yaklaşık olarak %20-25 katı içeriği olacak şekilde seyreltilir ve ardından atık havuzuna gönderilir. Çamurun nötralizasyonu, baca gazının desülfürizasyonu için ıslak gaz yıkama işlemi sırasında ve sisteme eklenen taze deniz suyunun magnezyum klorür içeriği sayesinde gerçekleştirilir [295, Gaver C. Jr 2013].

Tekrarlanan yıkama işlemleri nedeniyle kırmızı çamur içerisinde bulunan çözelti yüksek pH'a neden olan kostik (sodyum hidroksit) ve alümina bulunmaktadır. Kostigin büyük bir kısmı atık yığnında sodyum karbonat ve sodyum bikarbonata dönüşür.

#### 4.2.4. Suyu verilen emisyonlar

Boksitten alümina üretimi suya verilecek kirlilikleri önlemek amacıyla kapalı bir sistemde gerçekleştirilir. Kırmızı çamurun içerdiği su veya kırmızı çamurun bertarafı için iletilmesi amacıyla kullanılan su oldukça yüksek alkaliniteye sahiptir ve tesise geri basılarak yeniden kullanılır [75, Nordheim, E.1998].

#### 4.2.5. Alüminyum üretiminde kullanılan anotlar

Alüminyum üretimi amacıyla üretilen karbon anotlar havaya verilen toz ve diğer kirleticilerin birincil kaynağıdır. Emisyonların düşürülmesi için kullanılan azaltım teknikleri kullanıldığında ortamlar arası etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bölüm 4.2.2.2 ile 4.2.2.4 arasında birincil alüminyum üretimini için karbon anotların üretimi için en uygun çevresel konular açıklanmaktadır.

#### 4.2.6. Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri

Anot üretiminde üretilen ton anot başına kullanılan enerji miktarı 2000-2400 MJ'dür. Hesaplama kullanılan yakıt miktarı üzerinden yapılmıştır. Paket kok tüketimi ise ton anot başına yaklaşık olarak 12-18 kg civarındadır [116, VDI 1998].

#### 4.2.7. Anot üretimi sırasında hava verilen emisyonlar

Potansiyel olarak havaya hidrokarbonlar ve PAH, kükürt dioksit, toz ve florürler (anot üretiminde sadece anot izmaritleri kullanılıyorsa) gibi kirleticiler salınabilir. SO<sub>2</sub> oluşumu kullanılan yakıt ve hammaddeden etkilenirken, NO<sub>x</sub> oluşumu yanma sıcaklığı ile belirlenir.

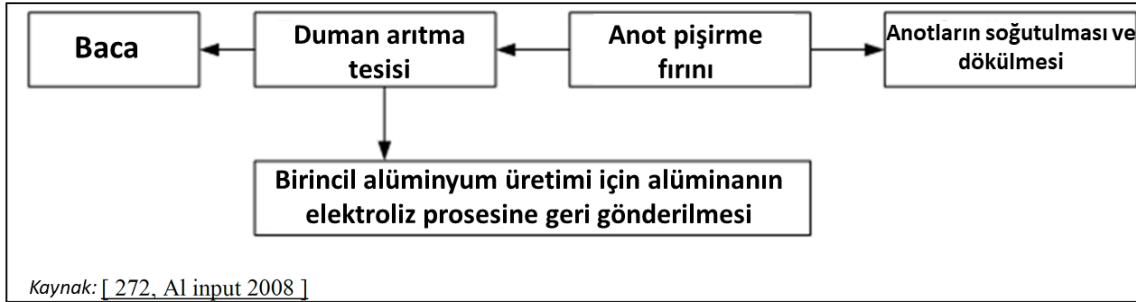
Prosesten emisyonlar tesisin yaşına ve tesiste kullanılan teknolojiye bağlı olarak, baca emisyonları veya dağınmık emisyonlar olarak emisyon kaçakları olabilir. Baca emisyonları normalde sürekli veya periyodik olarak belirlenir ve saha elemanları veya saha dışı danışmanlar tarafından yetkili makamlara bildirilir. Duman arıtım tesislerinde, gaz yıkama ünitesi arızası durumunda veya bakım periyotları boyunca duman arıtma tesislerinin bypass edilmesine yönelik hükümler uygulanır.

Birincil alüminyum ergitme fırını ile birlikte yeni bir anot tesisi kurulduğunda, prosesten ortaya çıkan gazlar, elektrolitik hücre gazları ile birleştirilebilir alümina kullanılan gaz yıkama sistemine gönderilebilir. Mevcut bir tesiste, alümina kullanılarak yapılan kuru gaz yıkama işleminde gazlara ayrı ayrı muamele edilir. Bir torba filtre kullanılır ve toplanan alümina elektrolitik hücrelerde kullanılır. Taşlama, karıştırma ve şekillendirme gibi işlemlerden kaynaklanan tozlar kumaş filtrelerde toplanır [75, Nordheim, E. 1998], [88, Nordheim, E. 1998], [272, Al input

### Bölüm 3

2008]. Gaz içerisinde zift dumanı bulunuyorsa kuru kok yıkayıcılar, CTO'lar ve RTO'lar kullanılabilir.

Elektroliz ile birincil alüminyum üreten alüminyum ergitme fırını için temel anot pişirme işlemi ve ilgili duman arıtımı Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]

Şekil 4.7: Anot pişirme tesisi ve duman arıtımı

Tablo 4.6 bir birincil alüminyum ergitme fırını ile ilgili olduğunda anot üretiminden kaynaklanan arıtılmamış kütle emisyonlarını göstermektedir.

Tablo 4.6: Bir birincil alüminyum ergitme fırını ile ilgili anot üretiminden kaynaklanan ham gazlar

Bileşen	Ham gaz içeriği (kg/t alüminiumbaşına <sup>(1)</sup> )	Uyarılar
Florürler (gaz halinde)	0,05–0,6	Katı florür emisyonları genellikle ihmal edilir. Tahminler pişirme sırasında %5 ağırlık kaybı baz alınarak yapılmıştır.
PAH	0,15–0,5	
Hidrokarbonlar	25–40	
Toz	5–10	Tahmini değer

<sup>(1)</sup> Birincil alüminyum üretimi yapılan bir tesis için çeşitli kirleticilerin ham gaz kütleleri ve yakalanan emisyonların, elektroliz gazları için kullanılan aynı alümina temizleyici / kumaş filtresinde işlendiği yerler.  
Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]

Çeşitli azaltım sistemleri için emisyon değerleri Tablo 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Anot üretim prosesi için emisyon konsantrasyonu aralıkları

Kaynak	Azaltım türü	Kirletici	Konsantrasyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Malzeme depolama ve kokun taşınması	Siklon	Toz	20–60
	Kumaş filtre	Toz	1–20
Malzeme depolama ve ziftin taşınması	Zift dumanı kuru gaz yıkayıcı veya CTO veya RTO (eğer toz bulunmuyorsa) veya soğutma ve yoğunlaştırma	Hidrokarbonlar	<25
Öğütme, karıştırma ve şekillendirme	Kumaş filtre	Toz	<5
Pişirme	Açık fırınlar: alümina ile kuru gaz yıkayıcı ve kumaş filtre ile toz giderimi	Toz	<10
		HF	<0,5
		Toplam F	<0,8
		PAH (OSPAR 11)	0,2–0,5
		BaP	<0,5 µg/Nm <sup>3</sup>
	Kapalı fırınlar: ESP ve gaz yıkayıcı HF adsorpsiyonu ile Rejeneratif termal oksitleyici (RTO)	Toz	<5
		Hidrokarbonlar	<2 (toplam) <sup>(1)</sup>
		PAH	0,05–2,5 <sup>(2)</sup>
		HF	<5
		SO <sub>2</sub>	<250
		NO <sub>x</sub>	<150
<sup>(1)</sup> Yoğunlaştırılabilir ve uçucu hidrokarbonlar. Ayrıca 50 mg/m <sup>3</sup> bir limit ile FID ile ölçülen TVOC olarak da rapor edilebilir.			
<sup>(2)</sup> PAH örnekleme BS ISO 11338 ve müteakip analiz raporları 16 PAH uyarınca gerçekleştirilmiştir.			
Kaynak: [ 272, Al input 2008 ], [ 345, UBA (D) 2009 ]			

Tablo 4.8: Ön pişirmeli anot üretiminde emisyonlara özel yük aralıkları

Bileşen	Tipik aralık
Florür (kg/t)	0,01–0,1
Toz (kg/t)	0,01–1,0
BaP (g/t)	0,0015–3,0
SO <sub>2</sub> (kg/t)	0,1–6,0
NO <sub>x</sub> (kg/t)	0,1–0,4
Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]	

#### 4.2.7.1. Uçucu organik karbonlar, hidrokarbonlar ve PAH

Anotlar için macun üretimi, petrokok, temizlenmiş anot izmariti ve kömür katranı ziftinden üretilmektedir. Hidrokarbonlardan katran olarak kaynaklanan emisyonlar taşıma, iletim karıştırma ve pişirme sırasında ortaya çıkmaktadır. Kömür katranı ziftinin yaklaşık olarak %40'ı pişirme sırasında uçurulur ve uçucu hidrokarbonların %95'den fazlası fırında yüksek sıcaklıkta yakılır. Kömür katranı ziftinin içerisinde hidrokarbonlar ve PAH bulunduğu için pişirme işlemi bun maddelerin kalıntı emisyonlarına neden olur. PAH çevreye ve ayrıca endüstriyel tesisin kendisine potansiyel olarak zararlıdır. Bu nedenle emisyonlar anlatılan çeşitli tiplerdeki azaltım teknikleri ile kontrol edilmektedir. PAH için tercih edilen raporlama sözleşmesi, PRTR raporlama gereklilikleriyle uyumlu olduğu için EPA 16'dır. Ancak Avrupa alüminyum endüstrisinde diğer tüm PAH'lar için izleyici olarak ortam hava kalitesi ile ilgili Avrupa mevzuatına uygun olduğu için BaP kullanımı konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır.

### 4.2.7.2. Toz

Üretim sırasında tüm üretim aşamalarında (depolama, nakliye, kırma, karıştırma ve pişirme) toz emisyonu ortaya çıkmaktadır. Emisyonlar temel olarak ezme sırasında ve karbonizasyon gazlarından kaynaklanan tozlardan kaynaklanmaktadır. Mekanik taşıma ve işleme aşamaları genellikle kapalı ve havalandırılmalıdır [116, VDI 1998]. Toz kaynağı ve özellikleri onu gidermek için kullanılan azaltma yöntemini etkiler; Karbon tozu çok ince ve aşındırıcı olabilir.

### 4.2.7.3. Yanma gazları

Gaz veya fuel oil yanması sonucunda prosten gaz emisyonlar ortaya çıkacaktır. Bunlar, potansiyel olarak karbon oksit, sülfür ve azot oksit emisyonlarını içerir. Yanma koşullarının optimizasyonu ve düşük NO<sub>x</sub> üreten brülörlerin kullanımı yaygın olarak uygulanır ve yakıt seçimi saha koşullarına bağlıdır.

### 4.2.7.4. Kükürt dioksit

Anotların yapıldığı hammaddeler sülfür içerir ve ısıtma için kullanılan yakıt da kükürt içerebilir. Bu pişirme sırasında küçük bir kükürt dioksit emisyonuna neden olur [6, McLellan and Partners Ltd 1993]. Ortaya çıkan SO<sub>2</sub> emisyonları kullanılan yakıtla ilgili olarak ton alüminyum başına 0,5 kg (gaz) ile 2 kg (fuel oil) aralığındadır. Bu, anot tüketildiğinde elektroliz sırasında üretilen kükürt dioksit emisyonlarından çok daha azdır.

### 4.2.7.5. Florürler (anot üretiminde anot izmariti kullanılmışsa)

Florürler anot üretiminde, karışımda anot izmaritleri kullanıldığında alüminyum elektrolitik prosesinden ortaya çıkmaktadır. Anot izmaritleri, elektrolitten kaynaklı olarak florürler tarafından hafif bir şekilde kirletilmiştir. Anot pişirme tesislerinden kaynaklanan partikül florür emisyonları ihmal edilebilir. Anot pişirme işleminden kaynaklanan HF emisyonları (temizlenirse) alüminyum elektroliziyle üretilen emisyonların yaklaşık %1'ine eşittir [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

### 4.2.7.6. PCDD/F

Bu sektördeki emisyon kaynakları ve azaltım ünitelerinden alınan test sonuçlarına ilişkin bilgiler (2009'a kadar) PCDD/F'nin geleneksel karbon üretimi kaynaklı olmadığını göstermektedir. Klor bileşikleri veya katkı maddeleri kullanılıyorsa, bu durumun incelenmesi gerekmektedir.

### 4.2.8. Suyu verilen emisyonlar

Karbon anot üretimi temel olarak kuru bir prosesdir, ancak karışımın homojenliğini artırmak için bir miktar su eklenebilir. Prosten ortaya çıkan atıksuların büyük bir kısmı soğutma suyundan kaynaklanmaktadır ancak birçok proseste soğutma suyu kapalı bir sistemde kullanılmaktadır. Yağmur yağması sonucu yüzeylerden ve çatılardan gelen yağmur suları karbon tozları ve ilgili malzemeleri içerebilir. Açıkta depolanan hammaddeler ve katı kirleticiler potansiyel bir kirlilik kaynağıdır. Birincil alüminyum üretimi ile ilgili tipik kirletici değerleri askıda katı maddeler için <0,03 kg/ton ve çözünmüş florür için <0,02 kg/ton'dur [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Malzeme taşınması için vakumlu sistemlerin kullanılması ve depolama için de siloların kullanılması yağmur suyundan kaynaklı kirliliklerin düşürülmesi için en iyi yöntemlerdir.

Dolaylı su sistemleri de baca gazlarını soğutmak amacıyla kullanılabilir. Böylece baca gazlarının kirlilik seviyelerinin normal teknikler ile (kumaş filtreler, elektrostatik çöktürücüler gibi) azaltım için uygun hale getirilebilirler [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

### 4.2.9. Proses kalıntıları

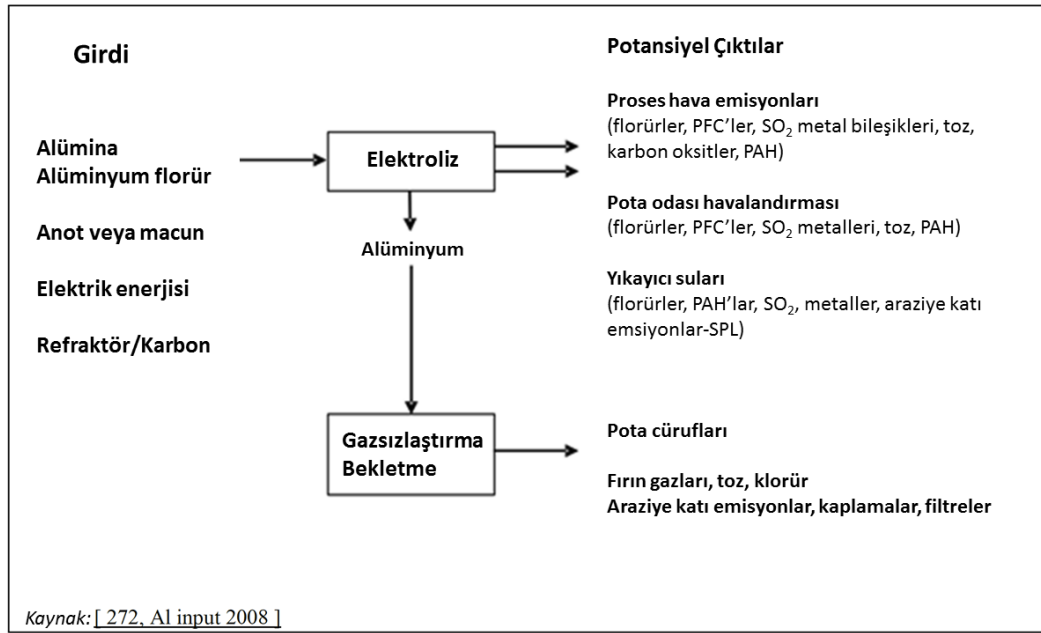
Pişirme fırınlarından gelen refrakter tuğlalar, temizlendikten sonra diğer uygulamalarda tekrar kullanılabilir veya atık olarak bertaraf edilebilirler. Ön pişirmeli anotlar için tipik fırın kaplaması ömrü yaklaşık olarak 100 döngüdür ve bu üretilen ton anot başına 10 kg tuğla kullanılması anlamına gelmektedir.

Diğer kalıntılar şekillendirme prosesi boyunca giderilen katran veya zift fraksiyonlarını da içeren diğer malzemelerden oluşur. Malzemeye bağlı olarak ortaya çıkan kalıntılar, proseste hammadde veya diğer proseslerde yakıt veya karbületant olarak kullanmak için uygundur.

### 4.2.10. Birincil alüminyum

### 4.2.11. Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri

Birincil alüminyum üretiminin girdi ve çıktıları Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Birincil alüminyum üretiminin girdi ve çıktıları

Alüminyum elektroliz aşaması, geleneksel Söderberg hücreleri için ton başına 61 GJ'e kadar en iyi çalışan PFPB (anot üretimi dahil) için ton başına 53 GJ'e kadar yüksek bir enerji kullanımına sahiptir. Enerji maliyetleri oldukça yüksek olup üretim maliyetlerinin yaklaşık olarak %50'sini kapsamaktadır. Hücre geometrisi, bara konfigürasyonu ve sıvı metal pedin manyetik kabarmasını da etkileyen diğer faktörler enerji ihtiyacını etkilemektedir. Elektroliz için enerji tüketimi ve kullanılan hammadde girdi aralıkları Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Elektroliz için girdi aralıkları

Parametre	Ön pişirme	Söderberg
Alümina (kg/t Al)	1910–1960	
Anotlar net (kg/t Al)	410–450	NA
Anot macunu (kg/t Al) <sup>(1)</sup>	NA	470–530
Al F <sub>3</sub> (kg/t Al)	13–30	18–25
Katot ömrü (yıl)	5–8	4–6
Amper gücü (kA)	90–360	
Alümina üretimi için gerekli güç (GJ/t Al)	<10	<10
Elektroliz için gerekli spesifik enerji tüketimi (kWh/kg Al)	13,2–15,0	14,5–17,0 <sup>(2)</sup>
Toplam elektrik gücü (kWh/kg Al) <sup>(3)</sup>	13,6–15,7	15,1–17,5
<p>Toplam Söderberg macunu olarak ifade edilir. Söderberg hücreleri olması durumunda rakamlar elektroliz sırasında pişirme kayıplarını olarak brüt karbon tüketimini temsil etmektedir.</p> <p>Söderberg prosesinde, rakamlar bütün enerji tüketimi için hesaplanırken ön pişirme prosesinde pişirme fırınında ilave tüketim gerçekleşmektedir.</p> <p><sup>(3)</sup> doğrultucu kaybı, kirletici kontrolü ve yardımcı tüketimleri de kapsamaktadır.</p> <p>NB: Enerji verileri endüstride kullanılan sözleşmelere göre üretilir.</p> <p>NA = Uygulanamaz</p> <p>Kaynak: [272, Al input 2008];</p>		

Geri dönüştürülen metallerden alüminyum üretiminde, birincil üretimde kullanılan enerjinin sadece %5'i kullanılmaktadır [28, OSPARCOM 1997]. Dökümhane için tüketim verileri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10: Dökümhane tüketim verileri

Parametre	Aralık
Pota cürufu/cüruf üretimi (kg/t Al)	10–50
Akılar (kg/t Al)	0–1,5
Gazlar (kg/t Al)	0–0,04
Talaş, vb. (kg/t Al)	0–3
Su (kg/t Al)	200–10 000
Homojenizasyon enerjisi (MJ/t Al)	500–1200
Dökümhane enerjisi (MJ/t Al)	300–2500 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> Soğuk metalin tekrar ergitilmesi hariç	
Kaynak: [272, Al input 2008]	

Çatı havalandırmalarından geçen hava akımının, potalardan toplanarak gaz arıtım merkezine gönderilen gaz akışından daha yüksek (tipik olarak 5-15 kat daha fazla) olabileceği not edilmelidir.

#### 4.2.12. Havaya verilen emisyonlar

Alüminyumun elektroliz ile üretilmesi sırasında esas olarak havaya verilen kirletici emisyonlar ortaya çıkmaktadır. Bu procesten kaynaklanan ve havaya verilen kirletici emisyonların 3 ayrı kaynağı bulunmaktadır:

- Elektrolitik hücrelerden kaynaklı proses gazları;
- Pota odası havalandırması;
- Gazsızlaştırma ve döküm.



Elektroliz aşamasında ortaya çıkabilecek potansiyel emisyonlar:

- Anot tüketimi nedeniyle karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ve karbon monoksit (CO) (sağlanan diğer emisyon rakamlarında CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır);
- Anot etkileri ile birlikte poliflor karbonlar (PFC);
- Esas olarak alümina ve florlu ürünlerin taşınmasına bağlı olarak pota veya taşıma sistemlerinden kaynaklanan tozlar;
- Banyo yüzeyindeki hem gaz hem de partiküler haldeki florürler;
- Anot tüketimine bağlı olarak kok ve zift içerisinde bulunan kükürtten kaynaklanan kükürt dioksit ve diğer kükürt bileşikleri;
- Söderberg hücrelerinde, katran ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH);
- Metal bileşikleri;
- Azot oksitler (NO<sub>x</sub>).

Elektrolitik hücrelerden ve pota odası havalandırmasından kaynaklı olan ve hücrelerden tutulan baca gazı emisyonları, verimlilik bakımından birbirleriyle ilişkilidir [28, OSPARCOM 1997], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998], [226, Nordic Report 2008], [357, VDI 1998]. Hücre ekstraksiyon sistemi nedeniyle elektrolitik hücrelerden kaynaklanan spesifik gaz emisyon oranının, ton alüminyum başına 80000–120000 Nm<sup>3</sup> olduğu bildirilmiştir [348, Solios 2010].

Gazsızlaştırma ve döküm işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar:

- Toz;
- Akı ajanlarının kullanımı ile ilgili olarak organikler, klorürler ve florürler;
- Kullanılan yakıta bağlı olarak SO<sub>2</sub>;
- Brülörün tipine bağlı olarak NO<sub>x</sub>.

#### 4.2.12.1. Gaz yakalama

Gazların yakalanması, kullanılan potanın teknolojisi ve tasarımından etkilenmektedir. Potalardan ortaya çıkan gazların birçoğu kabuk kırma ve anot değiştirme işlemleri sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, kabuğun kırılma ve alüminanın potaya beslenme şekli, potadan yayılan gaz miktarında önemli bir fark yaratır.

Noktasal besleme sistemi kullanılan tesislerde, kabuk kırıcının ve besleyicinin yer aldığı belirli özel noktalar üzerinden potalar kırılmaktadır. Bu tip bir tesis, Söderberg potalarının kullanıldığı geleneksel bir tesise veya kenar işlemeli ön pişirmeli bir tesise göre daha fazla yakalama kapasitesi sunar. Burada alümina sürekli olarak beslenmez, kabuk hücre çevresi boyunca kırılır ve davlumbazlar hücre boyunca açıldıktan sonra beslenir.

Günümüzde Avrupa'daki ön pişirme veya Söderberg teknolojisini kullanan tüm tesislerde noktasal besleme sistemi kullanılmaktadır.

##### a) Ön pişirmeli hücreler

Hücreler tamamen kapatılmıştır ve duman ekstraksiyon sistemi bulundurmaktadır. Noktasal beslemeli ön pişirmeli hücrelerde genellikle gaz toplama verimi %95-98,5 arasındadır. Bu verim güçlendirilmiş emiş sistemi (BSS) kullanıldığı zaman ekstraksiyon sisteminin tasarımına, hücre örtüsünün etkinliğine, ekstraksiyonun ve filtre sisteminin düzenlenişine bağlı olarak %99'a kadar çıkarılabilmektedir [357, VDI 1998].

### b) Söderberg hücreleri

Geleneksel Söderberg elektrot sisteminde, anot pişirme de dahil olmak üzere potalardan kaynaklanan anot etkileri ve emisyonları ön pişirmeli potalardan kaynaklanan toplam emisyonlar ile kıyaslanabilecek seviyelere çekmek amacıyla birkaç iyileştirme yapılmıştır. Ana özellikler şunlardır:

- Otomatik ve kapalı noktasal alümina beslenmesi ve elektrolizin kontrolü;
- Geliştirilmiş banyo kabuğunun kaplaması;
- Düşük zift içerikli kuru macun kullanılması;
- Pota çıkış gazında bulunan PAH ve diğer hidrokarbonların geliştirilmiş brülörler ile yakılması;
- Yüksek akım yoğunluğuna sahip olan potalar için, anodun üst kısmının ayrı bir gaz çıkışına ve kuru gaz yıkayıcıya bağlanan bir davlumbaz ile komple kaplanması;
- Düşük akım yoğunluğuna sahip potalar için, anodun üst kısmında PAH emisyonları için filtre görevi gören katı bir set oluşturmak üzere anot yüksekliğinin artırılması.

Bu iyileştirmeler, gazların yakalanmasında önemli bir artışa neden olur [28, OSPARCOM 1997], [226, Nordic Report 2008]. Geliştirilmiş Söderberg tesislerinde karşılaşılan aralık, modifikasyon derecesine ve HF konsantrasyonuna bağlı olarak %95'e varan bir yakalama verimliliğine eşittir. Ayrıca HF banyosunda meydana gelen ve yakalanamayan (banyoda bulunan kimyasallar nedeniyle genellikle Söderberg hücrelerinde düşüktür) buharlaşma miktarına bağlıdır [75, Nordheim, E. (EEA) 1998], [233, COM 2008]. Pota odası atmosferindeki HF konsantrasyonu, bir açık yol sürekli izleme sistemi kullanılarak sürekli olarak izlenebilir.

Bu nedenle Söderberg hücrelerinin pota odalarından çıkan emisyonlar önemlidir ve bu prosesler pota odası havalandırmasından PAH ve florürün giderilmesi için deniz suyu ile yıkama gibi ıslak gaz yıkama sistemlerini içerebilir. PFPB'ler, proses gazlarını yakalamada doğal olarak daha verimlidir. Verimlilikleri ise iyi tasarım, bakım ve işletim prosedürlerine dayanmaktadır.

#### 4.2.12.2. Florürler

Elektroliz sırasında havada bulunan gaz ve katı florürler yayılır; florürün %50-80'i gaz halinde HF'dir, geri kalanı ise katı florürdür (esas olarak alüminyum florit ve kriyolit). HF alüminyum florür ve kriyolit, potaya verilen alüminyum oksit içerisindeki sabit suda bulunan hidrojen, anotlarda kalıntı olarak kalan hidrojen ve havadaki nemde bulunan hidrojen ile reaksiyona girmesi sonucunda ortaya çıkar. Modern potalar genellikle yüksek sitokiyometrik fazla  $\text{AlF}_3$  (%10-13) ile işletildikleri için florür üretimi yıllar boyunca artmış bu nedenle de duman yakalama işlemi daha fazla önem kazanmıştır [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Potalardan elde edilen toplam florür emisyonları ton alüminyum başına 20 kg ile 50 kg arasında değişmektedir. Yakalama verimi %98'den fazla ve temizleme verimi %99,8 ile 99,9 arasında değişen kuru gaz yıkama tesislerinde baca emisyonları ton alüminyum başına 0,06-0,3 kg olabilmektedir. Temizleme ortamı olarak alümina kullanılır. Alümina normal olarak proseste ortaya çıkan toz ile birlikte bir kumaş filtrede toplanır ve daha sonra doğrudan elektrolitik hücrelerde kullanılır. Alüminada toplanan florürler, alüminyum florür ve sodyum florür oluştururlar (alümina içerisinde bulunan herhangi bir sodyum oksit ile reaksiyon sonrasında) ve hücre banyosunda bulunan kriyolit miktarına katkıda bulunurlar. Alümina temizleme işlemi yapan birçok tesiste, florürlerin alümina içerisindeki sodyum bileşikleriyle reaksiyonu sonrasında fazladan kriyolit ortaya çıkar ve bu ortaya çıkan fazladan kriyolit banyo malzemesi olarak satılabilir. Bu üretim sürekli olarak gerçekleşmez, kriyolit üretimi alüminanın sodyum içeriğine bağlıdır ve belirli bir zaman sonra veya tedarikçi değişimi olduğunda üretim miktarı değişebilir [348, Solios 2010].

Yakalanamayan emisyonlar pota odası ortam havasına gönderilir ve havalandırma sistemi ile yayılırlar. Çatı havalandırması ıslak gaz yıkayıcı veya güçlendirilmiş emiş sistemi kullanılmadığında gaz halindeki florürlerin toplam emisyonu (baca ve çatı) ton alüminyum başına 0,4-0,8 kg olabilir ve toplam florür emisyonu (partikül florürler, baca ve çatı emisyonlarını da

kapsar) ton alüminyum başına 0,46-1,1 kg olabilir [28, OSPARCOM 1997]. Bu emisyonlar, potalara emiş oranı sabit olan ve anot değişimi veya metal döküm işleminde davlumbaz açma sırasında bunları artırmak için koşul olmayan tesisler ile ilgilidir. Geçici olarak artırılmış emiş sistemleri geliştirilmiş ve yaygın olarak güçlendirilmiş emiş sistemleri (BSS) olarak bilinir. BSS sistemleri çatı havalandırma emisyon seviyelerini 0,25 kgF/t Al ve 0,05 kgF/t AL (baca) olmak üzere toplam 0,30 kgF/t Al civarına kadar düşürür.

Norveç ve İsveç'te bulunan bazı alüminyum ergitme tesisleri ortaya çıkan hücre gazlarından (bazı durumlarda çatı havalandırma gazından) kükürt dioksit giderimi için kuru gaz yıkayıcılara ek olarak ıslak gaz yıkayıcılar (deniz suyu veya kostik soda kullanarak) kullanmaktadır [28, OSPARCOM 1997]. Islak gaz yıkayıcıların kullanılması durumunda ortaya çıkacak olan ortamlar arası etkiler de değerlendirilmelidir.

Florürler ve klorürler, gazsızlaştırma ve rafinasyon aşamalarında da yayılmaktadırlar. Emisyonu oluşturan bileşenlerin miktarı kullanılan gazsızlaştırma ve rafinasyon ajanlarına bağlıdır.

#### 4.2.12.3. PFC'ler (poliflorokarbonlar)

Anot etkileri sırasında PFCs tetraflorometan (CF<sub>4</sub>) ve heksafluoroetan (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>) ortaya çıkar. Bu PFC'ler yaklaşık olarak CF<sub>4</sub>:C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> =10:1 oranında yayılırlar. Bunlar oluştuktan sonra gaz akışından mevcut teknolojiler kullanılarak uzaklaştırılmazlar [28, OSPARCOM 1997].

Üretilen PFC'lerin miktarı doğrudan anot etkilerinin sıklığına, süresine ve bunlar sırasında ulaşılan aşırı gerilime bağlıdır. Gazlar anodun altında elektriksel yalıtımı sağlayan bir katman oluştururlar. Bu yalıtkan film hücre voltajını 4-5 volttan 8-50 volta kadar yükseltir, bu da proses verimini önemli ölçüde etkiler. Anot etkilerinin kontrol edilmesinde ana faktör hücrenin voltajının ve alümina ilavesinin kontrol edilmesidir [6, McLellan and Partners Ltd 1993].

Modern tesislerde ortaya çıkan PCS emisyonları yarı sürekli noktasal alümina beslenmesi ve gelişmiş proses kontrolü ile azaltılabilir. Bu tesisler, günde pota başına 0,1-0,5'den küçük bir anot etki frekansı ve 0,5-2 dakikalık bir anot etki süresi ile çalıştırılabilir, bu da alüminyum tonu başına 0,01 kg ila 0,1 kg arasında değişen PFC emisyonları ile sonuçlanır alüminyum [75, Nordheim, E. 1998], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. PFC emisyonları aşırı gerilim yöntemleri ile de hesaplanabilir. Her ton alüminyum için 0,01 ila 0,1 kg arasında PFC emisyonları yaklaşık olarak 1 mV'a kadar olan aşırı gerilmelere karşılık gelir. Bazı eski tesisler banyodaki alümina içeriğini kontrol etmek için anot etkisini kullanırlar ve sonuç olarak PFC emisyonları oldukça yüksek olabilir. Hem ön pişirmeli hem de Söderberg hücrelerinde modern kontrol sistemlerinin ve otomatik noktasal alümina besleme sisteminin kullanılması anot etkilerinin hem sayısını hem de sıklığını minimize eder [28, OSPARCOM 1997], [75, Nordheim, E. 1998]. Bazı durumlarda otomatik bir anot etkisi yok etme sistemi, kontrol sistemi ile birlikte kullanılabilir, örneğin anot yükseklik değişimi veya basınçlı hava kullanımı.

1990'ların sonlarına doğru Avrupa alüminyum endüstrisi PFC emisyonlarını düşürebilmek için önemli çaba sarf etmiştir. Hücre voltajlarını ve hücredeki alümina içeriğini yakından kontrol etmek, anot etkilerini önlemek ve meydana gelenlerin süresini sınırlamak için gelişmiş işlem kontrol önlemleri uygulandı.

PFC emisyonları, AB ETS Faz III tarafından bir kıyaslama performansına göre düzenlenmiştir.

#### 4.2.12.4. Katran ve PAH

Ön pişirmeli tesislerde, elektroliz sırasında ortaya çıkan katran ve PAH emisyonları, anotlar farklı bir işlemde pişirildiği için ihmal edilebilir. Ayrıca, anot pimi bağlantısı ve koruma yakaları için karbon macun kullanan sınırlı sayıda ön pişirmeli tesislerden sadece çok az miktarda katran ve PAH ortaya çıkar. İşletmeye yeni başlayan hücrelerden ve yaka macunu kullanan tesislerden alınan ölçüm sonuçları emisyonların ihmal edilebilir olduğunu göstermiştir [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Bir anot üretim tesisine sahip olan yerlerde, bu prosesin bir aşamasında katran ve PAH kaynakları bulunmaktadır. Elektrolitik proses olarak, aynı alümina temizleyici ve kumaş filtreyi kullanan bir

anot tesisinden ortaya çıkan proses gazları için sadece iki örnek bulunmaktadır. Bu tesislerden elde edilen sonuçlar anot proses gazlarının da eklenmesi durumunda azaltım tesisinin performansında bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Bir anot tesisi veya Söderberg hücresinden kaynaklanan katran ve PAH gideriminde alümina temizleyicinin verimli olduğu sonucu çıkarılabilir. Temizleyicilerden gelen atık alümina, hücrelere beslenebilir (ama banyoyu kaplamak için kullanılamaz).

Eski tesislerde katran giderimi için ESP'ler de kullanılmaktadır. Islak gaz yıkayıcılar bazı PAH'ları havalandırma gazlarından giderebilirler, özellikle toz fraksiyonlarını, ancak SO<sub>2</sub> azaltımı (ve bazen florür) bu teknolojinin ana belirleyicisidir.

Söderberg tesislerinde elektroliz (anot tüketimi) ve anot pişirme işlemi sırasında katran ve PAH ortaya çıkar. Emisyonlar, macunun buharlaşması sonucu meydana gelir ve anot tasarımına, macun kalitesine ve işletim uygulamalarına bağlıdır. Emisyonlar iki farklı yolla azaltılır:

- Elektrolizden kaynaklanan emisyonlar yakalanır, yakılır ve sonunda kuru gaz yıkayıcılarda azaltılır;
- Pişirme prosesinden kaynaklanan emisyonlar ya anodun üstte bulunması ile ya da anot üst davlumbazı kullanılması ile birlikte kuru macunun kullanılması ile azaltılır.

Daha düşük moleküler ağırlık fraksiyonları üzerinde yakalama verimliliği ve analitik hatalar yüksek olabileceğinden PAH emisyonlarının düzgün bir şekilde rapor edilmesinden endişe duyulmaktadır. Avrupa alüminyum endüstrisinde, BaP'ın diğer tüm PAH'lar için bir izleyici olarak kullanılması konusunda artan bir fikir birliği bulunmaktadır.

#### 4.2.12.5. Kükürt dioksit ve kükürt bileşikleri

Kullanılan anotlar %1 ila %3,5 arasında değişen bir kükürt içeriğine sahiptir. Kükürt, oksijenle reaksiyona giren ve kükürt dioksit ve karbon monoksit emisyonuna neden olan karbonil sülfür (COS) olarak salınır. Anotların kükürt içeriklerinin farklı olmasından dolayı, hücrelerden gelen proses gazlarından kaynaklı kükürt dioksit emisyonları yıllık olarak ton alüminyum başına 10 ila 25 kg arasında değişebilmektedir ayrıca, anot tüketimine göre bir ön pişirmeli tesis için ton alüminyum başına 0,43 ton ve bir Söderberg tesisine göre ise 0,48-0,5 tondur. COS için anottaki %10-20'lik sülfürün %2,5 kükürt içeren anotlar için alüminyum ton başına 2 kg'a eşdeğer karbonil sülfite dönüştüğü bildirilmiştir [348, Solios 2010]. Konsantrasyon olarak, hücrelerdeki proses havasından kaynaklanan emisyonlar, genellikle 50 mg/Nm<sup>3</sup> ila 400 mg/Nm<sup>3</sup> arasında bir konsantrasyon aralığına sahiptir [28, OSPARCOM 1997], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Bu değerler spesifik akış hızına, anot tüketimine ve anotlardaki kükürt yüzdesine bağlıdır. Akışlar, ön-pişirmeli tesislere kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğundan, Söderberg hücreleri için konsantrasyon terimlerindeki değerler daha yüksektir. Anotların kükürt içeriğine ve kullanılan alüminaya bağlı bir kütle dengesi, birkaç ülkede SO<sub>2</sub> emisyonlarını tahmin etmek amacıyla kullanılan bir yöntem olarak rapor edilmiştir.

Proses gazlarının ıslak gaz yıkayıcıda temizlendiği Norveç ve İsveç'te SO<sub>2</sub> emisyonları ton alüminyum başına 1-2,5 kg seviyelerine kadar düşürülmüştür. Havaya verilen kirletici emisyonlardaki konsantrasyon aralığı tipik olarak 5-40 mg/Nm<sup>3</sup> olacaktır. Islak gaz yıkayıcılar kullanıldığında ortamlar arası etkiler duruma göre değerlendirilmelidir.

Kullanılan alüminanın, SO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde de bir etkisi olabilir. Örneğin, ağır yakıt kullanılarak kalsine edilmiş alümina, 300 ppm'e kadar kükürt içeriğine ve sonuç olarak %10-15 daha yüksek SO<sub>2</sub> emisyonlarına sahip olabilir [367, Authier-Martin et al. 2001].

Pota odası havalandırmasından kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları toplama verimine bağlı olarak ton başına 0,2 kg ile 0,6 kg (konsantrasyon: 0,1-3 mg/Nm<sup>3</sup>), arasında değişecektir.

Anotlarda bulunan kükürdün, anot izmaritlerinde bulunan sodyumun geri dönüşümü sonucunda ortaya çıkan olumsuz etkilerin azaltılmasında fayda sağlayabileceği rapor edilmiştir [75, Nordheim, E. 1998], [88, Nordheim, E. 1998].

Avrupa kökenli kok kömürlerinin uygun kalite ve iyi yoğunlukta olmasının yanında, bu koklardan üretilen anotların daha kısa ömürlü olması ve tozlaşma olarak adlandırılan karbondioksit ile aşırı tepkimeye girerek ergitme işleminde sorunlara neden olması gibi dezavantajlı bulunmaktadır. Kararlı bir işletme ve maksimum güç ve maliyet verimliliği sağlayan, bilgisayar kontrollü modern ergitme fırınlarında bu durum kabul edilemez.

Latin Amerika ve Çin'den gelen düşük kükürtlü koklar benzer özellikler gösterir ve aynı zamanda yoğunlukları da düşüktür. CO<sub>2</sub> reaktivitesi artan sülfür miktarları ile baskılanabilir bu nedenle Avrupa kökenli kalsine edilmiş petrokok ile ABD kökenli yüksek kükürt içeriğine sahip kalsine edilmiş kokun karıştırılması arzu edilir. Bu uygulama Avrupa'da kullanılan ergitme fırınları için yaygın bir uygulama olup Avrupa'da kullanılan anotların kükürt içeriğini daha da düşürür ve sınırlar. Bu arada, bazı ergitme fırınlarında, kalsine edilmiş petrokoklu koklarla birlikte yoğunluğu artıran ve sülfür içeriğini azaltan kalsine zift kokları test edilmektedir. Yüksek kükürt değeri tozlanmayı azaltır, bu nedenle bu kok bazıları için, diğer kok türlerinin hepsine tercih edilir. Yine de yüksek kükürt içeriği nedeniyle ABD batı yakası koku Avrupa pazarına giriş yapmamıştır.

#### 4.2.12.6. Toz

Elektroliz sırasında ortaya çıkan başlıca tozlar alümina ve katı bazlı banyo malzemeleridir (kriyolit, kiyolit, ezilmiş banyo malzemeleri, anot kaplama karışımı vb.). Egzoz gazlarından florürleri uzaklaştırmak için kullanılan alüminaya ikincil veya florlu alümina denir ve toz toplama sistemi verimli olarak çalışmıyorsa yayılır. Bu ikincil alümina yüzeyde adsorplanan bazı HF'leri içerebilir.

Toplam toz oluşumu, uygulanan işlemin türüne ve alümina tipine göre değişir, ancak ton alüminyum başına 0,6 kg ila 10 kg arasında değişir. Pota odası havalandırmasından kaynaklanan toz konsantrasyonu genellikle 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ila 5 mg/Nm<sup>3</sup> arasında değişirken, proses havasından kaynaklanan toz konsantrasyonu azaltım öncesinde 150 mg/Nm<sup>3</sup> ila 500 mg/Nm<sup>3</sup>, azaltım sonrasında ise 1 mg/Nm<sup>3</sup> ila 20 mg/Nm<sup>3</sup> arasında değişmektedir [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Döküm işlemi başka bir toz kaynağıdır (ve metaller) ve dökümhane dumanları bazen bir torba filtrede toplanır ve işlenir. Dökümhanedeki birincil ergitme fırınlarından kaynaklanan gazlar hesaplanmış ve Tablo 4.11'de gösterilmiştir [28, OSPARCOM 1997]. Hesaplamalar, hücre gazlarındaki bileşenlerin konsantrasyonuna ve davlumbaz ve ekstraksiyon sisteminin yakalama verimliliğine göre yapılmıştır. Bu hesaplama yakalanamayan emisyonların tahmin edilmesi ile ilgilidir. Yakalanamayan emisyonların düşürülebilmesi için verimli bir duman yakalama sistemi kullanılır. Birçok ergitme fırınında bu verim düzenli olarak gösterilir.

**Tablo 4.11: Birincil alüminyum dökümhanesinden havaya salınan emisyonlar**

Parametre	Emisyon (kg/t alüminyum başına)
Toz	0,01–0,1 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
NO <sub>x</sub>	<0,1–0,4
SO <sub>2</sub>	0–1,8 <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> Filtre sistemine bağlı olarak. <sup>(2)</sup> Kullanılan yakıtla bağlı olarak Kaynak: [272, Al input 2008]	

Döküm prosesinden kaynaklanan duman içerisinde PCDD/F bulunması üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Gazsızlaştırma için klor kullanılması ve yanma gazlarında karbon bulunması bunların oluşumuna neden olabilmektedir. Birincil eritme dökümhanelerinden elde edilen tüm ölçümler, 1 g/yıl'ın çok altında seviyeler göstermektedir. Fransa'da bulunan bir eritme fırınında düzenli olarak yapılan ölçümler yaklaşık olarak 0,05 g/yıl gibi benzer sonuçlar göstermiştir.

#### 4.2.12.7. Metaller

Metallerin hammaddelerde (alümina, alüminyum florür, kok ve zift) eser konsantrasyonlarda meydana geldiği bilinmektedir ve bu nedenle elektroliz sırasında açığa çıkabilmektedir. Tellür alümina üreten bir tesisten çıkar ve potansiyel kirleticidir. Diğer uçucu metaller de bulunmaktadır ve dökümhaneden ve pota odasından yayılabilirler. Çevresel etki hakkında sınırlı miktarda bilgi mevcuttur, ancak eser metaller çoğu zaman önemli bir salınım olarak kabul edilmezler [97, Lijftogt, J.A. et al 1998], [367, Authier-Martin et al. 2001].

#### 4.2.12.8. Azot oksitler

Azot oksitler elektroliz sırasında anot içerisinde  $\text{NO}_x$ 'e oksitlenebilen azot bulunması durumunda ortaya çıkar. Anot içerisinde bulunan azot miktarı genellikle %0,2 ila 0,4 arasında değişmektedir. Azot tamamen  $\text{NO}_x$ 'e dönüştürüldüğünde emisyon miktarı ton alüminyum başına 0,5 kg ila 2 kg  $\text{NO}_2$  civarında olabilmektedir (baca için  $100000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  akış içerisinde  $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  ila  $20 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  ve  $80000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  akış içerisinde  $25 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  konsantrasyonları anlamına gelmektedir). Yayınlanan güncel  $\text{NO}_x$  miktarları hala tartışmaya açık bir konudur. Norveç'te bulunan iki ön pişirmeli tesiste yapılan kontrol ölçümlerinde emisyon seviyelerinin ton alüminyum başına 0,1 kg ila 0,2 kg civarında olduğunu göstermiştir [97, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Brülörlerden gelen dökümhanelerde bekletme ve eritme fırınlarında kullanılan yanma gazı da azot oksitler içermektedir.

#### 4.2.12.9. Karbon monoksit

Karbon monoksit (CO) elektroliz sırasında elektrolit içinde çözünmüş alüminyum metalinin anotta üretilen  $\text{CO}_2$  ile geri tepkimesi ( $2\text{Al} + 3\text{CO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}$ ) ile üretilir ve bu da hücre verimini düşürür. Modern bir eritme fırınında  $\text{CO}_2$ 'ye yeniden oksitlenme öncesinde CO üretimi ton alüminyum başına 100 kg ila 150 kg arasında değişmektedir. Anot etkisi boyunca CO üretimi de artar [6, McLellan and Partners Ltd 1993], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

#### 4.2.12.10. Karbon dioksit

Karbon dioksit, elektroliz sırasında karbon anodun elektroliz sırasında ortaya çıkan oksijen ve hava ile ikincil bir reaksiyonu sonrasında oluşur. Verimli bir ön pişirmeli tesiste, ton alüminyum başına yaklaşık 0,43 ton karbon anodu tüketilir ve bu da ton alüminyum başına 1,4 ila 1,7 ton  $\text{CO}_2$ 'ye karşılık gelir. Bununla birlikte, bu emisyonlar, elektroliz için gerekli elektrik gücünün üretiminde fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan  $\text{CO}_2$  emisyonlarından çok daha düşüktür [75, Nordheim, E. 1998]. Ayrıca bekletme ve eritme fırınlarında kullanılan brülörlerden de karbon dioksit ortaya çıkmaktadır.

#### 4.2.12.11. Ana hava kirleticilerin özeti

Yukarıda belirtilen ve literatür bulgularına dayanan, ana hava kirleticilerinin ve bunların emisyon kaynaklarının uygunluğunun bir özeti Tablo 4.12'de verilmiştir.

**Tablo 4.12: Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan potansiyel emisyonların önemi**

Bileşen	Elektrolitik hücrelerden gelen baca gazı	Pota odası havalandırması	Gazsızlaştırma ve bekletme
Florürler (Gaz ve toplam F)	•	•••	• (klorürler)
PFC'ler	•••	•	NR
Ziftler ve PAH <sup>(1)</sup>	•	••	NR
SO <sub>2</sub> (temizlenmemiş) <sup>(2)</sup> ve COS	•• <sup>(1)</sup>	NR	•
Karbon dioksit	••	NR	NR
Toz	•	•	NR

<sup>(1)</sup> Zift ve PAH, entegre elektrot üretim prosesine sahip olan Söderberg ve ön pişirmeli prosesler ile ilgilidir. Ayrıca anot pin bağlantısı ve koruma yakaları için macun kullanan az sayıdaki tesis için uygun olabilirler.  
<sup>(2)</sup> İskandinavya'da ıslak gaz yıkayıcılar genellikle kuru gaz temizlemenin ardından SO<sub>2</sub> giderimi için kullanılırlar ve genellikle yıkama ortamı olarak deniz suyu kullanımıyla ilgilidir.  
NB: ••• Çok önemli – • Daha az önemli.  
NR = İlgili değil

Birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya salınan toplam emisyonlar Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te verilmiştir. Aralıklar, tesisin yaşı, büyüklüğü ve teknolojisi bakımından çeşitlilikleri temsil etmektedir.

**Tablo 4.13: Islak gaz temizleme işlemi yapılmadan çatı havalandırmalarından ve birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya salınan toplam emisyonlar (çatı+baca)**

Parametre	Ön pişirme	Modifiye Söderberg
Toplam florür (kg/t Al)	0,46–1,1	0,5–1,5
Toz (kg/t Al)	0,6–1,7	0,9–4,0
SO <sub>2</sub> (kg/t Al)	10–25	10–25
BaP (g/t Al)	Rapor edilmemiştir	5–15

Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ]

**Tablo 4.14: Pota gazları (ön pişirmeli tesisler) için BSS veya çatı havalandırmaları için ıslak gaz yıkayıcılar ile birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya salınan toplam emisyonlar (çatı+baca)**

Parameter	Ön pişirme	Modifiye Söderberg
Toplam florür (kg/t Al)	0.25–0.45	0.30–0.60
Toz (kg/t Al)	0.2–0.6	0.8–1.4
SO <sub>2</sub> (kg/t Al)	10–25	
BaP (g/t Al)	Rapor edilmemiştir	5–15

Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ]

Bit pota gazına ıslak gaz temizleme uygulandığındaki performans Tablo 4,15'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.15: Pota gazına ıslak gaz temizleme uygulandığında birincil alüminyum ergitme fırınlarından havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonları**

Parametre	Ön pişirme	Modifiye Söderberg
SO <sub>2</sub> (kg/t Al)	1–2,5	0,8–2,5

Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ]

Pota odası havalandırmasından kaynaklanan kontrolsüz emisyonların uyumu, hücrelerden %98

oranında duman yakalanmasına bağlıdır. Düzenli PFPB bu verimi sağlayabilir, ancak daha düşük bir verim elde edildiğinde, örneğin SWPB veya Söderberg hücrelerinde, pota odası havalandırmasının önemi artar [75, Nordheim, E. 1998], [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

#### 4.2.13. Suya verilen emisyonlar

Birincil alüminyum üretimi doğal olarak kuru bir prosestir. Atık suyun deşarjı genellikle soğutma suyu, yüzey ve çatılardan yağmur suyu akışı ve pota odası havalandırma gazlarının deniz suyu ile temizlenmesi ile sınırlıdır. Yüzey akışa geçen yağmur suları hammaddelerin açık depolanması ve depolanmış katı malzemelerden kaynaklı olarak kirletilebilir. Bu kirlilik için tipik kirlilik değerleri askıda katı maddeler için ton alüminyum başına <0,03 kg ve çözülmüş florürler için ton alüminyum başına <0,02 kg'dır. Ayrıca hava kirliliği kontrolü için ıslak sistemlerin kullanılması durumunda önemli miktarlarda atıksu ortaya çıkar [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Anot üretimi yeşil anotların, yeşil Söderberg macununun veya baca gazlarının soğutulması için kullanılan soğutma suyunu içeren bazı atıksu oluşumlarına neden olmaktadır. Ayrıca soğutma işlemi soğutma sonunda suyu deşarj edildiği, dolaylı su sistemleri kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Modern ergitme fırınlarında bu su geri dönüştürülür ve böylece hiç su deşarj edilmemiş olur. Dolaylı su sistemleri baca gazının soğutulmasında, baca gazının düzenli teknikler (kumaş filtreler, elektrostatik çöktürücüler) ile arıtılabilmesi için de kullanılabilir [97, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Elektroliz aşaması kuru bir prosestir ve direk olarak atıksu oluşumu gözlenmez. Yağmur suyu kirlenmesi, Bölüm 0'da belirtilen tekniklerle engellenebilir.

Modern alümina gaz yıkayıcı ergitme fırınlarında su deşarjı ton alüminyum başına 1 m<sup>3</sup> kadar düşüktür. Suyun soğutma amacıyla kullanıldığı tesislerde, esas olarak soğutma kulesi enerji maliyetlerini düşürmek için su deşarjı ton alüminyum başına 100 m<sup>3</sup>'e kadar çıkabilmektedir.

Havalandırma havası ıslak gaz yıkayıcı veya SO<sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı kullanan birincil alüminyum elektroliz tesislerinde suya verilen emisyonlar Tablo 4.16'da verilmiştir.

**Tablo 4.16: Havalandırma havası ıslak gaz yıkayıcı veya SO<sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı kullanan birincil alüminyum elektroliz tesislerinde suya verilen emisyonlar**

Parametre	Söderberg
Florürler (kg/t Al)	0,5–1,5
Askıda katılar (kg/t Al)	0,5–2,0
PAH (Borneff 6) (g/t Al)	6–15
Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]	

Suya salınan PAH, Borneff listesindeki altı bileşik olarak raporlanabilir [28, OSPARCOM 1997], [125, Euroalliages (B) 1998].

#### 4.2.14. Proses kalıntıları

Metal üretimi, Avrupa Atık Kataloğunda da listelenen birkaç yan ürün, kalıntı ve atıklar ile ilgilidir. Proses özelinde en önemli kalıntılar aşağıda Bölüm 4.2.3.4.1 ve 4.2.3.4.2'de açıklanmıştır.

Elektrolizden çıkan atıkların ana kaynağı atık pota astar (SPL) malzemeleridir.



#### 4.2.14.1. Atık pota astarı

Modern tesisler için katot ömrü beş ila 8 yıl arasındadır ve üretilen atık pota astarı miktarı ise ton alüminyum başına 20-50 kg arasındadır. Atık pota astarı normalde çelik katot çubuğunun iki ayrı fraksiyonundan oluşur. İki atıktan ilki karbon parçalar ve ikincisi de refrakter malzemeleridir. Karbon kısmı, elektrolitik hücreden gelen gerçek katottur ve kalan kısım ise çeşitli yalıtım malzemeleridir [272, Al input 2008].

Katodun sökülmesi sırasında genellikle iki parça ayrılır. Atık katot bazı banyo malzemeleri, karbon katoda elektrik iletmek için kullanılan çelik çubuklar ve metali katodun içerisine penetrasyonu ile oluşan alüminyum metal pulları bulunmaktadır. Bu parçalar ya doğrudan fabrikada yeniden kullanılır ya da çelik çubuklar söz konusu olduğunda geri dönüşüm için tesisin dışına gönderilir. Karbon kısmı nispeten homojendir, refrakter kısım ise çeşitli türde refrakter malzemelerden veya başka tip yalıtım malzemelerinden oluşabilir.

Tipik atık pota astarının bir analizi Tablo 4.17’de verilmiştir.

**Tablo 4.17: Kullanılmış pota astarı bileşimi**

Bileşik	Karbon astar (1. Kesim)	Yalıtım (2. kesim)
	Aralık (ağırlıkça-%)	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0–10	10–50
C	40–75	0–20
Na	8–17	6–14
F	10–20	4–10
CaO	1–6	1–8
SiO <sub>2</sub>	0–6	10–50
Metalik Al	0–5	0
CN (toplam)	0,01–0,5	0–0,1
CN (serbest)	0–0,2	0–0,05

*Kaynak: [131, Nordheim 1998]*

Bu malzemenin ilgili bileşenleri çözünebilir florür ve çözünebilir siyanürdür. Bu malzemenin ıslanması durumunda alkali bir sızıntı suyu, az miktarda NH<sub>3</sub> ve yanıcı gazlar ortaya çıkacaktır. Karbon astarı, 1250 °C sıcaklığın üzerinde karbonize edildiği ve herhangi bir sıkıştırma macunu elektrolitik hücrede 900 °C’nin üzerine kadar ısıtıldığı için PAH bir sorun olarak görülmemektedir. Bahsedilen bileşenler, temel olarak atık pota astarının karbon kısmına ve refrakter parçalara doğrudan temas halinde bağlıdır. Tablo 4.17’den görülebileceği gibi, bu bileşenlerin içeriği, refrakter kısımda veya başka tipte yalıtımlarda daha düşüktür.

Atık pota astarı yeniden kullanılabilir, işlenebilir, kısmen işlenebilir veya bertaraf edilebilir [131, Nordheim 1998].

#### Yeniden kullanım

Avrupa’da bulunan birçok ergitme fırınında kullanılan geri dönüşüm yolları:

- Çimento üretiminde yeniden kullanım,
- İkincil hammadde (taş yünü, tuz cürufu geri kazanımı, vb.) olarak yeniden kullanım,
- Yakıt olarak yeniden kullanım,
- Carburiser olarak yeniden kullanım (çelik endüstrisinde)

#### İşleme prosesi

- Rio Tinto Alcan düşük kostik kaplama ve kireçleme (LCLL),
- Ausmelt/ISASMELT fırını,
- Elkem demirli alaşım prosesi [226, Nordic Report 2008],

- BEFESA tarafından geliştirilmiş olan yeni bir teknik Bölüm 4.4'te açıklanmıştır.

### Bertaraf

Ön arıtma işlemini takiben EC Direktifi 1999/31/EC ile uyumlu bir bertaraf sahasında bertaraf edilir.

#### 4.2.14.2. Diğer malzemeler

Bekletme ve işleme prosesinden kaynaklanan pota cürufu/cüruf miktarı üretilen ton alüminyum başına 15-30 kg arasındadır. Bu malzeme %30 ila %80 arasında alüminyum içermektedir. İner bir gaz örtüsü altında soğutma işlemi oksidasyonu önlemektedir. Pota cürufu/cüruf ikincil alüminyum endüstrisinde ham madde olarak kullanılmaktadır. Metal işlemeden gelen atık filtreler genellikle bertaraf edilir. Gaz temizleme işlemi yapılan ünitelerde katı atıklar (toz ve çamur) ortaya çıkabilir [75, Nordheim, E. 1998].

Nadir durumlarda, bazı fabrikalardan ortaya çıkan anot izmaritleri de kalite standartlarını karşılayamazlarsa bertaraf edilirler. Eğer üretim sahasında anot tesisi bulunmuyorsa anot izmaritleri çelik endüstrisinde kokun yerine kullanılabilir, böylece birincil kok ihtiyacı düşürülmüş olur.

Esas olarak karbon ve hücre banyosu malzemesi içeren atık anot kuşlama ve temizleme kalıntıları da birlikte alümina ve banyo partiküllerinden oluşan, zemin süpürme ve temizleme işlemlerinden kaynaklanan tozlar da ergitme fırınına ilgilendirmektedir. Bu malzemeler çoğu zaman tesis içerisinde geri döndürülür veya minimum kalite standartlarını sağlamadıklarında bertaraf edilirler.

Metal potalar ve anot pişirme fırını tuğlalarından çıkan fırın kaplamaları geri kazanılabilir veya bertaraf edilebilir. Pişirme fırınlarından gelen refrakter tuğlalar, temizlendikten sonra diğer uygulamalarda tekrar kullanılabilir veya atık olarak bertaraf edilebilir. Ön pişirmeli anotlar için tipik fırın astarı ömrü yaklaşık 100 döngüdür ve bu, üretilen anodun tonu başına yaklaşık 10 kg tuğla anlamına gelmektedir.

İyi atık yönetimi uygulaması ve geri kazanım yöntemlerinin kullanılması, bertaraf için gönderilen atık miktarını azaltmayı mümkün kılmaktadır. Seçenekler ve miktarlar Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.18: Birincil alüminyum ergitme fırınında atık azaltım seçenekleri**

Kaynak	Kullanım/arıtım seçeneği
Alüminyum	Geri dönüşüm
Filtre tozu	Proseste yeniden kullanım
Tuğlalar	Anot tesisinden gelenler için yeniden kullanım
Çelik	Geri dönüşüm
Karbon tozu (anot tesisi)	Kül miktarına bağlı olarak toprağa gömme veya yeniden kullanım
<i>Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]</i>	

**Tablo 4.19: Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan spesifik atık miktarları**

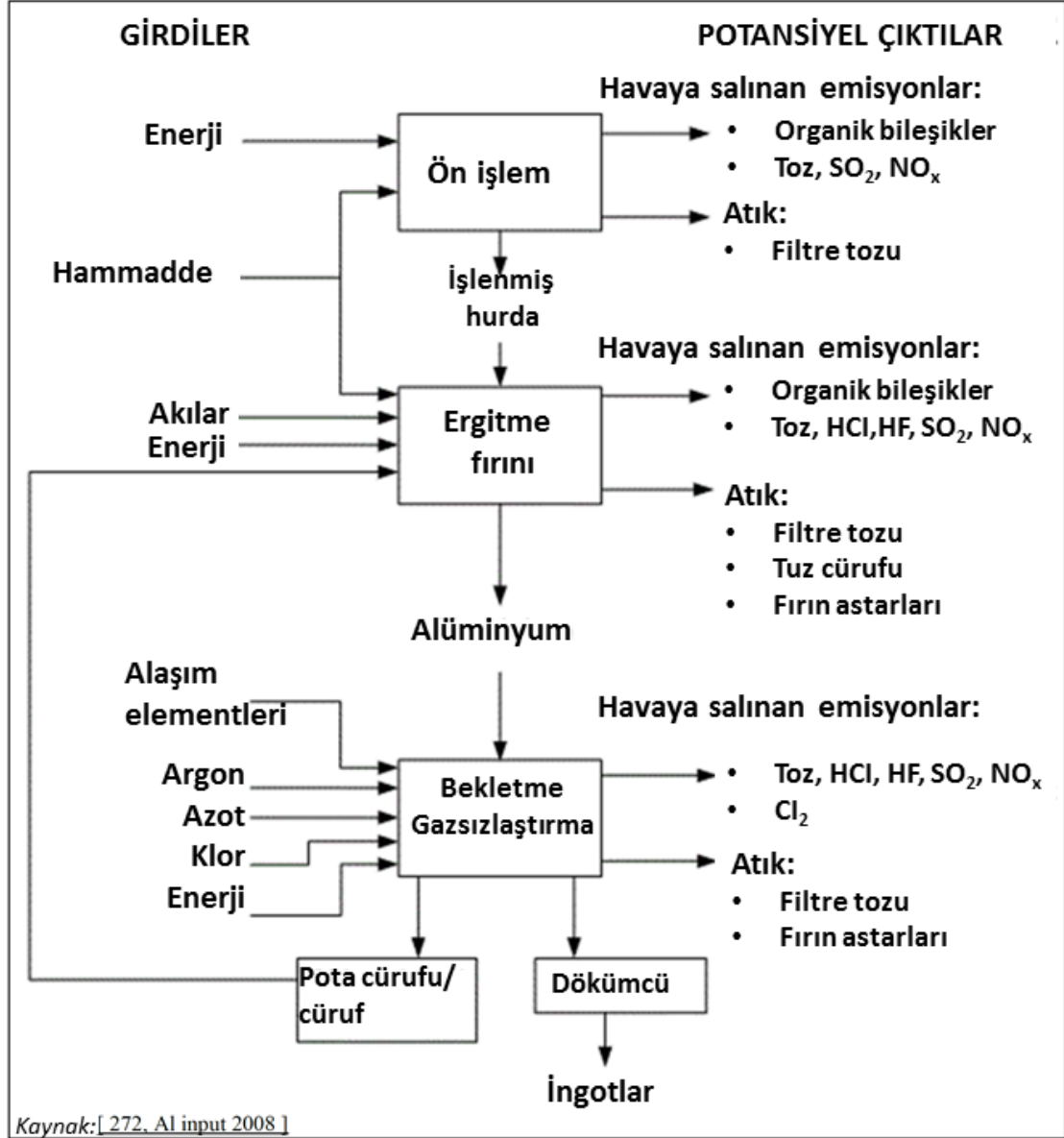
Kaynak <sup>(1)</sup>	kg/t alüminyum başına
Al pota cürufu/cüruf	15–30
Diğer tehlikeli atıklar	7–15
Tehlikeli olmayan atıklar	12–14
<sup>(1)</sup> Harici hurda ergitilmesi olmadan <i>Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]</i>	

Anot tesisinden elde edilen çelik normal olarak bir endüksiyon fırında yeniden ergitilir ve proseste yeniden dökülerek tekrar kullanılır. Florür ile kirlenmiş olan çeliğin ergimesi, bu emisyonların potansiyel bir kaynağıdır ve uygun toplama ve azaltımın yapılması gerekmektedir.

#### 4.2.15. İkincil alüminyum

Hurdaların türü ve kalitesi, emisyonların önemi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Toz, metal bileşikleri,  $Cl_2$ ,  $HCl$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $HF$ , PCDD/F gibi zayıf yanma ürünleri ve ergitme ve işleme fırınlarından kaynaklanan diğer organik bileşikler havaya salınan potansiyel emisyonlardır. Yanma bölgesinde ve gazsız arıtma sisteminin soğutma kısmında PCDD/F oluşumu (de novo sentezi) mümkün olabilmektedir.

Şekil 4.9, bir ikincil alüminyum tesisinin tipik giriş ve çıkışına genel bir bakış sunmaktadır.



Şekil 4.9: İkincil alüminyum üretiminin girdi ve çıktıları

dağınık emisyonlar olarak kaçabilir. baca emisyonları, toz gibi sürekli olarak veya PCDD / F gibi periyodik olarak izlenebilir ve yetkili makamlara yetkili saha personeli veya saha dışı danışmanlar tarafından rapor edilebilir.

Amonyak ve diğer gazlar, uygunsuz depolanma, işleme veya pota cürufu/cürufların taşınması nedeniyle havadaki nem ile reaksiyon sonucunda yayılırlar [32, Mantle et al.1998]. Pota cürufu/cürufların taşınması ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan toz miktarı artacaktır. Uygun olmayan ürün ve malzeme depolanması durumunda askıda katı maddeler, metaller ve yağların suya karışabilir.

#### 4.2.16. Havaya salınan emisyonlar

Havaya salınan potansiyel emisyonlar Tablo 4.20’de gösterilmiştir;

- Toz, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>5</sub>,
- Metal bileşikler,
- Organik bileşikler (TOC’lar ve PCDD/F) ve CO,
- Azot oksitler (NO<sub>x</sub>),
- Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>),
- Klor, hidrojen klorür ve hidrojen florür (Cl<sub>2</sub>, HCl ve HF).

Bu maddelerin emisyonlarının önemli bir kısmı, besleme malzemesinin kirlenmesinden ve kullanılan yakıttan üretilmektedir. Bazı tozlar ince hurda tozlarından ve tuz dumanından kaynaklanmaktadır REFERENCE\_BOOKMARK\_8151, [75, Nordheim, E. 1998].

**Tablo 4.20: Havaya salınan potansiyel emisyonların önemleri**

Bileşen	Ön işlem	Ergitme	Erimiş metal işleme ve gazsızlaştırma
HCl, HF ve Cl <sub>2</sub>	••	••	•••
Metaller ve bileşikler	••	••	••
Azot oksitler	•	••	• (yanma gazları)
SO <sub>2</sub>	• (uygun yakıt ile)	• (uygun yakıt ile)	• (yanma gazları)
Organik bileşikler (CO, TOC’lar, PCDD/F)	•••	•••	NR
Toz	•••	•••	••

NB: ••• Çok önemli – • Daha az önemli  
NR = İlgisiz

##### 4.2.16.1. Emisyonların toplanması ve önlenmesi

Alüminyum yeniden ergitme/geri dönüşüm tesislerinde, yaygın emisyonlar esas olarak toz yayan malzemelerin (örneğin cüruf) depolanması, taşınması ve yüklenmesi/boşaltılması sırasında ve özellikle fırın açırken, fırın çıkış gazlarının yetersiz tutulması sonucunda ortaya çıkar. (Örneğin, şarj etme, ergimiş malzeme işleme, cüruf çekme, kayma ve döküm için). Proseste eğer yeterli kapasitede çekme yapabilen herhangi bir cihaz yoksa yükleme, ergimiş malzeme işleme, cüruf çekme, pota cürufu çekme ve döküm sırasında daha sonra bina içerisine örneğin açık kapılar veya çatılardaki havalandırma deliklerinden yayılan, yayılı emisyonlar ortaya çıkar [234, UBA (D) 2007].

Duman tahliyesi ikincil alüminyum üretiminin önemli bir unsurudur, çünkü yanma ve erime aşamalarında olduğu gibi beslene malzemede bulunan kirleticilerden de toz ve duman oluşabilir [32, Mantle et al. 1998]. Bir fırında birkaç olası emisyon noktasının bulunması da önemlidir ve bu noktalardan kaynaklanan emisyonların toplanması ele alınmalıdır. Ek olarak, prosesin yükleme fazı sırasında yaygın emisyonları azaltmak için çeşitli sistemler kullanılabilir. Örneğin yükleme kapağına karşı sızdırmazlık sağlayan araçlar, yükleme sırasında emisyonları önlemek için kullanılabilir.

Diğer önemli bir faktör de ön işlem veya eritme fırınında organik kaplamaların yakılmasıdır. Bu emisyonların arıtılması için ekstraksiyon ve azaltma sistemleri tasarlanabilir. Duman toplama sistemleri iyi tasarlanmışsa, yaygın emisyonlar önem arz edebilir.

#### 4.2.16.2. Toz ve metaller

Toz, esas olarak, giriş malzemesinin bileşimi (pota cürufu/cüruf ve ince tozlu hurda) ve tuz dumanından üretilir. Yakıtın eksik yanması toz emisyonlarına da katkıda bulunabilir. Hurda, akıllar ve pota cürufu/cüruf gibi girdi malzemelerinin depolanması, yüklenmesi ve şarj edilmesi gibi taşıma işlemleri sırasında da toz ortaya çıkar. Toz, ayrıca örneğin soğuk çekme gibi pota cürufu/cürufun ön işlemi sırasında ortaya çıkacaktır. Kırma gibi tuz cürufunun yerinde mekanik olarak işlenmesi de toz oluşturur.

Toz ve metaller birlikte meydana gelir ve yanma gazlarından veya kullanılan hurda veya akılardan üretilebilir. Hammaddeleri kirleten Cu, Mg, Zn ve Hg gibi bazı metaller eritme sırasında dumanlaştırılır ve toz oluşturur. Duman organik karbon ve klorun bulunması durumunda ortaya çıkar ve daha sonra partikül oluşumunda etkili olacak olan PCDD/F'lerin oluşmasına neden olabilir [312, VDI 2008].

Kireç, sodyum bikarbonat ve karbon gibi arıtma malzemeleri asit gazları ve PCDD / F emisyonlarını azaltmak için ham gaz akımına enjekte edilir ve filtrelerde toz ile birlikte uzaklaştırılır. Toz giderimi için torba filtre kullanılan birçok tesiste (yüksek verim) emisyon değerleri 0,6 mg/Nm<sup>3</sup> ile 5 mg/Nm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Filtreyi korumak için genellikle filtrelerden önce bir kıvılcım önleyici veya soğutma odası konulur. Metallerin emisyonları kullanılan hammaddelere ve elde edilen toz seviyelerine bağlıdır.

Tablo 4.21'de ikincil alüminyum üretiminden kaynaklanan toz emisyonlarına genel bir bakış sunulmuştur.

**Tablo 4.21: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan toz emisyonları**

Kaynak	Emisyon kontrolü	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Min.–mak.
Malzeme (hurda, cüruf) mekanik arıtım (ezme, öğütme), yükleme, taşıma <sup>(1)</sup>	Torba filtre	<1–5
Talaş kurutucu	Torba filtre	<1–5
Farklı fırın tipleri	Torba filtre	<1–5
<p>(1) Yükleme, araçlara tuz cürufunun yüklenmesi ve boşaltılması anlamına gelmektedir. Taşıma ise taşıma noktalarına konveyörler ile taşınma anlamına gelmektedir.</p> <p>[ 296, FAA, OEA 2012 ]</p>		

#### 4.2.16.3. Organik bileşikler (TOC, PCDD/F) ve CO

Yakıtın kötü yanması veya besleme malzemesinin organik içeriği, organik bileşiklerin yayılmasına neden olabilir. Yanmanın optimize edilebilmesi için etkili yanma şartlarının ve fırın kontrolünün sağlanması gerekir. Eğer fırına organik bileşikler beslenirse pik yanma değerlerinin dikkate alınması gerekir. Hurdaların ön temizliğinin yapılması ile organik malzemenin çoğunun giderildiği ve ergime oranını artırdığı bildirilmektedir [119, McLellan 1998]. Klor ve klorürlerin (tuz akısı) kullanılması, bir klor kaynağı ve dolayısıyla yanma bölgesinde ve çıkış gazı arıtma sisteminin soğutma kısmında (de novo sentezi) PCDD/F oluşumu için potansiyel sağlar. Modern rejeneratif brülörlerin kullanılması, de novo sentezini önleyebilir veya en aza indirebilir. Verimli toz filtrasyonu organik bileşikleri ve tozdan kaynaklanan PCDD/F'leri uzaklaştırır ayrıca,

temizleme verimini artırmak için karbon eklenebilir. Ön işlem aşamaları veya fırınlarda ortaya çıkan organik bileşikler yok etmek için çıkış gazları son olarak bir kez daha yakılabilir.

Tablo 4.22'de ikincil alüminyum üretiminden kaynaklanan PCDD/F ve TVOC emisyonlarına genel bir bakış sunulmuştur.

**Tablo 4.22: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan PCDD/F ve TVOC emisyonları**

Kaynak	Emisyon kontrolü	PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	Kaynak	Emisyon kontrolü	TVOC <sup>(1)</sup> (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Min.–maks.			Min.–maks.
Farklı fırın tipleri	Aktif karbon enjeksiyonu ve torba filtre	<0,1–0,44	Talaş kurutma	Son yakıcı	<1–32
Farklı fırın tipleri	Son yakıcı/ Aktif karbon enjeksiyonu ve torba filtre	<0,01–0,22	Farklı fırın tipleri	Son yakıcı	0,5–18

(<sup>1</sup>) Sürekli ölçümlerdeki pik değer.  
Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ].

#### 4.2.16.4. Kükürt dioksit ve azot oksitler

Bu bileşiklerin her ikisi de fırınlarda kullanılan hammaddelerin, yakıtların ve yanma sistemlerinin kükürt ve azot içeriğinin bir sonucu olarak üretilir. Örneğin, tuz akıları sülfat içerebilir. Emisyonları en aza indirebilmek için düşük NO<sub>x</sub> brülörleri ve düşük sülfürlü yakıtlar kullanılabilir. Oksi-yakıtlı brülörlerin kullanımı termal NO<sub>x</sub> oluşumunu azaltabilir, ancak daha yüksek çalışma sıcaklıklarından dolayı oksijen zenginleştirmesinin ters bir etkiye sahip olma ihtimali de bulunmaktadır. Benzer şekilde, yanma havasının ön ısıtılması, NO<sub>2</sub> olarak ölçülen NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarını da arttıracaktır. Daha yüksek konsantrasyonlar daha düşük gaz hacimleri ve toplam miktarlar ile ilişkilidir. Rejeneratif veya reküperatif brülörlerde yanma havasına ön ısıtma uygulanması da NO<sub>x</sub> emisyonlarını artırabilir. NO<sub>x</sub> emisyonları ile oksi-yakıt veya oksijen zenginleştirme arasındaki doğru bir korelasyon, her bir döngüde üretilen ton alüminyum başına salınan kirletici miktarı karşılaştırılarak hesaplanabilir.

Her durumda SO<sub>2</sub> emisyonları tesisin işletildiği bölgede kullanıma uygun olan ve prostele kullanılan yakıt türüne bağlıdır. Yıllık ortalama SO<sub>2</sub> emisyonu 100 mg/Nm<sup>3</sup>'ü aşmamaktadır.

Tablo 4.23'te ikincil alüminyum üretiminden kaynaklanan NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> olarak ölçülen) emisyonlarına genel bir bakış sunulmuştur.

**Tablo 4.23: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> olarak ölçülen) emisyonları**

Kaynak	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
	Min.–maks.
Talaş kurutucu, normal brülör	10–150
Farklı fırın tipleri, oksî-yakıt brülörü	1–300
Farklı fırın tipleri, oksî-normal brülör	<1–200
Farklı fırın tipleri, rejeneratif brülör	72–340
<i>Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ].</i>	

#### 4.2.16.5. HF, HCl ve klor

Klor, hidrojen, magnezyum (magnezyum giderme) ve diğer safsızlıkları gidermek için dökümden önce erimiş alüminyumun işlenmesinde kullanılabilir. Döner fırınların kullanılması daha fazla klor kullanılmadan magnezyumun uzaklaştırılmasını sağlayabilir. Bu, fazla klor bulunması durumunda klorun, klor veya alüminyum klorür olarak yayılmasını sağlamaktadır. Daha sonra havadaki nem ile hidrolize olup HCl üretebilir. Çoğu tesiste bu bileşikler uzaklaştırmak için kuru veya yarı kuru gaz yıkayıcılar kullanır ve sadece birkaç bazı tesiste ıslak gaz yıkayıcılar kullanılmaktadır. Bunların oluşumunu iyi kontrol edilerek ve saf klor yerine klor ve inert gazların karışımları kullanılarak en aza indirilebilir. Bir ergitme fırınında tuz örtüsü kullanılması, metal klorür içeren çok ince dumanların yayılmasına da neden olabilir. Florürlerin, magnezyum giderimi veya akı için kullanılması, küçük miktarlarda HF ve florürlerin salınmasına neden olabilir.

Tablo 4.24'te ikincil alüminyum üretiminden kaynaklanan HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF emisyonlarına genel bir bakış sunulmuştur.

**Tablo 4.24: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF emisyonları**

Kaynak	Emisyon kontrolü	HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	Cl <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	HF (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Min.–maks.	Min.–maks.	Min.–maks.
Farklı fırın tipleri	Kireç ve/veya NaHCO <sub>3</sub> enjeksiyonu	<1–16,3 <sup>(1)</sup>	<0,1–2,1	<0,1–2,5
Çok bölmeli/indüksiyon fırınları	Kireç enjeksiyonu	0,1–7	0,1–0,23	<1
<sup>(1)</sup> Klorlama sırasında ölçülmüştür. <i>Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ].</i>				

#### 4.2.17. Suya verilen emisyonlar

İkincil hammaddeden alüminyum üretimi esas olarak kuru bir prosestir. Prosesten ortaya çıkan sular genellikle yeniden kullanılan soğutma suyu ve yağmur yağması sonucu ortaya çıkan ve yüzey akışa geçen sulardan oluşmaktadır. Kapalı bir su devresi ile proseste kullanılan su yeniden prosese gönderilerek kullanılır, sadece metal soğutmak için kullanılan su atmosfere buharlaşır. Bu su kayıp olarak kabul edilir ve tamamlanması gerekir. Bazen güvenlik nedeniyle soğutma suyunun belirli bir sıcaklığın altında tutulması gerekir ve bu nedenle temiz su eklemesi yapılır. Kapalı döngü sisteminin soğutma suyu havuzu, ekipmanlardaki aşınmadan dolayı ve suyun iklimlendirilmesi kaynaklanan bazı partiküler maddeler gibi kirleticileri toplayacaktır. Bu

kirlenmeler havuzda toplanır ve zaman zaman temizlenmesi gerekir. Bunlar toksik veya çevreye zararlı olmadıkları için genellikle yerel atıksu arıtma tesislerine gönderilirler. Benzer şekilde, hava kirliliği kontrolü için ıslak sistemler kullanıldığında önemli miktarda su kullanılmaktadır. Ancak ortaya çıkan atıksu su temizlenir ve sistemde yeniden kullanılır.

Yağmur yağması sonucu yüzey akışa geçen sular, yağlı hurdalar ve biriktirilmiş katı malzemelerin açıkta depolanması sonucunda kirlenebilir. Askıda katı maddeler için bu kirlilik değeri ton alüminyum başına <0,03 kg'dır. Ayrıca, hava kirliliği kontrolü için ıslak sistemler kullanıldığında önemli miktarda atık su deşarj edilebilir. Talaş yıkamadan çıkan atıksular da tesis içerisine yeniden gönderilerek kullanılır.

İkincil alüminyum üretiminde ortaya çıkan atıksuyun ana kaynakları şunlardır:

- Yüzey suyu,
- Talaş yıkama suları (genellikle tamamen yeniden kullanılır),
- Gaz arıtım suları,
- Döküm sırasında kullanılan soğutma suları (0,15-0,3 m<sup>3</sup>/t Al).

#### 4.2.18. Proses kalıntıları

İkincil alüminyum üretiminden ortaya çıkan tipik kalıntılar Tablo 4.25'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.25: İkincil alüminyum üretiminden ortaya çıkan tipik kalıntılar**

Kalıntı	Kökene	Hacim	Arıtım	Destek
Tuz cürufu	Döner fırınlarda ergitme	500 kg/t Al'e kadar	Çözünme ve kristalizasyon teknikleri ile geri kazanım. Yeniden kullanılabilir maddelerin üretimi: Al metal granül, karışık tuz, metalik olmayan oksidik ürünler	Tuz bütün fırınlarda kullanılmaz. Depolama alanında yasaklama
Filtre tozu	Çıkış gazı temizleme	35 kg/t Al'e kadar 0,1 ila 10 kg/t Al <sup>(1)</sup>	Ön arıtma veya gömülerek bertaraf edilmesi, kısmen tuz cürufu ile yenilenmesi veya çelik endüstrisinde kullanılması	Bazı ülkelerde vahşi depolama yasağı, ısıtım işlemi mümkündür (NaHCO <sub>3</sub> veya Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ile nötralizasyon → tuz cürufu ile kullanım)
Fırın astarı	Ergitme fırını	4 kg/t Al'e kadar	Pota cürufu/cüruf ile yenilenme potansiyeli, aksi halde sızdırma ve yer altında depolama	Depolama sahasını korumak amacıyla. Kalıp üretmek için geri dönüşüm.
Pota cürufu/cüruf	Ergitme fırınları ve dökümhanelerin temizlenmesi	80 kg/t Al'e kadar <sup>(2)</sup>	Döner fırında izabe. Döner tambur fırında kullanılan pelet, tuz cürufunda kullanılan cüruf tozu geri kazanımı	Depolama alanına yasaklama
Gres/yağ	Talaş yıkama/santrifüj		Toplama ve ayırma	Yağ geri dönüşümü

<sup>(1)</sup> Metalik olmayan ürünler (Al hurdasından gelen oksit bileşikleri).  
<sup>(2)</sup> kapalı bir kuyu fırını kullanıldığında harici hurda ergitilmemiştir.  
Kaynak: [142, Boin, U. et al. 1998], [234, UBA (D) 2007], [256, Winter 2007].



### Pota Cürufu/cüruf

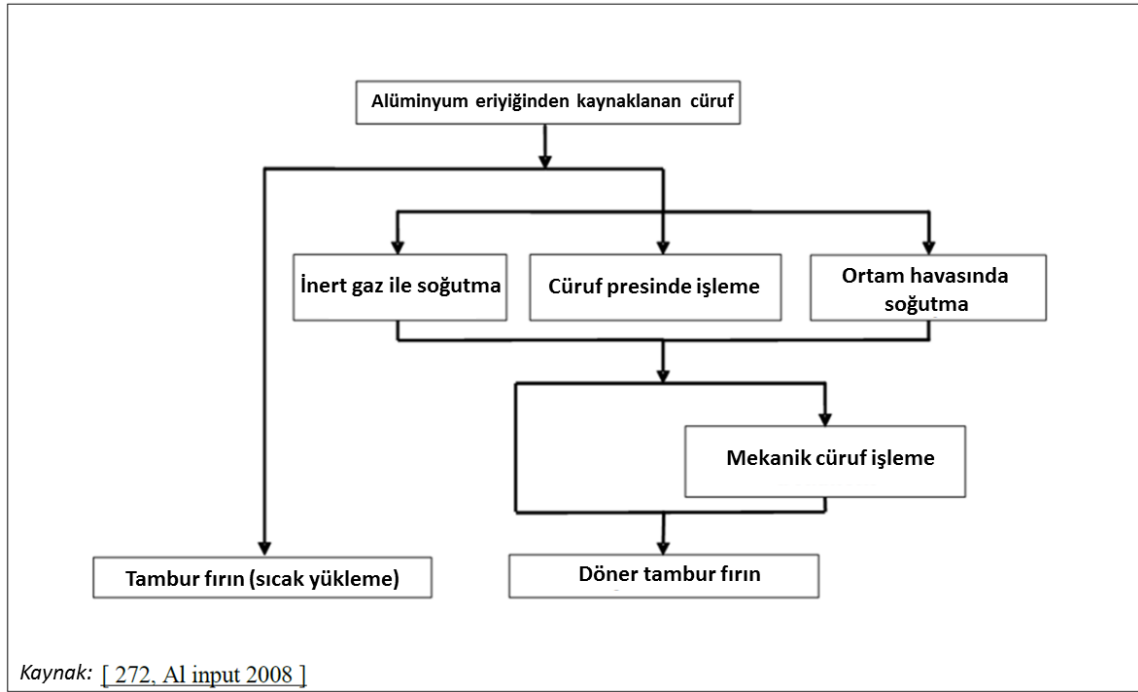
Bekletme ve işleme proseslerinden ortaya çıkan pota cürufu/cüruf miktarı üretilen alüminyum başına 15-30 kg'dır ve yaklaşık olarak %20 ila %80 civarında yüksek miktarda alüminyum içermektedir.

Pota cürufu/cüruf, ikincil alüminyum endüstrisinin bazı kısımlarında hammadde olarak kullanılmaktadır. Bazen sıcak pota cürufu/cüruf doğrudan alüminyum metallerinin geri kazanımı için fırınlara yüklenir. Çoğunlukla, fırından çıkar çıkarmaz, emisyonları azaltmak, mevcut metalin daha fazla oksidasyonunu önlemek ve alüminyum oksitten ayırmak için soğutulur ve ön işlemden geçirilir. Yöntemler, inert gaz soğutma, erimiş alüminyumun çıkarılması için sıcak presleme ve özel üretim soğutucularla soğutmayı içerir [312, VDI 2008].

Depolama sırasında pota cürufu/cüruf, amonyak ve diğer gazları üretmek için nemle (havadan) reaksiyona girebilir.

Soğuk pota cürufu/cüruf, alüminyumun geri kazanılması için bir dizi proseste daha fazla işlenmektedir. Döner veya devirmeli döner fırınlar [256, Winter 2007], alüminyumun pota cürufu/cüruftan metalik kısımdan geri kazanılması için kullanılır. Bu işlemi kolaylaştırmak için genellikle tuz akısı kullanılır, çünkü bu tuz akısı oksidasyonu azaltır ve bazı safsızlıkların (örneğin Mg, Ca, Li) giderilmesini sağlar. Tuz cürufu, tuz cürufu geri kazanım proseslerinde üretilir ve işlenir. Bir diğer ileri işlem, öğütme ve ayırma gibi, örneğin metalden oksitlerin ayrılması için hava sınıflandırması gibi ayırma teknikleridir. Ayırma tekniklerinin kullanılmasıyla, metal ilgili fırınlarda yeniden ergitilebilir ve ince kısım daha da işlenebilir, örneğin çelik endüstrisinde veya tuz cürufu geri kazanım prosesinde geri dönüştürülür. Fırın içerisindeki inert madde yükünün azalması ile tuz cürufunun ve atığın azaldığı ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin de azaldığı rapor edilmiştir.

Pota cürufu/cüruf geri kazanım prosesleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10: Pota cürufu/cüruf geri kazanım prosesleri

Pota cürufu/cüruftan kaynaklanan emisyonlara ilişkin rakamlar Tablo 4.26'da gösterilmiştir.

Tablo 4.26: Pota cürufu/cüruftan kaynaklanan emisyonlar

Emisyonlar	Aralık
Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	1–5
Toz (kg/t) <sup>(1)</sup>	300–700
Enerji tüketimi (MJ/t)	300–800
<sup>(1)</sup> Toz miktarı orijinal pota cürufu/cürufun metalik içeriğine bağlıdır. Kaynak: [ 272, Al input 2008 ]	

### Atık filtre ve filtre tozu

Metal işleme sonrasında ortaya çıkan atık filtreler genellikle bertaraf edilir. Bazı durumlarda, gaz temizleme için sodyum bikarbonat kullanıldığında, katı kalıntıları tuz örtüsü ile geri kazanılabilir [2, McLellan et al. 1993], [32, Mantle et al. 1998], [142, Boin, U. et al. 1998], [312, VDI 2008].

Alternatif olarak, filtre tozu PCDD/F'yi yok etmek için termal olarak işlenebilir. İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan filtre tozunun tipik bileşimi Tablo 4.27'de gösterilmiştir.

Tablo 4.27: İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan filtre tozunun tipik bileşimi

İçerik	Tipik değer (%)	Aralık (%)
CaO	25	0–50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	6–25
NaCl, KCl	35	20–50
Karbon	6	1–6
Metaller <sup>(1)</sup>	-	0,01–10
Al metali	3	2–7
PCDD/F as I-TEQ	5 µg/kg	3–10 µg/kg
<sup>(1)</sup> Zn, Pb, Cu, Mn, V, Cr, Ni, Sn, (ve eser miktarda: Co, As, Tl, Be, Sb). Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ].		

### Fırın astarları

Fırın astarları ve toz, tuz cürufu işleme prosesinde geri kazanılabilir veya bertaraf edilir.

### Tuz cürufu

Kullanılan tuz akısı fırından döküm yapıldığında (bu aşamada tuz cürufu olarak adlandırılır) hammaddeden ayrılan akı oldukça fazla miktarda alüminyum oksit içerir. Tuzlu cürufun toplam ağırlığının %4–10'u metalik alüminyumdur. Sodyum ve potasyum klorürler, ayırma ve kristalleştirme prosesleri kullanılarak daha fazla kullanım için geri kazanılabilir. Tuz cürufu geri dönüşüm tesislerinin çoğunda oksit kısmı, yıkama aşamasından sonra çimento veya mineral yünü endüstrisine satılır.

Hem filtre tozu hem de tuz cürufu geri dönüştürülür, bu da ikincil alüminyum endüstrisi tarafından üretilen tüm katı atıkların geri kazanılabileceği ve çöp depolama ihtiyacının azaltılabileceği anlamına gelir.

## 4.2.19. Enerji tüketimi

İkincil alüminyum ürünlerinde kullanılan hurdanın işlenmesinde birçok faktör enerji talebini etkiler. Fırın tasarımı ve verimliliği, tüm benzer endüstri proseslerinde olduğu gibi, enerji tüketimini etkiler. İkincil alüminyum üretimi için, aşağıda açıklanan birkaç özel faktör vardır.

Hurdanın kalitesi büyük ölçüde fırın seçimini ve dolayısıyla enerji tüketimini belirler. Prensipite kirlenmiş hurdanın ergitilebilmesi için hurda ile birlikte eritilmesi gereken tuzun da eklenmesi gerekir, bu da daha az kirlenmiş olan hurdaya göre daha yüksek spesifik enerji tüketimine neden

olur. Tuzun eritilmesi için gerekli olan enerji miktarı metalin ergitilmesi için gerekli olan enerjiyle aynıdır, yani kullanılan her 100 kg tuz, üretilen her ton ürün için enerji tüketimini %10 arttırır.

Talaş gibi bazı kirlenmiş hurdaların ergitilmeden önce ön işlemden geçirilmesi gerekecektir. Ortalama olarak, talaşın yıkanması ve kurutulması, ergitme ve ergimiş metal işleme prosesi ile benzer miktarda enerji tüketir. Özellikle ince talaşların briketlenmesi sonrasında bunların ergitilmesi metal kaybının azaltılmasını sağlar.

İkincil döküm alaşımları ingot ve sıvı şeklinde üretilebilir (potalar içerisinde taşınırlar). Sıvıyı daha yüksek bir sıcaklığa ısıtmak ve potayı ısıtmak için gereken ek enerji %20-30 arasındadır. Metalin sıvı olarak taşınması, tam zamanında hizmet taleplerinin karşılanmasının yanında dökümhanede yeniden ergitme işlemine gerek olmamasını sağlar, böylece nihai döküm ürünlerinin toplam enerji tüketimi düşürülmüş olur.

İkincil işlenmiş alaşımlar levha ve kütük halinde üretilebilir. Birçok durumda, üretim tamamlanmadan önce ikincil tesiste bir homojenizasyon prosesi gerçekleştirilmelidir. Bu işlem için gerekli olan enerji tüketimi, müşterilerin ihtiyaç duyduğu alaşımlara bağlı olarak ton alüminyum başına 1–1,6 GJ aralığındadır.

Özet olarak, ikincil alüminyum ürünlerinin spesifik enerji tüketimi 2 GJ/ton ila 9 GJ/ton arasında değişmektedir. Daha düşük kalitedeki hurdaların geri dönüşümü genellikle daha fazla enerji gerektirse de ikincil alüminyum üretimi, birincil alüminyum üretimi için gereken enerjinin sadece %5'ini tüketir.

#### **4.2.20. Kütle akışına genel bir bakış ve girdi/çıkıktı verileri**

Alüminyum izabe tesislerinin tipik tesis, proses ve emisyon parametrelerinin (ham gaz) aralığı Tablo 4.28'de gösterilmiştir.

Tablo 4.28: İkincil alüminyum üretim tesislerinin tipik tesis, proses ve emisyon parametreleri (ham gaz)

Parametre <sup>(1)</sup>	Birim	Döner tamburlu fırın	Devirmeli döner fırın	Kuyu Tipi veya Çok Bölmeli Fırın		Şaft fırını	Pota ocağı	Kanal indüksiyon ocağı	
				Tek odalı	Ergitme köprülü, çok bölmeli fırın				
Tercih edilen uygulama		Birincil alüminyum üretimi	İkincil alüminyum üretimi	İkincil alüminyum üretimi, dökümhaneler		İkincil alüminyum üretimi	Kalıp atölyesi	İkincil alüminyum üretimi	
Amaç		Ergitme	Ergitme	Ergitme	Bekletme, döküm	Ergitme	Ergitme, bekletme	Ergitme, bekletme	
Tercih edilen hammadde		Yeni hurda (ince duvarlı, küçük parçalar halinde), eski hurda, cüruf	Eski hurda, cüruf	İngotlar, eski/yeni hurdalar	Erimiş metal	İnce duvarlı yeni/eski hurdalar (boynamış/kaplanmış)	İngotlar, yeni hurdalar (geri dönüştürülmüş malzemeler)	İngotlar, yeni hurdalar	
Tercih edilen ergitme işlemi		Tuz örtüsü	Döner tambur ile karşılaştırıldığında azaltılmış tuz örtüsü	Tuz örtüsüz, klorlama		Tuz örtüsüz	Tuz örtüsüz	Tuz örtüsüz, klorlama	
Kapasite	t	150'e kadar	30'e kadar	180'e kadar		180'e kadar	0.5–4 (belki 15'e kadar)	0.1–0.6 <sup>(b)</sup> , 0.5–6 <sup>(c)</sup> , 0.1–1.2 <sup>(a)</sup>	Yaklaşık olarak 50
Ergitme verimi	t hammadde/h	20'e kadar	7'e kadar	30'e kadar	NA	3–28	2.5'e kadar (genellikle 1.5)	0.075–0.26 <sup>(b)</sup> , 0.25–3 <sup>(c)</sup> , 0.1–0.43 <sup>(a)</sup>	Yaklaşık olarak 7 (ergitme verimi)
Tercih edilen yakıtlar		Doğal gaz, LPG, hafif fuel oil, orta/ağır fuel oil	Doğal gaz, LPG, ekstra hafif fuel oil,	Doğal gaz, LPG, ekstra hafif fuel oil,		Doğal gaz, LPG, ekstra hafif fuel oil,	Doğal gaz, LPG, ekstra hafif fuel oil,	Doğal gaz, LPG, ekstra hafif fuel oil, veya elektrik ısıtım	Elektrik ısıtım
Enerji kullanımı <sup>(5)</sup>	GJ/t metal	2–4.7	2–2.5	2.5–4.4	Detay yok	2.4–4.3	2.1–3.3 (işletme durumuna göre)	5.1–7.4 (M), <sup>(a)</sup> , 1.7–3.5 (H), <sup>(a)</sup> , 2.7/1.9–2.1 (M), <sup>(b)</sup> / <sup>(c)</sup> , 0.4/0.9–1.2 (H), <sup>(b)</sup> / <sup>(c)</sup>	Yaklaşık olarak 3.6 (M/H)
Atık gaz oranı <sup>(5)</sup>	m <sup>3</sup> /t metal	9000–18 000	9000–13 000	5000–13 000	Detay yok	10 000–15 000	2000–4000	2000–4000 (M), <sup>(a)</sup>	Maks. 14 500
Toz üretimi		++	+++	++	+	++	NR	NR	+

Parametre <sup>(1)</sup>	Birim	Döner tamburlu fırın	Devirmeli döner fırın	Kuyu Tipi veya Çok Bölmeli Fırın		Şaft fırını	Pota ocağı	Kanal indüksiyon ocağı	
				Tek odalı	Ergitme köprülü, çok bölmeli fırın				
Azot oksitler <sup>(3)</sup>		+ (Optimize edilmiş yanma koşullarını varsayarak) veya ++ (yakıt / oksijen ısıtmalı fırınlar için)					NR	NR	
Kükürt dioksitler <sup>(3)</sup>		NR							
Klor <sup>(4)</sup>		++ (klorlama)							
Hidrojen Klorür <sup>(4)</sup>		+++	++	+, ++ (klorlama)	+, ++ (klorlama)	++	NR	++ (klorlama)	++ (klorlama)
Hidrojen florür		+++	++	+	+	+	NR	++	+
Toplam organik karbon <sup>(5)</sup>		++	++	+	+	+	NR	NR	NR
PCDD/F <sup>(2)</sup>		+++	++	++	NR	+	NR	NR.	NR

<sup>(1)</sup> Proses emsiyonlarının uygunluğu: +++ yüksek, ++ orta, + düşük, NR ilgili değil (örneğin çok düşük ergitme oranı nedeniyle).

<sup>(2)</sup> Esas olarak hammaddelerin tipine ve bileşimine bağlıdır.

<sup>(3)</sup> Öncelikle ateşlemeye bağlı (yakıt seçimi, alev kontrolü).

<sup>(4)</sup> Esas olarak, ergitme işleminin türü ve kapsamına bağlı olarak, diğerlerinin yanı sıra metal verimi, hava ön ısıtma, bitki kapasite kullanımı gibi değişkenlere bağlıdır.

<sup>(5)</sup> Genel tesis (işleme, izabe ve bekletme için enerji ihtiyaçlarının toplamı, yardımcı enerji dahil).

(M) Ergitme fırını için

(H) Bekletme fırını için.

<sup>(a)</sup> Yakıtle ısıtılan pota fırınları.

<sup>(b)</sup> Rezistans ısıtmalı pota fırınları.

<sup>(c)</sup> İndüksiyon ısıtmalı pota fırınları.

NB: NR = İlgili değil, NA = Uygulanamaz

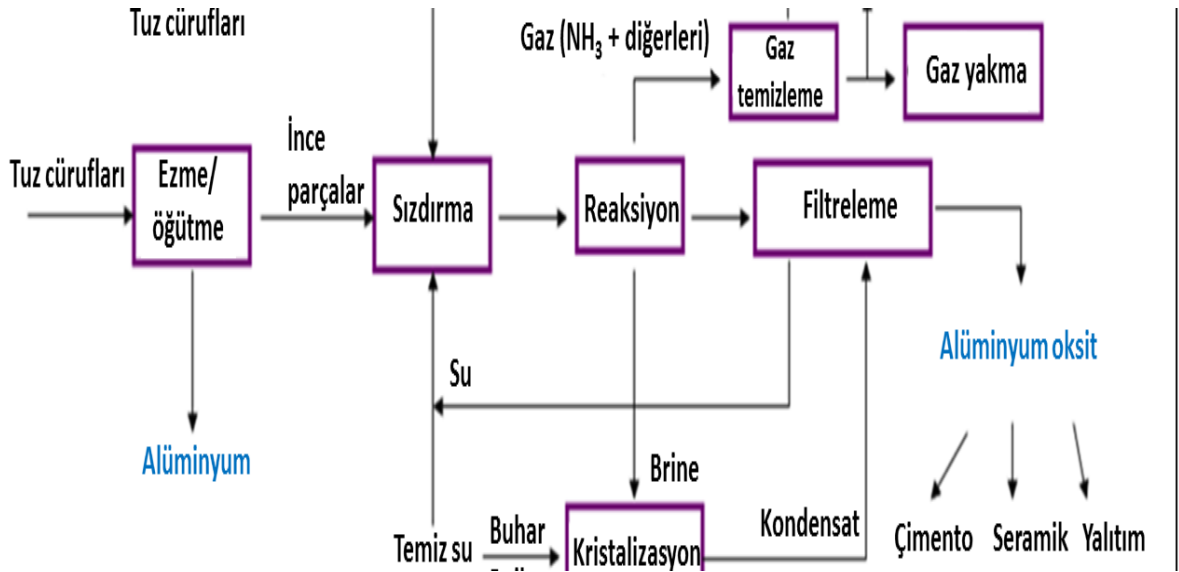
Kaynak: [ 312, VDI 2008 ], [ 296, EAA, OEA 2012 ]



#### 4.2.21. Tuz cürufu

Alüminyum tuzu cürufları (aynı zamanda alüminyum tuz keki veya siyah cüruf olarak da bilinir) tehlikeli atıklardır ve genellikle [361, İspanya 2013] düzenli depolama için uygun değildir. Islak olduklarında zararlı gazlar oluşturduklarından, drenaja sızmasını önlemek için kapalı bir ortamda ve beton zeminlerde depolanmalıdırlar.

Tuz cürufu geri kazanımı için örnek bir kütle akış diyagramı Şekil 4.11’de ve çeşitli tuz cürufu geri kazanım işlemlerinden gelen çıktıların tipik bileşimi ise Tablo 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.11: Tuz cürufu geri kazanımı için kütle akış diyagramı

Tablo 4.29: Tuz cürufu geri dönüşümünün tipik çıktıları

Proses	Ara ürün veya kalıntı	Miktar (t/t tuz cürufu)	Kullanım veya bertaraf seçeneği
Tamamen geri dönüşüm	Alüminyum granül	0.04–0.1	Satış veya ikincil Al ergitmede yeniden kullanım
	Tuz (NaCl/KCl)	0.2–0.55	Satış veya ikincil Al ergitmede yeniden kullanım
	Alüminyum oksit	0.46–0.68 <sup>(1)</sup>	Tuğla, seramik, kil, çimento ve mineral yün endüstrisine satış
	Amonyum sülfat	0.08	Gübre endüstrisine satış
Kısmen geri dönüşüm	Alüminyum granül	0.08	İkincil Al ergitme için satış
	Tuz (95 % KCl)	0.09	Gübre endüstrisine satış
	Sızıntı kalıntısı (%20 nemli, alüminyum oksitler, NaCl)	0.97	Atık yığını kaplaması, geçirimsiz bir yerde, deponi alanında veya sahada bertaraf
	Amonyum sülfat	0.03	Gübre endüstrisine satış
	Fosfat çözeltisi (Atık gaz arıtımı)	0.07 m <sup>3</sup> /t tuz cürufu	Gübre endüstrisine satış

(<sup>1</sup>) Islak ürün  
Kaynak: [234, UBA (D) 2007], [296, EAA, OEA 2012]

#### 4.2.22. Havaya salınan toz ve diğer emisyonlar

Proseste bulunan tüm ıslak aşamalardan ortaya çıkan gazlar, özellikle hidrojen ve metandan, ayrıca az miktarda amonyak, fosfin ve hidrojen sülfürden oluşur. Tüm bu proses emisyonları toplanır, temizlenir ve amonyak, satış için amonyum sülfat (çözelti veya tuz) üretmek üzere ayrılır. Prosesin diğer kısımları için ısı üretmek amacıyla bu gazların bir kısmı yakıt olarak kullanılabilir [113, ALFED 1998]. Bazı tesislerde, tüm öğütme aşamaları kuru koşullarda gerçekleştirilir, bu nedenle bir torba filtrede toplanan toz haricinde bu aşamada gaz emisyonu ortaya çıkmaz. Ayrıca, tuz cürufunun ezilmesinden kaynaklanan yaygın toz emisyonları çok önemlidir ve toz problemini önlemek için öğütücü tesisi sızdırmaya karşı kapatılmalıdır. Diğer tesislerde, son aşamada su kullanılır, bu durumda potansiyel olarak fosfin ve hidrojen sülfür emisyonlarını azaltmak için aktif karbon filtresi kullanılır [267, BEFESA 2008].

Toz tesisin kırma ve öğütme gibi tüm kuru proseslerinde üretilir. Tuz cürufunun parçalanmasından kaynaklanan toz yayılımı önemli olabilir. Toz sızıntısını önlemek için öğütme ekipmanları toz sızdırmasına karşı kapatılmalıdır. Tüm çıkış gazları bir torba filtrede artırılır ve ayrılan toz doğrudan çözücülere gönderilir.

Tablo 4.30'da tuz cürufu geri kazanım tesislerinden toplanan tipik hava ve toz emisyonları (eğer varsa, boiler çıkışı hariç) gösterilmektedir.

**Tablo 4.30: Tuz cürufu geri kazanım tesislerinden toplanan hava ve toz emisyonları**

Kaynak	Emisyon kontrolü	Toz	Amonyak	Fosfin	Hidrojen sülfür
		(mg/Nm <sup>3</sup> )	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(mg/Nm <sup>3</sup> )
		Min.–maks.	Min.–maks.	Min.–maks.	Min.–maks.
Kuru öğütme, kırma, ezme, yükleme	Torba filtre	<1–5	-	-	
Yaş öğütme	Aktif karbon filtre	-	-	<0.1	<0.1
Sıcak sızdırma	Torba filtreli veya filtersiz son yakıcı	1–9	1–9	<1	<1–1.7
Amonyak arıtımı depolama	Islak (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Gaz yıkayıcı	5–7	1–9	<1	<1

*Kaynak: [ 296, EAA, OEA 2012 ]*

#### 4.2.23. Su ve katı atıklar

Tam geri dönüşüm durumunda, prosesten atıksu ortaya çıkmaz. Ara proses aşamalarında ortaya çıkan yıkama suyu ve kondensatlar, normal olarak proses içinde buharlaşan ve ıslak oksit formunda kaybolan proses sularını tamamlamak üzere çözücülere geri döndürülür. Kısmi geri dönüşüm prosesinde atık şu oluşumu gözlenir.

Tam geri dönüşüm prosesinde, yaş öğütme işleminde kullanıldığında ortaya çıkan tek katı atık aktif karbondur.

Bazı kısmi geri dönüşüm proseslerinde, süzüntü kalıntıları bir atık yığınını üstünü örtmek veya arazi üzerinde biriktirmek için kullanılır [361, İspanya 2013]. Tuz atık yığınlarından süzülür.



#### 4.2.24. Enerji kullanımı

Tam geri dönüşüm işlemi için hem yakıt hem de elektrik dahil olmak üzere enerji tüketimi, işlenen tuz cürufunun tonu başına 1900 MJ ila 3845 MJ arasında değişmektedir.

Bir kısmi geri dönüşüm prosesinde enerji tüketimi, işlenen tuzu cürufunun tonu başına ortalama 81 MJ'dür. Kısmi geri dönüşüm, tuz cürufu içindeki üç ürün yerine sadece bir ürünü geri kazanırken, nispeten daha az enerji kullanır.

Sadece alüminyum ve diğer metalik ürünler geri kazanıldığında enerji maliyeti, kg tuz cürufu başına 0,120 g CO<sub>2</sub> olarak tahmin edilebilir.



### 4.3.MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bu belgenin “MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümlerinde genel olarak, belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevresel koruma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler ortaya koyulmaktadır. Kullanılan tekniklerin arka planı Bölüm 2.12 ve Bölüm 2.10'da anlatılmıştır.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için bir dizi teknik sunmaktadır. Bu tekniklerin hepsi ticari olarak mevcuttur. İyi bir çevresel performans gösteren teknikleri belirtmek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler, endüstriyel kuruluşlardan ve Avrupa Üye Ülkeleri tarafından sağlanan bilgilere ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de açıklanan yaygın proseslere uygulanan genel teknikler büyük ölçüde bu sektördeki prosesleri kapsamaktadır ve ana ve bağlantılı süreçlerin kontrol ve işletim şeklini etkilemektedir.

#### 4.3.1. Alümina

#### 4.3.2. Boksit ve alüminanın depolanması, taşınması ve nakliyesi sırasında ortaya çıkan toz emisyonlarını azaltma teknikleri

Alümina üretimi için hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan yaygın emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar Met referans dokümanında [290, COM 2006] ele alınmıştır.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Bazı öğütme, ayırma, paketlenme ve nakliyat işlemlerinden kaynaklanan tozlar, toplanabilir ve azaltılabilir. Torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) normalde ortam sıcaklığında gerçekleştirilen işlemlerde kullanılır. Torba filtreler, bu aşamada ESP'lerden daha iyi toz giderme verimliliği sağlayabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya salınan emisyonların azaltılması
- Malzemelerin geri kazanılması

#### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımının artması

#### Çevresel performans ve işletme verileri

10 mg/Nm<sup>3</sup>'ten 70 mg/Nm<sup>3</sup>'e kadar olan toz emisyonları bildirilmiştir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Torba filtre kullanımı, gazın sıcaklığı ve nemi ile sınırlıdır.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Toz emisyonlarının düşürülmesi.
- Malzemelerin yeniden kullanım için geri dönüştürülmesi.

### Örnek tesisler

Yunanistan, Fransa, İspanya, Almanya, Romanya ve İrlanda'da bulunan tesisler

### Referans literatür

[290, COM 2006]

### 4.3.3. Alümina üretimi için kurutma fırınları, kazanlar ve kalsinasyon fırınlarından kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler

Nadiren yapılsa da eğer gerekliyse boksitin kurutulması, maden sahasında gerçekleştirilir ve bu nedenle bu belgenin kapsamı dışındadır. 50 MWth'ın üzerindeki kazanlar Büyük Yakma Tesisi Met referans dokümanının kapsamındadır ve burada ele alınmayacaktır. Sadece kalsinasyon fırınlarından kaynaklanan emisyonları azaltmak için teknikler ele alınmıştır.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1) veya torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Kullanılabilir ise düşük kükürtlü yakıtların veya doğal gazın seçilmesi,
- Düşük NO<sub>x</sub> üreten brülörlerin kullanılması.

### Teknik açıklama

Hangi kalsinasyon teknolojisi kullanılırsa kullanılsın, ince alümina tozu normalde ESP tarafından toplanır, ancak bazı fırınlarda çıkış gazı sıcaklığına bağlı olarak torba filtreler kullanılabilir.

SO<sub>2</sub> emisyonları, kullanılan yakıtın kükürt içeriği ile doğrudan ilgilidir. Doğalgaz genellikle düşük kükürt içeriği nedeniyle oldukça düşük SO<sub>2</sub> emisyonlarına neden olur. Ancak, doğal gazdaki kükürt içeriğinin düşük olmasına rağmen, doğalgazın alındığı ve dağıtıldığı yere göre içeriğindeki SO<sub>2</sub> miktarının önemli ölçüde değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yanma işlemi sırasında NO<sub>x</sub> de oluşur. Ortaya çıkan NO<sub>x</sub>, kullanılan yakıtın türüne, brülörün tasarımına, yanma odasına ve sıcaklığa büyük ölçüde bağlıdır. Daha yüksek çalışma sıcaklıkları gerektiren özel alüminyumların üretiminde daha yüksek NO<sub>x</sub> seviyeleri gözlenmiştir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji tüketiminin artması.
- Atık üretimi.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Alümina kalsinasyon tesislerinden kaynaklanan emisyon değerleri Tablo 4.31'de gösterilmiştir.

Tablo 4.31: Alümina kalsinasyon tesislerinden kaynaklanan emisyonlar

Tesis	Azaltım tekniği	Değer	Akış	Veri elde etme ve izleme sıklığı	Toz		NO <sub>x</sub>	
			Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t
E (kullanılan yakıt gemi yakıtıdır)	ESP	Min.	151 384	Periyodik izleme	10,00	0,01	123,00	0,14
		Maks.	245 288		145,00	0,19	236,00	0,20
		Ort.	219 133		68,00	0,10	157,00	0,18
B	ESP	Min.	NR	NR	7,00	0,0006	186,55	0,03
		Maks.	300 000		76,00	0,01	1519,05	0,30
		Ort.	NR		23,00	0,002	536,25	0,09
D	Torba filtre	Min.	106 900 (hesaplanan)	Sürekli izleme (aylık ortalama)	19,09	0,07	23,661	0,10
		Maks.			29,97		44,85	
		Ort.			23,23		35,75	
D	Torba filtre	Min.	92 608 (hesaplanan)	Sürekli izleme (yıllık ortalama)	10,53	0,05	0	0,33
		Maks.			29,97		272,6	
		Ort.			22,89		118,83	

NB: NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Üç kalsinatörün sürekli ölçümünün yapıldığı bir diğer tesis (A Tesisi) de sürekli ölçüm sonuçlarını raporlamıştır. A Tesisi'nin verileri tabloda gösterilmemektedir çünkü bunlar, kalsinatörlerin işletmeye alınması ve kapatılması ile ilgili verileri (yani normal çalışma koşulları haricinde) de içermektedir.

Tozla ilgili olarak, kullanılan ürünün yanı sıra kullanılan yakıtın türü de azaltım performansını önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

NO<sub>x</sub> için üst aralık değerleri, daha yüksek kalsinasyon seviyelerinin gerekli olduğu özel alüminaların üretimini içeren kalsinasyon proseslerin gözlenmektedir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Temiz yakıtların ve yüksek performanslı brülörlerin, ESP teknolojileri ile birlikte kullanılması, kalsinatörlerde kullanılan yaygın tekniklerdir. Bununla birlikte tasarıma bağlı konfigürasyonlar, üretilen üründen (SGA, özel alüminalar vb.) de etkilenmektedir.

Torba filtrelerinin kullanımı egzoz gazı sıcaklığı ve nemi tarafından sınırlandırılmaktadır.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel etkinin azaltılması.

#### Örnek tesisler

İspanya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda ve Romanya'da bulunan tesisler.

#### Referans literatür

[386, EAA 2012]

### **4.3.4. Alümina üretiminden kaynaklanan boksit kalıntılarını önlemek ve azaltmak için teknikler**

Alüminanın boksitten ekstraksiyonu ile ilişkili atık oluşumu çevresel açıdan önemli bir konudur; Alümina üretiminden kaynaklanan boksit kalıntılarını önlemek ve en aza indirmek için kullanılan teknikler bu nedenle dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki teknikler, boksit kalıntısı üretimi ve taşınması işlemlerinde Madencilik Faaliyetlerinde Atıkların ve Atık Kayaların Yönetimi Met referans dökümanı ile uyumlu ve tamamlayıcıdır.

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Sıkıştırma,
- Boksit kalıntısı içinde kalan alkalinitenin azaltılması/nötralize edilmesi.

#### **Teknik Açıklama**

Genel olarak, boksit kalıntıları için en iyi yaklaşımın, pH'ın ve/veya nem içeriğinin mümkün olduğunca azaltılması olduğu kabul edilir. Alümina rafinerilerinde amaç bertaraf edilecek kalıntının alkalinitesinin olabildiğince düşürülmesi ve katı içeriğinin olabildiğince artırılması olmalıdır. Bu işlem, hendek veya havuz duvarının dikkatli bir şekilde tasarlanmasını ve inşasını, malzemenin ıslah/iyileştirme/yeniden bitkisel üretime kazandırma/yeniden kullanım amacıyla bertaraf edilmesini kapsamaktadır. Böylece boksit kalıntılarının depolandığı alanlar nihai olarak doğal veya kullanılabilir alanlara dönüştürülebilir.

Boksit kalıntısı, yarı kuru bir kek oluşturmak üzere (yüksek veya düşük basınçta) filtrelenebilir; eğer gerekiyorsa nakliye, depolama veya kullanımdan önce alkalinitesini düşürmek için su veya buhar kullanılabilir.

Kurutulduğunda boksit kalıntısı toz emisyonuna yol açabilir. Orta veya uzun vadedeki plan alanları kapatılarak/restore ederek yüzeyde bitkisel büyümenin gerçekleşmesini sağlamaktır. Kısa vadede ise toz problemi sulama ile azaltılabilir.

Boksit kalıntılarının yol yapımında, çimento üretiminde, kapaklama malzemelerinde ve refrakter değişiminde kullanılmasında bazı önemli başarılar elde edilmiştir; bununla birlikte, üretilen boksit kalıntılarının sadece çok küçük bir kısmı şu anda kullanılmaktadır.

Ayrıca boksit kalıntılarının alkalinitesi CO<sub>2</sub> absorplamak için kullanılabilir ve bu, boksit üretiminin, birincil alüminyum ergitme fırını ile aynı veya yakın bir yerde veya başka bir CO<sub>2</sub> kaynağına yakın yerlerde, mümkündür. Örneğin Avustralya'da uygulanan amonyak üretiminde uygulanmaktadır.

Madencilik Faaliyetlerinde Atıkların ve Atık Kayaların Yönetimi ile ilgili Met referans dokümanında daha fazla ayrıntı bildirilmiştir [332, COM 2009].

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Boksit kalıntısı depolamanın en aza indirilmesi.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanmamıştır.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Plakalı veya çerçeveli filtreler Yunanistan ve Fransa'da kullanılmış ve bu teknikler ile %70'ten daha fazla katı madde içeriğine sahip boksit kalıntıları elde edilmiştir.

Çamur hasadı ile önemli ölçüde su azaltımı sağlanabilir ve uygun arıtım ve periyotların ardından katı madde içeriği %50'nin üzerine çıkarılabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Tesisin yaşı ve teknolojisi, arazi mevcudiyeti, denize yakınlık, eski madenler gibi yerel özelliklerin varlığı, iklim, lojistik imkanlar, kalıntının niteliği ve yönetmelikler gibi faktörler, nelerin başarılabileceğinin bir parçası.

Bu dokümanda açıklanan çözümlerden bazıları, her tesisin kendisine özgü özellikleri ve bulunduğu alan farklı olduğu için uygulama alanları kısıtlıdır. Örneğin, bazı tesislerde boksit kalıntılarının maksimum katı içeriğinin belirli limitleri vardır, çünkü boksit kalıntılarının bertaraf alanına taşınması pompalama sistemleri ile yapılmalıdır.

#### *Boksit kalıntılarında kalan alkalinitenin kullanımı*

CO<sub>2</sub>'nin absorplanması için boksit kalıntılarının kullanımı hala geliştirilmekte olan bir uygulamadır ve teknik ve ekonomik açıdan uygula çalışmaları halen devam etmektedir.

### Ekonomik veriler

Fransa'da bulunan, 400000 t/yıl boksit kalıntısından su giderme gereksinimi olan ve 130000 t/yıl işletme kapasiteli bir basınçlı filtre bulduran bir tesisin ilk yatırım maliyeti 8 milyon €'dur. Yakın gelecekte tam kapasiteye ulaşmak için gereken yatırım miktarı bu rakamın üç katından daha fazla olacaktır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel etkinin azaltılması.

### Örnek tesisler

İspanya ve İrlanda'daki tesisler döner vakumlu çamur filtrelerini kullanmaktadırlar. Fransa'da bulunan bir tesis ise 2016 yılında denize dökerek bertaraf işlemini durduracak ve filtre press sistemini kullanmaya başlayacaktır.

### Referans literatür

[247, France 2008], [332, COM 2009], [387, EAA 2013].

## 4.3.5. Boksitten alümina üretmek için gerekli olan enerji miktarını düşürme teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Plakalı eşanjörler,
- Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler,
- Çürütücü tasarımı,
- Boksit seçimi.

### Teknik Açıklama

#### *Plakalı eşanjörler*

Çökeltme alanına akan sıvıdan geri kazanılan ısı miktarı, bir flaş soğutma tesisinden ziyade plakalı eşanjörler kullanılarak arttırılmaktadır.

#### *Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler*

Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler, döner fırınlardan çok daha yüksek bir enerji verimliliğine sahiptir, çünkü alümina ve baca gazından ısı geri kazanımı daha fazladır.

Enerji kullanımını iyileştirmek için döner fırınların tasarımı ile brülörün tasarımının veya fırın içerisindeki pozisyonunun modifiye edilmesi ile birbirlerine adapte edilebilir ve besleme suyunun ön ısıtması için atık baca gazları kullanılabilir. Alunorte'deki akışkan yataklı bir kalsinatörün spesifik enerji tüketimi 2790 kJ/kg alüminaya indirilmiştir.

### *Çürütücü dizaynı*

Tek bir akış kullanılarak çamur, canlı buhar kullanılmadan tek bir devrede ısıtılır ve bu nedenle çift akışlı çürütücü tasarımı olduğu gibi, çamur seyreltilmeden sindirim sıcaklığına kadar ısıtma sağlanır. Bir tüp çürütücü, mevcut tek akışlı çürütücü tasarım tekniğinin bir örneğidir.

### *Boksit seçimi*

Boksit cevheri kalitesi enerji tüketimini etkilemektedir. Daha yüksek bir nem içeriğine sahip boksitin kullanılması durumunda prosese taşınan suyun buharlaştırılması gerekmektedir. Ek olarak, yüksek monohidrat içerikli boksitler (böhmite ve/veya diyaspor), çürütme sürecinde daha yüksek bir basınç ve sıcaklık gerektirir ve bu da daha yüksek bir enerji tüketimine yol açar. Boksitin sınıflandırması esas olarak, boksit içerisindeki alümina yüzdesine ve alüminanın türüne (jips, böhmite, diyaspor) bağlıdır.

Jips boksitten en kolay ayrılabilen alümina türüdür ve bu işlem nispeten daha düşük sıcaklıklarda (150 °C) gerçekleştirilebilir. Böhmite içeriği %4'ün üzerinde olduğunda alüminayı geri kazanmak amacıyla, kostik çözeltisi (yüksek sıcaklık veya basınçlı rafineri) içinde böhmiteyi çözmek için rafineri sıcaklığının 250 °C'ye yükseltilmesi gerekmektedir. Diyaspor daha yüksek bir çürütücü sıcaklığı gerektirir. Hem böhmite hem de jips içeren bazı boksit cevherleri, içerdiği küçük miktardaki böhmiteyi çözünbilmesi için yüksek bir sıcaklıkta tam çürütmeye ihtiyaç duymayan bir çift akışlı çürütücü tasarımı ile işlenebilir.

Daha yüksek alümina içeriğine sahip boksit kullanılması, nakliye ve taşımada kullanılan enerjinin en aza indirilmesini ve daha az boksit artığı üretilmesini sağlar.

Boksit içindeki yüksek silika içeriği, silikanın reaksiyona girmesi nedeniyle daha yüksek kostik soda kaybına yol açarak, sodyum alüminyum silikat (sodalit) üretimine ve sodyum ve alüminyum kaybına neden olmaktadır ve çözeltinin seyrelmesine neden olmaktadır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Çürütücünün enerji kullanımının azaltılması.
- Bütün ortamlara salınan ana emisyonların azaltılması.

### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanmamıştır.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Proses optimizasyonu ile, tüp çürütücüler kullanıldığında spesifik enerji tüketimi 7,0 GJ/t  $Al_2O_3$ 'ün altına düşürülebilir.

Geleneksel çürütücülere sahip diğer tesislerde, teknolojiye özel enerji tüketimi 10 GJ/  $Al_2O_3$ 'ün altına düşürülebilir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

#### *Plakalı eşanjörler*

Bu teknoloji, kondensat dengesi ve çözelti koşulları elverişli ise soğutma akışkanından gelen enerji proses içinde tekrar kullanılabilmesinde uygun olabilir.

#### *Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler*

Yüksek kalsinasyon seviyeleri sadece döner bir fırında elde edilebildiğinden, özel/non-smelter dereceli alüminalara uygulanamaz. Son zamanlardaki araştırmalar [388, Finlandiya 2013], sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörlerin, döner fırınlardaki partikül kırılması için sadece referans noktasının biraz üzerinde parçacık kırılması seviyeleri oluşturabileceğine işaret etmektedir. Döner fırınların tasarımı ile brülörün tasarımının veya fırın içerisindeki pozisyonunun modifiye edilmesi ile birbirlerine adapte edilebilir ve besleme suyunun ön ısıtması için atık baca gazları kullanılabilir.



*Çürütücü tasarımı*

Buhar enjeksiyonunu kullanan çift akışlı çürütücü tasarımına sahip tesisler, tesisin tamamen yeniden tasarlanması ve yeniden inşası olmadan tek akışlı çürütücü tasarımına dönüştürülemez. Birçok durumda arazi yetersiz kalacaktır.

*Boksit seçimi*

Bazı tesisler, alternatif kaynakların kullanımını sınırlayan özel bir boksit kalitesi için tasarlanmıştır. Yüksek sıcaklık ve basınçta çalışması için tasarlanmış ve doğal olarak daha az enerji verimli olan (örneğin, yüksek böhmit ve toplam kullanılabilir alümina içeriğini kullanan tesisler) tesisler için bu durum söz konusudur.

**Ekonomik veriler***Sirkülasyonlu akışkan yataklı kalsinatörler*

Geleneksel döner fırınlardan akışkan yataklı kalsinatörlere geçiş yapılarak yakıt tüketiminde %30-35'lik bir azalma olduğu tahmin edilmektedir. Bu rakamın, döner fırınlar için optimum brülör tasarımı, brülör pozisyonu ve sıvı ön ısıtma sistemleri kullanılması durumunda yarıya düşeceği tahmin edilmektedir.

*Çürütücü tasarımı*

Tüp çürütücülerin mevcut tesisler için kullanımını hem maliyet hem de yer gereksinimi açısından düşünmek neredeyse imkansızdır. Bazı tesislerde tüp çürütücülerin kurulumunun, tasarrufların büyük bir kısmını önleyen, bir ölçek sorununa neden olduğu da unutulmamalıdır. TWG tarafından sağlanan bilgilere göre, dünya çapında sadece iki tesiste kullanılmaktadır (bunlardan bir tanesi Almanya'dadır).

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Enerji maliyetlerinin düşürülmesi.
- Çevresel etkinin azaltılması.

**Örnek tesisler**

- Akışkan yataklı kalsinatörler: İspanya ve İrlanda'da bulunan tesisler.
- Döner fırınlar: Fransa ve Yunanistan'da bulunan tesisler.
- Statik kalsinatörler: Yunanistan ve Romanya'da bulunan tesisler.
- Tüp çürütücüler: Almanya'da bir tesis.
- Özel alümina üretim tesisleri: Fransa ve Macaristan'da bulunan tesisler.

**Referans literatür**

[386, EAA 2012], [389, EAA 2012]

**4.3.6. Alüminyum üretimi için anotlar****4.3.7. Birincil ve ikincil hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri**

Anot üretimi için birincil hammaddelerin depolanmasından, taşınmasından ve nakliyesinden kaynaklanan yaygın emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar Met referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006]. Kok ve ziftin depolanması ve taşınması ile ilgili teknikler, sektöre özel olarak kabul edilir.

**Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya ESP'yi takiben siklon (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3), RTO veya CTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

**Teknik açıklama**

*Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya ESP'yi takiben siklon (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1)*

Tozsuzlaştırma sistemleri kok depolama ve taşıma, ezme, öğütme ve ayırma işlemleri sırasında kullanılır. Torba filtreler en yaygın kullanılan tekniktir ve ESP'lerden daha iyi toz giderme verimine sahiptir.

*Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3), RTO veya CTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)*

Bu teknikler, sıcak ziftin depolanmasından kaynaklanan emisyonları azaltmak için bazen uygulanır. Yer değiştiren gazların geri dönüşü işlemi de uygulanır. Kuru gaz yıkayıcıların kullanılması durumunda, temizleme maddesi genellikle kok kömürü tozudur.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Hammaddelerin geri kazanılması.
- VOC emisyonlarının düşürülmesi.

**Ortamlar arası etkiler**

- Enerji kullanımının artması.
- Gürültü seviyesinin artması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

EAA tarafından hazırlanan Tablo 4.32, seçilen teknikler için performans değeri aralıklarını göstermektedir.

**Tablo 4.32: Hammaddelerin taşınması, depolanması ve nakliyesinden kaynaklanan toz emisyonu aralıkları**

Kaynak	Azaltım tipi	Kirlilik	Bacalardaki konsantrasyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Malzeme taşıma ve depolama. Kok ve geri dönüştürülmüş karbon malzeme	Siklon + ESP	Toz	20–60
	Torba (kumaş) filtre	Toz	5–20

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Torba filtrelerin kullanımı genellikle proseslerde uygulanabilir bir yöntemdir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Tesisin çevresel etkisinin azaltılması.

**Örnek tesisler**

- Torba filtreler ve ESP: Avrupa'daki bütün tesislerde torba filtre veya ESP kullanılmaktadır.
- Kok kuru gaz yıkayıcı : İspanya'da bir tesis.
- RTO veya CTO: Norveç ve İspanya'da bulunan tesisler.

**Referans literatür**

[296, EAA, OEA 2012]

### 4.3.8. Öğütme, karıştırma ve şekillendirme aşamalarından kaynaklanan toz ve PAH emisyonlarını azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4'e),
- Yoğunlaştırıcı,
- Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ardından torba filtre,
- RTO veya CTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

#### Teknik açıklama

Sadece bazı durumlarda, prosesin bu aşamasında uygulanan azaltım teknikleri de depolama alanından gelen gazları alır, çünkü normalde öğütme, karıştırma ve biçimlendirme işlemleri tesisin depolama, taşıma ve nakliye için ayrı bölümlerinde gerçekleşir.

*Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ardından torba filtre*

Öğütme ve ön ısıtma sırasında kok ve geri dönüştürülmüş ürünler tarafından yayılan toz, torba filtrelerle toplanabilir ve filtrelenebilir. Karıştırma ve biçimlendirme sırasında ziftten yayılan PAH yoğunlaştırılabilir ve/veya ince kok parçacıkları üzerine adsorbe edilebilir ve daha sonra torba filtrelerle filtre edilebilir. Yoğuşurma işlemi, bir iklimlendirme kulesinde hava ve/veya su sistemleri ile harici ve/veya dahili soğutma ile gerçekleştirilebilir. Yüklenen toz daha sonra, mümkün olduğunda, macun üretimi için gerekli olan kalite esas alınarak karıştırma işlemine geri gönderilir.

Katı zift kullanıldığında, yeniden ergitme işlemi sırasında ortaya çıkan duman, karıştırma aşamalarındaki zift dumanları ile birlikte işlem görecektir.

*RTO veya CTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)*

Karıştırma ve biçimlendirme sırasında yayılan toz ve PAH, bir RTO veya CTO'da yakılabilir, üretilen ısının bir kısmı proste kullanılabilir ve depolama ve karıştırma aşamalarının sıcaklığının korunmasına katkıda bulunabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

*Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

- Toz ve PAH emisyonlarının azaltılması.
- Toplanan tozun yeniden kullanılması.

*RTO veya CTO*

- Toz ve PAH emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

*Torba filtre veya RTO*

Tablo 4.33: Kok toz giderimi emisyonları

Tesis	Azaltım tekniği	Değer	Akış	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz	
			Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot başına
1	RTO	Min.	55 559	Periyodik izleme (referans yılı 2010)	0,06	8,8E-05
		Maks.	72 577		0,25	3,82E-04
		Ort.	67 359		0,16	3,23E-04
1	RTO	Min.	55 559	Periyodik izleme (referans yılları 2008-2010)	0,01	1,7E-05
		Maks.	72 577		0,44	5,88E-04
		Ort.	67 359		0,15	3,05E-04 NR
2	Torba Filtre	Min.	3 000	Periyodik izleme (referans yılı 2010)	0,80	NR
		Maks.	35 000		10	
		Ort.	18 000		3	
3	Torba Filtre	Ort.	13 212	Periyodik izleme (yılda bir kere; referans yılı 2007-2010)	5,65	0,01
4	Torba Filtre	Min.	3 924	Periyodik izleme (yılda 12 kere, referans yılı 2011)	0,30	NR
		Maks.	35 532		15,07	
		Ort.	25 200		3,05	
5	Torba Filtre	Min.	NR	Periyodik izleme	2	NR
		Ort.			16,70	
6	Torba Filtre	Min.	24 840	Periyodik ölçüm	6,60	NR
		Maks.	27 000		20,50	
		Ort.	25 830		10,70	
7	Torba Filtre	Min.	2 892	Periyodik izleme (yılda 10 kere; referans yılı 2010)	0,15	5,8E-05
		Maks.	4 665		NR	0,037
		Ort.	3 726		20,04	0,008
		Min.	17 997		1,13	0,003
		Maks.	22 943		3,35	0,008
		Ort.	21 398		2,11	0,005
		Min.	3 373		0,98	4,15E-04
		Maks.	4 799		17,75	0,008
		Ort.	4 024		5,61	0,002

NB: NR = Rapor edilmemiştir.

Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

*Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

Avrupa'da bulunan tesisler, genellikle macun tesisi gaz yıkayıcıların, yaklaşık olarak 10000 Nm<sup>3</sup>/h'i sıcak zift karıştırma aşamasından olmak üzere, 25000 Nm<sup>3</sup>/h ve 100000 Nm<sup>3</sup>/h akış kapasitesi ile işletirler.

Tablo 4.34: Zift gazı temizleme prosesinden kaynaklanan emisyonlar

Tesis	Azaltım tekniği	Değer	Akış	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz	
			Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot başına
2	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Min.	5 000	Periyodik izleme	0,20	NR
		Maks.	35 000		17,00 *	
		Ort.	18 000		3,00	
4	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Min.	10 476	Periyodik izleme (referans yılı 2011)	1,33	NR
		Maks.	14 040		10,93	
		Ort.	12 064		4,23	
5	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Min.	NR	Periyodik izleme	0,30	NR
		Maks.			4,80	
		Ort.			2,00	
6	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Min.	6 120	Periyodik izleme (yılda 4 kere)	0,20	NR
		Maks.	7 200		1,90	
		Ort.	6 480		0,80	
7	RTO	Min.	9 348	Periyodik izleme (yılda 12 kere referans yılı 2010)	0	0
		Maks.	12 900		4,11	0,005
		Ort.	11 770		0,98	0,001
8	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Min.	20 985	Periyodik izleme (yılda 12 kere referans yılı 2010)	4,10	0,006
		Maks.	27 421		NR	NR
		Ort.	23 891		11,93	0,015
DE 1	Kuru kok gazı temizleyici+torba filtre	Maks.	NR	Sürekli izleme (referans yılı 2008; 17 293 yarım saatlik değerler)	%79,69 'u 4 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün altında	%98,18'i 6 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün altında*

\* ELV is 5 mg/Nm<sup>3</sup>.

NB: NR = Rapor edilmemiştir.

Kaynak: [ 385, Germany 2012 ], [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Ayrıca, Tesis FR 1, 2011 yılında 9,64 mg/Nm<sup>3</sup> toz ölçümü kaydedildiğinde tesiste bir sorun olduğunu bildirmiştir. Yapılan iç tetkikler sonrasında, olayın besleme sisteminde bir sorundan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Sadece 8, DE 1 ve FR 1 Tesislerinde, prosesin bu aşamasında BaP hakkında veri bildirilmiştir. Tesis 8 için periyodik ölçümlere dayanan ortalama değer 21,67 µg/Nm<sup>3</sup>'tür (0.0277 g/t anot), Tesis DE 1 için rapor edilen değerler (spot numuneler) 0,7–1,4 µg/Nm<sup>3</sup>'tür ve Tesis FR 1, için değer 19 µg/Nm<sup>3</sup>'tür (bu tesis için rapor edilen ELV 0.5 µg/Nm<sup>3</sup>'tür).

#### RTO/CTO

RTO kullandığı bildirilen Tesis 7'den, PAH/BaP için hiçbir veri bildirilmemiştir.

#### Ortamlar arası etkiler

*Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

- Enerji kullanımının artması (soğutma)

#### RTO veya CTO

- Enerji kullanımında artış (RTO / CTO işletilmesi). Bununla birlikte, eğer RTO sadece konsantre zift dumanlarına tahsis edilirse, çoğunlukla bir oto-termal modda çalıştırılır ve böylece enerji tüketimi azalır. RTO'yu besleyen akışa daha fazla

toplama noktası eklendiğinden, RTO'yu çalıştırmak için daha fazla enerji gerekir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

#### *Torba filtre*

Bir torba filtre, sadece kok depolaması ve öğütme gibi işlemlerden inert kok tozun giderilmesi için uygulanan bağımsız bir tekniktir.

#### *Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

Bu teknikler, zift dumanlarının ve/veya tozun bir macun tesisinde yayıldığı tüm alanlara uygulanabilir.

#### *RTO veya CTO*

Bu teknikler, daha yüksek zift konsantrasyonlarının bulunduğu macun karıştırma, soğutma ve oluşturma aşamalarına uygulanabilir.

### **Ekonomik veriler**

#### *Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

50.000 m<sup>3</sup>/h akış kapasiteli kuru gaz temizleme ünitesi için yatırım maliyeti yaklaşık olarak 1,4 milyon Euro'dur (toplama ağı hariç, ancak kurulum maliyeti dahil).

#### *RTO veya CTO*

2002 yılında kurulan küçük bir CTO ünitesi için yatırım maliyeti yaklaşık 300000 ABD Doları iken 2006 yılında kurulan benzer bir tesis için bu ünite 600000 Euro'ya mal olmuştur.

Yıllık işletme maliyetleri yaklaşık 6000 ABD dolarıdır (başlıca temizlik ve katalitik ortam giderleri). İşletmeye alma aşamasında 8 saatlik bir süre için (50 kWh) elektrik enerjisi kullanılır, ancak bu periyot sonrasında CTO'dan gelen yanma gazı sistemi sürekli çalışır halde tutar. Ek olarak, 1000 m<sup>3</sup>/saat gazı tahliye etmekte kullanılan bir fan için elektrik enerjisi gereklidir.

Norveç'te bulunan 10.000 m<sup>3</sup>/h akış kapasiteli bir RTO ünitesi için yatırım maliyeti 1,9 milyon Euro'dur. Yıllık bakım maliyeti ise 20000 Euro'dur.

50000 m<sup>3</sup>/h akış kapasiteli bir RTO ünitesi için yatırım maliyeti yaklaşık 4 milyon Euro olacaktır. Aynı toplam akış oranında, daha yüksek zift gazı için RTO ünitesi ve daha düşük konsantrasyonlar için bir kuru gaz yıkayıcı ünitesinin bir kombinasyonunun kurulum maliyeti yaklaşık olarak 3 milyon Euro olacaktır (her iki durumda da toplama ağı hariç, ancak kurulum maliyeti dahil).

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Toz ve ziftin geri kazanılması.

### **Örnek tesisler**

- Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre: Avrupa'daki çoğu tesis.
- RTO veya CTO: Norveç ve İspanya'da bulunan tesisler.

### **Referans literatür**

[272, Al input 2008]

## **4.3.9. Anot üretiminde pişirmeden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri**

### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Adsorban madde olarak alümina kullanılan kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ardından torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2),

- Ön ve son arıtma ile birlikte RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)
- Düşük kükürt içeriğine sahip malzemelerin kullanılması.

### Teknik açıklama

Her bir fırının ana dairesel toplayıcısından toplandıktan sonra, bir veya daha fazla anot pişirme fırınından gelen dumanlar, bir kanal ağı vasıtasıyla, duman arıtım merkezine gönderilir. Uygulanan teknikler, tesisin türüne (kombine anot ve alüminyum üretim tesisi veya bağımsız anot üretim tesisi) bağlıdır.

*Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ardından torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4)*

Kuru gaz temizleme işlemi, temizlik maddesi olarak alümina kullanarak, adsorpsiyon yoluyla florürlerin ve PAH'ın geri kazanımına dayanır. Genellikle, bir su soğutma kulesi kullanılarak gazlar, uygun bir florür ve PAH adsorpsiyonu ile uyumlu gaz sıcaklıklarına ulaşmak için ilk aşamada soğutulur. Taze alümina daha sonra dumanlarla birlikte bir reaktör aşamasına sokulur. Alümina üzerine adsorpsiyonun çoğu bu reaktör aşamasında gerçekleşir. Dumanlar ve alümina karışımı daha sonra yüklü alüminanın yanma gazından ayrıldığı bir toz giderme sistemine girer. Dumanlar ve alümina karışımı daha sonra yüklü alüminanın yanma gazından ayrıldığı bir toz giderme sistemine girer. Torba filtreler en çok toz giderme işlemi için kullanılır. Filtreler üzerinde oluşturulan filtre keki nedeniyle, torba filtrelerde ek bir adsorpsiyon işlemi de gerçekleştirilmiş olur. Yüklü olan alümina elektroliz için alümina beslemesinde kullanılır.

*Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2)*

Florürler, PAH ve tozlar gaz akışından çözülür ve/veya ayrılırlar. Su kapalı bir döngü içinde kullanılır ve gerekli çalışma koşullarını sağlamak için düzenli temizlenir.

*RTO (Bölüm 2.12.5.2.1) ön ve son arıtma ile*

Bir RTO, alüminaya doğrudan erişimi olmayan (örneğin bağımsız anot tesisleri) anot tesisleri için tercih edilen seçenektir ve aynı zamanda, tarihsel nedenlerden ötürü başka konfigürasyonlar da mevcuttur. Proses ısıtma, soğutma ve temizleme döngülerinin gerçekleştiği bir dizi destek bölgesi boyunca alternatif bir gaz çevrimine dayanır.

Böylesi bağımsız anot tesisleri, beslemelerinde geri dönüştürülmüş anot izmaritlerini kabul ettikleri için, bir son arıtım aşamasında florür geri kazanımı için bir işlem yapılmalıdır.

Tam proses dört aşamadan oluşmaktadır.

1. İri taneli katran bileşenleri ve tozun giderilmesi: Pişirme fırınından çıkan egzoz gazı bir paket seramik element yatağından geçirilir. Ağır katran bileşenleri, RTO'dan gelen sıcak gazlar kullanılarak periyodik olarak temizlenen yatak üzerinde yoğunlaşır. Temizleme fazından çıkan gazlar, ön arıtma aşamasına değil, RTO'ya geçer.
2. RTO: Egzoz gazını ısıtmak için seramik yataklar kullanılır. Bu seramik yataklar, hava akışının yönü düzenli olarak değiştirilerek, yanma odasından gelen gazla önceden ısıtılır.
3. Yanma odası: Çıkış gazları, yaklaşık 800 °C'lik bir sıcaklıkta ince katran bileşenlerinin ve PAH'ın yok edildiği yanma odasına yönlendirilir.
4. Florür absorpsiyonu: Egzoz gazları, florürleri yakalamak için kırılmış kireç veya kireç taşı yatağından geçirilir. Norveç'teki bir fabrikada, florür yakalama işlemi için deniz suyu ile gaz temizleme yapılırken, Almanya'daki bir tesiste bir alüminalı kuru gaz yıkayıcı, ardından da bir torba filtre kullanılmaktadır.

*Düşük kükürt içeriğine sahip hammaddelerin kullanılması*

Pişirme fırınından çıkan SO<sub>2</sub> emisyonları, üretilen anotların ve kullanılan yakıtın kükürt içeriğinden büyük ölçüde etkilenmektedir.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre*

- Toz, PAH ve florür emisyonlarının düşürülmesi.
- Pota besleme malzemesi olarak kullanılan tüm ürünlerin tamamen geri

- dönüştürülmesi ve yeniden kullanımı.
- Alüminanın temizlik maddesi olarak kullanılması, böylece diğer reaktiflere veya ısıtmak için gerekli olan yakıt ihtiyacı azalır.

*Islak gaz yıkayıcı*

- Toz ve florür emisyonlarının azaltılması.

*Ön ve son arıtma ile birlikte RTO*

- Toz, PAH ve florür emisyonlarının düşürülmesi.

*Düşük kükürt içeriğine sahip malzemelerin kullanılması*

SO<sub>2</sub> emisyonlarının düşürülmesi.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Çoğu anot pişirme fırınları, fırının teknolojisine bağlı olarak, ton anot başına 3500-7500 m<sup>3</sup>’lük özgül duman emisyon hacmine sahiptir. Modern açık fırınlar genellikle bir ton anot için yaklaşık 5500 m<sup>3</sup>’lük bir akış kapasitesine sahiptir.

Refrakter çalışması ve kollektör kaçaklarından dolayı fırın yaşlandıkça emisyon rakamları zamanla artabilir.

Birincil alüminyum ergiticilerle entegre edilmiş pişirme fırınlarından kaynaklanan emisyonlar Tablo 4.35 ila Tablo 4.40 arasında gösterilirken, Tablo 4.41 ve Tablo 4.42’de bağımsız bir anot üretim tesisinden kaynaklanan emisyonlar gösterilmektedir.

*Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre*

**Tablo 4.35: E Tesisinde bir alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Azaltım tekniği	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	Florürler (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
Kuru alümina gaz yıkayıcı +torba filtre	Min.	61 200	Periyodik izleme (referans yılı 2011)	1,30	0,41	99,48
	Maks.	79 200		3,85	0,76	151,28 *
	Ort.	71 460		2,21	0,59	124,35
* Anotların kükürt içeriği belirtilmemiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

**Tablo 4.36: Almanya’da bulunan bir tesiste alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

		Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz	BaP	Formaldehitler	Benzen	HF	SO <sub>2</sub>



Azaltım tekniği	Değer		mg/Nm <sup>3</sup>	µg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
Kuru alümina gaz yıkayıcı +torba filtre	Min.	Tozun sürekli izlenmesi (17 300 2008 yılında yarım saatlik değerler) diğer parametreler için periyodik izleme	NR	NR	0,4	0,6	NR	22,9
	Maks.		% 79,09'u 4 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün altında	<1,0	2,9	2,4	<0,2	35,2 *
			% 90,03'ü 6 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün altında					
			% 94,65'ü 10 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün altında					
<p>* Düşük sülfür yüzdeleri içeren yakıt, karışıma ilave sülfür eklenmemiştir.  NB: NR = Belirtilmemiştir.  Kaynak: [ 385, Germany 2012 ]</p>								

**Tablo 4.37: Fransa’da bulunan bir tesiste alümina kullanan gaz yıkayıcı ve torba filtre ile azaltım sonrasında anot pışirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım tekniği	Değer	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz		HF	Florürler
				mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t of anode	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
FR 1	Kuru alümina gaz yıkayıcı +torba filtre	Min.	Periyodik izleme (yılıda iki kere; referans yılı 2012)	1,36	0,02	0,02	0,03
		Maks.		2,56	0,04	0,04	0,07
		Ort.		1,96	0,03	0,03	0,05
FR 1		Min.	Periyodik izleme (yılıda 3 kere; referans yılı 2011) *	1,30	0,02	0,03	0,02
		Maks.		4,67	0,06	0,06	0,11
		Ort.		3,10	00,4	0,03	0,06

\* Bu tesiste 15,4 mg/Nm<sup>3</sup> değer ölçüldüğünde bir sorun yaşandığı bildirilmiştir. İç tetkiklerden sonra, bu değerin filtrelerden birinin anormal bozulmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.  
Kaynak: [ 390, France 2012 ]

*Islak gaz yıkayıcının diğer teknikler ile kombinasyonu*

Islak gaz yıkayıcılar farklı konfigürasyonlarla da kullanılabilir: kuru enjeksiyonlu temizleme ile (A Tesisi), ESP ile ve kuru gaz yıkayıcı ile (F Tesisi).

**Tablo 4.38: Kombine bir anot ve alüminyum üretim tesisinde kuru enjeksiyonlu temizleme ile birlikte ıslak bir gaz yıkayıcı ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım Tekniği	Değer	Akış	Toz		BaP		Florürler		SO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	
			Nm <sup>3</sup> /h	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	µg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	g/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot
A	Kuru enjeksiyonlu temizleyici ile kombine edilmiş ıslak gaz yıkayıcı	Min,	191 130	0,85	1,47E-04	0,001	0,002	3E-08	0,46	8,1E-05	
		Maks,	254 785	5,06	8,52E-04	0,207	0,08	1,4E-05	2,57	4,91E-04	
		Ort,	12 976	1,01	4,70E-04	0,058	0,01	2E-06	1,41	2,67E-04	

(1) Anot kükürt içeriği %1,4, 2010 değerleri  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Tablo 4.39: Kombine bir anot ve alüminyum üretim tesisinde kuru gaz yıkayıcı ve ESP ile birlikte kombine edilmiş ıslak gaz yıkayıcı ile azaltım sonrasında anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım Tekniği	Değer	Akış	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz		BaP		Florürler		SO <sub>2</sub>	
			Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	µg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	g/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot
F	Kuru gaz yıkayıcı ve ESP ile birlikte ıslak gaz yıkayıcı	Min,	40 000	Periyodik izleme (Yılda 9 kere)	0,80	0,004	0,53	0,002	0,002	2E-05	7,32	0,03
		Maks,	44 800		7,16	0,032	87,02	0,026	0,37	0,001	18,14	0,08
		Ort,	42 873		2,79	0,012	13,01	0,011	0,06	4E-04	11,81	0,05

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

## Bölüm 4

Norveç'te bulunan RTO'ya ek olarak, deniz suyunu kullanan bir ıslak gaz yıkayıcı ve bir ESP kullanılan bir tesis veriler de raporlanmıştır (Tablo 4.40).

**Tablo 4.40: RTO, deniz suyunu kullanan bir ıslak gaz yıkayıcı ve bir ESP kombinasyonu kullanılarak azaltım sonrası anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım Tekniği	Değer	Akış	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	Toz		Ba		Florürler		SO <sub>2</sub>	
			Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	µg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	g/t anot	mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t anot
G	RTO, deniz suyunu kullanan bir ıslak gaz yıkayıcı ve ESP kombinasyonu	Min,	33 633	Periyodik izleme (yılda 21 kere; referans yılı 2010)	0,18	0,001	1,00	0,002	0,002	3E-06	1,30	0,003
		Maks,	118 184		4,71	0,03	47,00	0,365	0,006	5,3E-5	27,06	0,17
		Ort,	55 582		1,25	0,004	11,00	0,056	0,004	1,3E-05	9,28	0,04

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Ön ve son arıtma ile birlikte RTO

Hollanda'da RTO, deniz suyunu kullanan bir ıslak gaz yıkayıcı ve bir ESP kombinasyonu kullanılan pişirme fırınına bağlı bir sisteme ait örnek (80 000 Nm<sup>3</sup>/h) Tablo 4.41 ve Tablo 4.42'de verilmiştir.

**Tablo 4.41: RTO ile azaltım sonrası ortaya bağımsız anot üretimi gerçekleştirilen bir tesisten (bölüm 1) anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım Tekniği	Toz	Florürler	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Değer	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı
		mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>		
C	RTO	3.5	1.6	250 ( <sup>1</sup> )	61	Ort.	Sürekli izleme (yarım saatlik ortalamalar)

(<sup>1</sup>) Daha düşük pişirme sıcaklıkları ve düşük kükürt içeriğine sahip hammaddelerin kullanımı nedeniyle, önceki yıllarda 174 mg/Nm<sup>3</sup> emisyon seviyesine ulaşılmıştır.  
Kaynak: [391, The Netherlands 2012]

Bu fabrikadan Ocak-Ağustos 2013 dönemine karşılık gelen ek bilgiler, SO<sub>2</sub> (100 mg/Nm<sup>3</sup>'ten 500 mg/Nm<sup>3</sup>'e kadar olan değerler) ve HF'nin günlük emisyon (daha düşük değerlere kadar) değerlerinde güçlü farklılıklar göstermektedir. 2011, 2012 ve 2013 yıllarının anotlardaki kükürt içeriği ortalaması %1,5 olarak bildirilmiştir.

**Tablo 4.42: RTO ile azaltım sonrası ortaya bağımsız anot üretimi gerçekleştirilen bir tesisten (bölüm 2) anot pişirmeden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Azaltım Tekniği	Değer	Veri elde etme yöntemi ve izleme sıklığı	PAH (EPA)	PAH (EPA)	PAH (OSPAR/NeR)	PAH (OSPAR/NeR)	CxHy
				µg/Nm <sup>3</sup>	µg/Nm <sup>3</sup>	µg/Nm <sup>3</sup>	µg/Nm <sup>3</sup>	
C	RTO	Min,	Periyodik izleme	28	160	2,8	2,6	2,8
		Maks,		430	160	13,8	2,6	2,8
		Ort,		180	160	7,8	2,6	2,8

Kaynak: [ 391, The Netherlands 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

#### *Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre*

- Enerji kullanımının artması (kuru gaz yıkayıcı fanlar ile birlikte enerji ihtiyacı 30-50 kWh/t anoddur).

#### *Islak gaz yıkayıcı*

- Açık döngü kullanıldığında enerji ve su kullanımının artması.
- Atık üretimi.
- Gaz temizleme için ön arıtım sırasında deniz uyu kullanılıyorsa, kullanılan deniz suyu florürler, sülfat tuzları ve PAH/BaP tarafından kirletilir.

#### *Ön ve son arıtma ile birlikte RTO*

- Enerji kullanımının artması (yanma bölgesinde sıcaklığı korumak için). Tesisin toplam enerji tüketimi yaklaşık olarak %10 artar.
- CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları artar.
- Gaz temizleme için ön arıtım sırasında deniz uyu kullanılıyorsa, kullanılan deniz suyu florürler, sülfat tuzları ve PAH/BaP tarafından kirletilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

#### *Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre*

Bu teknikler, alüminin temizlik maddesi olarak kullanılabilirdiği birçok prosese uygulanabilir. Alümina, alüminyum üretim tesislerinde mevcut olduğundan, bu teknikler anot ve alüminyum üretim tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### *Islak gaz yıkayıcı*

Bu teknik yeni tesislere uygulanabilir. Bu tekniğin mevcut tesislerde kullanılması durumunda florür, sülfat ve katrandan kaynaklanan suya verilecek olan emisyonlardaki artış dikkate alınmalıdır. Gaz yıkayıcılardan ortaya çıkan atıksu eğer atıksu arıtma tesisinde tam olarak arıtlamıyorsa, arıtım sonrasında ortaya çıkan su prosese gönderilemez veya deşarj edilemez ve bu tekniğin kullanımı kısıtlanabilir. Tekniğin uygulanabilirliği, yüksek atık gaz akımlarından kaynaklı yüksek atık ve atıksu miktarlarında veya kurak bölgelerde su sıkıntısı nedeniyle de kısıtlanabilir.

#### *Ön ve son arıtma ile birlikte RTO*

Bu teknik alüminaya erişimi olmayan bağımsız tesislerde en iyi şekilde uygulanır. Alüminaya erişimi olan mevcut tesislere kurulduğunda, bir RTO, başka toz filtrasyon teknikleri ile tamamlanmaktadır.

#### *Düşük kükürt içeriğine sahip hammaddelerin kullanılması*

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

#### *Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre*

Avrupa bazında, inşaat işleri de dahil olmak üzere kuru gaz yıkayıcı ve torba filtreden oluşan anahtar teslimi duman arıtım merkezi için toplam yatırım maliyeti 133 000 ton/yıl pişirilmiş anot için yaklaşık 10 milyon Euro olacaktır.

#### *Ön ve son arıtma ile birlikte RTO*

Hollanda'daki bir tesiste, 2003 yılında sadece bir fırın için bir RTO ünitesinin kurulum maliyeti 12 milyon Euro olmuştur (yardımcı tesisler, altyapı vb. hariç). Toplam bakım maliyeti 300 000 Euro, yıllık gaz maliyeti 42 000 Euro ve elektrik maliyeti ise 5 000 Euro olarak hesaplanmıştır. Yıllık atık (kireç artığı) bertaraf maliyeti 22 000 Euro'dur. Yakın zamanda 47 000 Euro toplam maliyet ile kurulan iki ünitenin (yardımcı tesisler, altyapı vb. hariç) işletme maliyeti üç kat daha fazla olacaktır.

Bu nedenle benzer performans, enerji tüketimi ve yatırım maliyetleri, alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kombinasyonundan daha fazladır. Bu teknik alüminaya erişimi kolay olan tesisler için çok fazla tercih edilmezken en iyi bağımsız anot tesislerinde uygulanmaktadır.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

*Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre*

Toz, PAH ve florür emisyonlarının azaltılması.

*Islak gaz yıkayıcı*

Toz, PAH ve florür emisyonlarının azaltılması.

*Ön ve son arıtma ile birlikte RTO*

Toz, PAH ve florür emisyonlarının azaltılması.

#### **Örnek tesisler**

- Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre: İngiltere, Fransa, İtalya, Hollanda, Norveç, Romanya ve diğer ülkelerde bulunan tesisler.
- Kuru gaz yıkayıcı ardından torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı : Norveç'te bir tesis.
- Islak gaz yıkayıcı : İspanya'da bir tesis.
- Ön ve son arıtma ile birlikte RTO: Hollanda, Norveç ve Almanya'da bulunan tesisler.

#### **Referans literatür**

[ 233, COM 2008 ], [ 242, Infomil 2008 ], [ 286, OSPAR 1998 ], [ 312, VDI 2008 ], [ 318, Hagen et al. 2007 ], [ 348, Solios 2010 ], [ 375, Mannweiler et al. 2006 ]

### **4.3.10. Birincil alüminyum**

#### **4.3.11. Birincil alüminyum üretiminde kullanılan hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri**

Birincil alüminyum üretimi için kullanılan hammaddelerin depolanmasından, taşınmasından ve nakliyesinden kaynaklanan yaygın emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar Met referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006].

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1).

#### **Teknik açıklama**

Alümina ve akıların yapısının tozlu olması nedeniyle toz, belirli konveyör transfer noktalarında, öğütme ve ayırma işlemlerinde toplanabilir ve uzaklaştırılabilir. Torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) en yaygın kullanılan ve ESP'den (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1) çok daha iyi toz giderimi sağlayan bir uygulamadır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Malzemelerin geri kazanılması.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımının artması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygundur.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Yeniden kullanım amacıyla malzemelerin geri kazanılması.

### Örnek tesisler

Avrupa'da bulunan bütün tesisler torba filtre veya ESP uygulamaktadır.

### Referans literatür

[290, COM 2006].

## 4.3.12. Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan perflorokarbon emisyonlarının azaltım teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler; aşağıdaki özellikler ile bağlantılı olan noktasal beslemeli ön pişirmeli hücreler (PFPB) ve noktasal beslemeli dikey saplamalı Söderberg hücreleri (PFVSS):

- Otomatik çok noktadan alümina beslemesi,
- Aktif hücre veri tabanına dayanan elektrolitik hücrenin bilgisayar destekli kontrolü ve işletme parametrelerinin izlenmesi,
- Otomatik anot etkisi önleme.

### Teknik açıklama

PFPB ve PFVSS Bölüm 4.1.2'de açıklanmıştır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Anot etki oranının azaltılması ve etki süresinin en aza indirilmesi.
- Toplam CO<sub>2</sub> ve PFC emisyonlarının azaltılması.
- Enerji kullanımının azaltılması.
- Daha iyi bir genel proses verimliliği sağlayan pota stabilitesi gibi proses parametrelerinin optimizasyonu.
- Davlumbazların daha az açılması sonrasında, pota odasına toz ve florür emisyonlarında ilave azalma.

### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Beklenen emisyonlar Bölüm 4.2'de belirtilmiştir. Birincil alüminyum üretiminde PFC emisyonları dahil olmak üzere, CO<sub>2eq</sub> emisyonları için bir değerlendirme ETS şemasında bulunmaktadır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Söderberg anot tasarımı (tek parça) bu işlemle ilişkili banyo akışına izin vermediğinden, otomatik anot etkisi önleme işlemi Söderberg hücrelerine uygulanamaz. Ön pişirmeli hücrede, anot etkisini otomatik olarak önlemenin bir diğer yolu, anot düzleminin yüksekliğini azaltmaktır. Bu işlem yapıldığında banyo içerisinde daha fazla anot bulunmaktadır ve banyo hücre içerisinde



yüksek bir pozisyonda akar. Söderberg potalarının tasarımından dolayı banyo akmaz, bu nedenle potadaki bu yükseklikteki erimiş banyo/sıvılar ile çalışılmamaktadır. Bu durum bu tekniği uygulanamaz kılmaktadır.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Enerji tasarrufu ve proses performansının iyileştirilmesi.
- CO<sub>2eq</sub> emisyonlarının azaltılması ve daha az toz ve florür emisyonlarının ortaya çıkmasının sağlanması.

### Örnek tesisler

Avrupa'da bulunan bütün ergitme fırınları.

### Referans literatür

[233, COM 2008], [286, OSPAR 1998], [312, VDI 2008]

## 4.3.13. Söderberg teknolojisini kullanarak birincil alüminyum üretimindeki hücreler ve pota odalarından kaynaklanan yaygın emisyonların önlenmesi veya toplanması için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Daha düşük zift içeriğine sahip (kuru macun) macun kullanımı, %25 ila %28 arasında,
- Kapalı noktasal besleme işlemi ve iyileştirilmiş gaz toplama verimi için geliştirilmiş manifold tasarımını takiben elektrolitik gazların arıtımı amacıyla absorban madde olarak alüminanın kullanıldığı kuru gaz yıkayıcı kullanılması,
- Noktasal alümina beslemesi,
- Anot üst sıcaklığını düşürmek için anot yüksekliğinin artırılması,
- Anodun üst kısmında gaz toplamayı takiben kuru gaz yıkayıcı kullanılması,
- Pah ve diğer hidrokarbonların yakılması amacıyla geliştirilmiş brülör kullanılması.

### Teknik açıklama

Yeni Söderberg teknolojisinin tasarımında bütün tesisler için ortak olan (örn. düşük zift içeriğine sahip macun, elektrolitik gazlar için alüminalı kuru gaz yıkayıcı , geliştirilmiş brülör ve noktasal alümina beslemesi kullanımı) özellikler vardır ve diğer özellikler ise hücre tasarımının eski olmasına bağlıdır (yüksek akım yoğunluklu anotların kullanılması durumunda, anodun üst kısmında gaz toplamayı takiben kuru gaz yıkayıcı kullanılması veya düşük akım yoğunluklu anotların kullanılması durumunda anot yüksekliğinin artırılması).

Avrupa'da Söderberg hücrelerini kullanan tüm fabrikalar yeni Söderberg teknolojisi ile donatılmıştır. Yeni kurulan Söderberg tesislerinin daha fazla geliştirilmesi beklenmemektedir ve halen faaliyette olan tesisler, yukarıda listelenen sistemlerin yeterli bir kombinasyonunu kullanmalıdırlar.

Alüminalı gaz yıkayıcılar pota gazlarının arıtımında kullanılmaktadırlar (bkz. Bölüm 4.3.3.5). Anot üst davlumbazı kullanıldığında ilgili gazlar ayrı gaz yıkayıcılarda arıtılır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toplam emisyonların azaltılması (florürler, toz ve PAH).
- Enerji kullanımının azaltılması.
- Daha sonra potaya gönderilen florlu ürünlerin tamamen geri kazanılması.
- Hammaddelerin (alümina) temizlik maddesi olarak kullanılması, böylece reaktif

- ihtiyacının azaltılması.
- Pota hattı işlemleri için iyileştirilmiş işletme şartlarının sağlanması.

### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Söderberg hücrelerinden çıkan emisyonlar Bölüm 4.3.3.5 ve 4.3.3.8'de belirtilmiştir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Yüksek akım yoğunluklu potalar için, ayrı bir gaz çıkışına ve alüminalı kuru gaz yıkayıcıya bağlı olan, anot üstü komple davlumbaz kaplamasının en iyi çözüm olduğu kanıtlanmıştır.

Anodun üst kısmında katı bir bariyer oluşturarak, PAH emisyonları için bir filtre görevi gören anot yüksekliğinin artırılması genellikle uygulanabilir bir tekniktir. Bu çözüm, anot davlumbazına eşdeğer sonuçlar elde edilmesini sağlar.

### Ekonomik veriler

Ekonomik veriler, eski tasarım ve diğer mühendislik kısıtlamalarına bağlı olarak bir fabrikadan diğerine önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Avrupa'daki en yeni tesislerin maliyetleri 250 \$/ton ila 600 \$/ton arasındadır. Yatırım maliyetleri, ek maliyetler içerebilecek tamamlayıcı ekipman ve yardımcı programlar gibi diğer faktörlerden etkilenebilmektedir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel etkilerin azaltılması.
- Enerji maliyetlerinin düşürülmesi.

### Örnek tesisler

- Noktasal alümina besleme, kuru macun, anot yüksekliğini artırma, alüminalı gaz yıkayıcı ve takiben torba filtre ve brülör kullanımı: İspanya'da bir tesis (düşük akım yoğunluklu anotlar).
- Noktasal alümina besleme, kuru macun, anot yüksekliğini artırma, alüminalı gaz yıkayıcı ve takiben anot üstü gaz toplaması için torba filtre kullanımı: Norveç'te bir tesis (yüksek akım yoğunluklu anotlar).

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012].

## 4.3.14. Ön pişirmeli anotları kullanarak birincil alüminyum üretimindeki elektrolitik hücrelerden kaynaklanan yaygın emisyonların önlenmesi veya toplanması için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulacak teknikler; aşağıdaki özellikler ile bağlantılı olan PFPB'ler.

- Otomatik çok noktadan alümina beslemesi.
- Dayanıklı davlumbazlar kullanılarak hücrenin tamamen kapatılması ve banyodan florür yayılımını ve karbon anot tüketimini de hesaba katarak uygun ekstraksiyon oranlarının sağlanması.
- Hücre davlumbazlarının çıkarılmasını gerektiren anotların çıkarılması ve diğer eylemler için kullanılan zamanın en aza indirilmesi.
- Çıkarılan anotların hücre yakınında, hava çıkışı olan ve toplanan gazların, gaz arıtım merkezine gönderilebildiği bir bölümde depolanması.
- Hücre değişimindeki artışı ve emisyonlara yol açan prosesleri durdurmak için verimli proses kontrol sistemi kullanılması.
- Hücre tamir ve bakımı için programlanmış bir sistemin kullanılması.
- Florür ve karbonun geri kazanılması için çubuk üretim tesisinde sabit, verimli bir

temizlik yönteminin kullanılması, temizleme işleminden gaz ve toz toplanması.

### Teknik açıklama

PFPB Bölüm 4.1.3'te açıklanmıştır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toplam emisyonların azaltılması.
- Pota hattı çalışanları için daha iyi çalışma şartlarının sağlanması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Bölüm 4.2'de açıklandığı gibi, sabit emiş sistemleri kullanılarak, ortalama yıllık %95 ila %98,5 arasında yerel şartlara bağlı olarak güçlendirilmiş emiş sistemleri ile %99'un üzerinde gaz toplama verimleri elde edilebilmektedir.

Çatı havalandırma akışlarının, baca akışlarından daha az doğrulukla ölçülmesine nedeniyle, potalardan emilen ve gaz arıtma merkezine (GTC) yönlendirilen hava ve gazın miktarı ile aslında doğal konveksiyonla çatı havalandırmalarına giden gazların miktarı çeşitli örneklerle özetlenebilir. Bazı örnekler Tablo 4.43'te verilmiştir.

**Tablo 4.43: Avrupa'daki bazı birincil alüminyum üreten tesislerin arıtım için toplanan atık gaz ve havalandırma havası miktarları**

Örnek tesisin bulunduğu yer:	Arıtım için toplanan gaz (Nm <sup>3</sup> /t Al)	Havalandırmalara giden gaz akışı <sup>(1)</sup> (Nm <sup>3</sup> /t Al)
Fransa	80 000	1 140 000
Almanya	80 000–120 000	700 000–1 400 000
Hollanda	110 000	880 000–1 520 000
İzlanda	75 000–100 000	500 000–1 500 000
İspanya (ön pişirme)	90 000–120 000	250 000–400 000 <sup>(2)</sup>
Slovenya	84 000–110 000	900 000–1 200 000
İspanya (Söderberg) <sup>(3)</sup>	20 000–30 000	Veri yok

<sup>(1)</sup> Çatı havalandırmalarından geçen hava akımı, meteorolojik koşullardan oldukça etkilenmektedir.  
<sup>(2)</sup> Güçlendirilmiş çatı havalandırması: Güçlendirilmiş çatı havalandırması kullanımı genellikle havalandırma ihtiyaçlarını karşılamak ve kullanılan enerjiyi optimize etmek için ayarlandığından daha düşük spesifik akışlar gösterir.  
<sup>(3)</sup> Söderberg tesisleri genellikle brülörlerin optimum çalışmasını sağlamak amacıyla arıtım için toplanan gazın akış hızı düşüktür.  
*Kaynak: EAA, 2012*

Güçlendirilmiş emiş sistemleri (BSS) gerektiğinde, temel emme debisi (arıtım için toplanan gaz), ele alınan spesifik hücrede (anot değişimi, döküm veya diğerleri) çalışma sırasında 1,5 ila 3'e kadar çarpılır.

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması (gazın emilmesi için). Bu durum, aşağıda Bölüm 4.3.3.5'te belirtilen gaz arıtma merkezinin toplam enerji talebinde açıklanmaktadır.
- Fanların etrafındaki gürültü önemlidir ve rahatsızlık vermemek için hafifletilmelidir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknikler birçok prosete, tesisin uyum durumuna göre uygulanabilmektedir.

Bir BSS ünitesi sadece tesisin ilk tasarımında dikkate alındığı için yeni tesislere uygulanabilir ve bir BSS ünitesi kurma kararı yerel gerekliliklere veya belirli iklimsel veya topografik hassasiyetlere bağlı olarak alınacaktır.

Bir BSS ünitesi tek bir davlumbaza bağlı olan pota hatları için uygun bir seçenek değildir, çünkü potalar tamamen açıkken hiçbir etkisi yoktur.

Atılan anotların hücre yakınında bulunan ve hava çıkışı olan bir bölmede depolanması, mevcut tesislerdeki alan sıkıntısından dolayı yeni tesisler için uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Pota gazı toplama sistemlerinin maliyeti Bölüm 4.3.3.5'te sunulan toplam azaltım maliyetine dahil edilmiştir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel etkilerin azaltılması.

### Örnek tesisler

- Sabit emiş sistemi: Avrupa'da bulunun çoğu tesis.
- BSS: Norveç, İzlanda ve Slovakya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[233, COM 2008], [312, VDI 2008]

## 4.3.15. Hücre gazlarından kaynaklanan toz ve florürlerin azaltım teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Adsorban madde olarak alümina kullanılan kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ve takiben torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Ek olarak bir ıslak gaz yıkayıcı de kullanılabilir (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

### Teknik açıklama

Elektrolitik hücrelerden toplanan gazlar, bir kanal ağı aracılığıyla, bir kuru gaz yıkayıcı ve bir torba filtreden oluşan bir veya daha fazla gaz arıtım merkezine (GTC) gönderilir. Kuru gaz temizleme, temizlik maddesi olarak kullanılan alümina üzerine adsorpsiyon yoluyla florürlerin geri kazanımına dayanır. Taze alümina prosesin bir aşamasında elektroliz gazı ile birlikte prosese dahil edilir. Gaz halindeki florürlerin büyük bir kısmı reaktörün bu aşamasında alümina üzerine adsorplanır. Gaz ve alümina karışımı daha sonra florürce zenginleştirilmiş alüminanın proses gazından ayrıldığı bir toz giderme sistemine girer. Toz giderimi için genellikle torba filtreler kullanılır. Bu torba filtrelerde, üzerinde oluşturulan filtre keki nedeniyle ek bir adsorpsiyon sağlanır. Proses gazından çıkarılan alümin, elektrolizde (ikincil veya florlanmış alümina olarak adlandırılır) yeniden kullanmak üzere beslenir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toplam florür ve gaz emisyonlarının azaltılması.
- Söderberg hücreleri GTC'ler ile bağlandığında PAH azaltımı.
- Geri kazanıldıktan sonra potalara gönderilen florlanmış ürünlerin tamamen geri kazanılması.
- Daha az alüminyum florür tüketiminin sağlanması.
- Hammaddelerin (alümina) temizlik maddesi olarak kullanılması, böylece reaktif ihtiyacının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Santrale özgü emisyonlar hem GTC'den (baca emisyonları) hem de toplam emisyonlar (baca emisyonları ve çatı emisyonları) olarak rapor edilmiştir. Baca emisyonları Tablo 4.44 ila Tablo 4.53 arasında, toplam emisyonlar ise Tablo 4.54 ve 4.55'te gösterilmiştir.

Ön pişirmeli hücreler, alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan, Avrupa'da birincil alüminyum üretimi yapan tesislerden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları Tablo 4.44'de bulunabilir.

**Tablo 4.44: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan PFPB'den kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütleli yük)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Akış (Nm <sup>3</sup> /t Al)	Toz (kg/t Al)	HF (kg/t Al)	Toplam florürler (kg/t Al)	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	1	Minimum	1 992 965	NR	0,273	0,024	0,063	Sürekli	Aylık
		Ortalama	2 058 291	94 595	0,377	0,045	0,094		
		Maksimum	2 114 101	NR	0,451	0,073	0,127		
	1	Minimum	2 014 707	NR	0,377	0,04	0,094	Sürekli	Yıllık
		Ortalama	2 062 179	94 595	0,490	0,06	0,127		
		Maksimum	2 157 600	NR	0,535	0,09	0,155		
	2	Minimum	849 672	NR	0,0196	NR	0,01	Periyodik (ayda bir kez, 24 saatlik örnekleme)	Örnekleme döneminde
		Ortalama	939 096	79 364	0,0658		0,036		
		Maksimum	1 008 000	NR	0,1496		0,112		
	2	Minimum	876 335	NR	0,048	NR	0,029	Periyodik (ayda bir kez, 24 saatlik örnekleme)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	920 347		0,057		0,034		
		Maksimum	939 096		0,066		0,038		
	3	Minimum	NR	NR	0,050	NR	0,020	Periyodik (yaklaşık olarak ayda bir kez)	Örnekleme döneminde
		Ortalama		88 151	0,120		0,037		
		Maksimum		NR	0,200		0,048		
	5 <sup>(1)</sup>	Minimum	NR	NR	0,027	0,009	0,01	Periyodik (yılıda dört kez)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	2 825 000	80 000	0,035	0,028	0,032		
		Maksimum	NR	NR	0,051	0,05	0,09		
	6	Minimum	NR	NR	0,470	0,030	0,070	Periyodik (yılıda dört kez)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	3 000 000	110 000	0,670	0,050	0,090		
		Maksimum	NR	NR	0,900	0,170	0,180		
	7	Minimum	828 000	NR	0,280	0,013	0,030	Periyodik ayda bir kez)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	1 228 300	86 000	0,320	0,020	0,050		
		Maksimum	1 656 000	NR	0,330	0,030	0,080		
	8	Minimum	NR	NR	0,080	0,010	0,020	Periyodik (ayda iki kez)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	1 114 800	82 229	0,150	0,038	0,030		
		Maksimum	1 260 000	NR	0,330	0,060	0,060		
9	Minimum	878 471	NR	0,050	0,040	NR	Sürekli	Yıllık	
	Ortalama	1 413 529		0,090	0,060				
	Maksimum	1 604 478		0,170	0,070				

(<sup>1</sup>) BSS kullanılan tesis.

NB: NR = Rapor edilmemiştir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Bir alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtresinin kullanıldığı bir PFPB tesisinden kaynaklanan baca toz emisyonlarının (konsantrasyonları) daha ayrıntılı bir şekilde Tablo 4.45, Tablo 4.46 ve Tablo

4.47'de görülebilir. Ölçümler ayda bir kez yapılmıştır.

**Tablo 4.45: Bir PFPB tesisinin 2013 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer (toz) mg/Nm <sup>3</sup>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	FR 1	Örnekleme dönemi boyunca ortalama (ayda bir ölçüm, 24 saatlik örnekleme)	1,73	0,89	1,42	2,44	1,37	1,27	1,53

Kaynak: [ 390, France 2012 ]

**Tablo 4.46: Bir PFPB tesisinin 2012 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer (toz) mg/Nm <sup>3</sup>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kazım	Aralık	Yıllık ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	FR 1	Örnekleme dönemi boyunca ortalama (ayda bir ölçüm, 24 saatlik örnekleme)	1,90	0,04	1,10	0,69	1,35	2,90	1,55	0,71	1,92	0,88	0,99	1,46	1,29

Kaynak: [ 390, France 2012 ]

**Tablo 4.47: Bir PFPB tesisinin 2011 yılı boyunca baca toz emisyonları (konsantrasyonları)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer (toz) mg/Nm <sup>3</sup>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kazım	Aralık	Yıllık ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	FR 1	Örnekleme dönemi boyunca ortalama (ayda bir ölçüm, 24 saatlik örnekleme)	1,02	0,47	0,28	0,53	0,68	0,70	0,77	0,95	0,71	0,67	0,81	3,00	0,88

Kaynak: [ 390, France 2012 ]

Ayrıca, UK 1 Tesisi, emisyonları hakkında daha ayrıntılı bilgi vermiştir. Ölçümler üç ayda bir yapılmış ve veriler Tablo 4.48'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.48: UK 1 Tesisinin 2012 yılı boyunca baca toz emisyonları (kütleli yük)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer		Toz (kg/t Al)	HF (kg/t Al)	Ft (kg/t Al)
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	UK 1	Örnekleme dönemi boyunca ortalama (3 ayda bir ölçüm)	Birinci çeyrek	0,282	0,107	0,211
			İkinci çeyrek	0,379	0,153	0,169
			Üçüncü çeyrek	0,439	0,023	0,04
			Dördüncü çeyrek	0,169	0,021	0,024
<i>Kaynak: [ 392, UK 2013 ]</i>						

UK 1 Tesisi için hücrelerdeki emme hızı, 80 000 Nm<sup>3</sup>/t Al ila 90 000 Nm<sup>3</sup>/t Al aralığında olduğu rapor edilmiştir.

Alman PFPB tesislerinde, alümina gaz yıkayıcılar ve torbalı filtreler kullanıldığında, toz ve HF baca emisyonları hakkında sağlanan bilgiler Tablo 4.49 ve Tablo 4.50'da yer almaktadır.

**Tablo 4.49: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan baca toz emisyonları (konsantrasyonları)**

Azaltım tekniği	Tesis	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	DE 1 (referans yılı 2008)	%98,64'ü 6'nın altında	Sürekli	Yarım saatlik (17 313 değer)
		%99,92'si 9'un altında		
	DE 2 (referans yılı 2008)	%0,52'si 1'in altında	Sürekli	Yarım saatlik (17 529 değer)
		%98,8'i 3'ün altında		
		%99,95'i 5'in altında		
	<i>Kaynak: [ 385, Germany 2012 ]</i>			

**Tablo 4.50: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan HF baca emisyonları (konsantrasyonları)**

Azaltım tekniği	Tesis	HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	DE 1 (referans yılı 2008)	%32,86'sı 0,6'nın altında	Sürekli	Yarım saatlik (17 281 değer)
		%94,04'ü 1,05'in altında		
		%98,45'i 1,2'nin altında		
	DE 2 (referans yılı 2008)	%5,16'sı 0,5'in altında	Sürekli	Yarım saatlik (17 494 değer)
		%88,44'ü 1'in altında		
		%98,76'sı 1,1'in altında		
<i>Kaynak: [ 390, France 2012 ]</i>				

## Bölüm 4

Genellikle uygulanan azaltım tekniklerine (alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre) ek olarak bir ıslak gaz yıkayıcı kullanan PFPB tesisleri de bulunmaktadır. Bu tesislerden kaynaklanan baca emisyonları Tablo 4.51’de bulunabilir.

**Tablo 4.51: Alüminalı gaz yıkayıcı , torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı kullanan PFPB tesislerinden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütleli yük)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Toz (kg/t Al)	HF (kg/t Al)	Toplam florürler (kg/t Al)	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı	A	Minimum	212 151	0,00001	0,0002	0,001	Periyodik (ayda bir kere)	Örnekleme dönemi boyunca ortalama
		Ortalama	277 391	0,0347	0,0118	0,013		
		Maksimum	305 933	0,1555	0,0502	0,052		
	A	Minimum	260 362	0,003	0,0001	0,0005	Periyodik (ayda bir kere)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	272 228	0,047	0,046	0,026		
		Maksimum	278 931	0,286	0,073	0,109		
	B	Minimum	123 287	NR	NR	NR	Periyodik (ayda iki kere)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	158 473	0,098	0,055	0,060		
		Maksimum	202 761	NR	NR	NR		
	C	Minimum	241 963	0,022	0,006	0,006	Periyodik (ayda iki kere)	Bir yıl boyunca elde edilen örneklerin ortalaması
		Ortalama	284 575	0,048	0,015	0,016		
		Maksimum	326 893	0,106	0,052	0,052		
NB: NR = Rapor edilmemiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012.]								

Søderberg hücrelerini kullanan birincil alüminyum tesisleri ile ilgili olarak, Avrupa’da üç tesis bulunmaktadır: Bunlardan ikisi bir alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanılmakta ve üçüncüsünde de bunlara ek olarak bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılmaktadır.

Søderberg hücresi ve alüminalı gaz yıkayıcıyı takiben torba filtre kullanan Avrupa’da birincil alüminyum üretimi yapan tesislerden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları Tablo 4.52’de bulunabilir.

**Tablo 4.52: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanılan Søderberg tesislerinden kaynaklanan**



## toz, HF ve florür baca emisyonları (kütleli yük)

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /t Al)	Toz (kg/t Al)	HF (kg/t Al)	Toplam florürler (kg/t Al)
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre	D	Minimum	20 000	0,090	NR	0,003
		Ortalama	NR	0,360	NR	0,021
		Maksimum	30 000	1,070	NR	0,330
	E	Minimum	20 000	0,013	0,04	0,007
		Ortalama	NR	0,063	0,06	0,060
		Maksimum	30 000	0,190	0,09	0,194
NB: NR = Rapor edilmemiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

Söderberg hücresi ve alüminalı gaz yıkayıcıyı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcı kullanan, Avrupa'da sadece birincil alüminyum üretimi yapan tesislerden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları Tablo 4.53'de bulunabilir.

**Tablo 4.53: Alüminalı gaz yıkayıcı , torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı kullanan Söderberg tesislerinden kaynaklanan toz, HF ve toplam florür baca emisyonları (kütleli yük)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Toz (kg/t Al)	HF (kg/t Al)	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı	F	Minimum	100 000	0,003	0,0003	Periyodik (ayda bir kere)	Örneklem e dönemi boyunca
		Ortalama	118 000	0,005	0,001		
		Maksimum	129 000	0,007	0,002		
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]							

Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtre kullanan tesislerden kaynaklanan toz ve florürlerin toplam emisyonları (baca ve çatı) Tablo 4.54'te gösterilmiştir. Ortalama değerler yıllık ortalamaları göstermektedir. Bazı çatı konfigürasyonları (örneğin, geniş açık çatı havalandırmaları), havaya salınan emisyonların doğru bir şekilde ölçülmesine izin vermez. Bu durumlarda çevresel performans, baca emisyonları ve ortam hava kalitesi ile kontrol edilir.

**Tablo 4.54: Alüminalı gaz yıkayıcı ve bacada torba filtre kullanan birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan toplam toz ve florür emisyonları (baca ve çatı)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Referans yılı (ve izleme sıklığı)	Toz (kg/t Al)	Toplam florürler (kg/t Al)
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre (yığın) çatıda azaltım olmadan	A	Minimum	2006–2010	0,62	0,50
		Ortalama		0,78	0,59
		Maksimum		0,87	0,68
	E	Minimum	2011	0,72	0,43
		Ortalama		0,82	0,52
		Maksimum		1,07	0,61
	F <sup>(1)</sup>	Minimum	2010	0,14	NR
		Ortalama		0,39	0,31
		Maksimum		0,54	0,73
	G	Minimum	2010	0,91	0,36
		Ortalama		1,14	0,41
		Maksimum		1,41	0,43
	H	Minimum	2008–2010	0,59	0,40
		Ortalama		1,12	0,45
		Maksimum		1,54	0,52
	I	Ortalama	2010	1,16	0,74
	L	Ortalama	2010	1,66	0,74
	FR 1	Minimum	2012 (ayda bir kere)	0,62	0,41
		Ortalama		0,97	0,58
		Maksimum		1,16	1,00
	FR 1	Minimum	2011 (ayda bir kere)	0,77	0,42
Ortalama		0,96		0,51	
Maksimum		1,13		0,55	
UK 1	Minimum	2011 (ayda bir kere)	0,56	0,42	
	Ortalama		0,98	0,53	
	Maksimum		1,48	0,67	
<p><sup>(1)</sup> BSS kullanan tesisler  NB: (tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyuşmamaktadır)  NR = Rapor edilmemiştir.  Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]; [ 390, France 2012 ]; [ 392, UK 2013 ].</p>					

Alüminalı gaz yıkayıcılar ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcı kullanan tesislerden kaynaklanan toz ve florürlerin toplam emisyonları (baca ve çatı) Tablo 4.55'te verilmiştir. Ortalama değerler yıllık ortalamaları göstermektedir.

**Tablo 4.55: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcı kullanan birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan toplam toz ve florür emisyonları (baca ve çatı)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Referans yılı (ve izleme sıklığı)	Toz (kg/t Al)	Toplam florürler (kg/t Al)
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı (baca)	1	Minimum	2008–2010	0,10	0,22
		Ortalama		0,18	0,25
		Maksimum		0,48	0,35
	2	Ortalama	2010	0,62	0,30
		3	Minimum	2009	0,12
	Ortalama		0,36		0,22
	Maksimum		0,70		0,44

NB: (tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyuşmamaktadır)  
NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Alman PFPB tesislerinden gelen çatı emisyonları için veriler de sağlanmıştır (bkz. Tablo 4.56).

**Tablo 4.56: Alüminalı gaz yıkayıcılar ve torba filtreler kullanan Alman PFPB tesislerinden kaynaklanan toz ve HF çatı emisyonları**

	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	İzleme sıklığı	Ortalama
Çatı emisyonları	0,1–1,5	0,1–0,6	Sürekli	Günlük

Kaynak: [ 385, Germany 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

*Enerji kullanımının artması. Kuru gaz temizleme işlemi, ton alüminyum başına yaklaşık 300-400 kWh enerji tüketimi gerektirir.*

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

*Alüminayı temizlik maddesi olarak kullanan kuru gaz yıkayıcıyı takiben torba filtre genellikle uygulanabilir.*

### Islak gaz yıkayıcı

Islak temizleyicinin uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda kısıtlanabilir:

- Ortamlar arası etkiler nedeniyle, çok fazla atık gaz akış oranı (önemli miktarda su ve atıksu),
- Kurak bölgelerde çok fazla su ihtiyacı ve ortaya çıkan atıksuyun arıtma ihtiyacı ve ilgili ortamlar arası etkiler.

### Ekonomik veriler

2012 yılında Fransa'da kurulması planlanan, yılda 260 000 ton alüminyum üretim kapasiteli (yukarıda Bölüm 4.3.3.4'te bahsedilen kanallar da dahil) modern bir PFPB ergitme tesisinde, yeni bir gaz arıtım tesisinin tahmini maliyeti 120 milyon €'dur (ünitelerin her birisi 60 000 €'dur). Mevcut bir tesisin yenilenme maliyeti daha yüksek olacaktır.

Yeni bir kurulumda eğer bir BSS ünitesi eklenirse, ikinci bir ağ, yeni vana seti, filtreler ve fanlar ekleneceği için 12 milyon €'luk ek bir maliyet ortaya çıkacaktır ve güçlendirme için de bu miktarın iki katı veya daha fazlasına ihtiyaç duyulacaktır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel etkilerin azaltılması.

- Kullanılan reaktif maliyetinin düşürülmesi.

### Örnek tesisler

İngiltere, İspanya, Almanya, Norveç, Fransa, Hollanda, Yunanistan, İzlanda'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[233, COM 2008 ], [ 286, OSPAR 1998 ], [ 312, VDI 2008 ], [ 368, Haberl A. et al. 2002]

### 4.3.16. Hücre gazları ve anot üretim gazlarından kaynaklanan toz ve florürlerin azaltım teknikleri

Pota gazları ve anot pişirme fırınından çıkan gazların ortak bir GTC'de toplandığı Avrupa'da sadece bir dünyada ise bunun haricinde iki adet tesis bulunmaktadır. Dikkate alınacak teknikler Bölüm 4.3.3.5'teki teknikler ile (örn. alüminalı kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtre) aynıdır. Bu nedenle florür ve toz bakımından çevresel performansları da aynıdır. PAH ile ilgili çevresel performans, Bölüm 4.3.2.3'de anlatıldığı gibi bir kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtrenin kullanımı için de aynıdır.

### 4.3.17. Hücre gazlarından kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonlarını önleme teknikleri

[312, VDI 2008]

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik düşük kükürt içeriğine sahip anotların kullanılmasıdır.

#### Teknik açıklama

Alüminyum eritmeden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları daha düşük kükürt içeriğine sahip hammaddeler seçilerek kontrol edilebilir. Normalde, bir ön pişiriciye gelen kükürdün %85'inden fazlası, anot üretimi için kullanılan koktan kaynaklanmaktadır. Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtrede tutulamayan bu SO<sub>2</sub> emisyonlarını kontrol etmenin en yaygın yöntemi, girişi kontrol altında tutmaktır.

Prosesle ilgili olarak, pişirilen anotlardaki kükürdün minimum seviyede bulunması, elektrolitik proses için gerekli olan yoğunluk ve mukavemet gereksinimlerini karşılamak için zorunlu bir koşul olup, anodun reaktivitesinde geri kazanılmış izmaritlerden kaynaklanan sodyumun etkisini inhibe eder. Almanya'daki bir tesis, 2008 yılının ilk yarısında ortalama %0,81'lik kükürt içeriğine sahip anotlar ve 2008'in ikinci yarısında %0,97'lik kükürt içeriğine sahip anotlar (616 ölçüm sonucunda yıllık ortalama %0,89) kullandığını belirtmiştir. Aynı tesis 2009 yılının ilk yarısında %0,89 ve ikinci yarısında %1,05'lik ortalama kükürt içeriği bulunan anotlar (679 ölçüm sonucunda yıllık ortalama %0,97) kullandığını belirtmiştir. %3'ün üzerinde sülfür içeriğine sahip kokların kullanılmasına yönelik teknik kısıtlamalar bulunmamaktadır.

Düşük sülfürlü anotların kullanımı (yılılık ortalama olarak %1,5 kükürdün altında), mümkünse üretim ve ekonomik açıdan ve hava kalitesi de hesaba katılarak anot veya anot macunu üretimi için göz önünde bulundurulması gereken bir tekniktir. Piyasa koşullarına ve elverişlilik duruma göre, bazı tesisler daha düşük kükürtlü kokları bile bundan daha fazla kullanacaktır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toplam SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

#### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Tesise özgü emisyonlar hem GTC'den çıkan (baca emisyonları) hem de toplam emisyonlar (baca

emisyonları ve çatı emisyonları) olarak belirtilmiştir. Baca emisyonları Tablo 4.57 ve Tablo 4.58’de, toplam emisyonlar ise Tablo 4.59’da gösterilmiştir.

Elde edilen verilere göre PFPB için SO<sub>2</sub> baca emisyonları 4,6-14,2 kg SO<sub>2</sub>/t Al (%1,67 kükürt içeriğine sahip anot kullanılan tesis için en yüksek nokta) iken Söderberg tesisi için 0,83-9,64 kg SO<sub>2</sub>/t Al (%1,2 kükürt içeriğine sahip anot kullanılan tesis için en yüksek nokta) olarak belirtilmiştir.

Kükürt içeriği %1,5 olan ortalama bir anot için SO<sub>2</sub>’nin kütlesi 100 mg/Nm<sup>3</sup> ila 175 mg/Nm<sup>3</sup> arasından değişmektedir.

**Tablo 4.57: Düşük kükürtlü anot kullanılan bir PFPB tesisindeki (ıslak gaz tutucu kullanılmayan) SO<sub>2</sub> baca emisyonları**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Akış (Nm <sup>3</sup> /t Al)	SO <sub>2</sub> (kg/t)	Anodun kükürt içeriği (%)	İzleme sıklığı	Ortalama	
Düşük kükürtlü anot kullanımı	1	Minimum	1 992 965	NR	12,41	1,40	Sürekli	Aylık	
		Ortalama	2 058 291	94 595	12,92	1,45			
		Maksimum	2 114 101	NR	13,97	1,53			
	1	Minimum	2 014 707	NR	12,92	1,45	Sürekli	Yıllık	
		Ortalama	2 062 179	94 595	13,10	1,48			
		Maksimum	2 157 600	NR	13,30	1,50			
	2	Minimum	849 672	NR	10,93	1,08	Periyodik (ayda bir kere)	Örnekleme dönemi boyunca	
		Ortalama	939 096	79 364	12,03	1,11			
		Maksimum	1 008 000	NR	13,64	1,16			
	2	Minimum	876 335	939 096	NR	11,55	1,08	Periyodik (ayda bir kere)	Bir yıl boyunca alınan örneklerin ortalaması
		Ortalama	920 347			12,02	1,11		
		Maksimum				12,47	1,16		
	3	Minimum	NR	NR	NR	NR	Periyodik (yaklaşık olarak ayda bir kere)	Örnekleme dönemi boyunca	
		Ortalama			88 151	14,20			1,67
		Maksimum			NR	NR			NR
	6	Minimum	NR	NR	10,27	1,40	Periyodik (yılıda dört kere)	Bir yıl boyunca alınan örneklerin ortalaması	
		Ortalama	3 000 000	110 000	12,33	1,60			
		Maksimum	NR	NR	13,63	1,80			
	7	Minimum	828 000	NR	4,64	1,72	Periyodik (ayda bir kere)	Bir yıl boyunca alınan örneklerin ortalaması	
		Ortalama	1 228 300	86 000	7,91	2,08			
		Maksimum	1 656 000	NR	12,03	2,67			
	8	Minimum	NR	NR	6,20	NR	Periyodik (ayda iki kere)	Bir yıl boyunca alınan örneklerin ortalaması	
		Ortalama	1 114 800	82 229	9,58				
		Maksimum	1 260 000	NR	12,75				
9	Minimum	878 471	NR	10,72	NR	Sürekli	Yıllık		
	Ortalama	1 413 529		11,70					
	Maksimum	1 604 478		13,16					

NB: NR = Rapor edilmemiştir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Tablo 4.58: Düşük kükürtlü anot kullanılan Söderberg tesislerindeki (ıslak gaz tutucu kullanılmayan) SO<sub>2</sub> baca emisyonları**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /t Al)	SO <sub>2</sub> (kg/t)	Anodun kükürt içeriği (%)
Düşük kükürtlü anot kullanımı	D	Minimum	20 000	0,83	NR
		Ortalama	NR	3,30	1,20
		Maksimum	30 000	7,56	NR
	E	Minimum	20 000	3,36	NR
		Ortalama	NR	6,43	1,20
		Maksimum	30 000	9,64	NR

NB: NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Alüminalı gaz yıkayıcı , torba filtre ve düşük kükürtlü anotlar kullanan tesislerden kaynaklanan toplam SO<sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı) Tablo 4.59'da gösterilmiştir. Gösterilen ortalama değerler yıllık ortalama değerlerdir.

**Tablo 4.59: Düşük kükürt içerikli anotları kullanan (ıslak gaz yıkayıcı kullanmayan) birincil alüminyum tesislerinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı)**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Referans yılı	SO <sub>2</sub> (kg/t)	S (%)
Düşük kükürtlü anot kullanımı	A	Minimum	2006–2010	13,15	1,45
		Ortalama		13,35	1,48
		Maksimum		13,56	1,50
	E	Minimum	2011	6,44	NR
		Ortalama		9,93	
		Maksimum		13,22	
	F <sup>(1)</sup>	Minimum	2010	10,27	1,40
		Ortalama		12,33	1,60
		Maksimum		13,63	1,80
	G	Minimum	2010	9,68	1,40
		Ortalama		10,12	1,60
		Maksimum		10,60	1,80
	H	Minimum	2008–2010	10,67	NR
		Ortalama		11,78	
		Maksimum		13,19	
	I	Ortalama	2010	10,29	1,30
	L	Ortalama	2010	8,92	1,30
	FR 1 <sup>(2)</sup>	Minimum	2012 (kütle dengesi)	9,25	1,02
Ortalama		10,77		1,06	
Maksimum		12,17		1,10	
FR 1 <sup>(2)</sup>	Minimum	2011 (kütle dengesi)	10,03	1,07	
	Ortalama		11,70	1,09	
	Maksimum		13,64	1,12	

(<sup>1</sup>) BSS ünitesi bulunan tesis.  
(<sup>2</sup>) Kükürt içeriği, 2010 yılında yıllık ortalama %1 iken 2013'ün ilk yarısında ortalama %1,3 değerine yükselmiştir.  
NB: (tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyumsuzdur)  
NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012], France 2013.

Eğer yıllık ortalama kükürt içeriği %2'ye kadar olan anotlar kullanılmışsa ve anot tüketiminin

0,43 t/t anot olduğu varsayılırsa, yıllık toplam SO<sub>2</sub> emisyonunun 19 kg/t Al (alüminadaki kükürt içeriğinin katkısı da dahil olmak üzere, üretilen alüminyum tonu başına 1945 kg alümina tüketimi ve alüminanın kükürt içeriği%0,04 olarak hesaplanmıştır) olması beklenir.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Anotlardaki aşırı düşük kükürt seviyeleri, daha yüksek anot reaktivitesinin neden olduğu daha yüksek anot tüketimi nedeniyle SO<sub>2</sub> emisyonlarının artmasına neden olacaktır.

#### **Ekonomik veriler**

Kok seçimi satıcı ve kullanıcı arasındaki maliyet (düşük kükürt içeriğine sahip koklar genellikle yüksek kükürt içerikli koklara göre daha pahalıdır) ve mesafe bakımından sabit bir uzlaşmadır.

Kısa ve orta vadeli tahminler, düşük kükürtlü kokların nadir görülmesini öngörmektedir.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Çevresel etkilerin azaltılması

#### **Örnek tesisler**

İngiltere, Fransa, İzlanda, Hollanda, İspanya, İtalya ve Almanya'da bulunan tesisler.

#### **Referans literatür**

[296, EAA, OEA 2012]

### **4.3.18. Elektroliz ve pota odası havalandırmasından kaynaklanan hücre gazlarındaki SO<sub>2</sub>'yi düşürme teknikleri**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir ıslak gaz yıkayıcının kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

#### **Teknik açıklama**

Tamamlayıcı olarak ıslak gaz yıkayıcıların kullanılması esas olarak SO<sub>2</sub> giderimi için uygulanır, ancak kuru gaz temizlemeden sonra kalan florürleri ve az miktarda tozu da giderecektir. Islak gaz temizleme işlemi, elektrolitik hücre gazları kuru gaz yıkayıcıda arıtıldıktan hemen sonra ve bacadan atılmadan hemen önce uygulanabilir. Sadece bir tesiste bu amaçla pota odası havalandırma gazlarına ıslak gaz temizleme işlemi uygulanmaktadır. Noktasal besleme sisteminin yüksek gaz toplama verimi nedeniyle, belirli yerel şartlar gerektirmedikçe, pota odası havalandırma gazlarında bu işlemin uygulanmasına gerek yoktur.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

SO<sub>2</sub>, az miktarda toz ve florür emisyonlarının azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Islak gaz yıkayıcıların SO<sub>2</sub> giderim verimleri %80-90 olarak bilinmektedir. Pota prosesinden çıkan gazların arıtımından sonra bacalardaki SO<sub>2</sub> emisyonu konsantrasyon olarak 5-40 mg/Nm<sup>3</sup> ve yük olarak 0,5-2,5 kg SO<sub>2</sub>/t Al değerlerine kadar indirilebilir. Ayrıca tamamlayıcı olarak uygulanan ıslak gaz temizleme işleminde florür ve toz emisyonlarında da azaltım sağlanır. Bacada azaltım sağlamak için ıslak gaz yıkayıcı uygulandığında toplam florür emisyonları (gaz ve partikül) 0,02-0,2 kg/ton Al olarak tespit edilmiştir. Aynı durumda bacadaki toz emisyonları 0,1-0,3 kg/t Al'ye düşürülmüştür.

Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcıların uygulandığı PFPB ve Söderberg tesislerinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları sırasıyla Tablo 4.60 ve Tablo 4.61'de verilmiştir.

**Tablo 4.60: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcıların kullanıldığı PFPB tesisinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	SO <sub>2</sub> (kg/t)	Anodun küllürlük içeriği (%)	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı	A	Minimum	260 362	0,02	1,4	NR	NR
		Ortalama	272 228	0,10	1,4		
		Maksimum	278 931	0,24	1,4		
	B	Minimum	123 287	NR	NR	Periyodik (ayda iki kere)	Örnekleme dönemi boyunca
		Ortalama	158 473	2,07			
		Maksimum	202 761	NR			
	C	Minimum	241 963	1,12	NR	Periyodik (ayda iki kere)	Örnekleme dönemi boyunca
		Ortalama	284 575	1,36			
		Maksimum	326 893	1,87			

NB: Tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyuşmamaktadır.  
NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

**Tablo 4.61: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcının kullanıldığı Söderberg tesisinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları**

Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	SO <sub>2</sub> (kg/t)	Anodun küllürlük içeriği (%)	İzleme sıklığı	Ortalama
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı	F	Minimum	260 362	0,09	NR	NR	NR
		Ortalama	272 228	0,12	1,4		
		Maksimum	278 931	0,14	NR		

NB: Tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyuşmamaktadır.  
NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcının kullanıldığı tesislerden kaynaklanan toplam SO<sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı) Tablo 4.62'de gösterilmiştir. Ortalama değerler yıllık ortalamayı göstermektedir.

**Tablo 4.62: Alüminalı gaz yıkayıcı ve torba filtreye ek olarak ıslak gaz yıkayıcının kullanıldığı tesislerden kaynaklanan toplam SO<sub>2</sub> emisyonları (baca ve çatı)**



Azaltım tekniği	Tesis	Değer	Referans yılı	SO <sub>2</sub> (kg/t)	
Alüminalı gaz yıkayıcı + torba filtre + ıslak gaz yıkayıcı (baca)	G	Minimum	2008-2010	0,28	
		Ortalama		0,38	
		Maksimum		0,54	
	H	Ortalama	2010	2,23	
	I	Minimum	2009	1,17	
		Ortalama		1,44	
		Maksimum		2,01	
	NB: Tesis kodları daha önceden zorunlu olarak kullanılmış olan kodlar ile uyuşmamaktadır. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]				

### Ortamlar arası etkiler

#### *Enerji tüketiminin artması*

Deniz suyu ile gaz temizleme işleminde, gaz temizleme teknolojisine ve yerel koşullara bağlı olarak yaklaşık 100-150 kWh/t Al enerji gerekmektedir. Örneğin, deniz suyu ile gaz temizleme işlemi için, denizden uzaklık ve tesisin yüksekliği enerji tüketimi için önemli faktörlerdir.

#### *Absorban ve dönüştürülen kirleticilerin deşarjı*

Deşarjlar, büyük miktarlarda atık su, sıvı alkali atık veya ince jips parçacıkları içeren çamur olarak meydana gelebilir. Kirletici maddelerin havadan suya ve/veya toprağa geçmesine neden olan sürecin uygulanabilirliğini ve emisyonlardaki genel azalmayı belirlemek için deniz ve havadaki çevresel izleme sonuçları da dikkate alınmalıdır [355, NERC 2010].

Deniz suyu (yaklaşık 80-200 m<sup>3</sup>/t Al) kullanan ıslak gaz yıkayıcılardan çıkan atık, hafif asidiktir ve sülfür/sülfat, bazı florürler ve askıda madde içerir, ayrıca oksijen bakımından da yetersizdir. Deniz suyunu kullanan tesisler sülfürlerin sülfatlara oksitlenmesi ve askıda katı maddelerin giderilerek, bu atık suyun ulusal mevzuata uygun olarak denize deşarj edilebilmesi için uygun tesislere sahip olması gerekebilir. Atık su arıtımı flokülasyon ve çökeltimden basamaklarından oluşabilir. Atıksu arıtımı sonunda bertaraf edilmesi gereken bir çamur ortaya çıkar. Islak gaz yıkayıcılarda kullanılan ve daha sonra denize deşarj edilecek olan deniz suyunun biyositler ile arıtılması da gerekebilir.

NaOH ile çalıştırılan gaz yıkayıcılarda işlem sonunda deşarj edilmesi gereken konsantre bir atık madde ortaya çıkar (1 m<sup>3</sup>/t Al). Bu atık sudaki kirleticiler deşarj edilen deniz suyundaki kirleticilerle karşılaştırılabilir, ancak bu durumda konsantrasyonları yükselir. Yine de sucul ortamda bir çevresel etki ortaya çıkacaktır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Islak gaz yıkayıcıların uygulanabilirliği aşağıdaki durumlarda kısıtlanabilir:

- Ortamlar arası etkiler nedeniyle, çok fazla atık gaz akış oranı (önemli miktarda su ve atıksu),
- Kurak bölgelerde çok fazla su ihtiyacı ve ortaya çıkan atıksuyun arıtma ihtiyacı ve ilgili ortamlar arası etkiler.

### Ekonomik veriler

Pota prosesinden kaynaklanan gazlar için tamamlayıcı ıslak gaz yıkayıcı işleminin maliyet tahminleri belirlenmiştir. Maliyet tahminleri deniz suyu ve NaOH kullanılan gaz yıkayıcılar için belirlenmiştir.

- Deniz suyu: 260 000 t Al/yıl üretim yapan Fransız ergitme fırınının tekniği baz alınarak kurulabilecek olan tesise göre maliyet tahmini yapılmıştır. Bu durumda iki adet deniz suyu kullanan ıslak gaz yıkayıcıya ve 3 km su pompalamaya ihtiyaç duyulacak, oksidasyon havuzuna ise ihtiyaç duyulmayacaktır. Ekstra maliyet 35 milyon € yani 125-130 €/t Al olacaktır.
- NaOH: Tesis büyüklüğüne bağlı olarak 12 ila 40 milyon €, yani ton başına 100-250 € yatırım. Yıllık toplam maliyetler: 4-7 milyon €, yani 100-200 €/t Al.

- Kirlenmiş çamurların arazide bertarafı ile birlikte çift alkali: Fransa'da deniz suyuna erişimi olmayan bir tesis için, bir ön maliyet tahmini oldukça yüksek rakamlar ortaya koymuştur: 69- 92 milyon €, yani 650-850 €/t Al. Yıllık toplam maliyetler: 6,5–9,5 milyon €, yani 60–90 €/t Al.

Hollanda'da, iki ergitme fırınında bulunan deniz suyu ve NaOH kullanılan SO<sub>x</sub> azaltım tekniklerinin maliyet etkinliği arasında bir karşılaştırma yapılmıştır [241, Infomil 2008] ve yukarıda bahsedilen büyüklükleri destekleyici nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak, çeşitli prosesler ve azaltım sistemleri için maliyet verileri derlenmiştir. Maliyet verisi tesise özgüdür ve maliyet bir dizi faktöre bağlıdır, ancak elde edilen veriler bazı karşılaştırmalar yapılmasına olanak sağlayabilir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Kokun kükürt içeriğinin kontrol edilmesinin, hava kalitesi standartlarını karşılamaya yetmediği yerlerde havaya SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Norveç'te (kıyı bölgelerde bulunan altı adet deniz suyu kullanılan ıslak gaz yıkayıcı tesisi ve iç bölgede bulunan bir adet NaOH kullanılan ıslak gaz yıkayıcı ) ve İsviçre'de bulunan tesisler ve Fransa'da bulunan iki tesis için bazı ön maliyet tahminleri (henüz gerçek bir tesis bu üniteleri kurmamış olsa da).

### Referans literatür

[ 97, Lijftogt, J.A. et al 1998 ], [ 303, ENVIRONNEMENT CANADA 2008 ], [ 316, Wedde et al. 2004 ], [ 347, Alcoa 2010 ], [ 348, Solios 2010 ], [ 368, Haberl A. et al. 2002 ]

## 4.3.19. Birincil alüminyum ergitme işleminde ergitme, erimiş metal işleme ve döküm işlemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Elektrolizden gelen sıvı metal veya kirlenmemiş metal (boya, plastik, yağ gibi maddeleri bulundurmayan) kullanımı,
- Torba filtre.

### Teknik açıklama

Birincil alüminyum ergitme fırını ile entegre edilmiş olan dökümhanelerde sadece ticari metal ve hurdalar ergitilebilir. Bu tesislerde ergitilen hurdalar boya, plastik veya yağ gibi maddeleri içermeyen tesis içerisinde ekstrüzyon ve hadedeleme işlemlerinde ortaya çıkan hurdaları (boya veya plastik içermeyen müşteri iadeleri ve aynı şirkete ait diğer tesislerden gelen hurdalar da dahil olmak üzere) ve piyasadan alınan ve yine boya, plastik ve yağ gibi maddeleri içermeyen hurdaları kapsamaktadır.

Entegre bir ergitme tesisinde, dökümhaneden gelen toz emisyonları toplam toz emisyonlarının yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır. Bu emisyonları azaltmak için, bazı tesislerde torba filtreler kullanılmaktadır.

### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının azaltımı.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Birincil ergitme fırınlarına entegre edilmiş ve torba filtre kullanılan dökümhanelerden kaynaklanan yıllık ortalama toz emisyon değeri 2,5 mg/Nm<sup>3</sup>'in altında ve örnekleme dönemi boyunca ortalama toz emisyon değeri 7,9 mg/Nm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Aynı durumda torba filtrenin kullanılmaması halinde en az üç tanesinin yıllık ortalama toz emisyonu  $20 \text{ mg/Nm}^3$ 'ün altında olmakla birlikte,  $7,38 \text{ mg/Nm}^3$  ila  $40 \text{ mg/Nm}^3$  arasında değişmektedir.

Elde edilen bilgiler, herhangi bir azaltım tekniği uygulanmasa bile, prosesin bu aşamasında tozun emisyonlarının izlendiğini göstermektedir.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Enerji tüketiminin artması.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilirdir.

#### **Ekonomik veriler**

Birincil alüminyum ergitme fırınlarına entegre edilen dökümhanelerin, ergitme fırınlarından kaynaklanan toplam toz emisyonlarına çok az miktarda katkıda bulunduğundan, toz emisyonlarını azaltmak için tahsis edilen kaynakların, prosesin bu veya diğer aşamalarında daha verimli bir şekilde tahsis edilip edilmeyeceği, duruma göre değerlendirilmelidir.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Toz emisyonlarının azaltılması.

#### **Örnek tesisler**

Dökümhanede toz filtre kullanan sadece üç adet birincil ergitme fırını bildirilmiştir.

#### **Referans literatür**

[296, EAA, OEA 2012 ], [ 378, Industrial NGOs 2012]

### **4.3.20. Atık pota astarının (SPL) yeniden kullanımı için teknikler**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, karbon içeriğinin diğer uygulamalar için bir hammadde olarak kullanılmasıdır.

#### **Teknik açıklama**

Bazı başarılı uygulamalar, atık pota astarının karbon içeriğini aşağıdaki gibi termal işlemlerde kullanmaktadır:

- Çimento yakma,
- Bir yakıt maddesi olarak çelik ve demir alaşımı üretimi,
- Kok yerine taş yünü üretimi.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Fosil yakıt tüketiminin azaltılması,
- Atık pota astarının  $\text{AlF}_3$  için kullanılması durumunda hammadde kullanımının azaltılması,
- CN içeriğinin yok edilmesi,
- Arazide atık birikiminin azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilirdir.

**Ekonomik veriler**

Net gelir yoktur, ancak arıtım veya bertaraf masrafları önlenir.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bertaraf edilmek üzere gönderilen atık miktarının azaltılması ve karbon geri kazanımı.

**Örnek tesisler**

Fransa, Norveç ve İspanya’da bulunan tesisler.

**Referans literatür**

[103, COM 1998], [233, COM 2008], [376, Regain 2011]

**4.3.21. İkincil alüminyum****4.3.22. İkincil alüminyum üretiminde kullanılan hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri**

İkincil alüminyum üretimi için hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan yaygın emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2’de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar Met referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006].

**Açıklama**

Toz kanallı emisyonların azaltılması için göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama**

Kullanılan çeşitli ikincil hammaddeler vardır ve bunlar ince tozlardan (akıllar, tuz, pota cürufu veya cüruf) büyük tek ürünlere kadar çeşitlilik gösterir. Akıllar, tuzlar ve pota cürufu/cürufun tozlu yapısı nedeniyle toz, özel konveyör taşıma noktalarında ve öğütme ve ayırma aşamalarında torba filtre kullanılarak toplanıp azaltılabilir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Hammaddelerin geri kazanılması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

İkincil alüminyum üretiminde nakliye ve malzemelerin yüklenmesinden kaynaklanan emisyonlar için elde edilen veriler Tablo 4.63’te verilmiştir.

**Tablo 4.63: İkincil alüminyum üretimi için malzemelerin nakliyesi ve yüklenmesinden kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Periyodik ölçüm
			Min.	Ort.	Maks.	
65	Torba filtre	Toz	0,5	0,75	1	Yılda iki kere
67	Torba filtre	Toz	2,3	3,25	4,2	

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımının artması

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilirdir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Malzemelerin yeniden kullanım için geri dönüştürülmesi.
- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

**Örnek tesisler**

Tesis 65 ve 67.

**Referans literatür**

[296, EAA, OEA 2012].

### 4.3.23. Alüminyum dışındaki metal olmayan bileşenleri ve metalleri ayırma ve ergitme aşamasından önce boyutlarını küçültme teknikleri

**Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler aşağıda verilen tekniklerin kombinasyonudur:

- Manyetik ayırma (demirli metal bileşikleri),
- Girdap akımı ile ayırma,
- Bağıl yoğunluk ile ayırma (çökelti yüzdürme).

**Teknik açıklama**

Bu teknikler, kullanılacak hurdaların çeşitliliğini ve hammaddelerin kalitesini artırmak için kullanılır. İşlem sonrasında hurdalar döner veya sabit fırınlarda kullanılabilir.

Bu teknikler, genellikle daha önce ezilmiş olan hurda parçalarında kullanılır.

*Manyetik ayırma*

Ezme işleminden sonra, genellikle bir çekiçli değirmende, hurdalar bantlı konveyörler ile hareket ettirilir ve demir manyetik cihazlar tarafından tutularak ayrılır.

*Girdap akımı ile ayırma*

Ezilmiş parçalardan metalik olmayan bileşenleri çıkarmak için manyetik ayırma işleminden sonra, girdap akımı ile ayırma işlemi uygulanır. Bir elektromanyetik alan, alüminyum ve diğer demir dışı metalleri (bakır, çinko, magnezyum vb.), bileşenlerin farklı manyetik özelliklerine bağlı olarak kauçuk, plastik ve ahşap gibi metalik olmayan bileşenlerden ayırır.

*Bağıl yoğunluk ile ayırma*

Bu teknik de alüminyumun diğer demir dışı metallere ayrılmasını sağlar ve bu nedenle bu teknikte yüksek kaliteli hurdalar elde etmek mümkündür. Ezilmiş parçalar farklı yoğunluk sınırları içeren kaplardan geçer (normalde 1–3 kg/l). Yoğunluklarına göre ayrılan malzemeler daha sonra fırına gitmeden önce depolama sırasında süzülür ve kurur, aksi halde kurutma aşamasına ihtiyaç vardır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Diğer metallerin geri kazanımı (demir, bakır, kurşun).
- Ergitme prosesi için besleme hammaddelerinin daha iyi seçilmesi.
- Yayılan kirleticilerin, kullanılan tuz akılarının ve cüruf üretiminin azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Bu tekniklerin en temel çevresel etkisi, besleme yapılan hurda içerisindeki kirliliklerin (özellikle metalik olmayan bileşenler) azaltılmasıdır.

**Tablo 4.64: Öğütme işleminden kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir.**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Periyodik ölçüm
			Min.	Ort.	Maks.	
66	Torba filtre	Toz	0,6	0,95	1,3	Yılda iki kere
75	Torba filtre	Toz	NR	3,8	NR	Yılda bir kere

NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Atık üretimi (metalik olmayan bileşenler).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknikler genellikle hurda kalitesinin artırılması gerektiğinde ve fırın ve baca gazı arıtma sistemi için uygun besleme maddesi gerektiğinde uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Alüminyum hurda kalitesinin artırılması.
- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

İtalya'da bulunan dört tesis.

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012]

## 4.3.24. Talaştan ergitme öncesinde yağ ve organik bileşiklerin uzaklaştırılması için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Santrifüjleme
- Döner kurutucu ile kurutma

### Teknik açıklama

İşlenmiş talaş çoğunlukla metalin işlenmesi sırasında kullanılan kesme yağı veya diğer kimyasal maddelerle kirlenir.

#### *Santrifüjleme*

Yüksek oranda kirlenmiş olan talaş, yağın büyük bir kısmının giderilmesi için santrifüj edilebilir.

#### *Döner kurutucu ile kurutma*

Döner bir kurutucu kullanarak kurutmak, yağı ve diğer organik kimyasalları tamamen giderebilir. Döner tamburlu kurutucu kullanarak talaş kurutma işlemi, dolaylı veya doğrudan ısıtma teknolojisine dayanan bir prosestir. Kurutucu, talaşın aşırı oksidasyonuna neden olan bölgesel aşırı ısınmadan kaçınmak için dolaylı olarak ısıtılır. Talaş conveyor bant veya kepçe elevatörü ile tamburun içine yüklenir. Metal oksidasyonu en aza indirilirken, piroliz işleminin gerçekleştirilmesi için, talaş kurutucunun sıcaklığı genellikle 300-400 °C'de kontrol edilir.

Kurutucudan gelen piroliz gazları, tam yanma sağlamak için bir son yakıcıda yakılır. Yeni kurutucular, piroliz gazından üretilen enerjinin kurutucuya (kapalı döngü) geri gönderilmesini sağlayan yeni teknoloji bir son yakma sistemi ile tasarlanmıştır. Piroliz gazlarının yüksek organik içeriği göz önüne alındığında, bir son yakıcı veya son yakma sistemi, organik bileşikler çoğu zaman herhangi bir ek enerji ihtiyacı olmaksızın etkili bir şekilde CO<sub>2</sub>'ye dönüştürebilir.

Kurutucunun diğer ucunda, malzeme temiz hava ile soğutulur ve depolamadan önce demir bileşikler manyetik ayırma ile ayrılır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Ergime aşamasından önce yağ ve organik bileşiklerin talaştan uzaklaştırılması.
- İzabe işleminden kaynaklanan emisyonların azaltılması (özellikle organik bileşikler).
- Kullanılan tuz akılarının ve cüruf üretiminin azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Atık gazdaki toz, torba filtreler ile giderilir ve periyodik ölçüm sonuçlarına göre toz emisyonlarının 1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 10 mg/Nm<sup>3</sup> arasında olduğu bildirilmiştir.

TVOC gibi organik bileşikler, bir son yakıcı tarafından yakılarak azaltılır ve periyodik ölçüm sonuçlarına göre emisyon değerlerinin, 1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 6 mg/Nm<sup>3</sup> arasında olduğu bildirilmiştir.

PCDD/F emisyonlarının 0,002 ng/Nm<sup>3</sup> ile 0,15 ng/Nm<sup>3</sup> arasında olduğu bildirilmiştir.

Tablo 4.65'te talaş kurutma emisyonları ile ilgili daha fazla veri verilmiştir.

**Tablo 4.65: Talaş kurutmadan kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Teknik	Kirlilik (Birim)	Değerler			İzleme sıklığı
			Min,	Ort.	Maks.	
20	Talaş kurutucu-son yakıcı-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1	0,2	0,2	Periyodik
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	NA	0.043	NA	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	10	20	22	Periyodik
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,7	0,9	1,1	Periyodik
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	3	3	4	Periyodik
		HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,7	1,3	2,7	Periyodik
22	Talaş kurutucu-son yakıcı-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Dust (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,3	0,5	0,6	Periyodik
		NO (mg/Nm)	43	44	45	Periyodik
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	<1	<1	<1	Periyodik
24	Talaş kurutucu-son yakıcı-suda söndürme-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	1,1	1,4	2	NR
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	NA	0,009	NA	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	28	30	31	NR

		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	<1	1	1	Sürekli
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	24	26	30	Periyodik
25	Talaş kurutucu-son yakıcı-suda söndürme-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	<0,3	0,3	0,4	NR
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	NA	0,006	NA	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	30	31	31	NR
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	<1	<1	<1	Sürekli
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	13	14	20	Periyodik
26	Talaş kurutucu-son yakıcı-suda söndürme-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	<0,5	0,6	0,8	NR
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	NA	0,021	NA	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	31	33	40	NR
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	<1	<1	<1	Sürekli
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	7	7	10	Periyodik
29	Talaş kurutucu-son yakıcı- kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	<0,3	NR	NR
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	NA	0,002	NA	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	0,01	NR	NR
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	<1	4	18,3	Sürekli
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	106	NR	Periyodik
		HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	<0,03	<0,26	0,5	Periyodik
39	Talaş kurutucu-son yakıcı	NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	51	80	101	Periyodik
		TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,3	8	32	Sürekli
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	3	46	96	Periyodik
68	Talaş kurutucu-torba filtre- NaHCO <sub>3</sub> ve aktif karbon enjeksiyonu	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	1,2	2,2	3,2	Periyodik
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,25	NR	0,44	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	80	100	120	Periyodik
		VOCs (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	3,5	NR	Periyodik



		HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	3,2	5	6,8	Periyodik
		HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	1,5	NR	Periyodik
70	Talaş kurutucu-torba filtre- NaHCO <sub>3</sub> enjeksiyonu	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,2	2,0	3,9	Periyodik
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,03	0,06	0,09	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	62	74	87	Periyodik
		VOCs (mg/Nm <sup>3</sup> )	2	4	6	Periyodik
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	27	61	96	Periyodik
		HCl (g/Nm <sup>3</sup> )	0,8	1,5	2,3	Periyodik
		HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1	0,25	0,4	Periyodik
74	Talaş kurutucu-son yakıcı-torba filtre	Toz (g/Nm <sup>3</sup> )	0,9	5,1	9,3	Periyodik
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,05	0,15	0,25	Periyodik
		NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	60	105	150	Periyodik
		SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NR	15	NR	Periyodik
		VOCs (mg/Nm <sup>3</sup> )	16	28	40	Periyodik
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	70	82	95	Periyodik
		HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	7	8	9	Periyodik
HF (mg/Nm <sup>3</sup> )	1	1,4	1,8	Periyodik		
AT	Talaş kurutucu-son yakıcı-torba filtre	toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	1,3	NR	2,8	Periyodik
		NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	69	NR	101	Periyodik
		VOCs (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,3	NR	29	Periyodik
		CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	3	NR	97	Periyodik
NB: NA = Uygun değil; NR = Rapor edilmemiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 393, Austria 2012 ]						

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması
- CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Fırın ve azaltım sistemi organik içeriğe uyum sağlamak için özel olarak tasarlanmadıkça, genellikle uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Alüminyum hurdalarının kalitesi ve metal veriminin artması.
- Tuz akıllarının azaltılması.
- Ergitme fırınından yayılan VOC'ların azaltılması.

### Örnek tesisler

Avusturya, Almanya ve İtalya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012]

## 4.3.25. Uygun ikincil ergitme fırınlarının seçimi

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Reverber fırınlar (çok bölmeli veya kapalı kuyu),
- Döner tamburlu fırınlar,
- İndüksiyon fırınları,
- Şaft fırınları.

### Teknik açıklama

Farklı hurda türleri, ergitme sürecinde belirli zorluklar ortaya çıkarır. Blok malzemesi ergitildiğinde, yüksek özgül alana sahip parçalar ile karşılaştırıldığında, oksidasyona göre daha az koruma gerektirir. Bu nedenle ergitme fırınının geliştirilmesi ve seçimi, kullanılan hurdanın türü ve boyutu, oksit içeriği ve kirlilik derecesi gibi birçok etkene bağlıdır.

Fırınlar yakıt ısıtmalı ve elektrik ısıtmalı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. İkincil alüminyum üretiminde en yaygın kullanılan fırın türü yakıt ısıtmalı fırınlardır.

İkincil izabe ve ergitme fırınlarının avantaj ve dezavantajları ile geri kazanılabilen ham maddeler Tablo 4.66'da verilmiştir.

#### *Reverber fırınlar (çok bölmeli veya kuyu tipi)*

Reverber fırınlar klasik fırınlardır ve münferit uygulamalar için geliştirilmiş farklı çeşitleri bulunmaktadır. Bu fırın, kapalı refrakter kaplı dikdörtgen bir kutu tasarımından oluşmaktadır. Bir veya daha fazla brülör enerjiyi sağlarken, baca gazları çatıdaki veya fırın duvarındaki bir açıklıktan çıkar. Fırın sabit veya devrilen tipte olabilir. Standart reverber fırınlar küçük ingotlar, ingotlar, sıkıştırılmış balyalar gibi büyük metal parçaların ergitilmesi için oldukça uygundur ve tuz kullanılması gerekmemektedir.

Fırına harici bir kuyu eklendiğinde hurdalar, baca gazı ve ortam havası ile oldukça az temas ettirilerek direk olarak sıvı metal üzerine beslenebilirler. Bu durumda, daha küçük parçalar da işlenebilir. Bununla birlikte harici kuyudan ısı kaybı gerçekleşir ve ergitme hızı da düşüktür.

Organik maddeler tarafından fazla miktarda kirletilmiş ancak diğer metaller tarafından az miktarda kirletilmiş olan hurdalar en iyi reverber fırınlarda ergitilebilir. Organik içerikler fırında yanmış olduğundan, tuza gerek yoktur.

#### *Döner tambur fırınlar*

Bu fırınların (sabit eksenli veya devrilen tipte olabilir) tasarım prensibi, merkezi eksen etrafında dönen bir refrakter kaplı çelik kaptan oluşur. Hurda fırının önünde bulunan açıklıktan yüklenir. Brülör fırının önünde veya arkasında yer alabilir. Geleneksel olarak, döner tamburun sabit bir eksenli vardır, bu da merkezin yatay konumda kalması anlamına gelir. Döner fırınlarda çok çeşitli ve büyüklükte hurdalar işlenebilir. Küçük hurdalar oldukça büyük bir özgül yüzeye sahip

olmalarına rağmen fırın atmosferine maruz kalan yüzeyleri oldukça küçüktür. Malzemenin oksidasyondan korunması için fırına bir tuz akısı eklenir. Devrilen döner fırınlarda sabit eksenli fırınlara göre daha az tuza ihtiyaç duyulmaktadır. Hurdanın kalitesine ve devrilen döner fırın kullanılması durumuna göre kullanılan tuz miktarı 0,5'in (üretilen kg demir dışı ürün başına kg tuz) altına düşürülebilir.

Sabit eksenli fırınlarda, tamburun çevresinde cürufu deşarj etmek için geniş bir delik bulunur. Cüruf, fırının altındaki cüruf kutularında toplanır. Sıvı metalin dökülmesi ve cürufun deşarj edilmesi zaman alıcı olabilir.

Devrilen fırınlarda, fırın geriye doğru devrilerek yükleme için geniş bir açıklık elde edilir. Ergitme için fırın arkaya eğik konumda döner. Fırın ergimiş metalin boşaltılması için yatay pozisyonda getirilir veya öne doğru eğilir, böylece sıvı metal bir oluk sistemine doğru akıtılır. Metal döküldükten sonra fırın döner tambur yavaşça dönerken eğilir ve fırında bulunan açıklığın altındaki konteynıra boşaltılır. Bu şekilde sabit eksenli fırınlarda karşılaşılan döküm ve deşarj etme zorlukları ortadan kaldırılmış olur.

#### *İndüksiyon fırınları*

İndüksiyon fırınlarında hurdayı ergitmek için elektrik kullanılır. İndüksiyon ile ısıtmada, bir bobin ile elektriksel olarak iletken bir malzeme (örn. hurda alüminyum) arasında temassız bir iletim gerçekleştirilir. Baca gazları olmadığı için oksidasyon kaybı düşüktür ve baca gazı tarafından kirlenme yoktur. Bununla birlikte indüksiyon fırınları, iadeleri ve temiz hurdaları işler ve ikincil alüminyum üreten modern tesislere göre kapasitesi biraz düşüktür.

#### *Şaft fırınları*

Bu fırının alüminyum sektörüne uyarlanmış tasarımı Ek 13.1'de belirtilen ile aynıdır. Bu fırın alüminyum sektöründe, ingot ve döküm iadelerini ergitmek için kullanılır.

Tablo 4.66: İkincil ergitme fırınlarının avantaj ve dezavantajları

Fırın tipi	Çeşitler	Ana uygulama	Avantajlar	Dezavantajlar	Gaz toplama	Yorumlar
Reverber veya	Standart	Organik maddelerle kirlenmiş büyük miktardaki temiz parçaların ve hammaddelerin eritilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Büyük metal kapasitesi (100 t)</li> <li>Hammadde boyutlarında birkaç kısıtlama</li> <li>Tuz kullanılmaması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük termal verim</li> <li>Hammadde türünün kısıtlı olması</li> </ul>	Yarı kapalı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hammadde kalitesinden dolayı yüksek verim</li> <li>Erimiş metal pompaları muhtemelen kullanılmıştır</li> </ul>
	Kuyu tipi	Yukarıdaki gibi, ancak daha ince besleme malzemelerinin verimli bir şekilde geri kazanılması sağlanır	<ul style="list-style-type: none"> <li>Büyük metal kapasitesi</li> <li>Daha geniş hammadde aralığı</li> <li>Normalde tuz kullanılmaması</li> </ul>	Düşük termal verim	Yarı kapalı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hammadde kalitesinden dolayı yüksek verim</li> <li>Erimiş metal pompaları muhtemelen kullanılmıştır</li> </ul>
	Eğimli ocak	Alüminyumun daha yüksek ergime noktalı metal kirliliğinden ayrılması (örn. demir/çelik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yüksek ergime noktalı kirletici maddelerin çok verimli bir şekilde uzaklaştırılmasında</li> </ul>	Düşük termal verim	Yarı kapalı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bazen diğer fırın tiplerine eklenebilir</li> <li>Verim kirlilik seviyesine bağlıdır</li> </ul>
Döner	Sabit eksen	Çok çeşitli hammaddelerin geri dönüşümü	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hammadde kısıtının bulunmaması</li> <li>İyi termal verimlilik</li> <li>Verimli magnezyum giderimi</li> <li>Pota cürufu/cüruf oluşmaması</li> <li>Büyük hacimlerde yükleme imkanı (&gt; 65 t)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nispeten daha fazla tuz örtüsü kullanılması</li> <li>Hammadde boyutu kısıtlayıcı olabilir</li> </ul>	Yarı kapalı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ortaya çıkan tuz cürufları yeniden işlenmelidir.</li> </ul>
	Devrilen	Sabit eksen ile aynı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sabit eksen ile aynı, ancak daha az tuz örtüsü kullanımı ve daha düşük kapasite</li> </ul>	Hammadde boyutu kısıtlayıcı olabilir	Yarı kapalı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ortaya çıkan tuz cürufları yeniden işlenmelidir.</li> <li>Daha düşük hurda kaliteleri ve cüruf için kullanılır.</li> </ul>

İndüksiyon	Çekirdeksiz	Temiz kalıntıları ve birincil hammaddeler in ergitilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek verim elde edilmesi</li> <li>• Yanma gazı çıkmaması</li> <li>• Tuz örtüsü kullanılmaması</li> <li>• Esnek kullanım (kesikli ve sürekli işleme imkânı)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nipeten daha az yükleme (&lt;10 t)</li> <li>• Hammadde tipi kısıtlayıcı olabilir</li> <li>• Hammadde boyutu kısıtlayıcı olabilir</li> </ul>	Açık, davlu mbaz	
	Channel	Çekirdeksiz ile aynı	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek verim elde edilmesi</li> <li>• Yanma gazı çıkmaması</li> <li>• Tuz örtüsü kullanılmaması</li> </ul>	Çekirdeksiz ile aynı ama daha büyük kapasiteler için uygundur (~ 20–25 t)	Yarı kapalı	
Şaft		Dökümhanelerdeki temiz ingotların ve proses kalıntılarının ergitilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek termal verimlilik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hammadde tipi kısıtlayıcı olabilir</li> <li>• Hammadde boyutu kısıtlayıcı olabilir</li> </ul>	Yarı kapalı	Meltower prosesinde kullanılmıştır

### Çevresel performans ve işletme verileri

İkincil alüminyum üretiminden ortaya çıkan filtre tozunun kullanıldığı tesisler İspanya, Avusturya ve İtalya’da bulunmaktadır. Bu durumda, bir döner fırından ortaya çıkan toz ve duman, temizleme ortamı olarak sodyum bikarbonat ve aktif karbon kullanılarak arıtılır. Böylece tuz örtüsünden klorürler giderilir. Daha sonra fırına yüklenen tuzları da içerebilen toz kumaş bir filtrede toplanır.

Fırına giren malzemeler (örn. hurda) çoğu zaman organik karbon emisyonunun (TVOC, toplam uçucu organik karbon) kaynağı olan belirli bir miktarda organik kirletici bulundurur. Fırının tasarımına bağlı olarak, TVOC’u azaltmak için ergitme fırını içine ek hava veya oksijen enjekte edilebilir (Almanya).

Verimi arttırmak için metal pompalar veya elektromanyetik karıştırma kullanılmalı, aynı zamanda toz emisyonlarını önlemek ve yüklenen malzemenin ön ısıtılmasını sağlamak için fırın tipine bağlı olarak sızdırmaz yükleme sistemleri ve hedefli duman toplama işlemleri uygulanmalıdır. Besleme malzemesini, kullanılan fırın tipi ve azaltma sistemlerine uyacak şekilde seçmek ve bu amaç için tasarlanmış ekipmanı kullanarak uygunsuz ham maddeleri diğer işlemlere aktarmak gerekir (Bkz. Tablo 4.28).

### Ortamlar arası etkiler

Yukarıda verilen tablodaki dezavantajlar sütununa bakınız.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kullanılan hammaddeye bağlı olarak bu teknikler tüm ikincil alüminyum üretim tesislerinde uygulanabilmektedir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Enerji veriminin artırılması.
- Geri dönüşüm oranının artırılması.
- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

Almanya, Belçika, İngiltere, Avusturya, İspanya ve İtalya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[256, Winter 2007], [272, Al input 2008], [269, Broom 2005], [312, VDI 2008], [394, Schmitz 2006]

### 4.3.26. İkincil alüminyum üretiminde ergitme fırınından kaynaklanan yayılı emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Davlumbaz ve sızdırmaz fırın kapısı,
- Kapalı malzeme taşıyıcılar
- Hedefli duman toplama.

#### Teknik açıklama

Özellikle yükleme ve boşaltma işlemleri gibi fırın işlemlerinden ortam havasına gaz çıkışı gerçekleşir. Bu gazlar tozlidir ve genellikle kullanılan hurdadaki organik kirleticiler ve yakıtın eksik yanması sonucu ortaya çıkan yanma elemanlarından kaynaklanan kısmen yanmış organik kirleticiler bulundurur. Kaplama, yağ ve boya gibi önemli organik kirleticileri bulunduran besleme malzemesi için fırın fazla hava veya oksijen ile beslenerek pirolize organik bileşiklerin yanması sağlanır. Bunlar organik kirleticileri ısı üretmek için kullanılır ve aynı zamanda baca gazındaki organik karbon emisyonlarının azalmasını sağlarlar. Eğer ihtiyaç duyulursa bütün organik karbonu CO<sub>2</sub>'ye dönüştürmek için bir son yakıcı da kullanılabilir.

#### *Davlumbaz ve sızdırmaz fırın kapısı*

Bir fırın kapısı, içerideki ısıyla ve dışarıdaki serin ortam havasıyla baş etmek üzere tasarlanmıştır. Fırının içindeki pozitif basıncı korumak için kullanımı kolay ve uygun şekilde kapatılmış olması gerekir. Davlumbaz, fırın kapısı açıldığında (örneğin şarj sırasında) dumanların çevreye yayılmasını önlemek ve yayılı emisyonları toplamak üzere tasarlanmıştır.

Reverber fırın: Fırın kapağının modern tasarımlarından biri, ısıya dayanıklı döküm parçalarının tek tek bölümlerinden oluşan sağlam bir çerçeve içerir. Çerçeve ısı transfer alanı çok küçük olsun diye refrakter malzeme içerisinde yüksek bir dereceye kadar gömülür. Kapı çerçevesi ayrıca sızdırmazlık sistemini de taşır. Sızdırmazlık için asbest içermeyen ısıya dayanıklı bir halat kullanılır. Halat tutucular münferit bölümlerden yapılır ve sızdırmazlığın gerektiği şekilde ayarlanmasına izin verir. Kapıyı kapatmak için bütün kapı üzerine hidrolik silindireler ile sıkı bir sızdırmazlık sağlayan kapı çerçevesine doğru baskı uygulanır.

Bazı fırınlar, kapı makarasını bir kılavuz profili boyunca hareket ettirerek sızdırmazlık kuvvetini üretmek için tasarlanmıştır. Bu sızdırmazlık kuvvetinin düzgün bir şekilde uygulanması için kılavuz profiller, tüm kapı yapısını kaldırmak üzere kapı çerçevesinden uzağa taşınmasını sağlayan döner kollar olarak tasarlanmıştır, böylece sızdırmazlık ipi tamamen temizlenir veya kapının çerçeveye kuvvetli bir şekilde bastırılmasına izin verir.

Bir reverber fırında, baca gazı deşarjı için en iyi konum, fırın kapağının üzerindedir ve buraya egzoz davlumbazı veya baca borusu yerleştirilmelidir. Ön ısıtma rampası burada bulunur. Baca gazı bu bölgeden geçerken, iyi bir ısı transferi sağlanır. Baca borusu başka bir yerde de bulunabilir ve fırında iyi bir ısı dağılımı sağlar. Bunun nedeni, yüksek hızlı brülörlerin, ana akış yönünden bağımsız olarak ortaya çıkan bir ısı transferi ile fırında önemli bir türbülans yaratmasıdır.

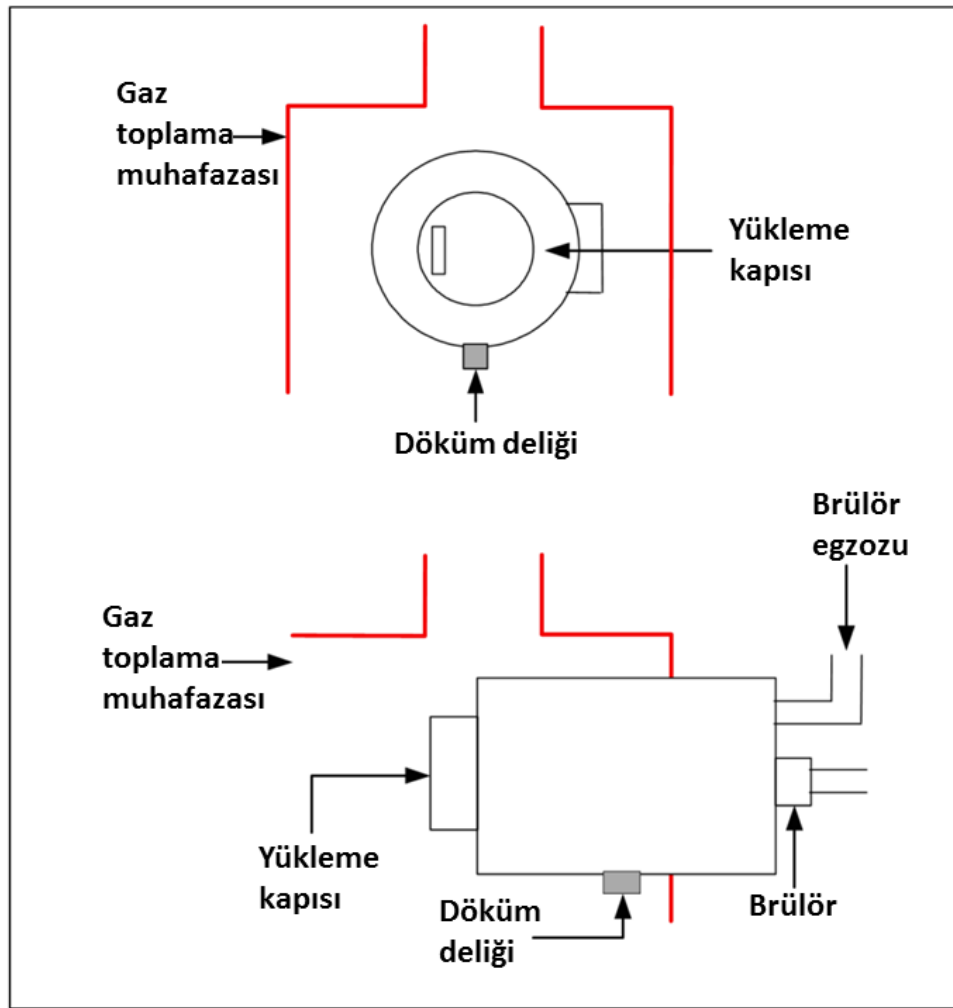
Sabit eksenli döner fırın: Fırın kapısı ve boşaltım deliğinden ayrı olarak, tüm sabit eksenli fırın, enerji kaybını önlemek ve dağınık emisyonları engellemek için kapalı ve yalıtılmıştır. Bu nedenle fırın kapı tasarımı en önemli özelliklerden biridir. Kapı sızdırmaz ve kullanımı kolay olacak şekilde tasarlanmıştır. Dağınık emisyonları toplamak için fırın kapağının üst ucuna bir

egzoz davlumbazı yerleştirilir.

Geleneksel bir sabit döner fırın durumunda, yükleme kapağı bir çelik haznenin içine yerleştirilebilir. Bununla birlikte böyle bir kurulumun işletilmesi zordur ve verimli olabilmesi için önemli miktarda hava, bu da büyük bir filtreleme tesisatı gerektirir.

Döner fırınlar için yapılan bir tasarımda, kapı tambur açıklığının alt yarısını kaplar ve bir dinamik sistemli hava kilidi ile tambura karşı sızdırmazlığı sağlar. Hava, kapının döner kolu tarafından sağlanır. Egzoz davlumbazı, fırın açıklığının üst yarısına yerleştirilmiştir. Bu da kapı ile aynı sistemi kullanarak döner tambura karşı sızdırmazdır. Tambur kapısının açılması ile kaçan gazlar uygun boyutlandırılmış bir davlumbazın ile yakalanır ve atık gaz sistemine verimli bir şekilde gönderilir.

Alternatif olarak bir döner fırında tek bir noktadan ekstraksiyon işleminin yapılmasına olanak sağlayan hem yükleme hem de döküm bölgelerini kapatacak şekilde bir duman toplama muhafazası kullanılır, bkz. Şekil 4.12.



Şekil 4.12: Entegre duman toplama sisteminin bir örneği

#### *Kapalı malzemesi taşıyıcılar*

Bir malzeme taşıyıcı veya konteynır hurdanın fırına taşınmasında kullanılır. Sistem fırına göre boyutlandırılmıştır böylece konteynır deşarj boyunca açık fırın kapısını kapatır ve bu işlem boyunca fırının sızdırmazlığı sağlanmış olur. Ayrıca sisteme, şarj edilmeden önce hurdanın ön ısıtmasını sağlamak için bir oda eklenebilir.

### *Hedefli duman toplama*

Yükleme, ergitme ve döküm döngülerinde sürekli olarak değişen duman kaynaklarına doğru yönlendirilebilen bir toplama fanı bulunan bir duman toplama sistemi tasarlanabilir. Dumanın hedeflenmesi, örn. kapı açma, brülör durumu veya fırın eğimi gibi fırın kontrollerine bağlı ve otomatik olarak kontrol edilen damperler kullanılarak sağlanabilir. Damper işlemleri yükleme, ergitme ve döküm işlemleri ile birlikte başlatılabilir ve duman toplama işlemleri de buna göre belirlenebilir. Kapı açıldığında minimum gaz akışını sağlamak için, yükleme sırasında brülör hızı otomatik olarak kontrol edilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

#### *Davlumbazlı ve sızdırmaz fırın kapısı*

- Yayılı emisyonların önlenmesi
- Enerji tüketiminin azaltılması

#### *Kapalı şarj taşıyıcılar*

- Hurdanın yüklenmesi sırasında ortaya çıkan yayılı emisyonların önlenmesi

### *Hedefli duman toplama*

- Yayılı emisyonların önlenmesi
- Enerji tüketiminin azaltılması

### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir. Kapalı malzeme taşıyıcılar sadece dönmeyen fırınlara uygulanabilir.

### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Yayılı emisyonların azaltılması.
- Enerji geri kazanımı

### **Örnek tesisler**

Belçika, Avusturya, İspanya, Almanya ve İtalya'da bulunan tesisler

### **Referans literatür**

[118, Lahey, R. et al. 1998], [231, COM 2007], [296, EAA, OEA 2012], [394, Schmitz 2006]

## **4.3.27. Ergitme prosesinden kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması için teknikler**

### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre kullanılmasıdır.

### **Teknik açıklama**

Çoğu ikincil alüminyum tesisi toz ve metal emisyonunu azaltmak için bir torba filtre kullanmaktadır. Torba filtrede çıkış gazı sıkı dokunmuş veya keçeli bir kumaştan geçirilerek tozun eleme veya diğer yöntemlerle toplanması sağlanır. Torba filtrenin üzerinde biriken kek filtrenin verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Diğer kirleticilerin (örn. asit) azaltılması için bir absorban madde kullanılması durumunda bu reaksiyonlar da filtre yüzeyinde gerçekleşmektedir (Bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

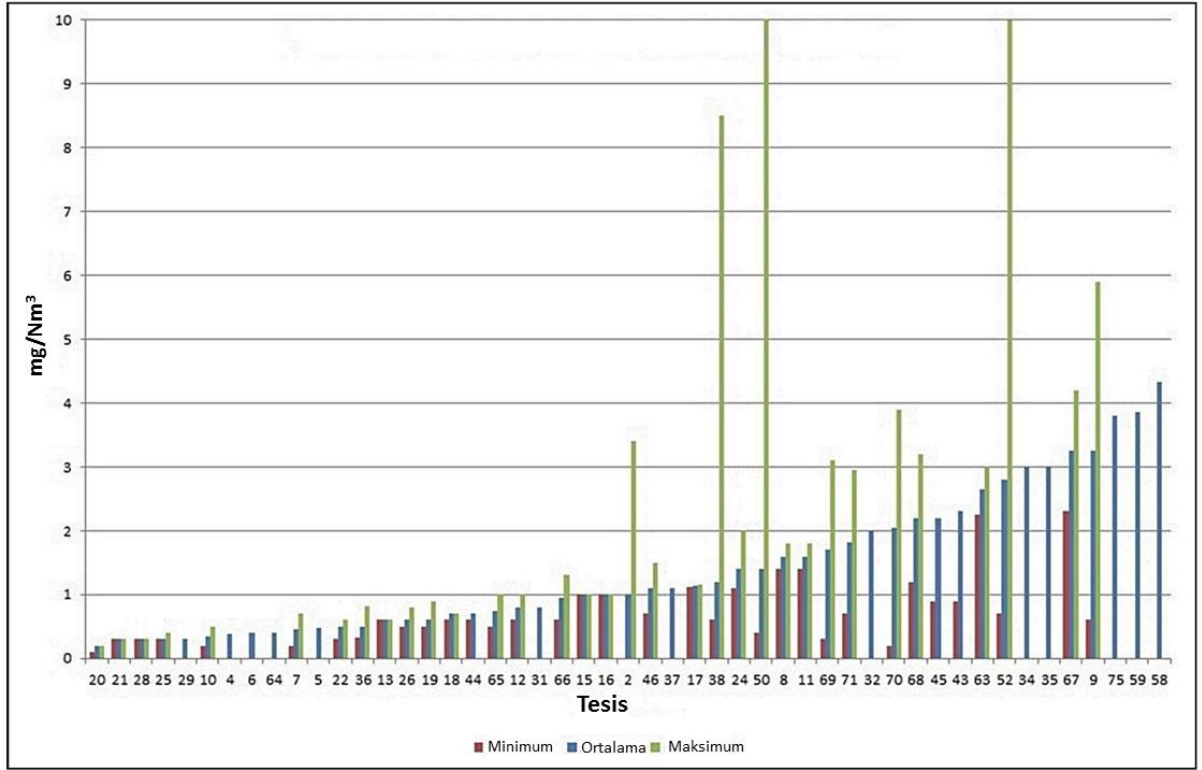


### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Elde edilen verilere göre maksimum, ortalama ve minimum toz emisyonları Şekil 4.13'te verilmiştir [378, Industrial NGOs 2012].



Şekil 4.13: İkincil alüminyum üretim tesislerinde ergitme prosesinden kaynaklanan toz emisyonları

Belirtilen tesislerin %55'i toz emisyonlarını sürekli olarak izlemektedir. Eğer sadece toz emisyonu 2 g/h ve 100 g/h arasındaki tesisler için yıllık ortalama veya bir yılda ölçülen değerlerin bir ortalaması alınır, ölçülen toz emisyonları %65'e yükselmektedir.

Tablo 4.67: Avusturya’da bulunan bir tesisin ergitme prosesinden kaynaklanan emisyonlar

Teknik	Kirlenici	Birim	Değerler			İzleme sıklığı
			Maks.	Ort.	Min.	
Döner tamburlu fırın-torba filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	1,6	NR	1,4	Periyodik
	NO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	157	NR	10	Periyodik
	PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	NR	< 0,1	NR	Periyodik
	HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	24,6	NR	3,5	Periyodik
	HF	mg/Nm <sup>3</sup>	4,7	NR	0,2	Periyodik
	Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,002	NR	0,001	Periyodik
	Pb, Zn, Cr, Cu, Mn, V, Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,047	NR	0,045	Periyodik
Devrilen döner fırın-son yakıcı-kireç enjeksiyonu-torba filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	1,1	NR	0,7	Periyodik
	VOC	mg/Nm <sup>3</sup>	398	NR	0,3	Sürekli
	HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	1,8	NR	1,6	Periyodik
	HF	mg/Nm <sup>3</sup>	0,8	NR	0,06	Periyodik
	Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0007	NR	0,0005	Periyodik
	Pb, Co, Ni, Se, Te	mg/Nm <sup>3</sup>	0,005	NR	0,003	Periyodik
	PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	NR	< 0,1	NR	Periyodik

NR = Belirtilmemiştir,  
Kaynak: [393, Austria 2012]

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması
- Toplanan toz eğer yeniden kullanılamazsa atık ortama çıkabilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.
- Hammaddenin geri dönüşümü

#### Örnek tesisler

AB-28'deki tüm tesisler.

#### Referans literatür

Referans bilgisi sağlanamamıştır.

### 4.3.28. Ergitme fırınından kaynaklanan ve havaya salınan organik karbonun azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Son yakıcı
- İçten yanma sistemi

#### Teknik açıklama

Hurda türüne, özellikle organik kirletici maddelere bağlı olarak, fırınlardan gelen baca gazı, toplam uçucu organik karbon (TVOC) olarak ifade edilen çeşitli organik bileşikler içerebilir. Son yakıcılar veya içten yanmalı sistemler, uygun bir sıcaklığı muhafaza etmeyi amaçlar ve baca gazındaki organik bileşikler daha fazla yakarak CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve HCl'ye dönüştürebilir.

#### *Son yakıcı*

Son yakma sistemi, bir veya daha fazla brülörlü bir refrakter odadan oluşur. Hazne tasarımında, gazların kalma süresini dikkate alınmalıdır ve bu parametre kesinlikle organik bileşiklerin, özellikle klor içeriğinin bileşimine bağlıdır.

#### *İçten yanma sistemi*

İçten yanmalı sistemde, egzoz gazı akışı brülör alevi boyunca yönlendirilir ve organik karbon da serbest oksijen ile CO<sub>2</sub>'ye dönüştürülür. Genellikle iki odalı bir fırında uygulanır. Birinci bölmede (yükleme odası), organik malzemelerin pirolizi gerçekleşir, daha sonra duman, organik bileşiklerin oksijen ile yakıldığı ikinci bölme (ısıtma odası) girer.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- VOC'lar, CO ve PCDD/F dahil olmak üzere organik bileşiklerin azaltılması.
- İçten yanma sistemi uygulandığında enerji kullanımının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

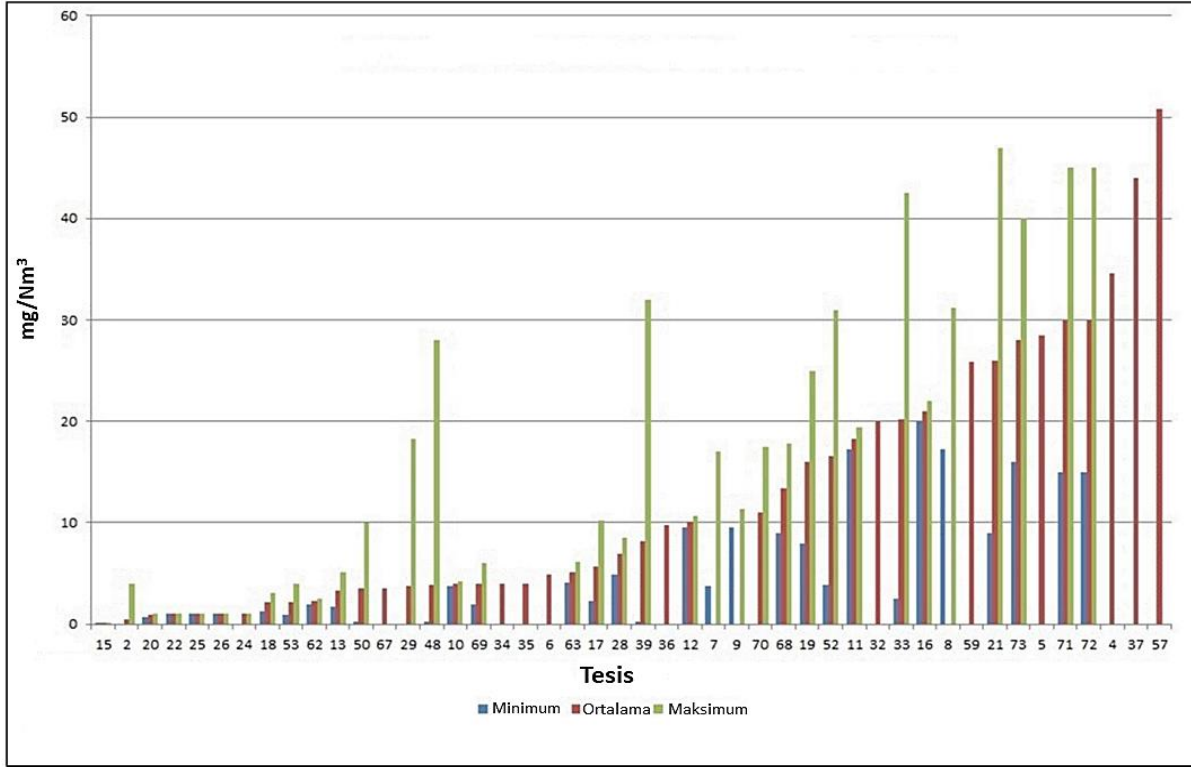
Bir yılda gerçekleştirilen periyodik ölçümlerin (veya periyodik veri raporlamasının) ortalaması <1 mg/Nm<sup>3</sup> ila 26 mg/Nm<sup>3</sup> arasındadır.

Bir ikincil alüminyum fabrikasında sürekli olarak ölçülen TVOC emisyonları aşağıdaki Tablo 4.68'de verilmiştir.

**Tablo 4.68: İkincil alüminyum üretim tesisinde sürekli olarak ölçülen TVOC emisyonları**

Kirletici	Emisyon değerleri				Ortalama
	Minimum	Ortalama	%95	Maksimum	
TVOC (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1	16,34	45,85	98	Yarım
	2,4	17,28	29,8	42,5	Günlük

Aşağıdaki verilen Şekil 4.14'te elde edilen verilere göre TVOC emisyonları gösterilmektedir [378, Industrial NGOs 2012].



Şekil 4.14: İkincil alüminyum üretim tesisinde ortaya çıkan TVOC emisyonları

İkincil alüminyum fabrikalarının sadece %28'i sürekli olarak TVOC emisyonlarını ölçmektedir.

#### Ortamlar arası etkiler

*Son yakıcı*

- Enerji kullanımının artması
- NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının artması

*İçten yanmalı sistem*

Ortamlar arası etki belirtilmemiştir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.
- İçten yanmalı brülör sistemi kullanıldığında enerji kullanımının azalması.

#### Örnek tesisler

Avusturya, Almanya ve İtalya'da bulunan tesisler.

#### Referans literatür

Referans bilgisi sağlanamamıştır.

### 4.3.29. PCDD/F de dahil olmak üzere asit gazları ve organik karbondan kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların azaltılması için teknikler

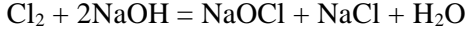
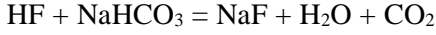
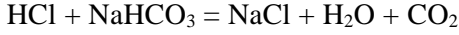
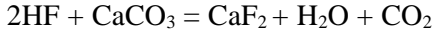
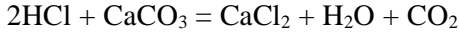
#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu,
- Aktif karbon enjeksiyonu.

#### Teknik açıklama

Bir toz filtresi, atık gaz akımının kendisinden gazlı bileşenleri çıkaramaz, ancak toz filtreleri, absorban maddeler baca gazı ile karıştırılırsa yüzey reaksiyonu için kullanılabilir. Asit bileşiklerini ve kloru kimyasal reaksiyonla nötralize etmek ve PCDD/F gibi organik bileşikleri absorbe etmek için absorban maddeler enjekte edilir. Aktif karbon ve kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) veya  $\text{NaHCO}_3$ , ikincil alüminyum tesislerinde yaygın olarak kullanılan absorban maddelerdir. Aktif karbon, eğer varsa PCDD/F ve metalleri absorblamak ve gidermek için kullanılır. Farklı asit bileşikleriyle gerçekleşen reaksiyonlar şunlardır:



Kullanılan absorban maddelerin miktarı, işlenen hurda türüne ve absorban maddelerin atık gazla tamamen karışmasına bağlıdır. Ortalama olarak, 0,5-1 g/m<sup>3</sup> asit absorbanı ve 0,1-0,2 g/m<sup>3</sup> aktif karbon kullanılır.

Bir diğer karışım örneği, kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) ve bir grup mineral reaktif karışımıdır.

Absorban maddeler genellikle, bir reaktör kabı içine, hız kontrollü döner kilit veya pnömatik bir sistem kullanılarak hız kontrolü ile enjekte edilirler. Reaktörü geçen atık gaz daha sonra filtreye gider.

Bazı tesislerde, organik kirletici miktarının giriş malzemesi, yani hurdada nispeten yüksek olması durumunda, PCDD/F emisyonunun etkili bir şekilde azaltılmasını sağlamak için yukarıda bahsedilen maddeler atık gazlara enjekte edilmeden önce bir son yakıcı kullanılır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

PCDD/F ve asit gaz ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ) emisyonları gibi organik bileşiklerin azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Kireç/ $\text{NaHCO}_3$ /aktif karbon veya diğer absorban madde karışımlarının enjeksiyonu ile elde edilen emisyon seviyeleri aşağıdaki gibidir:

## Bölüm 4

### PCDD/F:

6 saatlik örnekleme ölçümüne göre ortalama:

Aralık: <0,01-0,44 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>

Veri dağıtımı: 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>: %86,5; 0,1–0,2 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>: %5,4; 0,2–0,44 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>: %8,1.

### HCl:

Döner fırınlar kullanıldığında, HCl emisyonları, tuzun nem ile birleşmesinden kaynaklanır. Burada, HCl emisyonları genellikle 10 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha düşüktür. Bu emisyonlar kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu kullanılarak indirgenirler.

Klorlama için çarklar veya gözenekli kayalar kullanıldığında, HCl değerleri genellikle <5 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Seramik mızraklar daha yüksek HCl emisyonları ortaya çıkarır ve yavaş yavaş çıkarılmalıdır.

Genellikle yılda bir veya iki kez gerçekleştirilen yarım veya bir saatlik ölçümler için periyodik ölçümlere dayalı ortalama:

Aralık: <1-8 mg/Nm<sup>3</sup>

Maks. Değer: 16,3 mg/Nm<sup>3</sup>

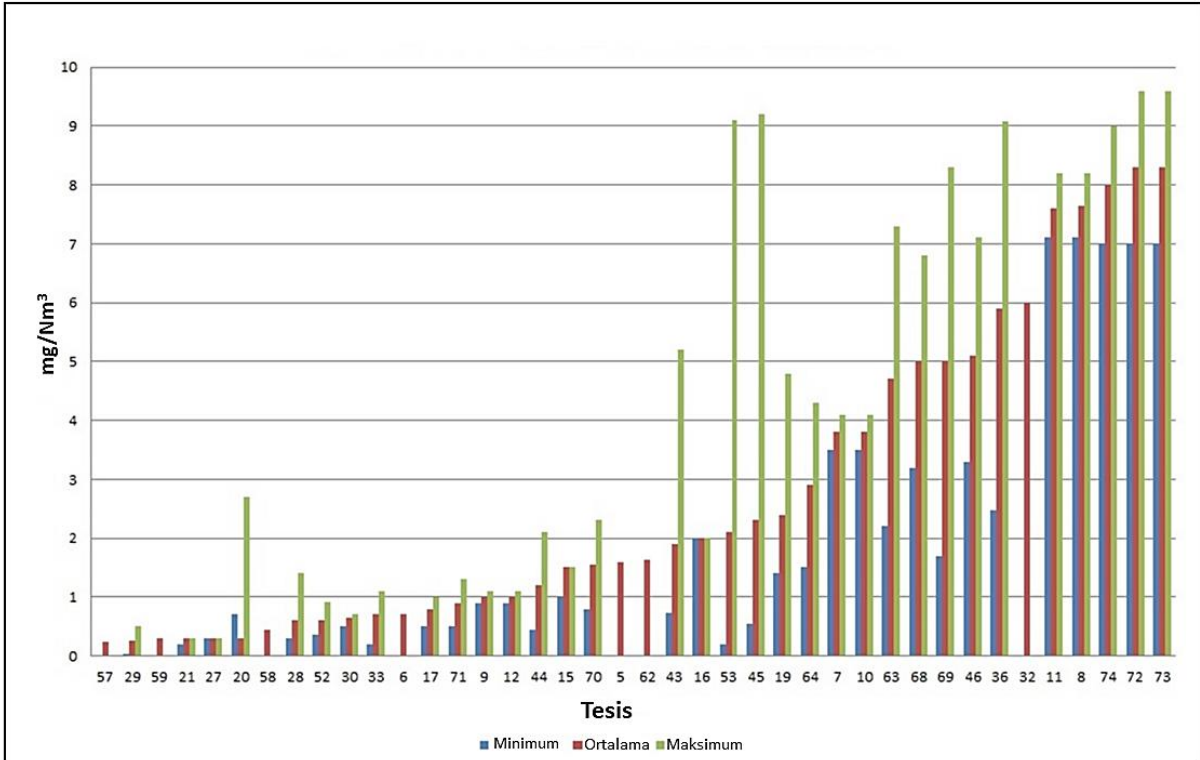
### HF:

Genellikle yılda bir veya iki kez gerçekleştirilen yarım veya bir saatlik ölçümler için periyodik ölçümlere dayalı ortalama:

Aralık: <0,1-2,3 mg/Nm<sup>3</sup>

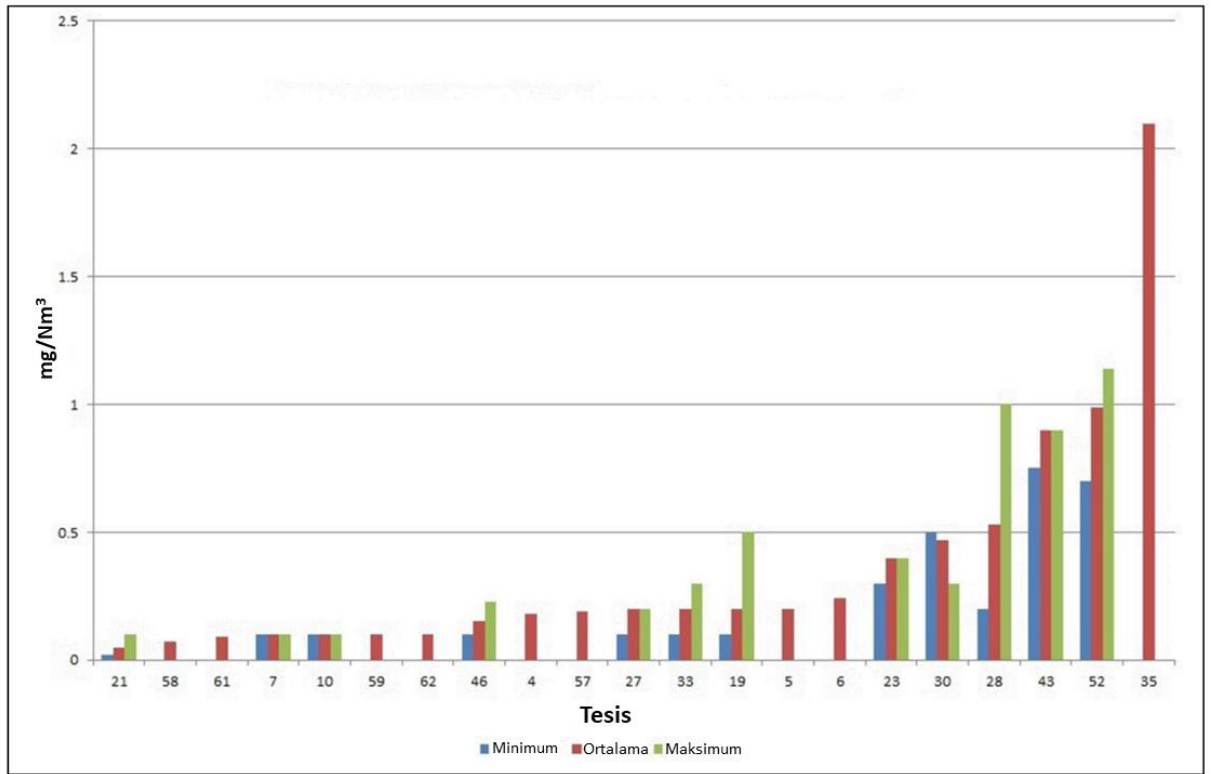
Maks. Değer: 2,5 mg/Nm<sup>3</sup>

Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18'de elde edilen verilere göre HCl, Cl<sub>2</sub>, HF ve PCDD/F emisyonları gösterilmiştir [378, Industrial NGOs 2012].

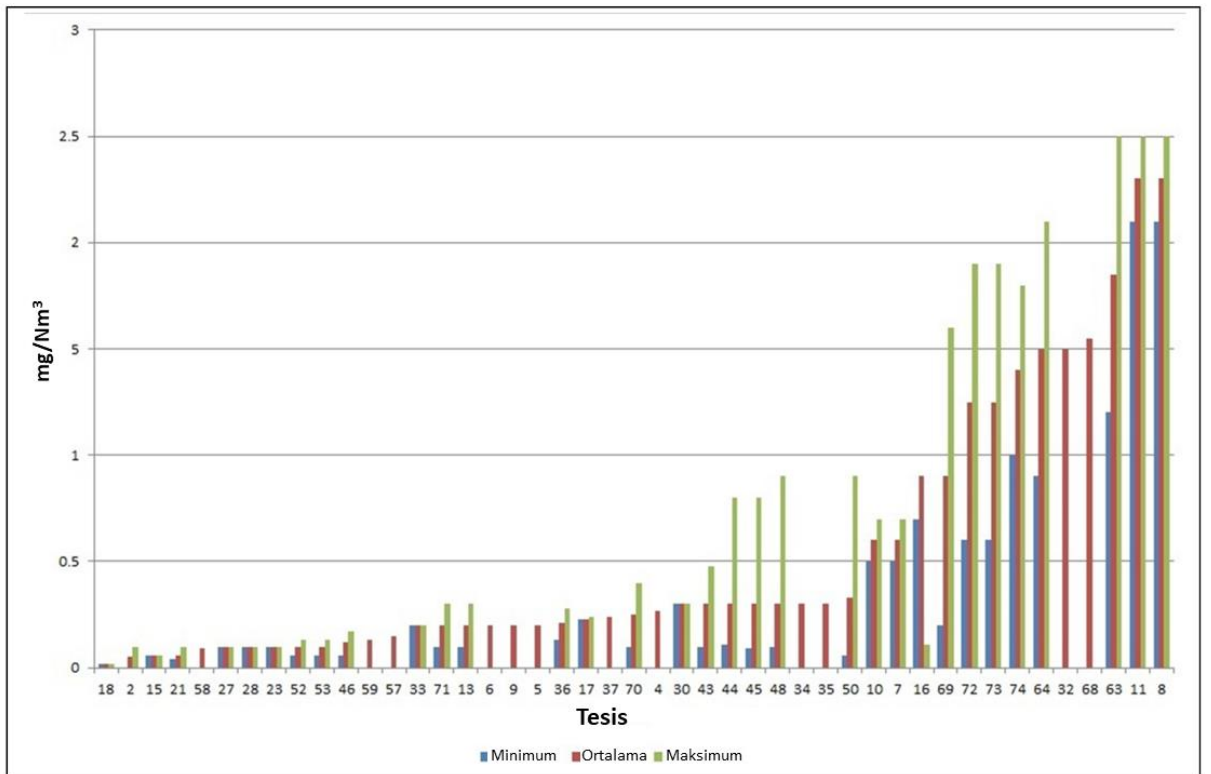


Şekil 4.15: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan HCl emisyonları

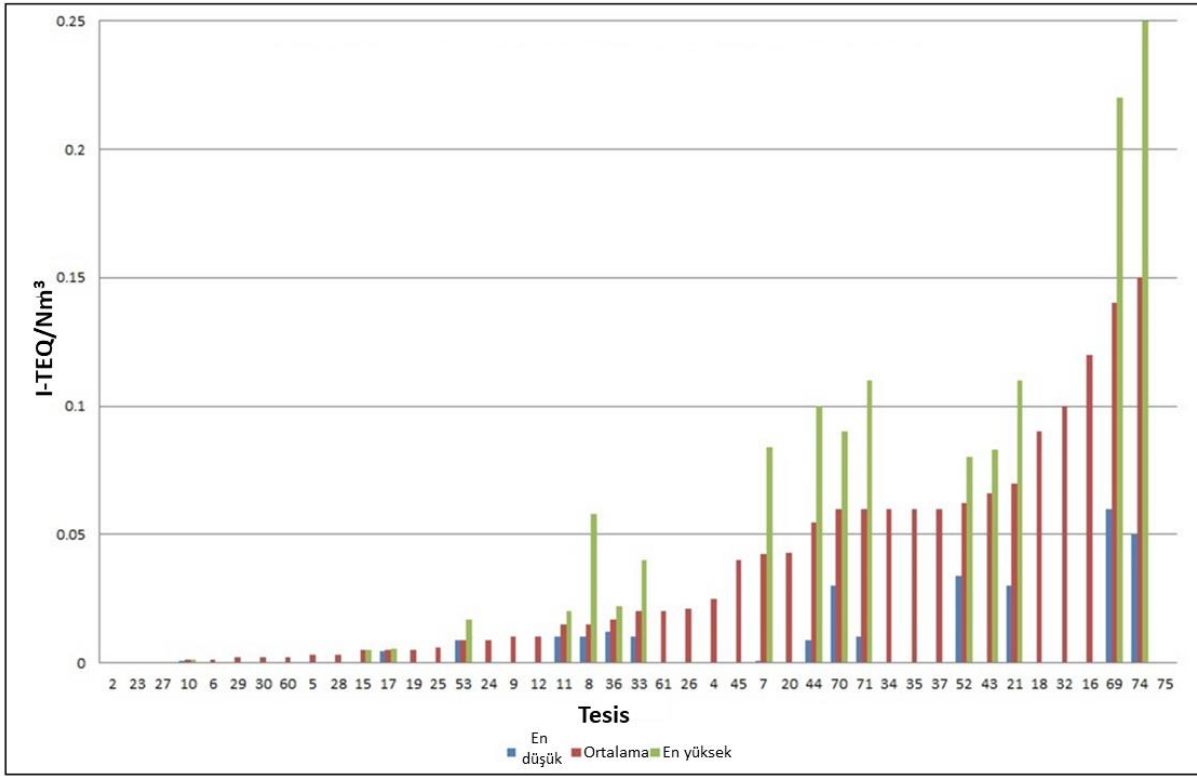
Sadece bir tesis, HCl emisyonlarını sürekli olarak izlediğini bildirmiştir.



Şekil 4.16: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan Cl<sub>2</sub> emisyonları



Şekil 4.17: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan HF emisyonları



Şekil 4.18: İkincil alüminyum üretim tesislerinden kaynaklanan PCDD/F emisyonları

#### Ortamlar arası etkiler

Toplanan tozun tekrar kullanılamaması durumunda katkı maddeleri kullanılabilir ve atık ortaya çıkabilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

#### Örnek tesisler

Avusturya, Almanya, İspanya, İtalya ve İngiltere’de bulunan tesisler.

#### Referans literatür

[298, Mensink 2005], [394, Schmitz 2006]

### 4.3.30. İkincil alüminyum üretiminde erimiş metal işlemeden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Rafinasyon işleminin kontrolü ve klor ile inert gaz karışımının kullanılması,
- Absorban madde olarak kireç ve sodyum bikarbonat kullanılan kuru gaz yıkayıcı kullanılması,
- Doğrudan kalıplama işlemi için sıvı metal tedarik edilmesi.



### Teknik açıklama

Erimiş metal, gazları ve diğer metalleri uzaklaştırmak için rafine edilir. Rafinasyon işleminde, inert gaz ile klor veya başka bir arıtma maddesi karışımı kullanılır ve klor, HCl ve HF ortaya çıkar.

#### *Rafinasyon işleminin kontrolü ve inert gaz ile klor karışımının kullanılması*

Fazla klor kullanılması durumunda, bu fazla klor alüminyum klorür olarak ortaya çıkarabilir ve bu alüminyum klorür de hava ile etkileşime girdiğinde HCl üretmek için hidrolize olabilir. Bunu önlemek veya azaltmak için, işlemin iyi bir şekilde kontrol edilmesi ve saf klor yerine inert bir gaz ve klor karışımının kullanılması gereklidir.

*Absorban madde olarak kireç ve sodyum bikarbonat kullanılan kuru gaz yıkayıcı kullanılması*  
Asit emisyonlarını azaltmak için torba filtreden önce baca gazına kireç veya sodyum bikarbonat enjekte edilir.

#### *Doğrudan kalıplama işlemi için sıvı metal tedarik edilmesi*

Alüminyum alaşımı yeniden ergitmek için ihtiyaç duyulan enerjiden tasarruf etmek için metal doğrudan müşteriye sıvı olarak gönderilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

#### *Rafinasyon işleminin kontrolü ve inert gaz ile klor karışımının kullanılması*

Asit emisyonlarının önlenmesi

*Absorban madde olarak kireç ve sodyum bikarbonat kullanılan kuru gaz yıkayıcı kullanılması*  
(Bkz. Tesis 19)

Asit emisyonlarının azaltılması

#### *Doğrudan kalıplama işlemi için sıvı metal tedarik edilmesi*

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Hammadde kullanımının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Aşağıdaki tabloda HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF için emisyon değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 4.69: İkincil alüminyum üretiminde erimiş metal işleme işlemlerinden kaynaklanan HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF emisyonları**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			İzleme sıklığı
			Min.	Ort.	Maks.	
19	Kireç enjeksiyonu	Toz	0,5	0,6	0,9	Yılda 3 kere
		HCl	1,4	2,4	4,8	
		Cl <sub>2</sub>	0,1	0,2	0,5	
28	Kireç enjeksiyonu	Toz	<0,3	<0,3	<0,3	Yılda 3 kere
		HCl	<0,3	0,6	1,4	
		Cl <sub>2</sub>	<0,2	0,53	1	
		HF	<0,1	<0,1	<0,1	
Alman	Kireç enjeksiyonu	HCl	0,12	NR	0,56	Yılda 4 kere
		Cl <sub>2</sub>	0,17		0,3	
		HF	0,19		0,2	Yılda 3 kere

NB: NR = Rapor edilmemiştir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 385, Germany 2012 ]

## Bölüm 4

Yarı mamullerin üretimi, alüminyum ingotlarının bir fırında yeniden ergitilmesi anlamına gelmekte olup, enerji tüketimi, metal kaybı ve kirlenici emisyonları ile ilgilidir. Doğrudan kalıplama için sıvı metal tedarikiyle elde edilen enerji tasarrufu, yaklaşık olarak 1 MWh/t üretilen ikincil alüminyumdur. Yeniden ergitme ocağından kaynaklanan yayılı ve kanalizasyon emisyonlarının azaltılması sonrasında toz emisyonları 80 g/t Al ve CO<sub>2</sub> emisyonları 300 kg CO<sub>2</sub>/t Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kadar çıkabilmektedir.

### Ortamlar arası etkiler

*Rafinasyon işleminin kontrolü ve inert gaz ile klor karışımının kullanılması*

Bilgi sağlanamamıştır.

*Absorban madde olarak kireç ve sodyum bikarbonat kullanılan kuru gaz yıkayıcı kullanılması (Bkz. Tesis 19)*

Toplanan tozun tekrar kullanılmaması durumunda katkı maddeleri kullanılabilir ve atık ortaya çıkabilir.

*Doğrudan kalıplama işlemi için sıvı metal tedarik edilmesi*

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

*Rafinasyon işleminin kontrolü ve inert gaz ile klor karışımının kullanılması*

Genellikle uygulanabilir.

*Absorban madde olarak kireç ve sodyum bikarbonat kullanılan kuru gaz yıkayıcı kullanılması (Bkz. Tesis 19)*

Genellikle uygulanabilir.

*Doğrudan kalıplama işlemi için sıvı metal tedarik edilmesi*

Müşterinin kalıplama tesisi, sıvı üreten tesisten dört ila beş saatten daha fazla uzakta olmamalıdır.

### Ekonomik veriler

Direk kalıplama için sıvı metali tedarik etmenin ekonomik yararı, yaklaşık 80 €/ton Al'dir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

Tesis 19, Tesis 28, Fransa ve Almanya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012], [395, France 2013]

## 4.3.31. Yeniden ergitmeden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kirlenmemiş alüminyum malzemelerin kullanılması,
- Tozun azaltılması için yanma koşullarının optimize edilmesi,
- Torba filtre.

### Teknik açıklama

Baca gazının toz içeriği geniş bir aralıkta dalgalanır ve esas olarak metal içeren hammaddelerdeki kirliliklerin türü ve ölçeğinden ve ilgili işlem aşamalarından (şarj, ergimiş malzemenin işlenmesi, cüfuf sıyırma) etkilenir. Temiz hurdalar veya ingot malzemeleri kullanıldığında ve ergitme

performansı düşükse, spesifik toz parçaları pratikte göz ardı edilebilir ve herhangi bir ikincil önlem almaya gerek yoktur [357, VDI 1998].

### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Alüminyum ergitme tesisleriyle ilgili yapılan son çalışmalar, bölmeli fırınlarda blok malzemeler ve temiz yeniden kullanılabilir hurdalar kullanıldığında, ikincil önlemler olmaksızın bile düşük toz emisyon değerlerinin elde edilebileceğini göstermektedir. Klorlama ve cüruf sıyırma işlemleri sırasında (Bkz. Bölüm 4.3.4.9) ve metal yanması sırasında (fırının dar bir şekilde ayrılmış bir bölümünde metalin doğrudan oksidasyonu) kısa emisyon pikleri meydana gelir. Bu çalışmalar, metal yanmasının önlenmesi ve kısmi atık gaz akışının tozsuzlaştırılması süreçlerinin genel bilançosu açısından ekolojik ve ekonomik olarak duyarlı bir farkı temsil ettiği sonucuna varmıştır [357, VDI 1998].

Tesis 1'den ortaya çıkan emisyonlar aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tesis 1'de dört adet yeniden ergitme tesisi ve bir adet bekletme fırın bulunmaktadır. Fırınlara, yakıt olarak doğal gaz kullanmakta ve sadece kirlenmemiş hurdaları ergitmektedir. Toz emisyonlarını azaltmak için boru sonu teknikleri kullanılmamaktadır.

**Tablo 4.70: Tesis 1'den kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis		Akış hızı (maksimum) (Nm <sup>3</sup> /h)	Toz		
			Değer (mg/N <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		Yıl
1	Yeniden ergitme+döküm	14 000	Maksimum	9	2008
		NR	Minimum	<0,2	2011
2	Yeniden ergitme+döküm	7650	Maksimum	17	2008
		NR	Minimum	1	2009
3	Yeniden ergitme+döküm	12 000	Maksimum	14	2008
		NR	Minimum	1,5	2009
4	Yeniden ergitme	NR	Maksimum	2,2	2011
		NR	Minimum	1,1	2010
5	Bekletme	NR	Maksimum	15	2011
		NR	Minimum	1,4	2010

(1) Emisyon değerleri 6 saatte bir izlenmiştir (Örnekleme periyodu 3 saattir).  
NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tesis 2'den kaynaklanan emisyonlar Tablo 4.71'de verilmiştir. Fırınlara yakıt olarak, doğal gaz kullanmakta ve sadece kirlenmemiş hurdaları ergitmektedir. Toz emisyonlarını azaltmak için boru sonu teknikleri kullanılmamaktadır.

**Tablo 4.71: Tesis 2'den kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis		Akış hızı (maksimum) (Nm <sup>3</sup> /h)	Yıl	Toz (maksimum)		Ortalama
				mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t	
1	3 Ergitme fırını + 3 bekletme fırını	102 000	2009	12,7	0,0076	Maksimum değer: Her 20 dakikada alınan 3 değer in ortalaması
2	3 Ergitme fırını + 3 bekletme fırını	61 300	2009	12,7	0,0038	Maksimum değer: Her 20 dakikada alınan 3 değer in ortalaması
		NA	2012	6,53	NA	Tam döngü izleme
3	Ergitme fırını + bekletme fırını	40 000	2007	14,7	0,0047	Maksimum değer: Her 20 dakikada alınan 3 değer in ortalaması
		–	2012	20,08	NA	Tam döngü izleme

NB: NA = Not available.  
Source: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tesis 3 ve Tesis 4'ten ortaya çıkan emisyonlar bir sonraki tabloda verilmektedir. Her iki tesiste de yakıt olarak doğal gaz kullanılmakta ve kirlenmemiş hurdalar ergitilmektedir. Tesis 3'te toz emisyonları azaltmak için bir torba filtre kullanılmaktadır.

**Tablo 4.72: Tesis 3 ve Tesis 4'ten ortaya çıkan toz emisyonları**

Tesis	Akış hızı (maksimum)	Yıl	Toz (maksimum)		Ortalama
	(Nm <sup>3</sup> /h)		mg/Nm <sup>3</sup>	kg/t	
3	NA	2012	1.4	NA	Tam döngü izleme
4	Ergitme fırını + bekletme fırını	2009	12	0,035	1 saatlik örnekleme periyodu
	NA	2009	4	0,013	1 saatlik örnekleme periyodu
	NA	2009	NA	0,007	1 saatlik örnekleme periyodu

NB: NA = Uygun  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bir torba filtre kullanılması enerji tüketimini artırır.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

#### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

#### **Örnek tesisler**

Tesis 1, 2, 3 ve 4

#### **Referans literatür**

[ 357, VDI 1998 ]

### **4.3.32. Pota cürufu/cüruflardan kaynaklanan ve havaya salınan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Pota cürufu/cürufun sızdırmaz konteynerlerde inert gaz altında soğutulması,
- Pota cürufu/cürufun sızdırmaz konteynerlerde soğutulması,
- Hava emişi ve toz azaltımı ile pota cürufu/cürufun sıkıştırılması,
- Pota cürufu/cürufun ıslanmasının önlenmesi.

#### **Teknik açıklama**

Pota cürufu/cüruflar tasfiye işleminde ortaya çıkan reaksiyon ürünleridir ve ergimiş alüminyumun üst yüzeyinde oksidasyonu sonucunda oluşurlar. Bunlar dökümden önce metal yüzeyden sıyrılarak ayrılırlar. Pota cürufu/cüruflar üretildikleri anda, oksidasyon yoluyla kaybolan metali azaltmak, ortaya çıkan emisyonu azaltmak ve alüminyumu geri kazanmak için hemen işlenirler. Pota cürufu/cürufların daha fazla oksidasyonunu ve ortaya çıkan emisyonu önlemek için sızdırmaz konteynerler veya presler, azot veya argona batırma veya sıkıştırma işlemleri uygulanabilir [103, COM 1998].

Pota cürufu/cüruflar, alüminyumun geri kazanılması veya ikincil alüminyum endüstrisi tarafından geri dönüştürülmesi için yerel olarak işlenir (Bkz. Bölüm 4.2.4.3).

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Oksidasyonla kaybolan hammadde miktarının azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Herhangi bir veri raporlanmamıştır.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

#### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.
- Hammadde geri kazanımının artırılması.

#### **Örnek tesisler**

Bilgi sağlanamamıştır.

#### **Referans literatür**

[103, COM 1998]

### **4.3.33. Tuz cürufu üretiminin önlenmesi veya azaltılması için teknikler**

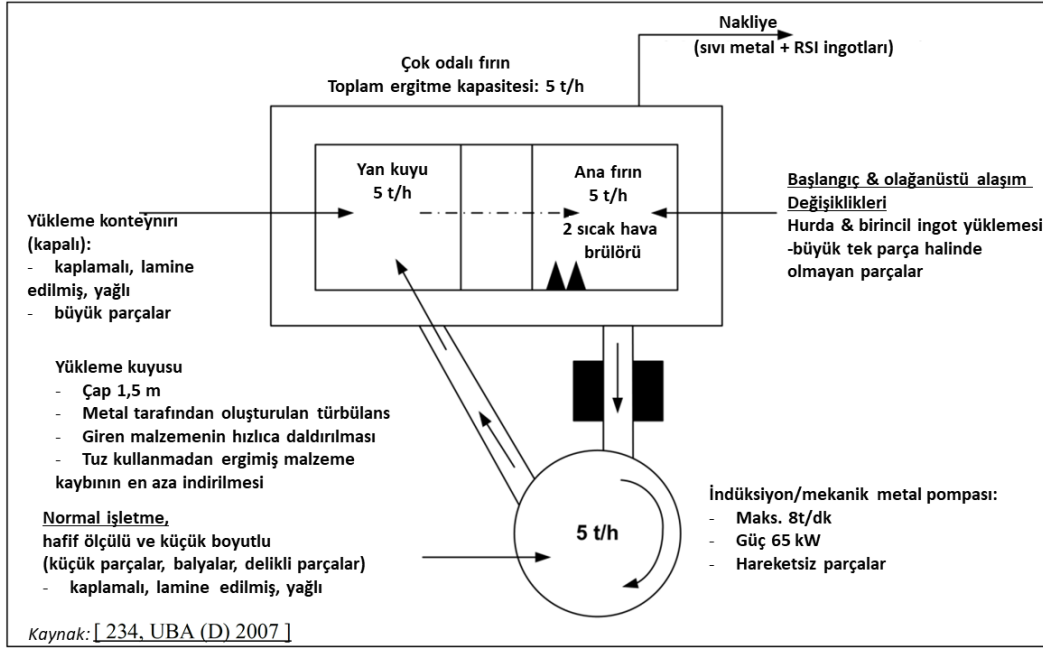
#### **4.3.33.1. Verimliliği artırmak ve tuz kullanımını azaltmak için metal pompalama veya karıştırma sistemi kullanılması**

##### **Açıklama**

Bu teknik, bir yan kuyu, bir yükleme haznesi ve bir metal pompalama sistemi ile bir reverber fırın (bir oda veya kuyu fırını olarak da adlandırılır) kullanır. Mekanik veya elektromanyetik karıştırma, ana fırından şarj yuvasına ısı aktarır; bir alevin olmaması, metalin oksidasyonunu azaltır ve böylece bu işlem tuz kullanımına bağlı değildir.

##### **Teknik açıklama**

İçeriğin fırının altında bulunan elektromanyetik sistemler kullanılarak karıştırılması, verimliliği arttırmak için de kullanılır; bu durumda, fırının bütün içeriği karıştırılır. Bir yan kuyu kullanımı, ince alüminyum partiküllerinin dolaşımdaki ergimiş metal içerisinde 'çözülmesini' sağlar ve oksidasyona bağlı kayıpları azaltır (Bkz. Şekil 4.19).



Şekil 4.19: Metal pompalama sisteminin bir örneği

Bir yüklemeye malzemesi ön ısıtıcısı haznesinin kullanımı, karıştırma sistemleri ile birlikte kullanıldığında oldukça etkilidir. Hurda içerisindeki malzemeler piroliz edildiğinden, yüklemeye malzemesinin ön ısıtılması sırasında hidrokarbonlar ortaya çıkar. Üretilen gazlar, hidrokarbonları yok eden ve enerji içeriğini ergime için kullanan fırın brülör sistemine yönlendirilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Potansiyel olarak tuz örtüsünün kullanılmaması ve basit reverber fırınlara göre daha geniş bir ham madde aralığının olması.
- Fırın gazlarının daha iyi yakalanması.
- İşlem gerektiren atık miktarında azalma ve enerji kullanımında ve fırından kaynaklanan emisyonlarda azalma.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

İşletmeye ait veriler açıklamada bulunmaktadır. Metal veriminde bir iyileşme ve enerji maliyetlerinde bir azalma sağlanmaktadır.

#### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik, karıştırmayı kullanmak üzere uyarlanabilen yeni ve yükseltilmiş reverber fırınlar için uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

1997 yılında 30 tonluk bir fırın ve elektromanyetik pompalama sisteminin maliyeti 2,73 milyon € idi. Tahmini maliyet tasarrufu (enerji, gelişmiş verim, akı tasarrufları ve arıtma tasarrufları) 2,2 yıllık geri ödeme süresiyle yıllık 1,26 milyon €'dur.

Pompalama sistemi ve yüklemeye haznesi maliyeti ~ 456 000 €'dur.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Tuz cürufu kullanımının azaltılması.
- Geliştirilmiş metal verimi.
- Geliştirilmiş metal kalitesi.

**Örnek tesisler**

İngiltere, Belçika, Almanya, Avusturya, İspanya ve İtalya'da bulunan tesisler.

**Referans literatür**

[119, McLellan 1998], [120, McLellan 1998], [232, COM 2008], [256, Winter 2007].

**4.3.33.2. Verimliliği artırmak ve tuz örtüsünü azaltmak için teknik****Açıklama**

Göz önünde bulundurulacak teknik hem daha az tuz kullanımıyla hem de safsızlıkların giderilmesi için karıştırma ile ergimiş malzemenin yeteri kadar örtülebilmesi için bir eğimli döner fırının kullanılmasıdır.

**Teknik açıklama**

Devrilen döner fırın, döner tamburlu fırınlara göre daha az tuz gerektirir. Bir döner tamburlu fırın için tuz faktörü, yani metalik olmayan ürünün kg başına kullanılan kg tuz 1,8 iken bir devrilen döner fırın için tuz faktörü 0,1 ila 0,5 arasındadır (hammadelerin özelliklerine bağlı olarak). Operasyon moduna bağlı olarak az miktarda tuz kullanmak mümkündür; döner tamburlu fırında tuz cürufu, cüruf deliğinden fırından çıkartılırken, devrilen döner fırında tuz cürufu fırının eğilmesiyle çıkarılır. Ayrıca, fırın çalışırken, fırın, en az alan kaplayacak şekilde eğilir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Üretilen tuz cüruf miktarında azaltılması.
- İşlem gerektiren atık miktarında azalma ve enerji kullanımında ve işleme proseslerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması [256, Winter 2007].

**Çevresel performans ve işletme verileri**

- Tuz kullanım faktörünün, metal olmayan hammaddenin kg başına kullanılan kg tuz için <0,5'e kadar azaltılması.
- Alüminyumun geri kazanımının iyileştirilmesi.
- Kullanılabilecek hammadde aralığının genişletilmesi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Teknik, mevcut / eski fırınlara uyarlanamayacağı için sadece yeni fırınlara uygulanabilir. Boyut kısıtlamaları vardır, yani çok küçük parçacıklar oksitlenecek ve büyük parçalar fırına sığmayacaktır, bu nedenle bu teknik tüm besleme hammaddeleri için geçerli olmayacaktır.

**Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Ekonomik veriler**

Kalıntı tuz satın almak ve arıtmak zorunda kalmadan maliyet tasarrufu sağlaması, tekniğin ekonomik olarak faydalı olmasını sağlar.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Tuzlu cüruf üretiminin azaltılması.
- Geliştirilmiş metal verimi.

**Örnek tesisler**

Avusturya, Almanya, İspanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'de bulunan tesisler.

**Referans literatür**

[142, Boin, U. et al. 1998], [256, Winter 2007]

**4.3.34. Tuz Cürufu****4.3.35. Tuz cürufunun tamamen geri kazanılması****Açıklama**

Tuzlu cürufun tam olarak geri dönüştürülmesi işlemi, üç ana tuz cüruf bileşeninin (alüminyum, alüminyum oksit ve tuz) farklı malzeme özelliklerini kullanan farklı fiziko-kimyasal basamakların bir kombinasyonudur.

**Teknik açıklama**

Tam geri dönüşüm işlemlerinde, tuz cürufu, herhangi bir tortu üretmeden pazarlanabilir ürünlere kadar tamamen geri kazanılır ve aynı zamanda atık su üretiminin önüne geçmek de mümkündür.

Tipik tuz cürufunda bulunan üç ana tuz cürufu bileşeni şunlardır:

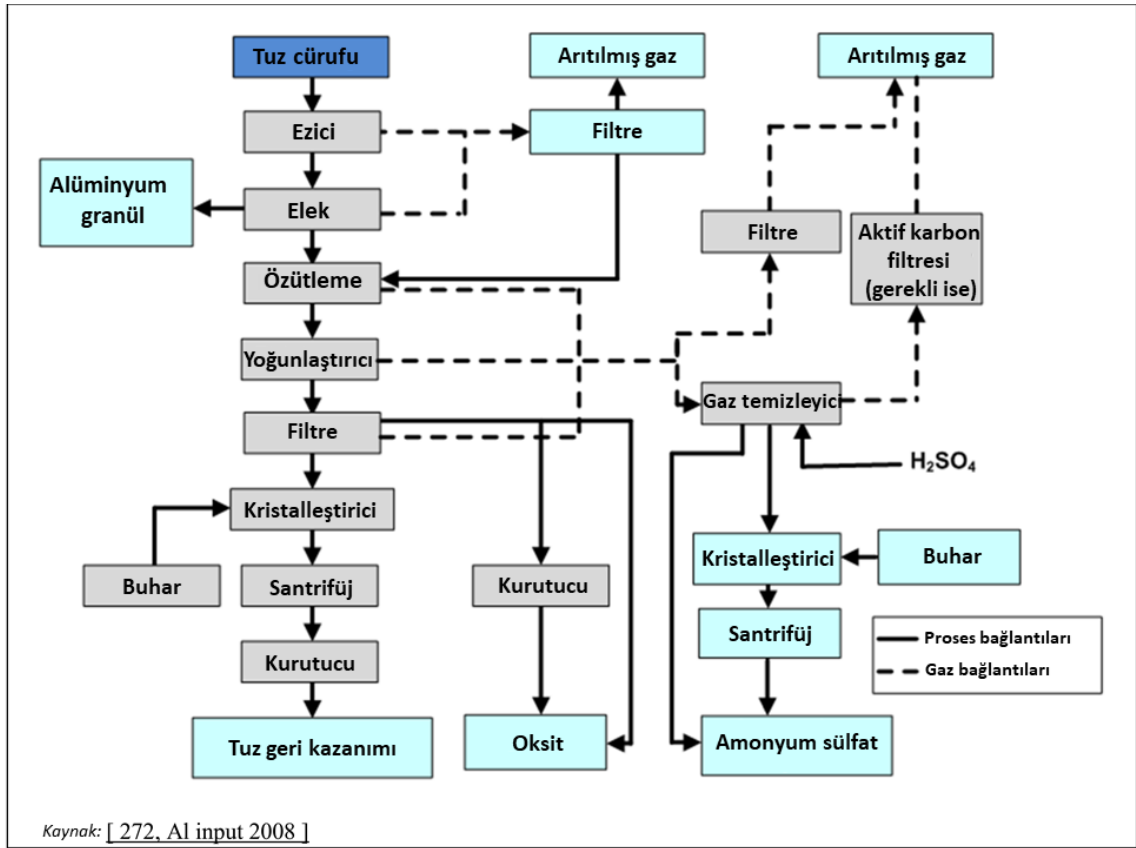
- Suda neredeyse çözünmeyen metalik alüminyum (ağırlıkça %4-10); Kırma sırasında farklı sünek malzeme davranışı gösterirler,
- Suda çözünmeyen ve kırılabilir olan oksidik bileşenler (ağırlıkça %35-75); Ezildiklerinde ince bir toz oluştururlar,
- Suda çok çözünür olan alkali klorürler (ağırlıkça %20-55); kırılabilirler ve ezilebilirler.

Büyük tuz cürufu blokları ezilebilir ve kontrol edilebilir bir boyuta kadar adım adım öğütülür ve daha sonra metalik alüminyum granüllerini (tipik olarak %10'a kadar) geri kazanmak için elenir. İnce öğütülmüş malzeme daha sonra su içinde çözülür. Alkali klorürler çözeltilmeye girer ve tuzlu su oluşturur. Kaba alüminyum granüller metalik oksitler (baskın olarak alümina) ve ince metalik alüminyum tozu içeren çözünmeyen kısımda kuru ve ıslak eleme sistemi ile ayrılır. Tuzlu su, filtrelendir, çözünmeyen oksitler çıkarılır ve çözeltilme daha sonra buharlaştırma ve kristalizasyon için gönderilir, bu sırada orijinal sodyum ve potasyum klorürler geri kazanılır. Bu klorürler alüminyum ergitme işleminde akı olarak yeniden kullanılır.

Geri kazanım işlemi sırasında tesisin farklı bölümlerinde tozun yanı sıra hidrojen, amonyak, hidrojen sülfür, fosfan ve metan da orta çıkar. Bunlar toplanarak ya enerjiyi geri kazanmak için termal olarak ya da bir ıslak sistemde amonyağı satılabilir olan amonyum sülfata çevirmek için arıtılırlar [267, BEFESA 2008],

Tam tuz cürufu geri dönüşüm işleminin tipik bir akış şeması Şekil 4.20'de gösterilmiştir.





Şekil 4.20: Tuz cürufu tamamen geri kazanım prosesinin bir örneği

Kalıntı metal oksitler, alüminyum oksitleri, magnezyum ve kalsiyum oksitleri (%75'e kadar  $Al_2O_3$ ), ayrıca silikon oksitleri ve ayrıca sülfatları, nitratları ve klorürleri içerir. Bu anyonları daha sonraki işlem aşamalarında (yıkama ve kurutma) kontrol edilebilir değerlere indirgeyerek, doğal malzemenin yerini tutacak tuğla, seramik, kil, çimento ve mineral yün sanayilerine satılabilecek ince bir alüminyum oksit üretilir. Özel kaliteli ürünlerin üretimi için ilave yıkama veya kalsinasyon işlemleri kullanılabilir. Yıkamadan gelen tuzlu su çözeltisi çözünme aşamasına geri döndürülebilir. Böylece, tuz cürufunda bulunan malzemelerin tamamen geri kazanımı sağlanır.

Kullanılan proseslerde bazı değişiklikler bulunmaktadır (örn. mekanik ön işlem, özütleme aşaması, atık gaz arıtımı, katı-sıvı ayrımı). Bazı tesislerde öğütme sistemi kuru olduğundan, gaz emisyonu bulunmamaktadır, diğerlerinde ise son öğütme aşamasında su kullanılır. Öğütme ekipmanının tamamı, yayılı toz emisyonlarının yayılmasını önlemek için sızdırmaz hale getirilmiştir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Depolama sahası kullanımının önlenmesi.
- Yeniden kullanım için alüminyum kısmın ve geri dönüşüm için tuzun geri kazanımı ve satış için alümina ve gübre olarak kullanılmak ve amonyak sülfat üretimi. Havaya salınan emisyonlarının azaltılması için eğer aktif karbon kullanılıyorsa, proses atığı olarak sadece aktif karbon ortaya çıkması.
- Tam geri dönüşüm proseslerinden atık su ortaya çıkmaması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Geri kazanılan bileşenlerin yüzdeleri şunlardır:

- Alüminyum metalinin %100'ü
- Çözünebilen tuzun % 100'ü,
- Çözünmeyen alüminyum oksitlerin % 100'ü.

Aktif karbon kullanılarak yapılan atık gaz arıtımının, son yakma işlemine göre en önemli avantajı

fosfat giderimi sağlaması olabilir, ancak kullanılmış karbonun bertarafı veya arıtımı göz önünde bulundurulmalıdır. Kırma işlemleri, yeterli atık gaz emişi altında yapılmadığı zaman çok tozlu olabilir.

Elde edilen emisyon değerleri, çeşitli azaltım teknikleri için Bölüm 4.3.5.3'te belirtilmiştir.

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Havaya salınan amonyak, fosfat, hidrojen sülfür ve toz emisyonlarının azalması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Arıtma maliyetleri bertaraf maliyetlerine yakındır, ancak 'gelecek yükümlülüğü'nü engeller.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Cürufun tüm bileşenlerinin geri kazanılması ve depolama sahası kullanımının önlenmesi.

### Örnek tesisler

Almanya, İspanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'de bulunan tesisler.

### Referans literatür

[113, ALFED 1998], [142, Boin, U. et al. 1998], [202, Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente 1999], [233, COM 2008], [234, UBA (D) 2007], [267, BEFESA 2008], [312, VDI 2008]

## 4.3.36. Tuz cürufunun kısmi geri kazanımı

### Açıklama

Süreç tam geri dönüşüm süreci ile aynı aşamaları izlemektedir, ancak tuz cürufunun tüm bileşenleri geri kazanılmamaktadır. Alüminyum ve potasyum klorür geri kazanılabilir. Potasyum atık yığınlarının geri kazanılması için oksit porsiyonu ve granüle tuzlu su kullanılır.

### Teknik açıklama

Proses, iki tanesi tam tuz cürufu geri dönüşüm prosesi ile aynı olan üç adımdan oluşmaktadır.

1. Kuru aşama: Kırma, eleme ve cürufta bulunan katı alüminyum damlaların ayrılması. Bu işlem, kırılğan tuz cürufu gibi öğütme sırasında parçalanmadığı için gereklidir.
2. Islak aşama: ortaya çıkan gazların sulu çözeltilde dönüştürülmesi ve absorpsiyonu. Bu işlem iki aşamada gerçekleşir: alkali ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ) ve asidik ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ). Gazlardan, atık yığınlarının geri kazanılması için kullanılan amonyum sülfat ve fosfat ve sülfat çözeltileri üretilecektir.
3. Potasyum klorür yaklaşık  $110^\circ\text{C}$ 'de halit (mutfak tuzu) içinde doymuş ve sylvit (potasyum klorür) altında doymuş bir sıcak çözelti ile eritilir. Mutfak tuzu çözülmemiş olarak kalır ve filtrelenir. Potasyum klorür vakumla soğutulur ve kristalleştirilir ve satılabilir ürünler üretmek üzere işlenir. Kalıntı, potas atık yığınlarının geri kazanılması için kullanılır.

İlk iki adım, tuz cürufu prosesinde kullanılan diğer işlemlerle aynıdır. Sadece üçüncü adımda fark bulunmaktadır.

### Elde edilen çevresel faydalar

Al ve KCl'nin geri kazanılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Bu teknikte, geri dönüşüm oranları:

- Alüminyum içeriğinin %95'i,
- KCl'nin %100'ü,
- Oksit içeriğinin %0'ı.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Toz, amonyak, fosfat ve hidrojen sülfür emisyonları ortaya çıkması.
- Oluşan kalıntıda ağırlıkça yaklaşık olarak %40'luk bir artışa neden olan dengeleyici (harmanlama) tüketimi.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Uygulanabilirlik, potas atık yığınlarının geri kazanılması için gerekli olan alanın bulunması gibi yerel şartlara bağlı olarak kısıtlanabilir.

#### Ekonomik veriler

Ekonomik veri bulunmamaktadır ancak sadece bu şekilde sadece bir tesis işletilmektedir. Bu tesis tam geri dönüşüm tesisine göre enerji kullanımının azaldığını ancak tuzun yeniden kullanım için geri dönüştürülmediğini bildirmiştir.

Geri dönüştürülmemiş materyallerin bertarafı için bir maliyet bulunmaktadır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Tuz cürufunun bazı bileşenlerinin geri kazanımı.

#### Örnek tesisler

Almanya'da bulunan bir tesis.

#### Referans literatür

[234, UBA (D) 2007], [272, Al input 2008], [312, VDI 2008]

### 4.3.37. Tuz cürufunun işlenmesinden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların azaltılması için teknikler

Tuz cürufu işleme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonlar, ezme ve kuru öğütme işleminden kaynaklanan tozdan oluşur ve genellikle bir torba filtre ile yakalanır ve uzaklaştırılır. Diğer taraftan, ıslak öğütme, çoğunlukla hidrojen, metan ve amonyak ve az miktarda fosfan ve hidrojen sülfürden oluşan gaz emisyonları ortaya çıkarır. Bu emisyonlar aktif karbon filtre veya ıslak gaz yıkayıcı ile giderilebilir veya bazen uygun bir son yakıcı sistemde yakılabilir. Özellikle, küçük miktarlarda amonyak, fosfan ve hidrojen sülfür aktif karbon filtreler ile giderilebilir. Islak gaz yıkayıcılar daha yüksek amonyak konsantrasyonlarını arıtabilirler. Son yakıcılar yukarıda belirtilen tüm gazları yok edebilir. Bu tekniklerin her biri aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

#### 4.3.37.1. Tuz cürufunun ezilmesi ve kuru öğütülmesi için toz filtreleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Gaz emiş sistemi ile bağlantılı kapalı ekipman veya aspiratör davlumbazı,
- Torba filtre.

##### Teknik açıklama

Tuz cürufundan toz sadece kuru emze ve kuru öğütme sırasında ortaya çıkar. Bu işlemlerde, örneğin çekileme, çeneli kırıcılar, darbeli kırıcılar, çekiçli değirmenler, çubuk değirmenler, bilyalı değirmenler ve merdaneli değirmenler kullanılabilir. Bu makineler tamamen kapalı veya emme davlumbazları ile donatılmış ve emiş fanları tarafından tahrik edilen uygun hava tahliye sistemlerine bağlanabilir. Kapalı sistem ve emme davlumbazları, kayışı ve helezon taşıyıcılar gibi taşıma ekipmanlarına ve bunlar arasındaki ara yüzlerin yanı sıra besleme ve çıkış noktalarına da uygulanabilir.

## Bölüm 4

Havadaki toz emiş noktalarından oluklar ile tozun ayrıldığı torba filtreler yönlendirilir. Ayrılan toz, oluk veya kaplarda toplanmadan önce filtreden düşer ve daha sonra silolara aktarılır. Silolardan toz, tuz cürufu arıtma işleminin diğer proses adımlarına gönderilir.

Filtrelerden geçirilerek temizlenen hava, torbalardan kaçabilecek çok küçük miktarlarda çok ince taneler haricindeki tozun çoğundan arındırılır ve atmosfere salınır.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Gaz emiş sistemi ile bağlantılı kapalı ekipman veya aspiratör davlumbazı*

- Yayılı emisyonların azaltılması,
- Amonyakın neden olduğu koku emisyonlarının önlenmesi.

*Torba filtre*

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Yukarıda açıklandığı gibi torba filtreler gibi kuru toz toplama sistemleri, çıkış gazında 1-50 mg/Nm<sup>3</sup> arasında bulunan toz yükünü 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altına düşürebilir.

Proses gazlarında çok yüksek seviyelerde toz (>50 g/Nm<sup>3</sup>) bulunması durumunda, torba filtreler ön ayırma aşaması (siklon) ile birleştirilebilir.

Tablo 4.73, ezme ve kuru öğütme aşamalarından kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 4.73: Tuz cürufunun ezilmesi ve kuru öğütülmesi aşamalarından kaynaklanan toz emisyonlarını**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Periyodik ölçümler
			Min.	Ort.	Maks.	
İtalya	Torba filtre	Toz	NR	4.8	NR	Yılda bir kere
Almanya	Torba filtre	Toz	1	NR	2	NR

NB: NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 385, Germany 2012 ] [ 396, Italy 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımının artması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Bir torba filtre, genellikle, ham çıkış gazlarından amonyak gibi gaz halindeki safsızlıkları gideremez. Torba filtre yapısı, özellikle torbalar, ham gazlarda bulunabilecek herhangi bir amonyak, nem vb. ile bile reaksiyona girebilir. Nem, örneğin havadaki nem oranı gibi, birikmelere neden olabilir ve daha sonra filtrenin torbalarını tıkayabilir. Bu nedenle, ıslak proses gazlarının tozdan arındırılması için kullanılması tavsiye edilmez.

### Ekonomik veriler

Torba filtresinin kullanımı şunları gerektirir:

- Güç tüketimi: 0,55 €/t Al;
- İşletme maliyetleri: 0,11 €/t Al.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel ve sağlık için yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

Almanya, İspanya, İtalya ve İngiltere'de bulunan tesisler.

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012]

### 4.3.37.2. Aktif karbon filtre

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulacak teknik, ıslak öğütücü ve çözünme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonları azaltmak için bir ıslak asitli gaz yıkayıcının kullanılması (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2), ardından aktif karbon filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) kullanılmasıdır.

#### Teknik açıklama

Islak öğütme ve çözme işlemi sırasında, ince tuz cürufları su ile reaksiyona girer ve esas olarak hidrojen, metan ve amonyak ve küçük miktarlarda fosfan ve hidrojen sülfür üretirler. Tüm sistem, gaz konsantrasyonunun tutuşma sınırının altında kalması için fazla hava ile havalandırılır.

Gaz, değirmen ve reaksiyon tanklarının çıkışından çıkarılır, doğru sıcaklığa kadar soğutulur (yaklaşık 70 °C) ve amonyakı uzaklaştırmak için bir ıslak asitli gaz yıkayıcıda (bir sonraki bölüme bakınız) yıkanır ve atmosfere salınmadan önce hidrojen sülfür ve fosfanı gidermek için son olarak aktif karbon filtrelerden geçirilir.

#### Aktif karbon

Aktif karbon olarak da adlandırılan aktifleştirilmiş kömür, çok gözenekli hale getirmek için işlenmiş ve böylece adsorpsiyon veya kimyasal reaksiyonlar için çok geniş bir yüzey alanına sahip olan bir karbon formudur.

Çıkış gazı, adsorban içinde su yoğunlaşmasını önlemek için ısıtılır. Doymuş buharlı bir ısı değiştirici, akış sıcaklığını 70 °C'ye kadar sabit tutar. Sistem paralel olarak ikiye iki çalışan dört adsorbandan (karbon kaplar) oluşur. Gaz akışı iki adsorbana gönderilirken, diğer ikisi rejenere edilir. Gaz çıkışı, fosfat ve hidrojen sülfürün gaz emisyonlarını kontrol etmek için izlenir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

H<sub>2</sub>S (hidrojen sülfür) ve PH<sub>3</sub> (fosfan) emisyonlarının azlatılması

#### Çevresel performans ve işletme verileri

##### Çevresel emisyonlar

Girişteki PH<sub>3</sub> değeri 25 ppm (19 mg/Nm<sup>3</sup>) ile 75 ppm (55 mg/Nm<sup>3</sup>) arasında değişmekte olup, ortalama 50 ppm'dir (37 mg/Nm<sup>3</sup>). Çıkış gazı konsantrasyonu 0,1 ppm'den azdır.

Girişteki H<sub>2</sub>S değeri, ortalama olarak, 20 ppm'dir (15 mg/Nm<sup>3</sup>). Çıkış gazı konsantrasyonu 0,1 ppm'den azdır. Giriş ve çıkış değerleri düzenli olarak izlenmektedir.

Tablo 4.74, Almanya'daki bir tesisten bildirilen emisyonları göstermektedir.

**Tablo 4.74: Islak öğütme işleminden kaynaklanan ve aktif karbon sonrasındaki emisyonlar**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )		
			Min.	Ort.	Maks.
K + S	Aktif karbon filtresi	PH <sub>3</sub>	0,1	NR	0,42
		H <sub>2</sub> S	0	NR	0
		NH <sub>3</sub>	0	NR	5

NB: NR = Rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 360, Germany 2013 ]

#### Kalıntılar

Aktif karbon rejenere edilir. Aktif karbon aktivitesini kaybettiğinde ve daha fazla yenilenemiyor ise değiştirilmesi gerekir. Kullanılmış karbon daha sonra bir atık yönetim şirketine gönderilir.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Atık ortaya çıkması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknoloji, ıslak öğütme sistemi kullanılarak tuz cüruf işleme için uygulanır. Kuru öğütme sisteminin aktif karbon filtreleme ihtiyacı yoktur; Egzoz gazları bir yanma sisteminde (afterburner) arıtılır.

### Ekonomik veriler

Tuz cürufunun tonu başına maliyeti 0,5 € ile 1 € arasındadır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

Almanya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012]

#### 4.3.37.3. Islak asitli gaz yıkayıcı

##### Açıklama

Kuru öğütme işleminde, bu teknik (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2) tuz geri kazanım işleminden çıkan gazların temizlenmesi için kullanılır (öğütme hariç). Islak öğütme işleminde, ıslak gaz yıkayıcı, ıslak öğütme ve çözme işleminden ortaya çıkan atık gazın temizlenmesi için kullanılır.

##### Teknik açıklama

Islak gaz yıkayıcıda, gaz emisyonlarını (özellikle amonyak) temizlemek için bir asit ortamı ( $H_2SO_4$ ) kullanılır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Tuz geri kazanım prosesinden havaya olan temel emisyonların (örn., amonyak) azaltılması.
- Su deşarjı olmaması.
- Sülfat amonyak çözeltisi üretilip ve satılabilmesi (örn. gübre olarak).

##### Çevresel performans ve işletme verileri

Tekniğin performansı çoğunlukla aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

- Temizleme çözeltisinin pH değeri;
- Basınç düşmesi.

Tipik temiz gaz emisyon seviyeleri:

- Amonyak: 1-20 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Fosfan: 0,2-1 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Hidrojen sülfür: 0,2-5 mg/Nm<sup>3</sup>.

Teknik verimi kontrol etmek ve korumak için pH kontrolü ve basınç düşürme cihazları kullanılmaktadır. Doğru tasarım ve işletme için kritik parametreler:

- Nispi su ve gaz hızı;
- Su ve gaz hacmi;
- Asit ortamı ve gaz kirletici konsantrasyonu;
- Hava ve sıvı fazları arasındaki temas yüzeyi.

##### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımının artması.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

**Örnek tesisler**

İtalya'da dört tesis bulunmaktadır.

**Referans literatür**

[296, EAA, OEA 2012]

**4.3.37.4. Son yakıcı****Açıklama**

Tuz cüruf tozunun sıcak özütlenmesinden ortaya çıkan gazların temizlenmesi için bir son yakıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1), kullanılır.

**Teknik açıklama**

Son yakıcılarda bir brülör sistemi bulunur (sürekli olarak kullanılmazlar). Gazların tipik olarak 700 °C ila 900 °C arasında ısıtıldığı ve minimum 0,5 saniye tutulduğu yüksek sıcaklıklı son yakıcılar da kullanılabilir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Özütleme işleminden ortaya çıkan örn. amonyak, fosfan gibi gaz emisyonlarının önlenmesi,
- Su deşarjı olmaması.
- Potansiyel ısı geri kazanımı.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Tekniğin performansı, besleme gazı içinde bulunan malzemelerin etkili bir şekilde imha edilmesini sağlamak için çalışma sıcaklığına ve kalma süresine bağlıdır.

Bir son yakıcıda kullanılan yakıt, doğal gazdır.

Tipik temiz gaz emisyon seviyeleri:

- Amonyak: 1-20 mg/Nm<sup>3</sup>;
- Fosfan: 0,2-1 mg/Nm<sup>3</sup>;
- Hidrojen sülfür: 0,2-5 mg/Nm<sup>3</sup>.

Tablo 4.75, Almanya ve İtalya'daki tesisler tarafından bildirilen emisyonları göstermektedir.

**Tablo 4.75: Tuz cürufunun ezilmesi, özütlenmesi, filtrelenmesi ve yıkanmasından kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )		
			Min.	Ort.	Maks.
K + S	Termal işlem	PH <sub>3</sub>	0,02	NR	0,02
		H <sub>2</sub> S	< 0,7	NR	< 1,5
		NH <sub>3</sub>	< 0,2	NR	< 0,2
İtalya	Son yakıcı/gaz yıkayıcı	PH <sub>3</sub>	NR	0,7	NR
		H <sub>2</sub> S	NR	4,5	NR
		NH <sub>3</sub>	NR	5	NR

NB: NR = rapor edilmemiştir.  
Kaynak: [ 360, Germany 2013 ]

Atmosfere salınmadan önce gazın soğutulması (ısı geri kazanımı yapılabilir) ve tozunun giderilmesi gerekmektedir.

Sıcaklık kontrol cihazları, yanma odasında son yakıcıdan çıkan gazın sıcaklığını izlemek için kullanılır. Ana sıcaklık kontrolünün amacı teknik verimliliğin sağlanmasıdır; ikinci amaç ise torba filtreyi korumaktır (kurulduğunda).

#### Ortamlar arası etkiler

Üretilen ısı kullanılmazsa enerji kullanımını artabilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel yasal düzenleme şartlarının sağlanması.

#### Örnek tesisler

İtalya'da üç tesis bulunmaktadır.

#### Referans literatür

[296, EAA, OEA 2012]

### 4.3.38. Atıksu

Atık su önleme ve indirgeme sistemleri uygulanmalı ve soğutma suyu tekrar sirküle edilmelidir. Tüm atıksular katı maddeleri ve yağ/katranları gidermek için arıtılmalı ve absorbe edilen asit gazları (örn. Kükürt dioksit, HCl) nötralize edilmelidir. Bölüm 0 ve 4.1'de listelenen teknikler, göz önünde bulundurulması gereken tekniklerdir. Bazı tesislerde, soğutma suyu ve yağmur suyunu da içeren arıtılmış atık sular, proseslerde yeniden kullanılır veya geri dönüştürülür.



## 4.4. Gelişen teknikler

### *Kırmızı çamur*

Kırmızı çamuru kullanmak ve özelliklerinden faydalanmak için prosesler geliştirilmiştir [247, France 2008]:

- Düşük üretim maliyetleri ile yüksek verim elde etmek için çamurun yoğunlaştırılması veya tarımsal destek, yol bentleri, kontrollü atık döküntüleri, boşluk dolgusunun kaplanması veya çimento endüstrisi gibi inşaat uygulamaları için yüksek basınçlı filtrasyon kullanılması,
- Termoplastik ürünler, çimento kaplamalar, boyalar ve özel zeminler gibi potansiyel pigment uygulamaları için çamurun renklendirme özelliklerinden yararlanılması,
- Arsenik gibi kirletici maddelerin adsorbe edilmesi ve etkisiz hale getirilmesi.

### *İnert anotlar*

Yeni, karbon içermeyen anotların geliştirilmesi, tüketilmeyen anotların üretilmesi ile tamamen yeni bir elektrolitik hücre oluşturulması mümkün olacaktır. Anotta karbondioksit yerine, oksijen üretilebilecek ve PAH emisyonları ortadan kaldırılacaktır. Bunun için geliştirilen teknoloji hala pilot tesis aşamasındadır ve henüz başarılı anotlar üretilmemiştir [303, ENVIRONNEMENT CANADA 2008].

### *İslatılabilir katotlar*

Elektrolitik proses için daha iyi enerji verimliliği elde etmek amacıyla mevcut katot malzemeleri için yeni katot malzemeleri veya kaplamalarının geliştirilmektedir. Bu teknik gelişme aşamasındadır ve araştırma hücrelerinde test edilmektedir.

### *Alaşım ayırma*

Alüminyum hurdanın farklı alaşımlara ayrılmasına yönelik teknikler, lazer ve eddy akım teknolojisi kullanılarak test edilmiştir. Bunun faydaları, geri dönüşüm için daha kolay malzeme seçimi ve geri dönüşüm tesislerinde arzu edilen alaşımların daha kolay üretilmesi olacaktır.

### *Tuzsuz cüruf işleme*

Bu teknik, döner fırınlarda alüminyumun, tuz akıları olmadan geri kazanımı için cürufun işlenmesini kapsamaktadır. Bu proses, cüruftan biraz daha düşük bir alüminyum geri kazanımına olanak tanır, ancak geriye kalan pota cüruflarında tuz bulunmaz ve elektrik ark ocakları kullanılarak çelik üretiminde kullanılabilir. Bu proses, her iki sektör için de çevresel ve ekonomik faydalar sunmaktadır. Alüminyum endüstrisi, tuz akısının korunmasından ve başka bir sektörde kolayca geri kazanılabilen bir yan ürünün üretilmesinden yararlanırken çelik endüstrisi, daha iyi kükürt giderme, enerji tüketiminde azalma, geliştirilmiş metal verimi ve benzer, pahalı hammaddelerin (yani, deoksitleyiciler ve cüruf oluşturucular olarak Al/A<sub>1</sub>O<sub>3</sub> içeren akıların) değiştirilmesinden yararlanmaktadır.

### *Atık pota hattı geri dönüşümü*

Proseste, atık pota hattı geri dönüşümü mevcut durumda tuz cürufunun tamamen geri kazanımında kullanılmaktadır. Proses, tuz cürufunun tam geri dönüşümü için kullanılan proses ile aynıdır. Prose giriş malzemesinin kuru öğütülmesi, reaksiyon, çözünebilir ve çözünmeyen ayrılma, çözünmeyen kısmın yıkanması ve çözünebilir kısmın buharlaştırılmasından oluşur. SPL ve tuz cüruflarının karışımı, reaksiyon adımı sırasında siyanürlerin oksidasyonunu hızlandırır. Çözünür florürler giderilir ve buharlaştırma aşamasında tuz cüruflarından gelen tuz ile kristalleştirilir. Katı atık veya atık su üretilmez.

### *Tuzsuz cüruf ergitilmesi*

Cürufun tuzsuz ergitilmesi için bir elektrikli ark ocağı kullanılması tekniğidir.

### *Elektro-diyaliz ile tuz cürufunun geri dönüşümü*

Yoğunlaştırmadan ziyade elektro-diyaliz kullanarak tuz geri kazanımı tekniğidir.

### *HF'nin sürekli olarak izlenmesi*

Azaltım arızası meydana geldiğinde (alümina yıkayıcı / kumaş filtresi) tespit edilmek üzere yığın emisyonlarının sürekli izlenmesidir.

Sürekli HF ölçümleri, kuru gaz yıkayıcıya alümina ilavelerini kontrol etmek için de kullanılabilir, bu da alüminanın adsorpsiyon kapasitesinin optimum kullanımını, daha homojen alümina analizini ve emisyon piklerinin daha iyi kontrolünü sağlar.

## 5. KURŞUN VE KALAY ÜRETİM İŞLEMLERİ

### 5.1.Uygulanan işlem ve teknikler

Kurşun ve kalay esas olarak fırın kullanımı anlamına gelen pirometalurjik işlemlerle üretilir. Kurşun üretimi, işlem uygulanan malzemelere bağlı olarak birincil ve ikincil süreçlere ayrılabilir. Birincil kurşun eritme, kurşun cevherleri ve konsantrelerinin, karmaşık ikincil malzemelerin ve çoğunlukla kurşun asitli batarya parçalarının (macun veya ızgaralar) daha fazla rafine edilmesini gerektiren ham kurşun külçe haline dönüştürülmesine odaklanır. İkincil kurşun eritme, esas olarak kurşun-asit bataryasının geri dönüştürülmesine odaklanır, ancak diğer kalıntı ve hurdalar da besleme malzemesi olarak kullanılabilir.

Kullanılan teknikler, bazı durumlarda, ikincil veya karışık birincil ve ikincil hammaddeler için aynı olabilir, [11, Hatch Associates Ltd 1993], [99, Hähre, S. 1998]. Diğer durumlarda, ikincil malzemeler ayrılır ve batarya macunu gibi bazı kısımlar, bu malzemeyle uğraşan diğer işlem yerlerine gönderilir.

Kalay, kurşun üretimi ve ikincil bakır arıtımı sırasında üretilen tortulardan veya kaplanmış çelik kutuların kalaysızlaştırılması işleminden geri kazanılabilir. Kalay ayrıca cevherlerden de üretilebilir.

#### 5.1.1. Birincil Kurşun

Kurşun sülfürden veya karışık kurşun ve çinko sülfür konsantrelerinden kurşun üretimi için iki temel pirometalurjik proses vardır:

- bir yüksek fırın veya Imperial Eritme Ocağı'nda (ISF) sinterleme/eritme;
- doğrudan ergitme.

AB-28'de faaliyet gösteren son birincil sinter ve şaft ocağı Ekim 2013'te doğrudan ergitme işlemine geçti.

Tüm eritme süreçleri ikincil ham maddelerle karıştırılmış konsantreler için de kullanılabilir. Hammaddelerin bileşimi, konsantrelere ve ön muameleye bağlı olarak değişir.

Belirli konsantrelerin işlenmesinin fizibilitesi, diğerlerinin yanı sıra, çinko, kadmiyum ve cıva gibi ekli metalleri işlemde geçirme ve geri kazanma sürecinin yeteneği ile tanımlanır.

Kurşun konsantrisinin ana bileşenleri için bazı aralıklar Tablo 5.1'de verilmiştir.

**Tablo 5.1: Kurşun konsantrisinin ana bileşenleri için kompozisyon aralıkları**

Bileşen	İçerik (%)	Bileşen	İçerik (%)
Pb	35–90	Cu	0–5
Zn	0–15	Ni	0–1
S	0–35	Cd	0–0.2
SiO <sub>2</sub>	0–10	Cr	0–10
CaO	0–20	As	0–5
FeO	0–30	Hg	0–0.01
<i>Kaynak: [ 11, Hatch Associates Ltd 1993 ], [ 99, Hähre, S. 1998 ]</i>			

#### Yüksek fırın veya Imperial Ergitme Fırını kullanarak sinterleme/ergitme

AB-28'de çinko ve çinko/kurşun konsantrelerinden kurşun üretimi için ISF fırını işleten tek bir alan bulunmaktadır. Bu işlem Bölüm 6.1.1.2'de açıklanmıştır.

Birincil kurşun üretimi için AB dışı ülkelerdeki yüksek fırınlar ve ISF'ler halen kullanılmaktadır. Ayrıca, bazı ülkelerde doğrudan ergitme ve yüksek fırınların bir kombinasyonu kullanılmaktadır (örneğin, Çin).

### Doğrudan ergitme

Direkt eritme işleminde sinterleme aşaması ayrı ayrı yapılmaz. Kurşun konsantreleri ve ham kurşun ve cüruf üretmek için bazı ikincil malzemelerin doğrudan eritilmesi için çeşitli işlemler kullanılır. Aşağıdaki süreçler/fırınlar doğrudan ergitme işlemlerini içerir ve hem AB-28 hem de dünya çapında kullanılmaktadır: Ausmelt/ISASMELT (banyo ocağı, üstten daldırılmalı üfleme borulu fırın) bazen yüksek fırınlar, Kaldo (TBRC), QSL (banyo fırını) ile entegre prosesler ve elektrikli fırınlar (ikincil malzemelerle birlikte birincil kurşun konsantrelerini işlemek için kullanılır). Kivcet entegre işlem de kullanılır ve bir flaş eritme işlemidir. Ausmelt/ISASMELT ve QSL fırınları nemli yem alır ve Kaldo ve Kivcet fırınları kurutulmuş yem kullanırlar [254, VDI 2004]. İşlemler Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te özetlenmiştir.

Shuikoushan eritme fırını (SKS alt üfleme fırını) gibi diğer fırınlar Avrupa'da kullanılmaz, fakat başka ülkelerde kullanılmaktadır.

Direkt eritme işlemlerinde, tek başına veya ikincil malzeme ile birlikte konsantreler, oldukça sabit bir besleme üretmek için diğer eritme katkı maddeleri ve akırlarla karıştırılır. Genel uygulama, konsantreleri örneklemek ve karakterize etmek ve her bir konsantreyi ayrı ayrı depolamaktır, böylece ergitme için optimum bir harman hazırlanabilir. Besi harmanları, kantar tartıları veya ağırlık kaybı sistemleri kullanan dozlama sistemleri ile hazırlanabilir. Son karıştırma ve homojenleştirme, karıştırıcılar, peletleyiciler veya taşıma ve ölçüm sistemlerinde yer alabilir. Eritme işlemi bir kuru besleme gerektiriyorsa, bir sıcak kurutucu kullanılabilir. Kurutma işlemi nem muhtevası ergitme işlemi için sınırlayıcı bir faktör olduğunda, besleme nemini azaltmak için de uygulanabilir.

Tüm fırınlarda, kurşun sülfür konsantreleri ve ikincil malzeme karışımı doğrudan bir fırına yüklenir ve daha sonra eritilir ve oksitlenir. Sülfür dioksit oluşur ve toplanır, daha sonra temizlenir ve sülfürik aside dönüştürülür. Ergimiş yüke karbon (kok veya gaz) ve akı maddeleri eklenir. Kurşun oksit kurşuna indirgenir ve cüruf oluşur. Bazı çinko ve kadmiyum fırında füme edilir ve oksitleri azaltma tesisinde yakalanır ve geri kazanılır [117, Krüger, J. 1999] [117, Krüger, J. 1999].

Tüm prosesler, kurşun içeren bir cüruf üretir ve bunu sınırlandırmak için QSL ve Kivcet fırınları, cürufun kurşun içeriğini kabul edilebilir bir seviyeye indirmek için entegre bir indirgeme bölgesi içerir. QSL fırından silika bazlı cüruf inşaat malzemesi olarak kabul edilir. Kaldo fırını (aynı zamanda en üst düzey döner dönüştürücü olarak da bilinir) bitişik cüruf dumanlı fırın kullanır. Ausmelt/ISASMELT fırını, birincil cürufu benzer uygulamalarda kullanmak üzere işlemden geçirmek için iki aşamalı bir işlemle, bir fırınla (kesikli) veya iki paralel fırınla (sürekli) çalıştırılabilir. Aksi halde, sonraki işlemler ve kurşunun geri kazanımı için ham kurşun ve kurşun bakımından zengin cüruf üretimi için sürekli olarak tek bir fırın çalıştırılabilir.

Isı geri kazanımı ve sülfür dioksitin sülfürik aside dönüşümü de bu işlemlerin bir parçasıdır. Proses kontrolü, egzoz gazı içindeki SO<sub>2</sub>'nin ölçümüne dayanır ve bu, sülfürik asit tesisi işleminde gecikmiş bir reaksiyona yol açar.

Arıtma tesisinden toplanan tozlar prosese geri döndürülür ve halojenürleri azaltmak için yıkanabilir veya filtreden geçirilebilir [117, Krüger, J. 1999].

Tüm bu süreçlerin tam olarak devreye alınması ve beklenen verim ve dönüşüm oranlarına ulaşması biraz zaman almıştır. Kaldo iki aşamalı bir süreçtir [11, Hatch Associates Ltd 1993], [34, UNECE 1995], [99, Hähre, S. 1998] ve 1976'dan beri iyi bir şekilde kurulmuştur. QSL ve Ausmelt/ISASMELT süreçleri ilk problemlerinin üstesinden gelmişlerdir ve şu anda etkin bir şekilde kullanılmaktadır [234, UBA (D) 2007]. Almanya'daki Ausmelt prosesi, bir cüruf azaltma aşamasıyla çalıştırılabilir, ancak aslında ticari bir metalürjik kurşun oksit konsantresi üretir. Kivcet süreci 1990 yılından beri başarıyla kullanılmaktadır. [117, Krüger, J. 1999], [305, Ausmelt 2009].

Tablo 5.2: Direkt ergitme işleminin özeti

İşlem	Curuftaki Kurşun İçeriği (%)	Notlar
QSL	< 3	Verimli çalışma. Yaşayabilir süreç
Kivcet	3-5	Başarılı Çalışma
Ausmelt/ISASMELT	Curuf Üretimi Yok <sup>(1)</sup>	Verimli çalışma. Yaşayabilir süreç
Kaldo	2-4	Etkin çalışma - karışık Pb/Cu
Elektrik Ocağı		Çok çeşitli Cu/Pb taşıyan malzemelerin etkili bir şekilde işlenmesi.
<sup>(1)</sup> Nordenham'daki Ausmelt, oksidasyon aşamasından sonra işlemi durdurur ve cürufu azaltmak yerine kurşun oksit konsantrisini satar. Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]		

Tablo 5.3: Farklı doğrudan ergitme işlemlerinde kullanılan hammaddeler.

Fırın	Hammaddeler	Notlar
Kaldo (TBRC) (tamamen kapatıldı)	Pb konsantrisi ve ikincil malzeme (çoğu sınıf)	Kuru besleme, değişken sülfür dioksit. Bir Cu izabe ocağı ile karmaşık bir kurulumda çalıştırılır.
QSL	Pb konsantrisi ve ikincil malzeme	Nemli besleme
Kivcet	Cu/Pb konsantrisi ve ikincil malzeme	Kuru besleme
Ausmelt/ISASMELT	Pb konsantrisi ve ikincil Malzeme	Nemli ve peletli besleme
Elektrik	Cu/Pb konsantrileri ve ikincil Cu/Pb taşıyan malzemeler	Kuru besleme, ince çamur tipi besleme malzemeleri peletlenir.

### 5.1.2. Birincil kalay

Birincil (Primer) kalay, oksidik cevherin karbon veya kok ile indirgenmesiyle pirometalurjik prosesler kullanılarak üretilir. AB-28'de, doğrudan cevherlerden kalay üretimi yoktur.

### 5.1.3. İkincil kurşun ve kalay üretimi

İkincil kurşun ve kalay üretiminde, kullanılabilen geniş bir malzeme yelpazesi vardır. Bu, tüm bileşenler için geniş aralıklı kurşun ve kalay içeren cüruf, küller, mat, kalıntı ve cüruf içerebilir. Kurşun levha ve hurda da kullanılabilir. Ancak, kurşun-asitli bataryalar ikincil kurşunlu üretim için ana hammadde oranını temsil etmektedir.

#### ■ Kurşun-asit bataryalardan kurşun geri kazanımı

Hurda otomotiv ve endüstriyel aküler (otomotiv, itici güç ve bekleme) ikincil kurşunun başlıca kaynaklarıdır. Akülerle ilgili 2006/66/EC sayılı Direktif, 2010 yılı Eylül ayı itibarıyla kurşun asitli akülerin geri dönüşümü için %65'lik bir geri kazanım hedefi içermektedir. Kurşun asitli akü hürdasının tipik bileşimi Tablo 5.4'te verilmiştir.

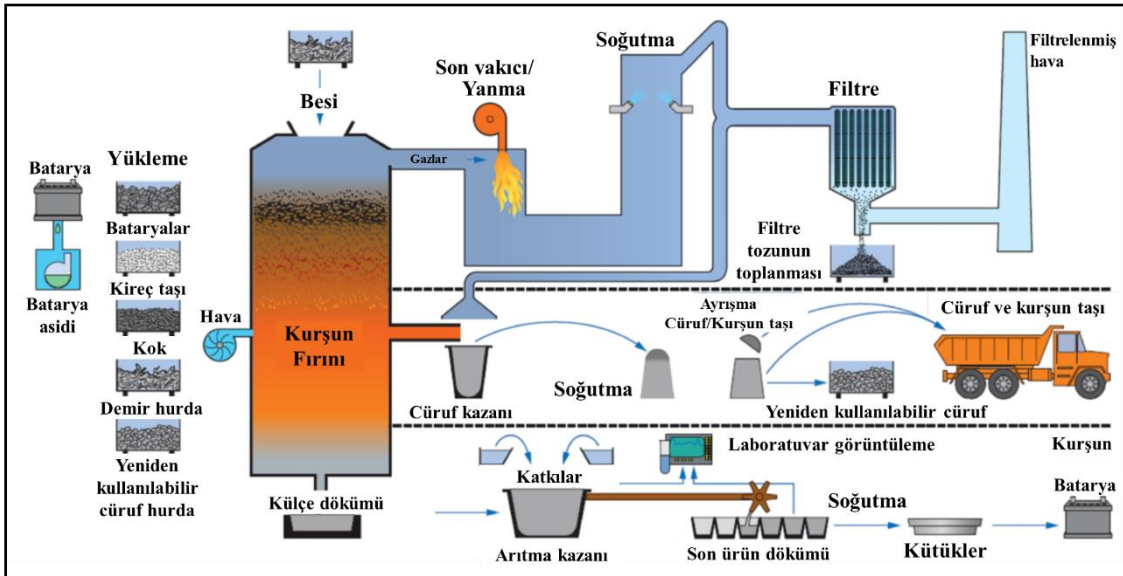
Tablo 5.4: Tipik kurşun-asit bataryasının bileşimi

Bileşen	Ağırlık-%
---------	-----------

Kurşun (alaşım) bileşenleri (ızgara, direkler, vb.)	25–30
Elektrot macunu (kurşun oksit ve kurşun sülfatın ince)	35–45
Seyreltik Sülfürik asit (% 10-20 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10–25
Polipropilen	5–8
Diğer plastikler (PE, vb.)	2–5
Diğer malzemeler (cam vb.)	< 1
<i>Kaynak: [ 377, ILA 2013 ]</i>	

Otomotiv pillerinden kurşunun geri kazanılması için iki ana işlem türü vardır [11, Hatch Associates Ltd 1993], [34, UNECE 1995], [99, Hähre, S. 1998].

1. Yüksek fırın geri dönüşüm süreci: Toplamadan sonra, kurşun asitli aküler, yerel şartlara bağlı olarak, sulu süzdürme işlemleri için bir asit çözeltisi olarak satılmakta veya nötrleştirilmekte olan asitten arındırılmaktadır. Polipropilen plastik parçası daha sonra pillerin tamamından veya bir kısmından ayrılabilir. Süzölmüş aküler daha sonra yüksek fırının yükünü (malzeme karışımı) oluşturmak için kok, akı ve diğer kurşun hurdaları ve ara maddelerle karıştırılır. Antimonial kurşun külçe, silika esaslı bir cüruf ve bir birincil kurşun eriticisinde geri kazanılabilen bir kurşun demir mat ile birlikte üretilir [117, Krüger, J. 1999] [254, VDI 2004]. Genel süreç Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Tipik bir şaft fırını kurşun-asit batarya geri kazanım işleminin ana hatları

Fırın çıkış gazlarındaki organik bileşikler, bir son yakıcıda oksitlenir ve gazlar daha sonra soğutulur ve bir bez filtrede süzülür. Filtre tozu deklorine edilir ve fırına geri döndürülür.

2. Mekanik batarya ayırma işlemleri, ardından eritme işlemi: Mekanik ayırma işlemlerinin örnekleri MA ve CX (Engitec) süreçleridir. Bu işlemler prensipte benzerdir, ancak teknik çözümler batarya macunu ve sülfürik asitin tedavisi için oldukça farklıdır. Her iki durumda da aküler asitten arındırılır, kırılır ve otomatik tescilli teçhizat kullanılarak çeşitli fraksiyonlara ayrılır. Eritme işleminden önce kükürt giderme işlemi, üretilen cüruf miktarını azaltabilir ve kullanılan eritme yöntemine bağlı olarak havaya salınan kükürt dioksit miktarını azaltabilir [254, VDI 2004]. İşlem Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Hem MA hem de CX işlemleri, tüm pilleri ezmek için çekiç tipi değirmenleri kullanır. Kırılan malzeme daha sonra metalik bileşenleri, kurşun oksit-sülfat macunu, polipropilen, geri dönüştürülemeyen plastikler ve kauçuk ve seyreltik sülfürik asidi içeren ayrı fraksiyonları elde etmek için bir seri elek, filtreler ve yağ sınıflandırma ünitelerinden geçmektedir [103, COM 1998]. Bazı işlemler, plastik parçacık son olarak arıtılmadan önce ikinci bir öğütme aşamasını kullanır. Polipropilen çok çeşitli uygulamalarda mümkün olduğunca geri dönüştürülmektedir.

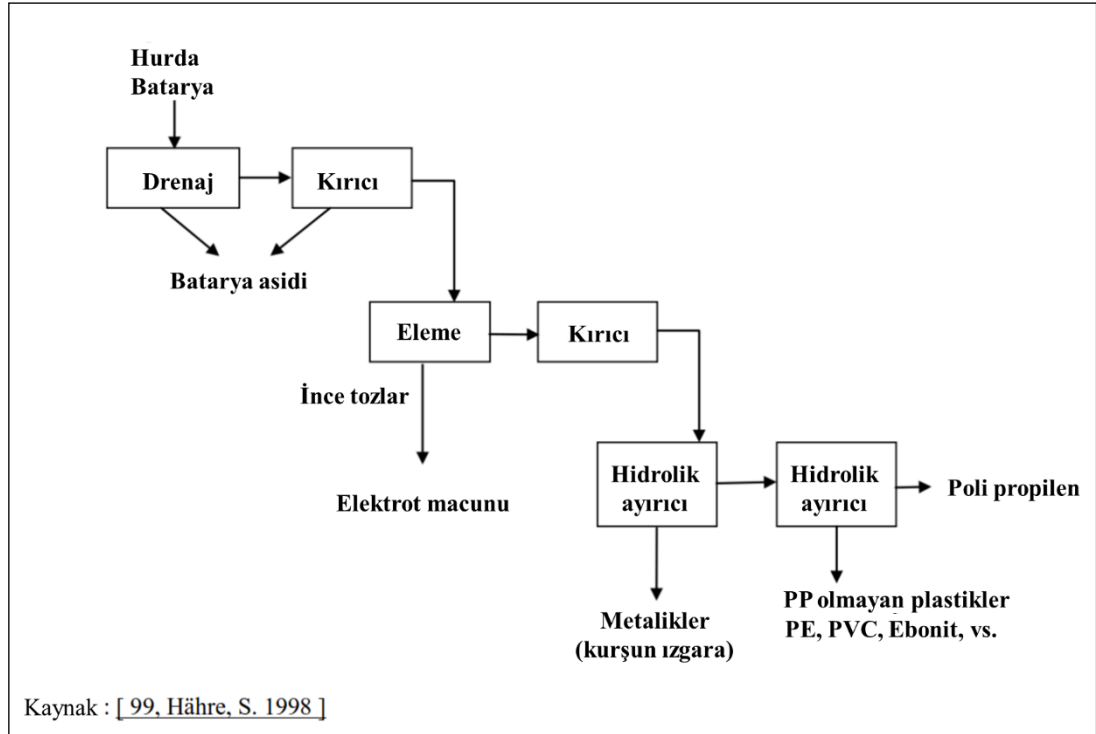
Akü asidi % 10-15 oranında sülfürik asit ve bazı safsızlıklar içerir. Potansiyel daha fazla kullanım

yerel duruma bağlıdır ve akü malzemelerinde bulunan kükürt ile başa çıkmak için çeşitli seçenekler mevcuttur:

• Sülfatları eritme işleminden önce ikincil malzemeden çıkarmak için bir alkali tuzu veya hidroksit çözeltisi kullanılarak alkali süzme;

- giriş malzemelerinin kükürt giderme;
- katkı maddeleri kullanılarak eritme fazında sülfür fiksasyonu;
- SO<sub>2</sub> içeren gaz akışının kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu ile işlenmesi;
- toz filtrasyonundan sonra alkali veya kireç/kireç taşı yıkayıcı;
- sülfürik asit üretimi.

Bu teknikler Bölüm 5.3.2.5 ve 5.3.4.3'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 5.2: Tipik bir kurşun-asit batarya geri kazanım işleminin ana hatları

İkincil kurşun eritme, dört ana fırın tipinde gerçekleştirilebilir:

- Yüksek fırınlar;
- Döner fırınlar;
- Yansımali fırınları;
- Elektrikli fırınlar.

Yüksek fırın prosesinde (AB-28'deki ikincil kurşun üretiminin yaklaşık % 15'i), şarj, fırının tepesinden doldurulur. Fırının dibinde, koku ateşlemek ve yükteki malzemeleri eritmek için içeriye oksijenle zenginleştirilmiş hava üflenir. Alttan enjekte edilen hava, fırında reaksiyona girer ve tepkimeye girmiş gaz, tepeden yüklenmiş olan malzemenin içinden fırının tepesine akar. Akü macunundan (kurşun sülfat) gelen kükürt esas olarak (>% 90) bir demir matında tutulur. Fırındaki kalan kükürt (girişin <% 10'u), matın içindeki demir tarafından yakalanmayanlar, fırını SO<sub>2</sub> gazı olarak terk eder. Gaz çıkışı için, reaksiyona girmemiş hidrokarbonlar ve kalıntı CO, özel bir son yakıcıda işleminden geçirilir, ardından kuru kireç veya alkali su ile SO<sub>2</sub> gaz temizleme yapılır. Bu teknikler Bölüm 5.3.4.3'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Uygun olduğunda, fırın baca gazından önemli ısı geri kazanımı sağlanabilir.

Rotary (şu anda kullanılan en yaygın fırın), döner ve yansımali (ABD'deki en yaygın fırın ve aynı zamanda AB-28'de kullanılan) fırınları gaz ve petrol ateşlemeli olabilirler ve birçok uygulamada oksijen zenginleştirme de uygulanmaktadır. Döner fırınlarda, eritme genellikle yığınlar halinde

gerçekleştirilir, cüruf ve metal ayrı ayrı alınır ve cüruf yığınları daha fazla kurşun elde etmek ve stabil bir cüruf üretmek için işlenir. Yükteki sülfürün büyük kısmı cürufta sabitlenir. Cüruf, küçük miktarlarda kurşun ve başka metaller veya silis cürufu olan ve genellikle bertaraf için daha kabul edilebilir olan bir sodyum-demir-kükürt bileşiği olabilir. **Döner devirmeli fırınlarda da** ergitme yığınlar halinde de gerçekleştirilir, ancak cüruf ve metal, zararlı etkiler olmadan birlikte başarılı bir şekilde birleştirilebilir ve soğutulduktan sonra ayrılabilir. Kükürt sabitlemesi de cürufta çok başarılı bir şekilde gerçekleştirilir ve döner fırınlara (her ikisi de desülfürize edilmiş hamur kullanarak) kıyasla % 40 ile % 80 arasında daha verimli olabilir, bkz. Tablo 5.26. Yansımali fırınlarında, eritme süreklidir; Sinter ve metal ayrı olarak alınır. Sinter, bir silis cürufu üretmek için (genellikle döner bir fırında) eritilir. Yansımali fırın çıkışından çıkan gaz, alçıtaşı üretmek için kireç ile reaksiyona girebilen SO<sub>2</sub> içerir.

Aşağıdaki fırınlar, birincil ergitme altında Bölüm 5.1.1.2'de açıklanmıştır, fakat bunlar ikincil girdi materyallerini işlemek için de kullanılabilirler için burada kısaca ele alınmaktadır.

Ausmelt/ISASMELT fırında, sülfür içeren macun ve indirgeyici madde sürekli olarak fırına verilir ve kurşun külçe periyodik olarak tıklanır. İşlem kabı, cürufun maksimum hacmini içerdiğinde, yüksek antimon külçe ve cürufu üretmek için bir indirgeyici madde ve akışkanlar eklenir, [40, Ausmelt Ltd. 1996], [99, Hähre, S. 1998]. Cüruf ayrıca ayrı bir fırında da indirgenebilir.

QSL fırınında, batarya macunu gibi bazı batarya bileşenleri, diğer ikincil malzemelerle (örneğin cüruf, çamurlar, süzme artıkları, baca tozları) birlikte işlenir [254, VDI 2004].

Eritme yöntemiyle üretilen ham külçe, edilirBölüm 5.1.4 te tarif edilen yöntemlerle rafine edilir.

### **Kurşunun kalıntı ve hurdadan geri kazanımı**

Metalik kurşun hurda çeşitli şekillerde olabilir. Plastik malzeme veya bitüm ile kirlenmiş olabilir ve özellikle kalay, antimon ve gümüş gibi diğer elementlerle alaşımlanabilir.

Petrol veya gaz ile dolaylı olarak ısıtılan özel tasarım kazanlarda temiz hurda eritilir. Hurda kazanın üstünde yer alan bir hazne tarafından şarj edilir. Cüruf ve katkı materyalleri erimiş metalin yüzeyinden kaymakta ve daha sonra ince ve kaba fraksiyonları ayıran bir süzgeçten geçmektedir. Cüruf, ince fraksiyondur ve metalik olmayan bir kalıntı olarak geri dönüştürülür. Katkı materyali çoğunlukla kurşundan daha yüksek bir erime noktasına sahip olan metaldir ve başka yerlerde işlem görür. Büyük ölçüde metalik olmayan, ancak genellikle metalik kurşun hurdasıyla karıştırılmış kalıntılar, döner veya yüksek fırınlarda eritenlerle ergitilir.

Hurda veya işlem kalıntılarında geri kazanılan kurşun veya kurşun alaşımı, Bölüm 5.1.4'te açıklanan teknikler kullanılarak rafine edilir.

### **Recovery of lead and tin from residues and from flue-dusts from copper smelting**

İkincil bakır eritme ocaklarında kurşunu ve kalayı geri kazanmak için aşağıdaki teknikler uygulanır.

- İkinci bir indirgeme aşamasının kullanılması: Bu, kurşun ve kalayın çelik hurda ve teneke kutularla bir TBRC'de indirgendiği ikincil bir bakır eriticilerde uygulanmaktadır [90, Traulsen, H. 1998]. Kurşun ve kalay hurdası, cüruf ve kalıntılar eklenir ve bir kurşun kalay alaşımı üretilir. Alaşım, kalıntı bakır, nikel ve silisyumun ayrılması için bir çalkalama kepçesine geçer ve bakırsızlaştırılmış alaşım daha sonra, kurşun ve kalayın ayrılması için üç aşamalı bir vakumlu damıtma sisteminde işlenir. Kalay, ikinci vakum damıtma aşamasından önce kristalizasyon ile rafine edilir.
- Bir besleme malzemesi olarak ikincil bakır dönüştürücüsünden (bazen de yüksek fırınlardan) gelen baca tozunun kullanılması: İndirgeme koşulları altında çinko uçucu hale getirilir ve oksit olarak geri kazanılırken, kurşun ve kalay bir alaşım halinde üretilir.
- KRS veya TBRC cürufundan siyah bakır, kalay-kurşun alaşımı ve demir silikat cürufu üretmek için çok aşamalı bir indirgeme işleminde kalay-kurşun alaşımli fırın teknolojisinin



kullanılması [234, UBA (D) 2007]: Erimiş konvertör cürufunun yanı sıra, yerinde üretimden veya üçüncü şahıslardan ve ikincil malzemelerden gelen diğer ara maddeler girdi malzemeleri olarak kullanılır. Malzeme veya katkı maddeleri işlem boyunca şarj edilebilir. Cüruf bileşimi, pazarlanabilir bir ürün elde etmek için belirlenen limitler dahilinde kontrol edilir. Son bir granülasyon aşamasından sonra cüruf da satılabilir. Siyah bakır KRS veya TBRC fırına geri verilir. Proses ve ikincil baca gazları filtre sistemlerine yönlendirilir. Toplanan baca tozu ya pazarlanır ya da KRS banyo fırınına geri gönderilir. Kalay-kurşun alaşımının rafine edilmesi aşağıdaki adımları içerir:

- segregasyon ve parçalama (bakır ve nikelin çıkarılması);
- kükürt, amonyum klorür ve alüminyum eklenerek geriye kalan bakır, çinko ve arseniğin çıkarılması.
- Birincil bakır eritme işleminden gelen baca tozlarından kurtulmak için döner bir sallanan fırının kullanılması: Kuru ve ıslak tozsuzlaştırma sistemlerinde, sodyum karbonat (akı) ve (gerekirse) kok ile yakalanan bakır eritme fırınlarından gelen baca tozlarının akışları gerekli oranda karıştırılır ve hermetik olarak kapatılır ve fırının üzerinde yer alan bir kaba aktarılır. Demir hurdası işlem için çok önemlidir ve bu da ayrı bir saklama kabında depolanır. Fırın, özel bir yükleme cihazı kullanılarak yüklenir ve eritme işlemi gerçekleşir. Ham kurşun, daha fazla rafine edilmek üzere kalıplara dökülür. Baca gazı, torba filtresinde tozdan arındırıldıktan sonra, kireç sütünün (suda ince kalsiyum hidroksit partiküllerinin bir süspansiyonu) püskürtüldüğü bir (yarı-kuru) desülfürizasyon tesisine aktarılır. Kükürt giderme ürünü son bir torba filtrede toplanır ve bakır eritme fırınlarına akı olarak verilir veya bertaraf edilir. Bakır cürufunun baca tozunun kurşunla eritilmesinden elde edilen kurşun cürufu, aynı yerde baca fırınlarına briketlenmiş bakır konsantresi ile birlikte eklenerek bakır üretimine geri döndürülür.
- Bakır/kurşun, yani tozlar, tozlar, cüruflar, incelticiler, bakır alaşımlı hurdalar, düşük dereceli mat, bakır/kurşun konsantreler ve diğer bakır/kurşun içeren malzemeler içeren kompleks ikincil malzemeler için elektrikli fırınların kullanılması: Fırın çalışma süresi bazında işletilmektedir. Besleme malzemesine bağlı olarak, kurşun külçe, bakır/kurşun mat veya bakır/kurşun türler cüruftan ayrılır. İndirgeyici maddeler arasında demir, kömür ve kok bulunur. İnce ve çamur tipi besleme malzemeleri, salınan emisyonları önlemek için pelet haline getirilir ve daha sonra, bir konveyör tipi kurutucuda veya bir vakumlu kurutucuda sıcak hava ile kütlece % 2 ila %3'ten daha az su içerecek şekilde kurutulur. Hammaddeler, tepkimeye girecekleri tepkimeye bırakılırlar.
- Hammaddeler, periyodik olarak ayrılmış metal ve cürufu üretmek için reaksiyona girdiği banyo tepesine verilir. Baca tozu toplanır ve çinko geri kazanılır. Ham kurşun külçe pirometalurjik kurşun arıtımı ile daha da rafine edilir.

### **Hurda çelikten kalayın geri kazanımı**

Çelik hurdası, kostik soda ve sodyum nitrit kullanılarak elektrolitik veya kimyasal temizleme işlemi kalaysızlaştırılır [8, Hatch Associates Ltd 1993]. Çelik hurdası, kostik soda ve sodyum nitrit kullanılarak elektrolitik veya kimyasal liç işlemi ile tespit edilebilir [8, Hatch Associates Ltd 1993]. İkinci durumda, amonyak salınır (1 kg kalay başına 0.048 kg). Kalay çözülür ve daha sonra elektroliz ile geri kazanılır, bu sırada kalay, kalay eriyik banyosuna daldırılarak katottan çıkarılır.

Külçeler veya kalay tozu üretilir ve bunlar bir dizi alaşım ve kaplama malzemesi üretmek için kullanılabilir.

Kalay, kurşun için kullanılanlara benzer ısıtıcılar içinde eritilir ve alaşımlar üretilir. Eritme işlemlerinde hurda teneke de geri kazanılmaktadır. En yaygın alaşımlar, lehimlerdir ve alaşım malzemesi olarak kurşun kullanılırlar. Diğer eritme fırınları kullanılır, ancak sıcaklık kontrolü kolay değildir. Külçeler veya kalay tozu üretilir ve bunlar bir dizi alaşım ve kaplama malzemesi üretmek için kullanılabilir.

Kalay, kurşun için kullanılanlara benzer ısıtıcılar içinde eritilir ve alaşımlar üretilir. Eritme işlemlerinde hurda kalay da geri kazanılmaktadır. En yaygın alaşımlar, lehimlerdir ve alaşım malzemesi olarak kurşun kullanılırlar. Diğer eritme fırınları da kullanılır, ancak sıcaklık kontrolü kolay değildir.

## İkincil hammaddelerden ve atıklardan kurşun, kalay ve diğer metallerin geri kazanımı

Kurşun ve diğer metaller, ikincil hammaddelerden ve çinko izabe ocaklarının arıtma kalıntıları, kurşun rafinerilerden gelen cüruflar, matlar, cüruflar, çamurlar ve baca tozları gibi atıklardan geri kazanılabilir. Ek besleme, karmaşık birincil ham maddelerden (örneğin bakır/kurşun konsantreler) ve kullanım ömrü sonu materyallerden (örneğin elektronik hurda) oluşabilir. Bu sadece kurşunun değil aynı zamanda bakır, nikel, kalay, antimon, değerli metaller, selenyum, tellür ve indiyum gibi diğer metallerin de toplanabileceği karmaşık bir akış diyagramının oluşmasına yol açar. Bu malzemelerin hesaplanmış bir karışımı, bir kıymetli metal içeren bakırın, bir cüruf şeklinde oksitlenen diğer metallerden ayrıldığı bir ISASMELT gibi oksitleyici bir izabeye beslenir. Bu cüruf daha sonra indirgenir (örneğin bir yüksek fırında) ve tükenen cürufuyla birlikte saf olmayan kurşun bir külçe üretilir. Kurşun külçe, kalay, antimon, arsenik, bizmut ve değerli metallerin ayrı fraksiyonlarda yoğunlaştığı bir kurşun rafineride daha da arıtılmak üzere gönderilir. Oksitleyici akışkandan gelen proses gazları daha yüksek miktarda SO<sub>2</sub> içerir. Bu gazlar tamamen tozsuzlaştırma ve kurutma işleminden sonra bir sülfürik asit tesisine gönderilir.

### 5.1.4. Birincil ve ikincil kurşunun ve kalayın rafine edilmesi

Birincil ve ikincil kurşun ve kalay üretiminde, üretilen ham metaller rafine edilir, alaşımlıdır ve piyasa kalitesine dönüştürülür. Alaşımlama ve döküm işlemleri, Bölüm 5.1.5'te açıklanmıştır. Ayrıca, diğer kaynaklardan (kurşun ve kurşun hurda, kalay ve teneke hurdası, alaşım metalleri) elde edilen metaller de kullanılmaktadır.

Kurşun külçe değişen miktarlarda bakır, gümüş, bizmut, antimon, arsenik ve kalay içerebilir. Sekonder kaynaklardan elde edilen kurşun benzer safsızlıklar içerebilir, ancak genellikle antimon egemendir. Ham kurşunun arıtılmasında iki yöntem vardır: elektrolitik arıtma ve pirometalurjik arıtma. Elektrolitik rafinasyon, bakırsızlaştırılan kurşun külçe anotlarını ve saf kurşunun başlangıç katotlarını kullanır. Bu, pahalı bir süreçtir ve şu anda AB-28'deki tesisler tarafından kullanılmamaktadır, ancak dünya çapında bazı ülkede kullanılmaktadır.

Pirometalurjik arıtma, dolaylı olarak petrol veya gazla ısıtılan bir dizi kazandan oluşur [4, Hatch Associates Ltd 1993], [99, Hähre, S. 1998], [304, KGHM 2009]. Metallerin sıvı halde alınmaması durumunda, ilk adım olarak yeniden ergitme gerekli olmaktadır. Rafine için kullanılan kazanlar, organik maddelerle kirlenmiş hurda kalayı ergitmek için uygun değildir. Bakır çıkarılacak ilk elementtir ve sülfür cürufu olarak ayrılır. Eğer ham metal sülfürde yetersiz ise, daha fazla sülfür tozu veya galena/pirit formunda ilave edilmelidir. Sülfür cürufu, metal yüzeyden mekanik kevgirler çıkarılarak ile kaplara boşaltılır.

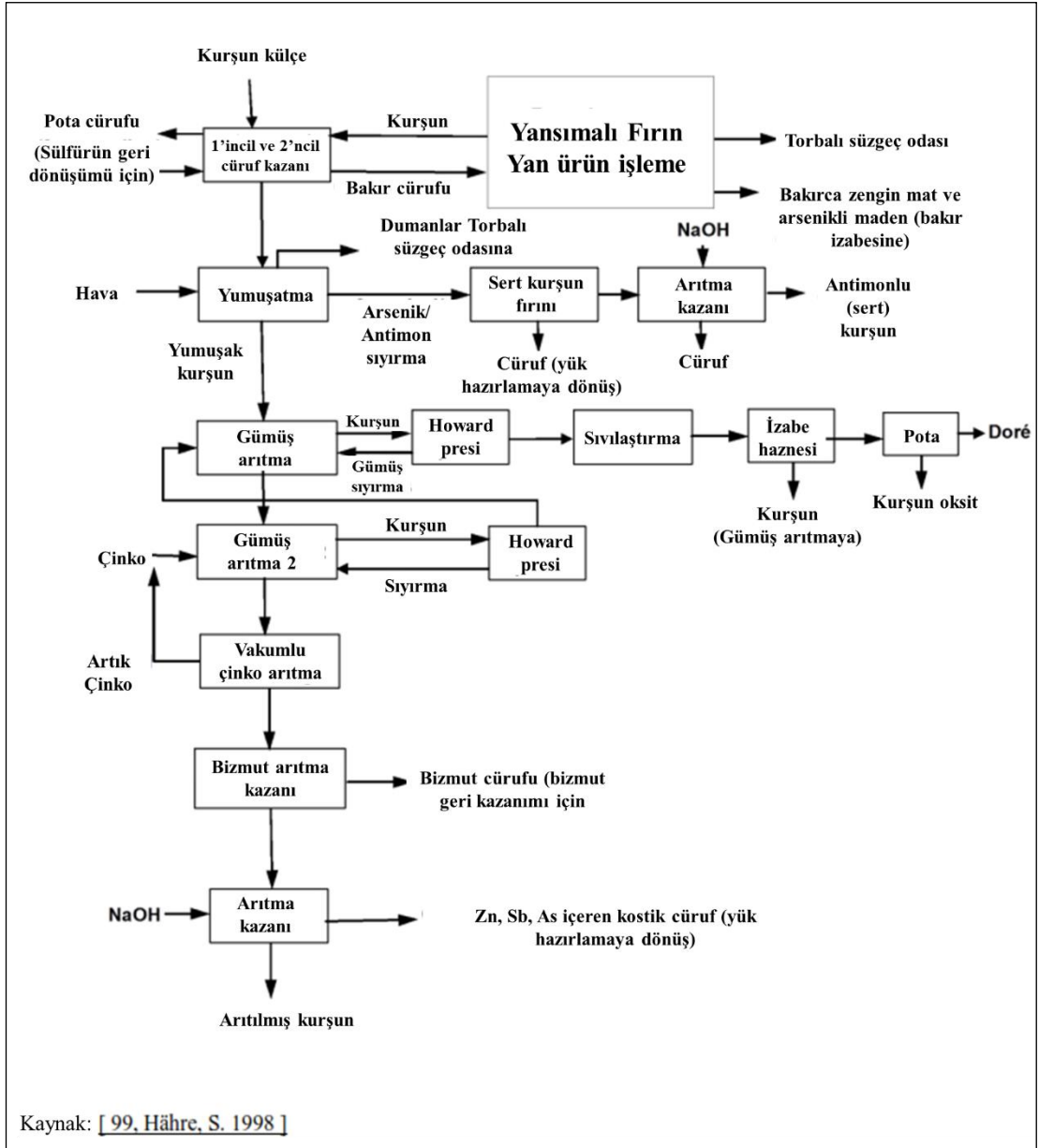
Tellurium, arsenik, antimon ve kalay oksidasyonla giderilir (Harris prosesinde). Genellikle "kurşun yumuşatma" olarak adlandırılan olağan yöntem, sodyum nitrat ve kostik soda karışımı ile reaksiyona girer ve ardından oksit cürufunu uzaklaştırmak için mekanik kevgirleme işlemi takip eder. Oksitleyici madde olarak hava veya oksijen de kullanılabilir. Ham kurşun bileşimine, yani safsızlık miktarına bağlı olarak, erimiş tuz karışımı suda granüle edilebilir ve safsızlıklar hidrometalurjik olarak ayrıştırılabilir [254, VDI 2004].

Kalay ve kurşun ayrıca yüksek sıcaklıklarda vakum damıtma ile birbirinden ayrılabilir. Bunun sonucu olarak hem saf kurşun hem de kalay geri kazanılabilir.

Gümüşsüzleştirme gümüşün çinkodaki tercihli çözünürlüğünü kullanan Parkes Prosesi tarafından gerçekleştirilir. Çinko yaklaşık 470°C'de kurşuna eklenir ve daha sonra karışımın 325°C'ye soğumasına izin verilir. Bir gümüş-kurşun-çinko alaşımı ayrılır ve yüzeyde bir kabuk oluşturur. Bu kabuk çıkarılır ve çinko vakum damıtma yoluyla gümüşten ayrılır. Gümüş külçe ham gümüş üretmek için oksijen kullanılarak rafine edilir. Fazla miktarda çinko, damıtılmış kurşundan vakumlu damıtma ve daha sonra kostik soda ile muamele edilerek çıkarılır.

Bizmut, bir kalsiyum ve magnezyum (Kroll-Bettertone işlemi) karışımı ile muamele edilerek çıkarılır. Kurşun yüzeyinde cüruf halinde bir kalsiyum-magnezyum-bizmut alaşımı oluşturulur ve kevgir ile uzaklaştırılır. Cüruf daha sonra kurşun klorür, klor gazı veya kostik soda ve sodyum nitrat karışımı kullanılarak oksitlenir ve kalsiyum ve magnezyum oksit kevgir ile ayrılır. Bizmut-

kurşun alaşımı geri kazanılır ve bizmut üretmek için daha fazla rafine edilir. Kurşun arıtma işlemlerinin örnek bir diyagramı Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3: Kurşun arıtma proseslerinin örnek diyagramı

Eğer talyum mevcut ise çinko klorür ve silika kullanılarak çıkarılabilir ve kevgirle ayrılarak talyumca zengin bir cüruf oluşturur [304, KGHM 2009]. Saf kurşun, saf kurşun veya kurşun alaşımı olarak bloklara veya külçelere dökülür. Duman, cüruf, doğal kurşun oksit ve diğer tortular genellikle rafineri devresine geri dönüştürülen kurşun külçeyi üretmek için küçük bir yüksek fırın veya döner bir ocakta ergitilir.

Kalay ve kalay-kurşun alaşımları hem hidrometalurjik hem de pirometalurjik yollarla rafine edilir. Hidrometalurjik yöntem, elektro-arıtmayı kullanır. Bununla birlikte, bu sadece AB'de çok küçük bir ölçekte uygulanmaktadır (<1000 t/yıl). Pirometalurjik arıtma, kurşun arındırmaya çok benzer. Demir, sıvılaştırılarak çıkarılır, bakır sülfür ilavesi ile uzaklaştırılır ve alüminyum veya sodyum ilavesiyle arsenik veya antimon çıkarılır.

### 5.1.5. Kurşun için eritme ve alaşımlama işlemleri

Eritme ve alaşımlama genellikle elektrik, petrol veya gaz kullanarak dolaylı olarak ısıtılmış pota fırınları veya kazanlar içinde gerçekleştirilir. Rafine edilmiş kurşun, bir su ısıtıcısında eritilir ve alaşım elementleri eklenir. Eriyiğin sıcaklık kontrolü önemli olabilir [254, VDI 2004]. Kurşun ve

## Bölüm 5

kurşun alaşımları genellikle kalıcı dökme demir kalıplarına dökülür [4, Hatch Associates Ltd 1993].

Statik kalıplar ve konveyör döküm makineleri bloklar, levhalar ve külçeler üretmek için kullanılır. Sürekli döküm makineleri tel boyutuna indirgenmesi için çubuk üretmek amacıyla kullanılır. Yıkama ve ayırma noktalarında duman özütleme kullanılır.

### 5.2. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

Kurşun ve kalay endüstrisinin ana çevre sorunları hava ve su kirliliği ve tehlikeli atıkların oluşmasıdır. Tesisler genellikle kendi atık su arıtma tesislerine sahiptir ve atık su geri dönüşümü veya yeniden kullanımı genellikle uygulanmaktadır.

Pek çok atık yeniden kullanılır, ancak asıl konu yüksek çevresel etkiye sahip olan sızıntı artığıdır [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998]. Gürültü gibi bazı yerel konular da endüstri ile ilgilidir. Bazı katı ve sıvı atık akımlarının tehlikeli yapısı nedeniyle, toprak kirlenmesi üzerinde önemli bir riski de vardır [237, UBA (A) 2004].

Tablo 5.5'ten Tablo 5.8'e kaar, Avrupa'daki bazı kurşunlu tesisler için girdi ve çıktı dengesi verilmiştir.

**Tablo 5.5: Bir Ausmelt/ISASMELT fırını için girdi ve çıktı verileri**

Girdiler	Ton/yıl	Çıktılar	Ton/yıl
Batarya kurşun macunu	100 000	Kurşun Külçe	125 000
Kurşun konsantreleri	60 000	Sülfirik Asit	50 000
Pil ızgaraları	35 000	Kurşun Konsantrsi	43 500
Diğer ikincil	5000	Gümüş	30–70
Kömür veya kok	5000	Fırın Kaplaması	300–400
Oksijen	15 000 000 Nm <sup>3</sup> /yıl	CO <sub>2</sub>	50 000
Doğal Gaz	140 000 MWh/yıl	Atık su (Proses)	2m <sup>3</sup> /saat
Elektrik Enerjisi	45 000 MWh/yıl	Atık gaz	32 000–49 000 m <sup>3</sup> /saat
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007]			

**Tablo 5.6: Bir QSL tesisi için girdi ve çıktı verileri**

Girdiler	Ton/yıl	Çıktılar	Ton/yıl
Kurşun konsantreleri	145 000	Kurşun Külçe	135 000
İkincil Malzemeler	100 000	Sülfirik Asit	100 000
Akılar	8000	Cüruf	75 000
Kömür	15 000	Bakır/kurşun mat	4500
Petrol	100	Gümüş	260–300
Oksijen	50 000 000 Nm <sup>3</sup> /yıl	Zn/Cd Karbonat	250
Doğal Gaz	3 300 000 Nm <sup>3</sup> /yıl	CO <sub>2</sub>	61 500
Elektrik Enerjisi	9 000 000 MWh/yıl	Atık gaz	20 400 m <sup>3</sup> /saat
		Atık Su (Soğutma)	2 m <sup>3</sup> /saat
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007]			

**Tablo 5.7: Desülfürizasyona sahip bir batarya geri kazanım tesisi için giriş ve çıkış verileri (hazırlık ve kısa döner fırın)**

Girdiler	Ton/yıl	Çıktılar	Ton/yıl
<b>Ergitme Malzemeleri</b>			
Hurda Pil	42 000	Ham kurşun	43 000
Hurda Kurşun	5400	Polipropilen çipler	1800

İkincil malzemeler	2600	Cüruff	10 000
İç iadeler	10 700	Sodyum sülfat	4700
<b>Fluxes</b>		Fırın Kaplaması	35
NaOH	7000	CO <sub>2</sub>	10 800
Çelik yataklar	2300	Atık Gaz	22 000 m <sup>3</sup> /saat
Soda	2200	Atık Su (Proses)	105 000 m <sup>3</sup> / yıl
Kurşun cam	1700	Cüruf	10 000
<b>Energy</b>			
Kok	2400		
Oksijen	3 700 000		
Doğal Gaz	1 400 000 Nm <sup>3</sup> / yıl		
Elektrik Enerjisi	3 800 000 kWh/		
<i>Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007]</i>			

Tablo 5.8: Tam batarya ergitmeli batarya geri kazanımı tesisi için giriş ve çıkış verileri (şaft fırını)

Girdiler	Ton/yıl	Çıktılar	Ton/yıl
Kullanılmış piller, kuru	50 000–60 000	Kurşun külçe	49 000–50 000
Diğer kurşun hurda, atık	13 250–16 500	Baca tozu	2500–2800
Diğer girdiler (demir)	5500–7000	Fazla cüruf	1500–3000
Cüruf (dönüş)	12 500–14 000	Dönüş cüruf	12 500–14 000
Su arıtma çamurları	3850–4450	Atık Gaz	65 000 Nm <sup>3</sup> /saat
Baca tozu	500–650	Demir/kurşun mat	9800–10 200
Kok	4950–5950	Harcanan asit	4000–8000
Kömür	0	CO <sub>2</sub>	
Oksijen	1 000 000 Nm <sup>3</sup> /yıl	Atık Gaz	65 000 m <sup>3</sup> /saat
Doğal gaz	477 500 Nm <sup>3</sup> /yıl	Atık Su (Proses)	0 m <sup>3</sup> /yıl
Elektrik enerjisi	10 390 000 Wh/yıl	Fırın Kaplaması	110
<i>Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 340, İLA 2013 ]</i>			

### 5.2.1. Enerji

Farklı kurşun ve kalay üretim süreçleri için enerji gereksinimleri, yem ve ürünlerin kalitesine, gizli veya atık ısının kullanımına ve yan ürünlerin üretimine bağlı olarak büyük ölçüde farklılık gösterir. Tablo 5.9, hammaddedeki enerji içeriği hariç, farklı işlemlerin ortalama enerji gereksinimlerini göstermektedir.

Tablo 5.9: Çeşitli kurşun süreçlerinin enerji gereksinimi

QSL ( <sup>3</sup> )	70	Coal: 110	900	25	275	370
Rafineri ve diğer operasyonlar ile Ausmelt/ISAS MELT ( <sup>3</sup> )	360	40	350	102	1120	120
Pb şaft fırını ikincil ( <sup>4</sup> )	100–150	110–130	930–1150	20–30	200–300	20
Mekanik batarya kırma sistemli döner	180–250	60–100	20–900	90–180	1000–2000	150–200

fırın ve sodyum veya kalsiyum sülfat üretimi ( <sup>4</sup> )						
Yansımali fırın ( <sup>4</sup> )	80–140	20–30	175–270	55–70	600–800	110–150
<p>(<sup>1</sup>) Kt/t'nin 8.85 ile çarpılarak kWh/t'ye dönüştürülmesi.  (<sup>2</sup>) Nm<sup>3</sup>/t'nin 11 ile çarpılarak kWh/t'ye dönüştürülmesi.  (<sup>3</sup>) Birincil Fırınlr.  (<sup>4</sup>) İkincil furnaces.  Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 397, İLA 2012 ]</p>						

### 5.2.2. Hava emisyonları

Havaya yayılan emisyonlar ya yığın emisyonları olarak tutulurlar ya da tesisin yaşına ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak işlemde yayılan emisyonlar olarak kaçabilirler. Yığın emisyonları normal olarak sürekli olarak veya periyodik olarak izlenir ve raporlanır. Yayılı emisyonlar endişe sebebidir ve yakalanmalıdır.

Kurşun ve kalay üretiminden kaynaklanan ana emisyonlar şunlardır:

- kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), diğer kükürt bileşikleri ve asit dumanları;
- azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve diğer azot bileşikleri;
- metaller ve onların bileşikleri;
- toz;
- VOC'ler ve PCDD/F.

Diğer kirleticiler, sanayi için ihmal edilebilir bir öneme sahiptir, çünkü bunlar üretim prosesinde bulunmazlar veya hemen nötralize edilirler (örneğin, klorin veya HCl) veya çok düşük konsantrasyonlarda (örn., CO) meydana gelirler. Emisyonlar büyük ölçüde tozla bağlanır (buhar fazında da bulunabilen kadmiyum, arsenik ve cıva hariç) [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998].

Emisyon kaynakları kullanılan sürece bağlıdır ve Tablo 5.10. da verilmiştir. Bunlar:

- Tavlama (çoğu emisyon, programlanmamış kapanmalar sırasında meydana gelir);
- Diğer ön muameleler (örneğin batarya kırılması);
- Malzemenin taşınması ve taşınması;
- sülfürik asit tesisi;
- eritme (cüruf granülasyonu dahil) ve rafine etme;
- döküm.

**Tablo 5.10: Kurşun üretiminden havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi**

Bileşen	Tavlama, Sinterleme, Ergitme	Rafine Etme	Batarya Kırılması	Döküm, etc.	Sülfirik Asit Tesisi
Sülfür Oksitler	1•• ( )	•	•	•	•••
Nitrojen Oksitler	1• ( )	NR	NR	•	•
Toz Ve metaller	1••• ( )	•	•••	•••	NR
VOC'ler ve PCDD/F	2• (••) ( )	NR	NR	1• ( )	NR

(<sup>1</sup>) Tavlama veya ergitme aşamalarından gelen doğrudan emisyonlar, gaz temizleme adımları ve sülfürik asit tesisinde işlenir ve/veya dönüştürülür; sülfürik asit tesisinden kalan sülfür dioksit ve azot oksitlerin emisyonları hala geçerlidir. Yaygın veya tutulmayan emisyonlar da bu kaynaklarla ilgilidir. Pil macununun ikincil eritme işlemi bir SO<sub>2</sub> kaynağıdır.

(<sup>2</sup>) (2) PCDD/F içeren ikincil materyaller kullanılıyorsa veya organik materyallerle kirlenmişse PCDD/F ve VOC'ler mevcut olabilir.

NB: ••• Daha Önemli – • Daha Az Önemli.

NR = Belirtilmedi

İşlem emisyonlarının yanı sıra, yayılı emisyonlar da meydana gelir. En büyük yayılı emisyon kaynakları şunlardır:

- Konsantre depolama ve işleme tozları;
- Tavlama ve ergitme fırınlarından sızıntı;
- Döküm fırınlarının egzoz gazlarından gelen tozlar;
- çeşitli.

Yayılı emisyonların ölçülmesi ve tahmin edilmesi zor olmakla birlikte, başarılı bir şekilde kullanılan bazı yöntemler vardır (bkz. Bölüm 2.3.5). Tablo 5.11, bir Ausmelt/ISASMELT fırını kullanılarak bir birincil kurşun prosesi için bazı emisyon verilerini vermektedir [99, Hähre, S. 1998] ve potansiyel olarak yüksek yayılma emisyon seviyelerini göstermektedir.

**Tablo 5.11: Dağılık emisyonların önemi**

<b>Ausmelt/ISASMELT Tesisi (2009) (kg/yıl)</b>			
<b>Emisyonlar</b>	<b>Kontrollü</b>	<b>Yayıllama</b>	<b>Toplam</b>
Kurşun	596	312	908
Kadmium	3.07	0.24*	3.31
Antimon	5.05	1.77*	6.82
Arsenik	0.93	1.55*	2.48
Talyum	1.83	< 0.01*	1.83
Cıva	0.87	< 0.01*	0.87
Sülfür Dioksit (t/yıl)	343	NR	343

\* Tahmini Değerler.  
NB: 2009'daki kurşun üretimi: 114 161 t. NR: Belirtilmedi.  
Kaynak: [ 397, ILA 2012 ]

### **Sülfür dioksit ve diğer kükürt bileşikleri**

Kükürt dioksit emisyonlarının başlıca kaynakları, oksidasyon aşamalarından kaynaklanan yayılı emisyonlar, sülfürik asit tesisinden gelen doğrudan emisyonlar ve fırın yükündeki artık kükürt emisyonlarıdır. Fırınların iyi işletilmesi ve sızdırmazlığı, yayılan emisyonları önler, oksidasyon aşamalarından toplanan gazlar, gaz temizleme tesisine ve daha sonra sülfürik asit tesisine veya alçıtaşı tesisine geçer.

Temizlendikten sonra, sinterleme, tavlama veya doğrudan eritme aşamalarından çıkan gazdaki kükürt dioksit kükürt trioksite (SO<sub>3</sub>) dönüştürülür (bkz. Bölüm 2.7.1). Başlatma ve kapatma sırasında, zayıf gazların dönüştürülmeden yayıldığı durumlar olabilir. Bu olayların bireysel kurulumlar için tanımlanması gerekir. Ancak, birçok şirket bu emisyonları önlemek veya azaltmak için proses kontrolleri konusunda önemli gelişmeler sağlamıştır [98, Lijftogt, J.A. et al. 1998], [99, Hähre, S. 1998].

Kurşun sinter ve bazı ikincil hammaddeler, artık sülfür ve sülfatlar içerir. Kurşun konsantresinin kükürt içeriğinin % 10'unun fırına beslenen sinterlenmiş malzemede kaldığı bildirilmiştir [126,

## Bölüm 5

Madelin, B. ve diğ. 1991]. Benzer şekilde, pil hurdasının sülfat içeriği, ön işlemden geçirme şekline ve macunun içerip içermediğine bağlı olarak önemli olabilir [266, İtalya 2008]. Çoğu durumda, sülfür cürufu veya diğer yan ürünler içinde sabitlenir. Sabitleme kapsamı kullanılan akışlara ve prosesle ilişkili diğer metallere bağlıdır, örneğin bakır ve kurşun konsantreleri birlikte işleme tabi tutulduğunda bakır mat üretilir. Pb-Fe mat, demir hurdalar eklendiğinde indirgeyici koşullar altında üretilir. Diğer durumlarda, SO<sub>2</sub> yayılabilir ve daha fazla işleme ihtiyacı duyulabilir.

Çeşitli kurşun işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar aşağıdaki Tablo 5.12'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.12: Çeşitli kurşun işlemlerinden sülfür dioksit üretimi**

İşlem	Toplam Kurşun Üretimi (t/yıl)	Sülfür dioksit üretimi (g/t kurşun)
QSL <sup>(1)</sup>	135 000	700
ISASMELT <sup>(1)</sup>	120 000	3000
Batarya - Tümü <sup>(2)</sup>	50 000	4000–6000
Batarya - Desülfürize Macun <sup>(2)</sup>	35 000–50 000	1070–3000
Batarya - Macun hariç <sup>(2)</sup>	35 000	3200
Batarya + Fazlalık macun <sup>(2)</sup>	10 000	210 (FGD system)
Kurşun şaft fırını ve sinter tesisi <sup>(1)</sup>	110 000	10 000–45 000
Piller - MA süreci <sup>(2)</sup>	33 000	6600
<sup>(1)</sup> Birincil Fırınlar. <sup>(2)</sup> İkincil Fırınlar. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 377, İLA 2013 ]		

Batarya kırıcılarından gelen dumanlar da benzer emisyonlara neden olabilir. Aküden türetilen malzemeyi kullanan izabelerden kaynaklanan emisyonlar, SO<sub>2</sub> içerir, konsantrasyon macunun eritilmiş olmasına veya desülfürize edilmesine veya cürufu sabitlenmesine bağlı olarak değişir. Tipik değerleri 50 mg/Nm<sup>3</sup> ile 500 mg/Nm<sup>3</sup>'tür [99, Hähre, S. 1998].

### Azot oksitler

Eritme aşamaları potansiyel azot oksit kaynaklarıdır (NOX). NOX, konsantratlarda veya termal NOX olarak mevcut olan azot bileşenlerinden oluşturulabilir. Üretilen sülfürik asit, NO<sub>x</sub>'in büyük bir bölümünü emebilir ve bu da sülfürik asit kalitesini etkileyebilir. Oksi-yakıt brülörleri kullanan diğer fırınlar da NO<sub>x</sub>'te bir azalma sergileyebilirler. Tüm işlemler için aralık 20 mg/Nm<sub>3</sub> ile 300 mg/Nm<sub>3</sub>'tür.

### Toz ve metaller

Eritme işlemlerinden gelen tozun taşınması, doğrudan ve yaygın toz ve metal emisyonları kaynağıdır. Gazlar, gaz temizleme işlemlerinde ve sülfürik asit tesisindeki SO<sub>2</sub> açısından zengin gazlarda toplanır ve arıtılır. Toz çıkarılır, gerekirse Cd veya Cl<sub>2</sub>'yi çıkarmak için süzülür ve işleme geri döndürülür.

Cüruf işleme ve su verme de toza yol açar. Bu kanallı kaynaklardan çıkan toz emisyon aralığı <1 mg/Nm<sup>3</sup> ile 20 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Pillerden kaynaklanan kurşunların geri kazanımı sırasında oluşan cüruf ve maden artıkları antimon içerebilir. Bu artıklar ısılandığında, zehirli bir gaz olan potansiyel stiban emisyonlarına yol açabilir. Bununla birlikte, bu, tüm cürufur için geçerli değildir (yani, hidrojen üreten malzemeler içermiyorsa).



Aerosol emisyonları hücre odasında ve batarya kırıcılarında meydana gelir ve metal içerebilir. Bu kaynaklardan gelen sis ve toz emisyonları aralığı 0.1 mg/Nm<sup>3</sup> ila 4 mg/Nm<sup>3</sup>'tür.

Kontrollü emisyonlar bilinen kaynaklara sahipken yakalanabilir ve işlenebilir, yayılı emisyonlar bir tesis sahasında hemen hemen her yerde evrimleşebilir. Yayılı emisyonların ana kaynakları, malzeme depolama ve taşıma, araçlara veya sokaklara toz yapıştırma ve açık çalışma alanları veya azaltma yapılmayan alanlardır. Avrupa'da uygulanan bazı işlemlerden gelen metallerin kütle salınımları Tablo 5.13'te verilmiştir.

Son yıllarda, bazı şirketler [234, UBA (D) 2007] gibi tedbirleri uygulayarak yayılı emisyonlarını verimli bir şekilde azaltmışlardır.

- şaft fırınının yükünü arttırmak ve gazdan arındırma işlemini geliştirmek;
- Atık gaz toplama ve filtre ünitelerinin yenilenmesi;
- Refrakter kaplamasının iyileştirilmesiyle fırın duruş süresinin azaltılması (böylece sınırlı bir süre için daha yüksek emisyonlara neden olabilecek başlatma ve kapatma sürelerini azaltır);
- Proses binalarının çatılarını kapatmak ve filtreleri modernize etmek;
- Teslim, malzeme depolama ve arıtma alanlarının kapatılması/muhafazası ve atık gaz toplama sistemlerinin kurulması;
- malzeme taşıma prosedürlerinin iyileştirilmesi (örneğin, döküm malzemelerin yükleme öncesi ve yükleme sırasında ıslatılması) ve taşıma sıklığının azaltılması (örneğin daha büyük tekerlekli yükleyiciler kullanılarak);
- zorunlu araç yıkama tesisinin kurulması (tesisler ve harici araçlar için);
- Fabrika alanlarına ve araba yollarına takviye uygulanması ve temizlik prosedürlerinin optimize edilmesi;
- Eski cüruf atık alanlarının kapatılması ve temizlenmesi

**Tablo 5.13: Avrupa'da uygulanan bazı işlemlerden gelen metallerin kütle salınımı**

İşlem	Ürün	Üretim (tons)	Toz (g/t ürün)	Zn (g/t ürün)	Pb (g/t ürün)	Cd (g/t metal)	As (g/t metal)
QSL	Kurşun						
- İşlem	Pb külçe	120 000	1	NA	< 0.1	< 0.01	< 0.0001
- Rafineri	Saf Pb, Pb alaşımları	135 000	5.4	NA	< 0.1	< 0.01	< 0.01
- İkincil <sup>(1)</sup>			12	NA	2.3	0.03	0.09
Ausmelt/ISASMELT	Kurşun						
- İşlem	Pb Külçe	113 000	< 1	0.09	2.5	< 0.1	0.01
- Rafineri	Saf Pb ve Pb alaşımları	120 000	NA	1	4	0.01	0.02
- İkincil <sup>(1)</sup>			NA	0.04	0.3	< 0.01	< 0.01
Batarya - Tümü (Şaft)	Kurşun						
- İşlem		49 000	10–25	0.1	2.5	< 0.1	< 0.15
- Rafineri		53 000	0.49	NA	0.024	NA	NA
- İkincil <sup>(1)</sup>			< 2 mg/Nm <sup>3</sup>	NA	< 0.01 mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA
Batarya - Desülfirize macun	Kurşun						
- İşlem		43 000	1–3	NA	0.1–1	0.01	0.18
- Rafineri		52 000	4	NA	0.5	0.02	0.24
- İkincil <sup>(1)</sup>			6	NA	0.3	NA	0.02
Batarya - Tümü (kısa)	Kurşun						

## Bölüm 5

dönüşlü)							
- İşlem		10 000	15–35	NA	< 0.5	NA	< 0.3
NB: NA = Mevcut değil. ( <sup>1</sup> ) İkincil davlumbaz tozsuzlaştırma. Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007]							

### Organik bileşikler (VOC'ler, PCDD/F) ve CO

Hammaddelere ve kurutma için kullanılan yakıta bağlı olarak organik karbon bileşikleri ve CO kuruma aşamasından salınabilir. Ancak, kurşun üretiminde, en önemli organik karbon bileşikleri ve CO kaynağı, eritme işleminin indirgeme aşamasıdır, özellikle de fırın yükünde plastik/plastik kalıntıları mevcut olduğunda. Bir son yakıcı, bu kirleticileri yok etmek için kullanılan en yaygın tekniktir [ILA 2012].

Kurşun üretiminde, C olarak ifade edilen toplam uçucu organik karbon (TVOC) emisyonları kullanılan fırın ve işlem tipine bağlıdır. Ardışık temizleyicilerin kullanıldığı yerlerde, TVOC emisyonları ortalama olarak 10 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır ve maksimum değerler genellikle 40 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Şaft fırınından CO emisyonları 500 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır [ILA 2012].

Yanma bölgesinde ve gazsız arıtma sisteminin soğutma kısmında (de novo sentezi) PCDD/F oluşumu, bazı proseslerde, özellikle de plastik bileşenler, prosese beslenen ikincil malzemelere dahil edildiğinde mümkün olabilir. [237, UBA (A) 2004].

Kurşun üretiminde, PCDD/F emisyonları ortalama olarak 0.1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır ve maksimum değerler genellikle 0.4 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır. Bu değerler, azaltma tekniklerinin kullanımı nedeniyle besleme malzemesinden bağımsızdır [234, UBA (D) 2007].

### 5.2.3. Suya olan Emisyonlar

Metaller ve bunların bileşimleri ve süspansiyon halindeki materyaller, suya yayılan temel kirleticilerdir. Bu metaller Zn, Cd, Pb, Hg, Se, Cu, Ni, As, Co ve Cr'dur [25, OSPARCOM 1996], [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998], [27, M. Barry ve diğ. 1993], [234, UBA (D) 2007].

Suya salınan diğer önemli maddeler klorürler, florürler ve sülfatlardır. Yukarıda belirtilen maddeleri içeren olası atık su kanalları şunlardır:

- ıslak gaz yıkayıcılardan gelen atık sular;
- ıslak elektrostatik çökticilerden gelen atık sular;
- cıva çıkarma aşamasından gelen atık su;
- pil kırılması ve sınıflandırma aşamalarından kaynaklanan atık su;
- cüruf granülasyonundan atık su;
- pompalardaki su sızdırmazlığı eksiklerinden;
- ekipmanların, zeminlerin vb. Temizlenmesi dahil olmak üzere genel işlemlerden elde edilen su;
- Soğutma suyu devrelerinden deşarj;
- Yüzeylemlerden (özellikle depolama alanlarındaki) ve çatılardan yağmur suyu akması.

İzabe aşamasındaki gaz temizlemeden gelen atık su, en önemli atık su kaynağı olabilir.

### Azaltım tesislerinden gelen atık sular

Genel olarak, ıslak gaz temizleme sistemleri sıvı geri dönüşümü ile çalışır. İzlenen bir sızıntı, belirli tanımlanmış sınırlar içinde askıda katı maddeleri ve çözünmüş tuzları tutar. Sızıntı ya ayrı ayrı ya da entegre su arıtma tesisinde ya da tahliyeden önce çözünmüş olan türleri temizlemek için muameleye tabi tutulur. Ayrılan malzemenin boşaltım yeri atık suyun kaynağına bağlıdır.

Islak elektrostatik çökticiler de asidik bir temizleme sıvısı üretecektir. Bu sıvı, filtrelemeden

sonra geri dönüştürülür. Kirletici maddelerin birikmesini önlemek için bu devreden bir miktar sıvı alınmalıdır. Bu sızan sıvı deşarj edilmeden önce işlenir ve analiz edilir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998].

Cıva ayırma basamağı, sülfürik asit tesisinden önce yapılır ve sıvının cıva ile birleşen ve onu ayıran bir ayırıcı içeren bir gaz-sıvı temas tankı veya sprey kulesinden oluşur. Cıva klorür ( $HgCl_2$ ) sıklıkla ayırıcı olarak kullanılır ve  $Hg_2Cl_2$  (kalemel) katı bir çökelek oluşturmak üzere gazdan metalik cıva ile reaksiyona girer. Nispeten temiz sıvı daha fazla işlem için atık su olarak boşaltılır. Katı  $Hg_2Cl_2$ , cıva geri kazanımı için satılır veya tekrar cıva klorür üretmek için veya nihai bertaraf için stabilize edilir.

Tablo 5.14, arıtma öncesi gaz temizleme sıvılarının bileşimini göstermektedir.

**Tablo 5.14: Arıtmadan önce tipik gaz temizleme sıvıları**

Bileşen	Konsantrasyon (Çözünen)	Asılı katı maddelerin bileşimi
Katılar		250–1500 mg/l
Sülfat	13–25 g/l	
klorid	1.3–1.8 g/l	
florür	0.3–0.5 g/l	
Cıva	0.1–9 mg/l	Askıda katı maddelerin% 5-30'u
Selenyum	0.1–50 mg/l	Askıda katı maddelerin % 10-60'ı
Arsenik	5–95 mg/l	Askıda katı maddelerin <% 0,05'i
Çinko	0.1–2.5g/l	Askıda katı maddelerin% 2-6
Kadmiyum	1–95 mg/l	
Kurşun	1–13 mg/l	

*Kaynak: [99, Hähre, S. 1998]*

### Pilin geri kazanımından kaynaklanan atık sular

Batarya kırma ve yıkama aşamaları asidik olan ve süspansiyon ve çözelti içinde kurşun ve diğer metalleri içeren bir atık su üretir. Bu atık su nötralize edilir ve su bu işlemde geri dönüştürülür. Mümkünse, asit başka yerlerde kullanılır. Çözünmüş tuzları kontrol etmek için genellikle sistemden bir kısım alınır. Soğutma suyu, kırma işleminin soğutulmasından da kaynaklanabilir [237, UBA (A) 2004].

Bu süreçlerde kirlenmiş yüzey suyu üretilir ve sonuç olarak bu su da arıtılıp tekrar kullanılır. Daha fazla arıtma ve analizden sonra bu sızdırmaz su devresinin boşaltımını sağlamak yaygın bir uygulamadır. Yol ve yüzey kirliliği, yolların, ıslak alanların ve kamyonların sıkça su ile yıkanması ve sızıntıların temizlenmesi ile en aza indirgenir.

Atık suyun kalitesi ve miktarı, kullanılan sürece, kullanılan hammaddelerin bileşimine ve operatörler tarafından kullanılan uygulamalara bağlıdır. Proses suyunun ve yağmur suyunun yeniden kullanılması yaygın bir uygulamadır.

Cürufun veya soğutma havuzunun granülasyonundan gelen soğutma suyu genellikle kapalı bir devre sisteminde yeniden sirküle edilir. Bazı süreçlerin tipik atık su analizleri Tablo 5.15'te verilmiştir.

**Tablo 5.15: Tipik atıksu analizleri**

İşlem	Sıvı Atık	Akış	Ana bileşen (mg/l)					
	(m <sup>3</sup> /yıl)	(m <sup>3</sup> /sa)	Pb	Cd	As	Zn	Ni	COD
QSL <sup>(1)</sup>	158 000	18	0.06	0.02	0.04	0.15	0.01	20
Ausmelt/ ISASMELT <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>	110 000	13	0.01–0.09	0.001–0.01	0.001–0.1	0.01–0.2		50–200
Mekanik batarya ayırma	190 000	<0.2 <sup>(1)</sup>						

## Bölüm 5

(CX) + döner fırın <sup>(3)</sup>								
Mekanik batarya ayırma (MA)+ döner fırın <sup>(3)</sup>	124 000		0.02	0.07	<0.0005	0.27	0.09	
Tüm bataryalar <sup>(3)</sup>	150 000	40	0.4	0.01	< 0.001	0.01	<0.05	96
Şaft Fırını <sup>(3)</sup>	17 000		< 0.2	< 0.1		< 0.3		
CX + döner fırın + Pb rafinerisi <sup>(3)</sup>	105 000	2.1	0.13	0.01	0.01		0.03	
<p><sup>(1)</sup> Birincil Fırınlr.</p> <p><sup>(2)</sup> Ausmelt fabrikasında atık su arıtma tesisi bulunmamaktadır. Arıtılan atık su, bir Zn eritme, Pb eritken ve yüzey suyundan elde edilir.</p> <p><sup>(3)</sup> İkincil Fırınlr.</p> <p><sup>(4)</sup> CX işlemi, çok düşük bir metal muhtevasına ve &lt;10 mikrosiemens iletkenliğine sahip olan kristalleştiriciden kondens üretir.</p> <p>Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]</p>								

Potansiyel atık su kaynaklarının bir özeti ve arıtma teknikleri Tablo 5.16'da verilmiştir.

**Tablo 5.16: Potansiyel atık su kaynakları ve arıtma teknikleri**

İşlem Ünitesi	Yapılan İşlem/Kaynak	Kullanım/Arıtma Seçenekleri
Genel	Yollardan, yordalardan, çatılardan, yolların ıslak temizliğinden, kamyonların temizliğinden vb. Gelen yağmur suyu.	Atık su arıtma tesisi daha sonra yeniden kullanım veya devridaim
Batarya Ayırma	İşlem likörü	Kükürt giderme işleminde/atıksu arıtma tesisinde kullanılır
Macun Desülfürizasyon	İşlem likörü	Kükürt giderme işleminde/atıksu arıtma tesisinde kullanılır
Ergitme ve Eritme İşlemleri	Fırın, makine ve ekipmanlardan soğutma suyu	Devridaim
cüruf granülasyonu	Islak ESP atığı. Granülasyon suyu	Devridaim, atıksu arıtma tesisi. Devridaim
Gaz temizleme sistemi	Gaz soğutma ve ıslak ESP'den kondens. Cıvadan kondens giderimi	Asılı tozların uzaklaştırılması ve hammadde olarak tekrar kullanılması, atık su arıtma tesisi. Merkür çıkarıldıktan sonra atıksu arıtma tesisine. Devridaim
Sülfürik asit tesisi	Soğutma suyu ekipmanı Sızıntı	Devridaim. Atık su arıtma tesisi
Besleme depolama	Yüzey Suyu (yağmur/ıslatma)	Atık su arıtma tesisi
Sinter tesisi	Gaz yıkayıcı (sinter tozu soğutma)	Atık su arıtma tesisi
Bütün İşlem Birimleri	Bakım	Atık su arıtma tesisi
Atıksu arıtma tesisi	Sıvı atık arıtma	Belirli uygulamalar/deşarj için yeniden kullanım

### 5.2.4. Proses kalıntıları

Metallerin üretimi, Avrupa Atık Listesinde (94/3/EEC sayılı Kararın değiştirilmesi ile ilgili 3 Mayıs 2000 tarihli Komisyon Kararı) listelenen birkaç yan ürün, kalıntı ve atık üretilmesine yol açmaktadır.

Çeşitli işlemlerden ve azaltma aşamalarından türetilen katı artıklar, üç olası hedeften birine

gönderilebilir:

1. Sürecin içinde veya akışında geri dönüşüm;
2. Diğer metalleri geri kazanmak için alt işlem;
3. Güvenli bertaraf sağlamak için işlemden sonra nihai bertaraf.

Kurşun saflaştırma aşaması, diğer metal açısından zengin katılar üretir. Bunlar genellikle belirli bir metal açısından zengindir ve dolayısıyla uygun üretim prosesine geri dönüştürülür. Ayrıca, kasiseritten kalay üretiminden elde edilen cüruf tantal ve niyobyumun ana kaynağıdır.

Katı atıklar ayrıca sıvı atıkların arıtılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Ana atık akımı, atık su nötrleştirme tesisinde üretilen alçı atıkları ( $\text{CaSO}_4$ ) ve metal hidroksitlerdir. Bu atıkların bu arıtma tekniklerinin çapraz-medya etkisi olduğu düşünülür, ancak çoğu metalleri geri kazanmak için pirometalurjik işleme geri dönüştürülür.

Gazların işlenmesinden kaynaklanan toz veya çamurlar, Ge, Ga, In ve As gibi diğer metallerin üretimi için hammadde olarak kullanılır veya kurşun ve kalay geri kazanımı için kireç çözücüye veya süzdürme devresine geri gönderilebilir.

Cıva ve selenyum kalıntıları, gaz temizleme aşamasından cıva veya selenyum akışlarının ön-arıtmasından kaynaklanır. Bu katı atık akışı tipik bir tesiste yaklaşık olarak 40-120 t/yıl'dır. Cıva kullanımı üzerindeki kısıtlamalar nedeniyle, Hg-Se kalıntılarında cıva geri kazanımı ya da cıva çıkarma aşamasındaki kalomel artık bir seçenek değildir. Her iki yan ürün de nihai bertaraf için dengelenmelidir. Se ile Hg oranının yüksek olduğu istisnai durumlarda, selenyumun kurtarılması bir seçenek olabilir.

### **Pirometalurjik cüruflar ve kalıntılar**

Yüksek fırından çıkan cüruflar ve doğrudan ergitme, genellikle çok düşük konsantrasyonlarda temizlenebilir metaller içerir. Bu nedenle, genellikle inşaat yapımda kullanım için uygundur [99, Hähre, S. 1998]. Kullanılan ham maddeye bağlı olarak cüruf çıkışı, üretilen metalin ağırlıkça % 10 ila % 70'i arasındadır.

Pil işleme tesislerinden cüruflar, üretilen kurşunun ağırlığının %13-25'ini oluşturur. İçerdikleri metallerin temizlenebilmelerine bağlı olarak inşaat kullanımları için uygun olabilirler. Temizlenebilirlik, kullanılan akışkanlardan ve çalışma koşullarından etkilenir [99, Hähre, S. 1998]. Cürufta sülfürü sabitlemek için sodyum bazlı akıların ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) kullanılması, temizlenen metallerin miktarında bir artışa neden olur. Pil geri kazanım işlemlerinden gelen bu cüruf ve metal atık antimon içerebilir. Bu normal olarak geri kazanılır, ancak nemli koşullarda depolama, belirli koşullar altında, stiban emisyonuna neden olabilir.

Üye Devletler tarafından bir dizi standart sızıntı testi kullanılmaktadır ve bunlar söz konusu ülkeye özgüdür. İnşaat ve diğer uygulamalar için gelecekteki uygunluğu sağlamak amacıyla, işlem gören metallerin içeriğini azaltmak için süreçler araştırılmaktadır.

Kurşun ve kalay eritme ve rafine etme safhaları sırasında çıkan cüruf ve atık maddeler geri kazanım için uygun olan metalleri içerir.

Tablo 5.17 kurşun külçesinin arıtılmasından elde edilen katı malzeme çıktısının bir kısmını detaylandırmaktadır.

**Tablo 5.17: Kurşun külçesinin arıtılmasından elde edilen katı malzemeler**

Arıtma Adımı	Katı Çıktı	Kullanım/Arıtma Seçeneği
Cüruf	Bakır atık	Bakır ve kurşunun geri kazanımı için ileri
Yumuşatma (Harris işlemi /oksijen yumuşatma)	Harris cürufları Antimon cürufu	Metal geri kazanımı için hidrometalurjik işlem Metal geri kazanımı için pirometalurjik

## Bölüm 5

Gümüşsüzleştirme	Çinko-gümüş	Soy metallerin geri kazanımı
Çinkosuzlaştırma	Çinko metal	Gümüşsüzleştirme için yeniden kullanım
Bizmutuzlaştırma	Bizmut kabuk	Bismutun geri kazanılması
Alkali metallerin ve alkali toprak metallerin uzaklaştırılması	Mg-Ca oksit cüruf	Akı olarak dahili geri dönüşüm
Sonlandırma	Kostik cüruf	dahili geri dönüşüm
<i>Kaynak: [ 13, HMIP (UK) 1994 ]</i>		

Tablo 5.18 ve Tablo 5.19, çeşitli işlemlerle üretilen artıklar için kullanım veya arıtma seçeneklerini göstermektedir.

**Tablo 5.18: Kurşun süreçlerinden elde edilen kalıntılar**

Üretim Adımı	Ürün veya Üretim Kalıntısı	Miktar (kg/t Pb)	Kullanım ve ya arıtma seçeneği
<b>Cüruf Buharlaştırma Tesisi</b>			
Cüruf buharlaştırma	Cüruf Mat Buhar	700 2.5-25 2500	Suya dayanıklı yapı malzemesi Cu izabesine Enerji dönüşümü
<b>Batarya İşlemi – Kısa dönerli <sup>(1)</sup></b>			
Bataryaların fiziksel atılması	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (CX) Batarya macunu (MA) Polipropilen Residual plastics	220 700 100-130 70-80	Satış Birincil ve ikincil izabeye Satış Berteraf ya da yakma
Ergitme	Gümüş Külçe CürufBaca tozu	830 80-120 30-50	Arıtıma Bertaraf Arıtmadan sonra Pb izabesine
Arıtma	Atık metal	60-90	Birincil izabeye
Atık su	Çöktürülmüş çamur		Izabeye geri dönüş
Bütün aşamalar	Cüruf, baca tozu vb.	500-550	İç sirkülasyon
<b>Batarya İşlemi- Yüksek Fırın</b>			
Besi hazırlama	Harcanan Asit	70-120	Harici kullanım veya nötrleştirme
Şaft Fırını	Fe-Pb mat Cüruf Baca tozu	80-250 40-60 30-80	Pb-Cu izabesine satış ya da bertaraf Yol yapımı veya bertarafı Dönüş cürufu Dahili ve harici geri dönüşüm
Arıtma	Metal atık	70-120	Metal geri kazanımına satış
Bütün Aşamalar	Cüruf, baca tozu vb.	500-550	Dahili sirkülasyon
<sup>(1)</sup> Kısa dönel fırınlar, arıtmadan arta kalanları işlemde geçirmek için birincil kurşun üretiminde de kullanılabilir. <i>Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ], [ 377, ILA 2013 ], [ 397, ILA 2012 ]</i>			

**Tablo 5.19: Doğrudan kurşun eritme süreçlerinden elde edilen artıklar**

Üretim Adımı	Ürün veya Üretim Kalıntısı	Miktar (kg/t Pb)	Kullanım ve ya arıtma seçeneği
<b>Kıvıçet</b>			
İzabe	Cüruf Baca-Toz I	700	Kontrollü bertaraf İzabeye geri dönüş Çinko temizlemeye Enerji Dönüşümü
	Baca-Toz II	110	
	Akım	100	
		1300	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1100	Satış

	Kalomel Asit Çamuru	< 0.10 0.5	Satış Kontrollü Bertaraf
Su arıtma	Sludge		
<b>Kaldo</b>			
TBRC (Kaldo)	Cüruf Baca-Toz Akım	350 160 700	Bacaya dönüş İzabeye geri dönüş Enerji Dönüşümü
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Kalomel Asit Çamuru	500	Satış
Su arıtma	Çamur		
<b>QSL</b>			
İzabe	Cüruf Baca-Toz Bakır Atığı Buhar	550 60 100 1300	Yol İnşaatı İzabeye geri dönüş <i>Sonra Cd yıkama</i> Satış Enerji Dönüşümü
Arıtma	Gümüş	2	Satış
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Kalomel Asit Çamuru	700 0.02–0.05 0.5	Satış Satış İzabeye geri dönüş
Toz temizleme	CdZn çökeltisi	1.9	Kontrollü bertaraf
Su arıtma	Çamur		İzabeye geri dönüş veya bertaraf <sup>(1)</sup>
Bütün Aşamalar	Cüruf, baca-toz, çamurlar, vb.	130–150	Dahili sirkülasyon
<b>Ausmelt/ISASMELT</b>			
İzabe	Metal Atığı ZnO tozu Buhar	125 50 NA	İzabeye geri dönüş <sup>(2)</sup> Çinko izabesine geri dönüş Enerji dönüşümü
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Asit Çamuru Hg çökeltisi	400 < 1 0.2	Satış İzabeye geri dönüş Kalomel üretimi
Toz yıkama	CdZn çökeltisi Kurşun kalıntısı	1.1 40	Çinko izabesine geri dönüş İzabeye geri dönüş
Su arıtma	Çamur	< 5	İzabeye geri dönüş ya da bertaraf <sup>(1)</sup>
Bütün Aşamalar	Cüruf, baca-toz, çamurlar, vb.	~ 420	Dahili sirkülasyon
<b>Birincil bakır izabesinden dönel sallanan fırın işleme baca tozu</b>			
İzabe	Cüruf Ham Arsenik Toz Yarı kuru baca gazı nötralizasyonundan gelen ürün	1330 36 340 115	Bakır izabesine dönüş Depolanacak Kurşun izabesine dönüş Kısmen depolanacak, akı olarak bakır izabesine dönüş
(1) Çamurda bulunan metallerin değerine bağlı olarak.			
(2) Cüruf azaltımı için özel firmalar.			
<i>Kaynak:</i> [117, Krüger, J. 1999], [234, UBA (D) 2007], [305, Ausmelt 2009], [397, İLA 2012]			

### Batarya işlemeden gelen plastikler

Bazı batarya işleme tesislerinde de ezilmiş batarya kutularından polipropilen ve polietilen üretilmektedir. Toplam plastik içeriğin %11 ila 20'si kurşun kaynaklıdır [99, Hähre, S. 1998]. Bu malzeme için özel olarak tasarlanmış bir dizi plastik üretim tesisi vardır ve bunlar otomobil, boru

ve drenaj ve ev tipi mutfaklardaki bileşenler dahil olmak üzere bir dizi endüstriyel ve evsel uygulama için granüler polipropilen üretmektedir. Polipropilen fraksiyonunun etkili bir şekilde yıkanması ve ebonit veya PVC gibi diğer plastik bileşenlerin ayrılması, spesifikasyon dahilinde ürünler üretmek için gereklidir.

### 5.3. BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler

Bu belgenin “BAT'ın belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümleri, genel olarak, belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevre korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için hepsi ticari olarak mevcut bir dizi teknik sunmaktadır. İyi bir çevresel performansı gösteren teknikleri göstermek için de ilave örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstriye ve Avrupa Üye Devletleri ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak süreçler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki süreçlere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili süreçlerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

#### 5.3.1. Hammadde alımı, elleçleme ve depolama

Birincil ve ikincil hammaddelerin alımı, taşınması ve depolanmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan teknikler Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF'de [290, EC 2006] dikkate alınmıştır.

#### 5.3.2. Malzeme ön işlem

##### **■ Birincil ve ikincil malzeme hazırlığından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri (piller hariç)**

##### **Açıklama**

##### **Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:**

- kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemleri (Bölüm 2.12.4'e bakınız);
- kapalı ekipman (bkz. Bölüm 2.12.4);
- kapalı bir binada yürütülen karıştırma (Bölüm 2.12.4'e bakınız);
- Toz bastırma sistemleri;
- Ham maddelerin peletlenmesi (bkz. Bölüm 2.5.1.6);
- Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

##### **Teknik açıklama**

Birincil kurşun üretimi için, konsantreler oldukça sabit bir besleme üretmek için diğer ergitme malzemeleri ve akıllarla karıştırılır. Besleme harmanları, kantar tartıları veya ağırlık kaybı sistemleri kullanılarak dozlama sistemleri yardımıyla hazırlanabilir. Son karıştırma ve homojenizasyon işleme karıştırıcılar, peletleyiciler veya taşıma ve ölçüm sistemlerinde gerçekleştirilebilir. Bu işlemler toz emisyonlarına yol açabilir. Tozlu malzeme için kapalı ekipman ve konveyörler veya pnömatik transfer sistemleri kullanılmaktadır.

İkincil kurşun ve kalay üretiminde çok çeşitli kurşun ve kalay içeren cürufur, küller, mat, kalıntı, elektronik hurda ve cürufur tüm bileşenlerin geniş aralıklarında hammadde olarak kullanılır. Fırınlara homojen bir besleme, birçok fraksiyonu birbiriyle karıştırarak elde edilebilir. Karıştırma, geleneksel taşıma sistemleri (kamyonlar, tekerlekli yükleyiciler) ve otomatik havai vinçler ile yapılır. Karıştırma, tartım cihazları ile donatılmış dozlama kutuları kullanılarak da yapılabilir. Bazı durumlarda, bu kutulardan gelen besleme karışımı, fırına yüklenmeden önce yoğun bir karıştırıcıya veya bir karıştırma tamburuna beslenir. Karıştırma kapalı bir binada yapılabilir. Ek olarak, bina, toz giderme sistemleri (örneğin su nebulizörleri veya geleneksel püskürtme sistemleri) ve/veya karıştırma alanı için veya tüm bina için egzoz ve toz giderme sistemleri ile donatılabilir. Alan kısıtlamalarına sahip mevcut tesislerde, malzemelerin nemli tutulması durumunda malzemeler, dağınık emisyonları önlemek için su spreyleri gibi toz



bastırma sistemleri kullanılarak karıştırılabilir ve ayrıca ön işleme tabi tutulabilir (örneğin, kesilebilir). İnce malzemeler peletlenebilir. Peletleme alanları kapsülendir ve kaplanır. Kapalı konveyörler kullanılır. Havalandırma sistemleri, bir torba filtresinde daha sonra tozdan arındırma ile uygulanır.

Kırma, öğütme ve eleme ayrıca ikincil ham madde boyutunu azaltmak için daha ileri işleme için uygun hale getirmek için kullanılır. Bu işlemler potansiyel olarak bir toz emisyon kaynağıdır ve sonuç olarak kaplama gerektirir. Ekstraksiyon ve azaltma sistemleri kullanılır ve toplanan tozlar işleme geri döndürülür. Su spreyi veya sis sistemleri gibi toz bastırma sistemleri uygulanabilir.

Birincil ve ikincil malzeme hazırlığından kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek ve azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2'de ele alınmıştır (bkz. Bölüm 2.12.4.1 ve 2.12.4.2). Bu alt bölüm içerisinde, sadece ilgili tozsuzlaştırma ekipmanının performansı ile ilgili teknikler dikkate alınmaktadır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz ve metal emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Hammadde kullanımında azalma, (yani tozsuzlaştırılan malzemelerin yeniden kullanımı yoluyla).

#### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Polonya'daki KGHM Polska Miedz S.A. fabrikasında, elektrikli fırının ve gazla çalışan fırınların off-gas taşıma sistemlerinden gelen bakır dumanı tozları, ayrılan konteynirlarda ana tesisin depolama tanklarına toplanmakta ve nakledilmektedir. Boşaltma pnömatik olarak gerçekleştirilir. Şaft fırınlarının Venturi tipi atık gaz işleme sisteminden gelen bulamaçlar, boru hatları içinden filtre pres kabına bir süspansiyon şeklinde taşınır. Filtre presindeki tozlar ve topraklar gibi parti malzemeleri, gerekli oranlarda, karıştırmak ve karıştırmak için sıcak bir karıştırıcıya mekanik olarak dozlanır. Karışımın bir kısmı fırınların üstündeki konteynerlere taşınır. Tüm kurşun santrali taşıma cihazları toz emisyonlarını önlemek için hava geçirmezdir. Döner sallanan fırının üstüne yerleştirilen parti konteyniri, bir üretim döngüsü için gerekli olan kurşun malzemenin yeterli bir kısmını tutar. Demir hurda, ayrı bir depolama kabında depolanır ve özel bir yükleme cihazı ile fırınlara beslenir.

Almanya'daki Aurubis Hamburg'da, 2011 yılında entegre kırma, eleme ve kapalı konveyör bantları içeren dökme kurşun içeren ikincil malzemeler için yeni bir kapalı depolama alanı inşa edilmiştir. İnce ve çamur tipi yem malzemeleri pelet haline getirildi. Burada peletleme alanı kapsülendirilmiş ve üzeri kapatılmıştır. Bu tesiste kapalı konveyörler kullanılmaktadır ve egzoz gazları bir torba filtresine yönlendirilmektedir.

Belçika'daki Metallo-Chimique tesisi, tozlu materyaller için kapalı bir depolama alanıyla tasarlanmıştır. Hava emişi çatı seviyesinde monte edilmiştir. Hava bir torba filtre ile filtrelenir (120 000 Nm<sup>3</sup>/h). Toz emisyon seviyeleri 0.5 mg/Nm<sup>3</sup> altında tutulur. Bu değer 2011 yılında gerçekleştirilen iki adet 4 saatlik ölçümlere dayanmaktadır. 2009'un başından bu yana, tüm tozlu malzemeler depolanmıştır.

Umicore Hoboken'de, hammaddeleri nemli tutmak için stoklama bölgelerine sık sık su püskürtülür. Karıştırma önden yüklemeli bir yükleyici tarafından yapılır. Tozlu materyaller kapalı binalarda depolanır ve karışıma girmeden önce yağ ham maddeler ve su ile karıştırılır.

Almanya'daki Nordenham'daki Weser-Metall banyo eritme ocağı ağırlıklı olarak besleme malzemesi olarak ince taneler kullanılmaktadır. Bu ince taneler mavnalar (kendi iskelelerine), demiryolu vagonları ve kamyonlar tarafından teslim edilir.

Besleme malzemesinin besleme deposundan çıkarılması, bir yük taşıyıcı ile, bir destek sistemi tarafından tamamen kapalı bir tüpe sarılmış özel bir bantlı konveyör olan bir tüp konveyörünü şarj eden bir hazne ile hareket ettirilerek gerçekleştirilir. Dozlama bidonlarına ve fırına boru konveyörü rüzgardan kaçınmak için özellikle muhafaza edilir.

Dozlama kutuları, malzeme ekstraksiyonu ve besleme harmanı hazırlanması için tartım cihazları

## Bölüm 5

ile donatılmıştır. Besleme karışımı, kapalı bir boru konveyörü ile fırın besleme portuna taşınır. Dozlama kutuları bir torba filtre (30 000 Nm<sup>3</sup>/h) ile ayrılır ve emisyon seviyeleri <1 mg/Nm<sup>3</sup> toz şeklinde bildirilmiştir.

Tablo 5.20, malzeme ön işlemden kaynaklanan emisyonlar hakkında daha fazla bilgi vermektedir.

**Tablo 5.20: Malzeme hazırlığından kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis	Kaynak	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme Sıklığı
				Min.	Ort.	Maks.	
6	Depolma Salonu	Torba filtre	Toz	< 0.1	< 0.1	< 0.1	Her 3 yılda bir
			Pb	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
16	Depolma Salonu	Torba filtre	Toz	0.004	0.015	0.055	Yılda 12 defa
			Pb	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
			Cd	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
			Sb	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
İkincil Tesis A	Çift rulo kırıcı ve çekiçli değirmen	Venturi gaz yıkayıcı	Toz	0.3	NR	0.8	Sürekli ölçümler (2 saatlik ortalama değerler)
			Pb	0.03	NR	0.14	
			Cd	< 0.005	NR	< 0.005	
			Sb	< 0.005	NR	< 0.005	
İkincil Tesis B	Plastikleri ayırmak için hidro-boyutlandırıcı	Gaz fıkayıcı	Toz	0.5	NR	0.8	Sürekli ölçümler (yarım saatlik ortalama değerler)

NB: Algılama toz sınırı 0.3 mg/m<sup>3</sup>.  
Algılama metal sınırı 0.005 mg/m<sup>3</sup>.  
NR = Rapor edilmemiş.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 385, Germany 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemi

Enerji kullanımında artış.

*Kapalı ekipman*

Bilgi verilmedi.

*Kapalı bir binada yapılan karıştırma*

- Su püskürtme ile toz bastırma kullanıldığında, malzemenin hafif ıslanması nedeniyle ergitme işleminde enerji tüketiminde önemli bir artış olur.
- Büyük hacimli havaların ve yüksek enerji tüketiminin artırılması özellikle çatı sökme sistemleri ile ilişkilidir.

*Toz bastırma sistemleri*

Malzemelerin hafif ıslanması ve atık su üretimi nedeniyle ergitme işleminde enerji tüketiminde artış.

*Ham maddelerin peletlenmesi*

Enerji kullanımında artış.

*Torba filtresi*

Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak, mevcut tesisler için, tozlu materyalleri depolamak ve karıştırmak için özel bir binanın uygulanabilirliği, alan gereksinimleri ve uygun bir bina tasarımına duyulan ihtiyaç ile sınırlanabilir.

Hammaddenin peletlenmesi sadece, fırın ve proses peletlenmiş malzemelerle uğraşmak üzere tasarlandığında uygulanabilir.

Bina havalandırması kurulabilir, ancak bu parçacıkların boyutu, depolama salonunun boyutu ve kullanımı ve bireysel emisyon durumu gibi farklı durumlara bağlıdır.

### Ekonomi

2007–2008'de Belçika'daki Metallo-Chimique tesisi tozlu materyaller için kapalı bir depolama alanında yaklaşık 6,5 milyon Euro yatırım yaptı. Depolama alanı 8000 m<sup>2</sup> ve 180 000 m<sup>3</sup> büyüklüğündedir ve maksimum 20.000 ton depolama kapasitesine sahiptir. Salonun maksimum üretimi 50 000 t/yıl'dır. Kuru tozlu materyaller için pnömatik taşıma sistemi, çift duvarlı borular kullanır; buna ek olarak, 2010 yılından bu yana bir kaçak tespit sistemi devreye alınmıştır. Maliyet, öncelikli olarak malzeme üretimi (yaklaşık 36 000 t/yıl) ve taşıma mesafesi (120 m) ile belirlenir. Yaklaşık 400 000 Avro'luk yatırım maliyeti silodan izabeye enjeksiyon sistemi ve kurutucu ile silo arasındaki ve aynı zamanda silo ve kirletici arasındaki çift duvarlı boruları kapsamaktadır.

Aurubis Hamburg'da, bir torba filtreye (70 000 Nm<sup>3</sup>/h) bağlı entegre bir kırma, eleme ve taşıma tesisi ile kapalı bir depolama alanının (5000 m<sup>2</sup>) inşaatı, 7,5 milyon Euro'luk bir sermaye harcamasını içeriyordu.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenlemeler

### Örnek Tesisler

Metallo-Chimique (BE), Weser-Metall (DE), BSB Geri Dönüşüm (DE), Aurubis (DE), Umicore (BE) ve KGHM (PL).

### Referans literatür

[397, ILA 2012]

### **Birincil ve ikincil malzeme kurutmalarından kaynaklanan hava emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri**

Sıcak gazlı rotatif kurutucular, buhar bobin kurutucuları veya sıcak hava konveyörü tipi kurutucular veya vakumlu kurutucular, eritme işleminin kuru bir besleme veya besleme neminde bir azalma gerektirmesi durumunda kullanılabilir (yani nem içeriği, eritme işlemi için sınırlayıcı bir faktördür ve azaltılması gerekebilir). Ek olarak, besleme malzemelerinin önceden kurutulması, eritme sırasında enerji tüketimini azaltır, çünkü düşük sıcaklıklarda suyun buharlaşması, yüksek sıcaklıkta işlemeden daha az enerji gerektirir. Buhar bobin kurutucuları, ısı dengesi buna izin verdiği sürece, işlemin diğer kısımlarından atık ısı kullanırlar.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemleri (bkz. Bölüm 2.12.4);
- kapalı ekipman (bkz. Bölüm 2.12.4);
- torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- sonyakıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

### Teknik açıklama

## Bölüm 5

Birincil ve ikincil kurşun ve kalay üretiminden kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek ve azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de ele alınmıştır (bkz. Bölüm 2.12.4). Bu alt bölüm içerisinde, sadece listelenen tekniklerin uygulanması ve performansı ile ilgili özel bilgiler dikkate alınmaktadır.

### Örtülü donanım (Bölüm 2.12.4'e bakınız)

Kurutulmuş materyal genellikle çok tozlidir. Bu malzemenin çevreye salınmasını önlemek için, besleyici ve gaz ekstraksiyon noktası dahil olmak üzere tüm süreçler kapatılır ve kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemleri kullanılır. İşlemlerden çıkan baca gazı daha sonra mevcut kirletici maddelere göre tasarlanan gaz emisyon azaltma tesisi tarafından toplanır. Baca gazı sistemi, havaya gaz emisyonu olmadığından emin olmak için negatif basınç altında çalışır. Ayrıca, kurutulmuş girdilerden yayılan emisyonlar mevcutsa, konveyör sistemleri kapatılır ve gaz ekstraksiyon sistemleri ile donatılır.

### Torba filtresi

Sağlanan tüm veriler, AB-28'deki tüm tesislerin toz ve metal emisyonlarını azaltmak için bir torba filtre kullandığını göstermektedir (Bölüm 2.12.5.1.4'e bakınız).

### Son yakıcı

Kurutma işlemi sırasında CO ve VOC üretilirse, bu kirletici maddelerin giderilmesi için bir son yakıcı uygulanır (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1). Azaltım sisteminin enerji tüketimini azaltmak için rejeneratif bir son yakıcı (RTO) de kurulabilir. Bu durumda, seramik yatağın tıkanmasını önlemek için, son yakıcıdan önce bir toz giderme sistemi uygulanır.

## Elde edilen çevresel faydalar

Kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemleri ve kapalı ekipmanlar.

Yayılı emisyonların önlenmesi.

### Torba filtresi

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Tutulan tozun geri dönüşümü ile hammadde tüketiminin azaltılması.

### Son yakıcı

VOC'lerin ve CO emisyonlarının azaltılması.

## Çevresel performans ve operasyonel veriler

### Torba filtresi

Kurutulmuş materyal genellikle çok tozlidir ve bu nedenle tozlu gazları toplamak için ekstraksiyon ve azaltma sistemlerine ihtiyaç vardır. Torba filtreleri, işlemin bu aşamasında kullanıldığında ESP'lerden daha iyi toz giderme verimliliği sağlar. Toplanan tozlar işleme geri döndürülür.

Metallo-Chimique Beerse'de tozlu materyaller kapalı bir depoda boşaltılır, depolanır ve karıştırılır (bkz. Bölüm 5.3.2.1). Karma gruplar daha sonra bir titreşimli besleyici üzerinden otomatik bir havai vinç ile gazla çalışan döner kurutucuya beslenir. Bu besleyici kapsüllenmiş ve bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Hava, atmosfere bırakılmadan önce bir bez filtresinde ayrılır. Döner kurutucudan gelen buharlar bir torba filtre ile filtrelenir ve organik bileşikler ortadan kaldırmak için bir son-yakıcı tarafından bacada işleme tabi tutulur. Kurutulduktan sonra kuru ürün, kaba bir fraksiyon ve ince (<2 mm) bir fraksiyon üretmek üzere elenir. Kaba malzeme kapalı bir döner bant ile depo binasına geri döndürülür. İnce malzeme çift duvarlı borularla pnömatik olarak bir depolama silosuna aktarılır. Aşağıdaki tablo, 2011 yılında spot örnekleme yoluyla ölçülen bu fabrikadaki toz emisyonlarını göstermektedir.

Tablo 5.21: Metallo-Chimique Beerse'de malzeme kurutmadan kaynaklanan emisyonlar

Fırın Tipi	Üretim Kapasitesi	Isıtma	Atık gaz Arıtma	Emisyon	Görüntüleme Sıklığı
Döner Kurutucu	15 t/h (2 t su/saat)	Doğal Gaz	Birincil Emisyon:	Toz: 1–3 mg/Nm <sup>3</sup>	Yılda iki defa (4-saat)

	– Kurutmada önce su içeriği ağırlığı 12 %, sonra < 1 %)		torba filtre + son yakıcı İkincil Emisyon: torba filtre		örnekleme periyodu)
Kaynak: [ 397, İLA 2012 ]					

Diğer tesislerde, besleme materyalleri bir ekstraksiyon sistemi ile donatılmış kapalı bir binada saklanır ve kurutucuya bir havai vinç ile yüklenir. Kurutulan materyal kapalı konveyör ve ekstraksiyon sistemleri ile aktarılır. Hem kurutucudan hem de diğer gazlardan gelen baca gazı bir torba filtreden süzülür.

Aurubis Hamburg'da, ince ve çamur tipi besleme malzemeleri, yayılı emisyonları önlemek için pelet haline getirilmekte ve daha sonra, ağırlıkça %2 - 3'ten daha az suya, bir konveyör tipi kurutucuda veya bir vakumlu kurutucuda sıcak hava ile kurutulmaktadır. Burada sürekli toz ölçümü yapılır; 2009–2011 yıllarında gözlemlenen toz seviyeleri 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 10 mg/Nm<sup>3</sup> arasındadır (yarım saatlik ortalamalar). Çok çeşitli ikincil malzemeler (örn. Tozlar, cürufklar, cürufklar, çamurlar) işlendiğinden, minimum ve maksimum emisyon seviyeleri parçacık büyüklüğü, yapısı, bileşimi ve fiziksel özellikleri ve giriş malzemesinin nem içeriğinden, temizlik ekipmanının aşınması ve filtre elemanlarının yaşı ve aşınmasından büyük ölçüde etkilenir.

**Tablo 5.22: Aurubis Hamburg'da malzeme kurutmada kaynaklanan emisyonlar**

Fırın Tipi	Kapasite	Isıtma	Atık Gaz Arıtımı	Emisyonlar
Sıcak hava konveyörü tipi kurutucu	10 t/saat'e kadar	Buhar ile ısıtılan sıcak hava	Torba Filtre	Sürekli toz ölçümü, toz seviyeleri: 0.5–12 mg/Nm <sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama)
Vakum kurutucu	2 t/saat	Doğal gaz	Torba Filtre	1.1–4.6 mg/Nm <sup>3</sup> (günlük ortalama)

Tablo 5.23, İLA tarafından gönderilen verileri göstermektedir.

**Tablo 5.23: Birincil ve ikincil kurşun ve kalay üretiminde kurutma işleminden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Birim	Normal çalışma koşullarında elde edilen değerler			Görüntüleme sıklığı	Not (*)
				Min.	Ort.	Maks.		
12	Toz Filtresi	Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.179	0.234	0.269	Yılda iki defa spot örnekleme	s
		Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0.037	0.046	0.052		
		Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	0.237	0.289	0.373		
		Cr	mg/Nm <sup>3</sup>	0.049	0.086	0.195		
		Mn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.006	0.007	0.008		
		Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.018	0.023	0.026		
		Ni	mg/Nm <sup>3</sup>	0.003	0.005	0.006		
		As	mg/Nm <sup>3</sup>	< LOD	< LOD	< LOD		
		Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0.01	0.013	0.014		
		Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0.002	0.023	0.036		
	CO	mg/Nm <sup>3</sup>	181	188	193			
	Torba Filtre	NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	29	34	37		
TVOC		mg/Nm <sup>3</sup>	16	23.9	31.9			
PCDD/F		I-TEQ ng/Nm <sup>3</sup>	0.18	0.18	0.18			
13	Torba Filtre	Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	1.8	2.3	2.7	Yılda iki defa (4-saatlik)	s
		Sb	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0024	0.0027	0.0030		

		As	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0016	0.0017	0.0018	ortalama)	
		Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	0.5815	0.6270	0.6725		
		Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0118	0.0195	0.0272		
		Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0911	0.1008	0.1105		
		Ni	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0095	0.0103	0.011		
		Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.047	0.054	0.060		
		Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.3983	0.4171	0.4358		
16	Torba Filtre	Dust	mg/Nm <sup>3</sup>	0.11	0.52	1.77	Yılda 12 defa	p & s
		Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0.01	0.26	1.19		
		Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0.01	< 0.01	< 0.01		
		Sb	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0.01	< 0.01	< 0.01		
<p>(*) p birincil kurşun tesisi için s ikincil kurşun ve kalay tesisi için. LOD = Tespit limiti. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</p>								

### Çapraz ortam etkileri

*Kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemleri*

Hiçbiri rapor edilmedi.

*Kapalı ekipman*

Bilgi verilmedi.

*Torba filtresi*

- Enerji kullanımında artış.
- Toplanan tozun prosese geri gönderilememesi durumunda atık üretilebilir.

*Son yakıcı*

- NOX emisyonlarında artış.
- Baca gazı oksidasyonu ile üretilen enerji gerekli sıcaklığa ulaşmak için yeterli değilse yakıt gereklidir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

*Kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemleri*

Genel olarak uygulanabilir.

*Kapalı ekipman*

Genel olarak uygulanabilir.

*Torba filtresi*

Genel olarak uygulanabilir.

*Son yakıcı*

Bu teknik, proses işlem sıcaklığında kurumuş malzemenin bu kirlenici maddeleri yayabileceği riski varsa, CO ve VOC emisyonlarının azaltılması için uygulanır.

### Ekonomi

*Torba filtresi*

Beerse'deki Metallo-Chimique tesisi için bir torba filtre ve afterburner kurulumu ile ilgili maliyetlerin bir örneği verilmiştir. 2007-2008 yıllarında, baca gazının kurutucudan arıtılması için, fabrika mevcut torba filtresini yenisiyle değiştirmiştir (19 500 Nm<sup>3</sup>/h). Bu, 665.000 Avro'luk bir yatırımı (bacada ve bacadaki son yakıcıyı içeren torba filtresini) içeriyordu. İkincil emisyonlar için, 1994–1995 yıllarında 400.000 Euro'luk bir maliyetle başka bir torba filtre (20 500 Nm<sup>3</sup>/h) kuruldu.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenlemeler.

### Örnek Tesisler

Metallo-Chimique (BE), Elmet (ES), Aurubis (DE) ve Weser-Metall (DE).

**Referans literatür**

[397, İLA 2012]

**Söküm, sinterleme, briketleme ve peletlemeden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri**

Ayırma, sökme, sinterleme, briketleme ve peletleme, eritme işlemine girdinin kontrolünü sağlamaya ve metal geri kazanım süreçlerini iyileştirmeye yardımcı olur. Bu işlemler daha yüksek spesifik bir yüzeye sahip daha küçük tanecik boyutlarına ulaşmak için veya sinter, briket veya pelet olarak aglomera malzemesine ulaşmak için yapılır. Sinterleme, eritme işlemlerinin bir kısmı için konsantreler hazırlamak için kullanılır. Bunun için yukarı çekişli (updrought) ve aşağı çekişli (downdraught) sinterleme makineleri kullanılabilir. Çelik kayış sinterleme işlemi gibi son gelişmeler de uygulanabilir.

**Açıklama**

Dikkate alınacak teknikler:

- gaz ekstraksiyonu bulunan kapalı ekipman (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama**

Birincil ve ikincil kurşun ve kalay üretiminden kaynaklanan yayılı emisyonları önlemek ve azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de ele alınmıştır (bkz. Bölüm 2.12.4).

Briket ve peletleme, ince malzemelere uygulanır. Yayılı emisyonları önlemek için, peletleme alanları kapsülendir ve kaplanır. Kapalı konveyörler kullanılır. Havalandırma sistemlerine daha sonra bir torba filtresinde tozdan arındırma uygulanır.

Öğütme, ezme ve taşlama teknikleri iyi bir toz çekme sistemi ve bir torba filtre ile kullanılır.

Sinterleme sırasında duman ve gazların toplanması önemlidir ve yukarı çekişli sinterleme işlemi duman yakalama için doğal olarak daha kolay uygulanabilir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

*Gaz çıkarımı ile kapalı ekipman*

Toz emisyonlarının önlenmesi.

*Torba filtresi*

- Toz emisyonlarının azaltılması
- Hammadde kullanımında azalma.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Hamburg'daki Aurubis tesisinde ince ve çamur tipi besleme malzemeleri peletlenir. Baca tozu, peletlemeden önce kapalı silolarda depolanır. Peletleme alanı kapsülendir ve örtülür. Kapalı konveyörler kullanılır. Egzoz gazları bir torba filtresine yönlendirilir.

**Çapraz ortam etkileri**

*Gaz çıkartma ve torba filtreli kapalı ekipmanlar*

Enerji kullanımında artış.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

*Gaz çıkarımı ile kapalı ekipman*

Genel olarak uygulanabilir.

*Torba filtresi*

Genel olarak uygulanabilir.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenlemeler

### Örnek tesisler

Aurubis (DE).

### Referans literatür

[397, ILA 2012]

## ■ Batarya hazırlığından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapalı ekipman ve gaz çıkarma sistemi (bkz. Bölüm 2.12.4);
- torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2);
- aside dayanıklı zemin yüzeyi ve asit toplanması için sistem;
- asit geri kazanımı veya yeniden kullanılması;
- atık su arıtma tesisinde asit buharı arıtımı.

### Teknik açıklama

*Kapalı ekipman ve gaz çıkarma sistemi (Bölüm 2.12.4'e bakınız)*

Batarya kırma, eleme ve ıslak sınıflandırmadan kaynaklanan toz ve asit buharı emisyonları toplanır ve torba filtre veya ıslak gaz yıkayıcı gibi bir azaltma sistemine aktarılır.

*Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4)*

Asit buharı içeren bir baca gazı torba filtreye gönderildiğinde, uygun buhar filtrelerinin kurulması gerekir.

*Islak gaz yıkayıcı (Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2'ye bakınız)*

Toz ve asit buharının azaltılması için ıslak bir temizleyici kullanılır. Toplanan süzölmüş ve seyreltilmiş asidi bataryalardan arıtmak için yıkama suyu atık su arıtma tesisine gönderilir. Metaller  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ile nötralizasyon ve çöktürme ve flokülant ilavesiyle uzaklaştırılır. Tortu, kırıntıya gönderilir.

*Asit dayanıklı zemin yüzeyi ve asit toplanması için sistem*

Pillerin asit içeriği toprak ve suyu kirletebilir. Bu nedenle, batarya hazırlama tesisinin zemin yüzeyi, atık asit tanklarına veya atık su arıtma tesisine bağlanan aside dayanıklı bir tabaka ile korunmalıdır. Kullanılan tüm ekipman aside dayanıklı olmalıdır.

*Asit geri kazanım veya yeniden kullanım*

Bölüm 5.3.7.2'ye bakınız.

*Atık su arıtma tesisinde asit buharı arıtması*

Bilgi verilmedi.

*Elde edilen çevresel faydalar*

Kapalı ekipman ve gaz tahliye sistemi

Gaz emisyonlarının ve asit sızıntısının önlenmesi.

*Torba filtresi*

Toz emisyonlarının azaltılması.

*Islak gaz yıkayıcı*

Toz ve asit buharı emisyonlarının azaltılması.

*Asite dayanıklı zemin yüzeyi ve asit toplanması için sistem*



Toprak ve su kirlenmesinin önlenmesi.

*Asit geri kazanım veya yeniden kullanımı*

- İkincil malzemenin tekrar kullanılması.
- Suya olan emisyonların önlenmesi.

*Atık su arıtma tesisinde asit buharı arıtması*

Asit emisyonlarının azaltılması ve suya emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Bir Alman fabrikasında, harcanan bataryalar bir çift silindirli kırıcıda önceden ezilmektedir. Daha sonra, ezilmiş malzeme bir manyetik ayırma aşamasından geçer ve daha sonra daha fazla ezmek için bir çekiç değirmenine beslenir. Çift silindirli kırıcı ve çekiçli değirmendeki atık gazlar çıkarılır ve bir venturi gaz yıkayıcıda çıkarılır. Ayrılan sülfürik asit ayrıca alçıtaşı üretmek için işlenir. Bu tesiste 0,32 mg/Nm<sup>3</sup> ve 0,8 mg/Nm<sup>3</sup> (spot numune) arasında toz emisyonları ve 0,031 mg/Nm<sup>3</sup> ile 0,14 mg/Nm<sup>3</sup> (spot örnek) arasında kurşun emisyonları bildirilmiştir [385, Almanya 2012].

Tesis 7'de kurşun macunu, kurşun metal, sülfürik asit ve polipropilen ve diğer plastiklerin ayrılması için çeşitli adımlar atılır. Hidroksizörlerden gelen baca gazları bir gaz yıkayıcıda işlenir. Bu tesiste 0.5 mg/Nm<sup>3</sup> ile 0.9 mg/Nm<sup>3</sup> arasında toz emisyonları bildirilmiştir [385, Almanya 2012].

Tablo 5.24 ve Tablo 5.25, yukarıda açıklanan tekniklerin bazılarını uygulayan dört tesisten gelen hava ve su emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 5.24: Batarya hazırlığından kaynaklanan hava emisyonları**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Belirsizlik (%)	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme Sıklığı
				Min.	Ort.	Maks.	
5	Islak Gaz Yıkama	Toz	40	0.18	0.59	0.9	2011 yılında 4 defa (4 saatlik ortalama)
		Kurşun ve Bileşikleri	40	0.097	0.591	0.903	
		Cadmium ve bileşikleri	40	0.001	0.001	0.002	
		Cu, Pb, Zn, Ni ve bileşikleri	40	0.099	0.205	0.343	
		Sb, Sn, Te ve bileşikleri	40	0.003	0.005	0.007	
		Cd, As, Hg, Tl, Se ve bileşikleri	40	0.004	0.018	0.054	
6	Torba Filtre	Toz <sup>(1)</sup>	NR	< 0.5	< 0.5	< 0.5	Her 3 yıl
		Pb <sup>(1)</sup>	NR	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
		As+Cd <sup>(1)</sup>	NR	< 0.05	< 0.05	< 0.05	
7	Islak gaz yıkayıcı	Toz	NR	< 0.5	0.5	0.9	Sürekli ölçüm (Günlük ortalama)
		Pb	NR	< 0.5	< 0.5	< 0.5	Yılda 4 defa
19	Batarya kırılmadan gelen emisyonlar	Toz	NR	0.2	0.5	1	Yılda 1 defa

(<sup>1</sup>) Ölçümler 2011'de gerçekleştirildi. NR = Bilgi verilmedi.  
Kynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 393, Austria 2012 ]

**Tablo 5.25: Tesis 5'deki batarya hazırlığından kaynaklanan su emisyonları**

Origin	Atıksu arıtımı	Kirlenici	Belirsizlik (%)	Değerler (kg/d)			Görüntüleme Sıklığı
				Min.	Avg.	Max.	
Proses suyu,	pH düzenlemesi	Pb	16	0.06	0.57	1.45	24 saatlik

## Bölüm 5

yüzey akış suyu, ikincil kaynaklardan gelen kurşun arıtma sahası	-Demir klorür eklenmesi	Cd	12	0.003	0.115	0.552	periyodik kompozit örnek
		Sb	20	0.002	0.212	1.096	
	- Flokülasyon ve çöktürme	As	25	0.001	0.018	0.092	
		Cu	10	0.001	0.017	0.046	
	- Anyonik/katyonik flokülasyon	Hg	25	0.001	0.002	0.009	
		Ni	10	0.001	0.130	0.428	
		NH <sub>4</sub>	25	0.21	2.478	6.17	
- Mekanik filtrasyon							
<i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</i>							

### Çapraz ortam etkileri

*Kapalı ekipman ve gaz çıkarma sistemi*  
Bilgi verilmedi.

#### *Torba filtresi*

- Enerji kullanımında artış.
- Toz, işleme geri döndürülemez veya hammadde olarak tekrar kullanılamazsa atık üretilebilir.

#### *Islak Gaz Yıkayıcı*

- Enerji kullanımında artış.
- Asit ve metallerin suya deşarjını önlemek için ek arıtma gerektiren atık su üretilir.

*Asit dayanıklı zemin yüzeyi ve asit toplanması için sistem*  
Bilgi verilmedi.

*Asit geri kazanımı veya yeniden kullanım*  
Enerji kullanımında artış.

#### *Atık su arıtma tesislerinde asit buharı arıtımı.*

- Enerji kullanımında artış.
- Kimyasal madde kullanımı.

### Uygulanabilirlikle ilgili teknik hususlar

*Kapalı ekipman ve gaz tahliye sistemi*  
Genel olarak uygulanabilir.

#### *Torba filtresi*

Genel olarak uygulanabilir.

#### *Islak Yıkayıcı*

Genel olarak uygulanabilir. Asit ve metallerin suya deşarjını önlemek için ek arıtma gerektiren atık su üretilir.

*Asite dayanıklı zemin yüzeyi ve asit toplanması için sistem*  
Genel olarak uygulanabilir.

*Asit geri kazanımı veya yeniden kullanım*  
Bölüm 5.3.7.2'ye bakınız.

*Atık su arıtma tesislerinde asit buharı arıtımı*  
Sadece yeterli atık su arıtma tesisine sahip tesisler için geçerlidir.

### Ekonomi

Ek özel altyapı ve ekipman ihtiyacı nedeniyle artan yatırım maliyetleri.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenlemeler.

**Örnek Tesisler**

Harz-Metall (DE), BSB Geri Dönüşüm (DE), Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik (DE) ve BMG Metall und Recycling GmbH (AT).

**Referans literatür**

[397, İLA 2012]

### ■ Eritme işleminden kaynaklanan kükürt gazı emisyonlarını azaltma tekniği

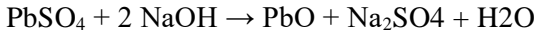
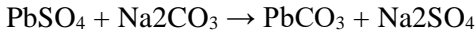
**Açıklama**

Alkali yıkma, eritme işleminden önce ikincil malzemelerden sülfatları çıkarmak için bir alkali tuz çözeltisi kullanır.

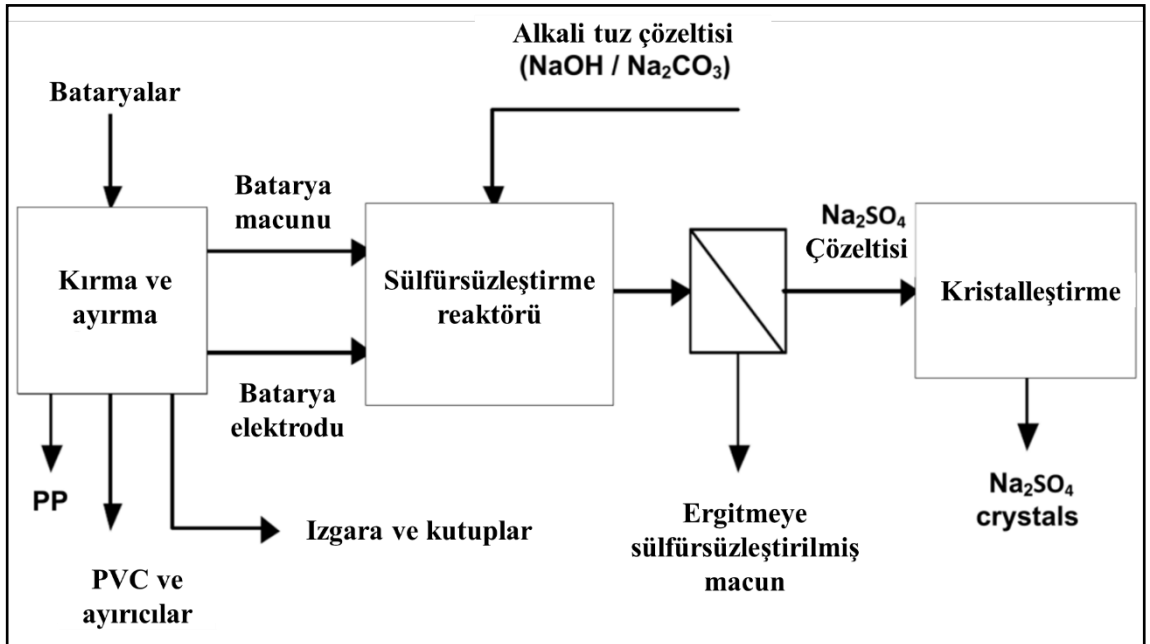
**Teknik açıklama**

Sülfür içeren ikincil materyaller, bu kirleticinin eritme sırasında emisyonuna neden olabilir. Bunun bir örneği kurşun asitli akü yapıştırıcısıdır. Bu, bazıları PbSO<sub>4</sub> gibi kükürt içeren bir dizi kurşun bileşik içerebilir. Eritme işlemi sırasında SO<sub>2</sub> emisyonlarını önlemek veya azaltmak için, sülfat olarak bulunan sülfür, eritme işleminden önce malzemenin alkali süzdürülmesiyle çıkarılabilir.

Bir alkali çözeltisi (sodyum karbonat veya sodyum hidroksit) ile reaksiyona sokularak kurşun-asit batarya macununun kükürtten arındırılması, aşağıdaki basitleştirilmiş kimyasal reaksiyonlarda tarif edilmektedir:



Reaksiyonlar hızlı bir şekilde gerçekleşir ve dönüşüm verimliliği çok yüksektir. Desülfürize edilmiş malzeme daha sonra fırına verilir. Proses akış diyagramı Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4: Bataryanın alkalin temizlenmesi ile desülfürizasyonunu gösteren akış diyagramı

Akü elektroliti (asit) ayrıca, sodyum sülfat oluşturmak üzere kükürt giderme reaktörüne geçmekten ziyade yeniden kullanılmak üzere ayrılabilir.

Proses tarafından üretilen sodyum sülfat çözeltisi, yerel çevre koşullarına, ekonomiye ve ürün özelliklerine bağlı olarak iki şekilde arıtılabilir:

- Sodyum sülfatın kristalleştirme ile geri kazanımı;

## Bölüm 5

- Diğer safsızlıkların (örneğin metaller) çıkarılmasından sonra sodyum sülfat çözeltisinin bertaraf edilmesi.

Sodyum sülfat çözeltiden kristalleştirme ile geri kazanıldığında, işleme giren su geri dönüştürülür ve hiçbir sıvı atığı üretilmez. Ancak, bu sadece geri kazanılmış sodyum sülfat için bir pazar olduğunda mümkündür. Bu her zaman geçerli değildir ve yerel pazar koşullarına ve ürün için gerekli kalite özelliklerine bağlıdır. Eğer ticarileştirme mümkün değilse, imha gereklidir.

Bu aktivitenin tesiste gerçekleştiği alan, genellikle, aşındırıcı sıvıların veya tuzların herhangi bir şekilde sızmasına karşı koymak için, geçirimsiz ve asit- (sülfat) dirençli bir tabaka ile donatılır. Dökümler ve temizlik suyu, geri dönüştürülmediği takdirde atık su arıtma tesisine geçer.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Eritme sırasında SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Eritme katkı maddelerinin tüketiminde azalma, cürufta cüruf ve kurşun kaybının azaltılması.
- Eritilen daha az malzeme nedeniyle, eritme için enerji tüketiminde azalma.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Alkali temizleme sıvısı, yaklaşık 50°C'de ısıtılmadan gerçekleştirilen hidrometalurjik bir prosesdir ve bu da ekzotermik reaksiyona neden olur. Islak desülfürlenmiş filtre tortusu üretilmektedir. Bu nedenle, bu işlemde toz yayılmamaktadır. Fırın için bir kuru besleme gerekiyorsa, temizleme adımı ve eritme aşaması arasında ilave bir kurutma adımı getirilmelidir. Reaktanın tüketimi söz konusu olduğunda ve örneğin, standart bir bileşime sahip bir kurşun-asit batarya macunu göz önüne alındığında, bataryadan üretilen bir ton kurşun başına 280 kg Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> üretmek için yaklaşık bir ton kurşun başına 220 kg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (asit nötralizasyonu da dikkate alınarak) üretilir. Bu koşullar altında, sülfür çıkarılması yüksektir.

Tablo 5.26, bu tekniği uygulayan bir fabrikadan SO<sub>2</sub> emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 5.26: Desülfürize edilmiş ham maddelerle beslenen döner fırınlardan kaynaklanan emisyonlar**

Kaynak	Teknik	Kirlenici	Birim	Değerler			Görüntüleme Sıklığı
				Min.	Ort.	Maks.	
Döner Fırın	Alkalin Yıkama	SO	mg/Nm <sup>3</sup>	< 10	109	375	Sürekli/Şarj
Döner Fırın	Alkalin Yıkama	SO	mg/Nm <sup>3</sup>	< 10	134	NR	Sürekli/Şarj
Döner Fırın	Alkalin Yıkama	SO	mg/Nm <sup>3</sup>	150	350	480	Sürekli/Günlük ortalama
Devirmeli Döner Fırın	Alkalin Yıkama	SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	< 20	66	148	Sürekli/ Ekstraktif

NB: NR = Temsil edilebilir değil.  
Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]

### Çapraz ortam etkileri

- Kimyasalların kullanımı (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH).
- Sülfat ticari bir ürüne dönüştürülemezse atık üretimi.
- Gerekli ek işlem adımı nedeniyle enerji tüketiminde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknik sadece sülfatlar şeklinde sülfür içeren malzemeler için geçerlidir ve kurulacak ek ve özel ekipman gerektirir.

Kristalizasyon, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün üretilmesinin yanı sıra suyun geri dönüşümüne izin vermenin avantajına sahiptir, böylece su dengesinde önemli bir iyileşme sağlar. Ancak, bu sadece geri kazanılmış sodyum sülfat için bir pazar olduğunda mümkündür. Bu her zaman geçerli değildir ve yerel pazar koşullarına ve ürün için gerekli kalite özelliklerine bağlıdır. Eğer ticarileştirme mümkün değilse, imha edilmesi gerekir.

### Ekonomi

Ergitme için olası pozitif maliyet düşüşleri, fırın yükünden önce kükürt giderme için gerekli ek işlem adımlarıyla ilişkili yüksek maliyetlere karşı dengelenecektir.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel yasal düzenlemeler.
- Gaz arıtma sisteminin maliyetinin azaltılması.
- Ergitme katkı maddelerinin kullanımında azalma; daha az cüruf üretimi ve cürufta daha az kurşun kaybı.
- Ergitme için daha az malzeme gerektiğinden fırın prosesi için yakıt tüketiminde azalma.
- Yüksek fırın verimliliği (kurşun bataryası macununun % +20–30'u).

### Örnek Tesisler

BMG Metall und Recycling (AT) ve Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik (DE).

### Referans literatür

[237, UBA (A) 2004], [266, İtalya 2008], [397, İLA 2012]

### 5.3.3. Birincil ve ikincil malzemeler kullanarak kurşun üretimi (Birincil izabeler)

#### ■ Birincil eritme işlem gazlarından kaynaklanan hava emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapalı/kapsüllenmiş ekipman (Bölüm 2.12.4'e bakınız);
- sıcak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1);
- ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2);
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- cıva çıkarılması (bkz. Bölüm 2.12.5.5);
- sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2);
- ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2).

#### Teknik açıklama

Kapalı/kapsüllü ekipman (Bölüm 2.12.4'e bakınız)

Çevreye yönelik emisyonları önlemek için, aşağıdaki gibi muhafazalar kullanılır:

- kapsüllü şarj sistemleri (çift çan, kapı sızdırmazlık, kapalı konveyörler ve besleyiciler);
- izolasyonlu veya kapalı fırınlar;
- Fırının basıncını önlemek için negatif basınç altında işlem ve yeterli bir gaz çıkarma oranı.

Birincil kirleticiden çıkan baca gazları sülfürik asit tesisine göndermeden önce, toz ve gaz kirliliğini gidermek için dikkatli bir şekilde temizlenirler. Bu, katalizörü korur ve iyi kalitede bir sülfürik asit üretir.

Bu işlemin tipik sırası şöyledir:

- İlk olarak, bir sıcak gaz ESP'si ve ardından ıslak ESP ile toz tutma sisteminin kullanılması. Sıcak gazdan gelen toz ESP, gerekirse klorür veya kadmiyumun süzdürülmesinden sonra işleme geri verilir.
- İkinci olarak, ıslak ESP'den sonra, gaz bir cıva çıkarma sisteminden geçer. Mercury geri kazanım sistemleri, Bölüm 2.12.5.5'te tartışılan tekniklerden biri kullanılarak yerine getirilir. İyi bir sülfürik asit elde edilmesini sağlamak için çıkış gazlarındaki cıva içeriği çok düşük olmalıdır. Diğer işlemler için kullanılmadığı takdirde ıslak ESP ve cıva çıkarılmasından elde edilen artıklar toprağa gömülür.
- Üçüncü olarak, cıva kurtarıldıktan sonra, gaz sülfürik asit tesisine gönderilir. Sülfürik asit

tesisleri Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2'de açıklanmıştır.

- Sülfürik asit tesisinden sonra kuyruk gazı yıkayıcı olarak SO<sub>2</sub> kullanıldığında toz emisyonlarını azaltmak için bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılır.

Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar diğer akışlara göre oldukça düşük hacme sahiptir.

Ayrılan toz/artıklar, metal geri kazanımı için dahili veya harici olarak geri dönüştürülür; Bu işlem bazen de Klorürlerin, kadmiyumun ve/veya diğer istenmeyen içeriklerin giderilmesi için bir ön işlemden sonra gerçekleştirilir.

Elektrikli fırınlar kullanıldığında, çıkış gazı son yakıcıda yakılır, soğutulur, bir torba filtrede filtrelenir ve ilave yıkama ve soğutma olmaksızın bir sülfürik asit tesisine girmeden önce bir cıva ayrıştırma tesisinde işlenir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Kapalı/kapsüllenmiş ekipman

Yayıllı emisyonların önlenmesi.

#### *Sıcak ESP*

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Hammadde geri kazanımı.

#### *Islak ESP*

Toz ve cıva emisyonlarının azaltılması.

#### *Torba filtresi*

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Hammadde geri kazanımı.

#### *Cıva arıtma sistemi*

Cıvanın azaltılması.

#### *Sülfürik asit tesisi*

- SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Sülfürün geri kazanımı.

#### *Islak gaz yıkayıcı*

Toz ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Filtrelemeden önceki cıva (toplam) konsantrasyonu, 10 µg/m<sup>3</sup> ile 9900 µg/m<sup>3</sup> arasında değişebilir ve 3 µg/m<sup>3</sup> ile 50 µg/m<sup>3</sup> arasında filtrelemeden sonra, % 70 ile % 99.7'sinin arıtılmasını sağlayan cıva arıtma teknolojileri kullanılmıştır.

Aurubis Hamburg'da, birincil kurşun konsantrasyonlarını işlemek için kapalı bir elektrikli ergitme ocağı (13.5 MW ve 8.4 metre çapında) kullanılır. Elektrikli fırın prosesinin çıkış gazı, devridaim edilen soğuk gaz ve bir hava-gaz soğutucusu ile soğutulur. Soğutulmuş gazlar bir torba filtreye ve daha sonra bir cıva arıtma aşamasına ve son olarak asit tesisine aktarılır.

Nordenham'daki Weser-Metall'in Ausmelt fırını, proses gazı olarak doğal gaz ve oksijen bakımından zengin havayı beslemek için bir üstten daldırılmalı üfleme borulu dikey duran bir silindirden (10 metre yüksekliğinde, 4 metre çapında) oluşmaktadır. Kükürt içeren birincil ve ikincil malzemeler, kurşun külçe, kurşun oksit konsantrasyonu ve SO<sub>2</sub> ve toz içeren gaz (% 6-10 SO<sub>2</sub>) üretmek üzere ergitilir. Çıkış gazı bir atık ısı kazanı içinde soğutulur ve yaklaşık 240 °C'lik bir çıkış sıcaklığına sahip sıcak bir ESP'den geçer. Daha sonra bir Venturi yıkayıcıda söndürülür, bir ıslak ESP'ler dizisi, bir dolu yatak yıkama kulesi ve son olarak kalan kalıntı tozun giderilmesi için ikinci bir ıslak ESP dizisinden geçer. Temiz soğuk gaz daha sonra, SO<sub>2</sub>'nin sülfürik aside dönüştürülmesi için beş aşamalı temas tesisine girmeden önce bir cıva temizleme aşamasını

(paketlenmiş karşı-karşı yıkama kulesi) geçirir. SO<sub>2</sub>'nin ortalama günlük emisyonları (sürekli olarak ölçülür), 160 mg/Nm<sup>3</sup> ila 750 mg/Nm<sup>3</sup> arasındadır ve ortalama olarak 470 mg/Nm<sup>3</sup>'dir.

Tablo 5.27, yukarıda tarif edilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanan Tesis 8'in emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 5.27: Tesis 8'deki fırından çıkan emisyonlar**

Teknik	Kirletici	Birim	Yıllık Ortalama	Görüntüleme Sıklığı
Çift temas/çift emilimli BAYQIK®	SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	490	Sürekli Ölçüm (yarım saatlik ortalamalar)
<i>Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]</i>				

Bulgaristan'ın (Plovdiv) KCM'nin yeni (2013) kurşun tesisindeki üstten daldırmalı üfleme botulu (TSL) Ausmelt fırını, üç tekrarlı aşamada seri olarak çalıştırılır:

- ergitme (yaklaşık 7 saat);
- azaltma (yaklaşık 1,5 saat);
- bekleme brülörü/üfleme borusu tutucusu (yaklaşık 1 saat).

Fırın yılda 7008 saat ya da yılda 738 adetlik stoklama gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır (her parti üç çalışma aşamasını içerir: ergitme, indirgeme, bekleme/üfleme borusu tutucusu).

Fırın, birincil kurşun (kurşun konsantratlar) ve ikincil malzemeler (pil hamuru ve esas olarak pirometalurjik kurşun rafinasyonundan geri dönüştürülmüş malzemeler) kurşun külçe için yılda 74 500 ton üretmektedir.

Sudan çıkan baca gazları, kapalı bir (TSL) Ausmelt fırını kullanılarak toplanır ve ıslak bir sülfürik asit tesisine gönderilmeden önce, aşağıdaki gazlar kullanılarak toz ve gaz kirliliğini gidermek için bu gazlar dikkatlice temizlenir:

- Gazın adiyabatik doyma sıcaklığına kadar soğutulması ve tozun bir birinci kısmının giderilmesi için bir söndürme kulesi;
- Tüm işlem koşullarında gereken toz giderme verimliliğini sağlayan ayarlanabilir basınç düşüşlü ıslak gaz yıkayıcı;
- sirküle edici sıvıdaki katı madde içeriğini sınırlamak ve susuzlaştırma sistemine (filtre presine) kalınlaşmış bir bulamaç göndermek için arıtıcı/koyulaştırıcı;
- arıtıcı/kalınlaştırıcıdan alt akışı toplamak için bulamaç tankı;
- sülfürik asit tesisine girmeden önce gazı son sıcaklığa kadar soğutan bir başka soğutma kulesi;
- Sodyum silikat dozaj sistemi, atık gaz içindeki florür içeriğini ıslak sülfürik asit tesis girişi için kabul edilebilir seviyelere indirmek;
- özel bir su tankı ile son toz kirliliklerini ve asit buharını temizlemek için iki adet sulu ESP (seri olarak iki aşamalı);
- Bekleme sırasında ya da başlatma ve/veya acil durumlarda gerekli fırın seviyesini kontrol etmek için iki ıslak gaz fanı (biri çalışma durumunda ve bir tanesi beklemede);
- ıslak gaz fanından sonra gazın bir kısmını ıslak gaz yıkayıcıya geri dönüştürmek için Ayırma/gaz üfleme fazı sırasında, bir baypas fanı. Bu, gaz yıkayıcıda bir basınç düşüşü oluşturmak ve fırın seviyesini sabit tutmak için tanımlanmış bir minimum gaz akışını korumaya yarar.

Sülfürik asit tesisinden çıkan kuyruk gazları ters jetli bir gaz yıkayıcıya gönderilir. SO<sub>2</sub> sirküle eden yıkama sıvısı tarafından emildiği için, sıvının pH'ı düşer. Kireç sütü (Ca(OH)<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>'yi gaz akışından sürekli olarak temizleme yeteneğini korumak için pH kontrolünde eklenir. Emilen SO<sub>2</sub> kireç ile reaksiyona girer ve kalsiyum sülfid/sülfat bulamacı üretir.

## Bölüm 5

Atık ısı kazanı (ıslak gaz temizleme tesisine girişten) sonra, SO<sub>2</sub> içeriği 0,32 vol- (indirgeme aşaması) ile % 6,8 vol% (ergitme aşaması) arasında değişir. Ayırma aşamasında (bekleme/üfleme borusu), SO<sub>2</sub> üretilmez.

Yeni KCM (Plovdiv) kurşun bitkisindeki ıslak sülfürik asit tesisi, en az % 99.8'lik bir verimlilikle, eritme aşamasındaki gelen SO<sub>2</sub>'yi yakalamak ve dönüştürmek üzere tasarlanmıştır, bu da kuyruk gazı yıkayıcıdan gelen bir SO<sub>2</sub> emisyon seviyesinin 2.6 kg/ton'dan düşük olmasına neden olur. Tüm durumlarda üretilen asitin kg/tonu (% 100 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> olarak), 400 mg/Nm<sub>3</sub>'ten fazla olmayan kuyruk gazı yıkayıcıdan gelen SO<sub>2</sub> emisyon seviyesi ile sonuçlanır. Aslında, bu kurulum için garanti edilen SO<sub>2</sub> emisyonu, 322 mg/Nm<sub>3</sub>'e (kuru) eşit olan 110 ppmv'den (kuru baz) fazla değildir. %100 asit üretilen 2.6 kg SO<sub>2</sub>/ton gereksiniminin %99.8 dönüşüm gereksiniminden daha az bağlayıcı olduğunu unutmayın.

İndirgeme aşaması sırasında çıkış gazındaki SO<sub>2</sub> içeriğinin düşük olmasından dolayı, ölçülmesi zor olan veya elde edilemeyen SO<sub>2</sub> seviyelerine yol açtığı için, %99.8 dönüşüm veya 2.6 kg SO<sub>2</sub>/ton asit üretimi için şartlar pratik değildir. (10 ppmv veya 29.3 mg/Nm<sup>3</sup>). Azaltma aşamasında kuyruk gazı yıkayıcıdan beklenen SO<sub>2</sub> emisyonu daha sonra <10 ppmv veya <29.3 mg/Nm<sup>3</sup> olarak belirtilir.

Tablo 5.28, sülfürik asit tesisinden gelen SO<sub>2</sub>'nin beklenen yakalama seviyesini göstermektedir.

**Tablo 5.28: KCM'nin Filibe'deki yeni kurşun tesisindeki ıslak sülfürik asit tesisinden gelen SO<sub>2</sub> emisyonları**

Aşama	Yıgın Akış debisi	Süre	SO <sub>2</sub> , (kuru)	SO <sub>2</sub> , (kuru)	SO <sub>2</sub> Yakalama	SO <sub>2</sub> Emisyon
Birim	Nm <sup>3</sup> /h kuru	h	mg/Nm <sup>3</sup>	ppmv	%	kg/çevrim
Ergitme	~ 37 950	7	< 322	< 110	99,8	< 85,54
Azaltma	~ 21 700	1,5	< 29,3	< 10	-	< 0,95
Tutma-	-	1	-	-	-	0
Toplam	-	9,5	-	-	-	< 86,49

Kaynak: [ 377, ILA 2013 ], [ 397, ILA 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

*Kapalı ekipman*

Bilgi verilmedi.

*Sıcak ESP*

Enerji kullanımında artış.

*Islak ESP*

- Enerji kullanımında artış.
- Metal ve diğer maddelerin deşarjını önlemek için artırılması gereken atık su üretilir.
- Kalıntılar toprağa gömülür.

*Torba filtresi*

- Enerji kullanımında artış.
- Toplanan tozun prosese geri gönderilememesi durumunda atık üretilebilir. Tozun prosese geri gönderilmesi gerektiğinde, safsızlıkları gidermek için arıtma gerçekleştirilmelidir.

*Cıvanın çıkarılması*

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Doldurulması gereken katı veya sıvı bir atık üretilir.

*Sülfürik asit tesisi*

Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2'ye bakınız. Çapraz ortam etkileri büyük ölçüde sülfürik asit üretimi için kullanılan tekniklere bağlıdır.



*Islak gaz yıkayıcı*

Metallerin ve diğer kirletici maddelerin alıcı suya deşarjını önlemek için uygun şekilde arıtılması gereken atık su üretilir. Kalıntıların arıtılması gerekir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler***Kapalı/kapsüllenmiş ekipman*

Genel olarak uygulanabilir.

*Sıcak ESP, ıslak ESP, torba filtre, cıva çıkarma sistemi*

Genel olarak uygulanabilir. Tekniklerin kombinasyonu baca gazı özelliklerine bağlıdır.

*Sülfürik asit tesisi*

Ağırlıkça% 1'den fazla SO<sub>2</sub> içeren baca gazı için geçerlidir. Alternatif olarak, bir çift kontak/çift emilim asidi tesisindeki SO<sub>2</sub>'nin geri kazanımı, birincil ve ikincil malzemelerin bir kombinasyonunu işleyen fırınlar için veya bir sahada birincil ve ikincil taslaklar varsa uygulanır.

*Islak gaz yıkayıcı*

Deşarjdan önce uygun şekilde arıtılması gereken atık su üretilir. Islak gaz yıkayıcının uygulanabilirliği, aynı zamanda, çok yüksek atık gaz akış oranları ve kurak alanlarda büyük miktarda su gerekli.

**Ekonomi**

Aurubis Hamburg, bir cıva çıkarma tesisinin kurulması için yatırım maliyetlerinin 5 milyon Euro'ya kadar (kondenser, ısıtıcı, torba filtre, enjeksiyon sistemi, absorber ve fanlar) olduğunu bildirmektedir [397, ILA 2012].

Atık ısı kazanı montajı için yatırım maliyetleri (sadece radyasyon kesiti) 5,1 milyon Euro'ya kadar çıkmaktadır (KCM'nin Plovdiv'deki yeni kurşun fabrikası) [397, ILA 2012].

Islak gaz temizleme tesisinin montajı için yatırım maliyetleri, ardından bir ıslak sülfürik asit tesisi, 20-1 000 000 Euro'ya kadar (söndürme kulesi, radyal akışlı gaz yıkayıcı, soğutma kulesi, arıtıcı/kalınlaştırıcı, alt akış bulamaç tankı, sodyum silikat dozajlama sistemi), ıslak ESP, ıslak gaz fanları, bypass fanı, start-up/acil bacası; ıslak sülfürik asit tesisi: ana gaz üfleyici, gaz ön ısıtma, erimiş tuz ısı geri kazanım sistemi, reaktör, konsantrasyon sütunu, sülfürik asit sistemi, kuyruk gazı yıkayıcı, nihai istif (KCM'nin Filibe'deki yeni kurşun fabrikası) [397, ILA 2012].

**Uygulama için itici güç**

- Çevresel yasal düzenlemeler
- Sülfürün geri kazanımı.

**Örnek Tesisler**

Aurubis (DE), Weser-Metall (DE), yeni KCM kurşun fabrikası (BG) ve Tesis 8.

**Referans literatür**

[117, Krüger, J. 1999], [305, Ausmelt 2009], [397, ILA 2012]

**Birincil kurşunlu üretimdeki şarj, ayırma ve ön-bakırsızlaştırma aşamalarından gelen yayılı emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler**

**Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapsüllenmiş şarj sistemleri;
- şarj etme ve ayırma noktalarındaki davlumbaz/muhafazalar (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Baca gazı ekstraksiyonu ile donatılmış ve negatif basınç altında fırını ve baca gazı rotasını yönlendiren kapalı ekipman (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Yükleme ve döküm alanları için bir torba filtreli son tozsuzlaştırma aşamalı yerel havalandırma sistemi, (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- kapalı bina (bkz. Bölüm 2.12.4);

## Bölüm 5

- Fırın sızdırmazlığını sağlamak (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Fırınlardaki sıcaklıkları gerekli en düşük seviyede tutulması (bkz. Bölüm 2.12.4).

Şarj, döküm ve ön bairsızlaştırma sırasında yayılı emisyonları önlemek için, emisyon kaynaklarına gaz yakalama için bir muhafaza veya davlumbaz uygulanır. Yakalanan gazlar bir torba filtre kullanılarak temizlenir.

Yayılı emisyonları önlemek için gazdan arındırma için uygulanan tekniklerin detaylı açıklamaları Bölüm 2.12.4'te rapor edilmiştir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Nordenham'daki Weser-Metall Ausrmelt fırını tamamen kapatılmıştır. Binanın sırt kuleleri bir kumaş filtresiyle birbirine bağlanmıştır. Besleme portu ve besleme kayışı, yıldız şekilli kartuşlara sahip küçük bir filtre sistemi tarafından boşaltılır.

Cüruf sürekli olarak fırından çıkarılır ve granülasyon için bir su jeti içine akar. Nemli ve kuru buharlar, ıslak ESP'ye (10 000–12 000 m<sup>3</sup>/h) bağlı bir fanla ekstrakte edilir.

Fırının alt seviyesinde, bakırın çıkarılması için dört adet kazan (bakırsızlaştırma) vardır. Bütün kazanlar karıştırıcı ve cüruf kazıyıcıları manipüle etmek için açıklıklar sağlayan bir çelik örtü ile uygun bir şekilde sızdırmaz hale getirilmiştir. Kapak, bir torba filtresine bir boru bağlantısı ile bir emme açıklığına sahiptir. Torba filtresi ayrıca, kurşun tapasından gelen çıkış gazı da temizler.

Atık metal giderimi için, küçük bir çelik kaba bağlı bir kapsüllü kazıyıcı veya vida kullanılır. Konteyner, bir vakumlu temizleyiciye bağlı olan bir seyyar boru ile boşaltılmaktadır. Tamamen boş konteyner çelik bir kapakla kapatılmakta ve daha sonra bina dışına vinçle taşınmaktadır. Bunun için binadaki normalde kapalı vinç kapısı açılır. Konteyner, cüruf depolama için bir forklift tarafından besleme deposuna taşınır.

Islak ESP ve torba filtresinden çıkan temizlenmiş atık gazlar, toz ve SO<sub>2</sub> emisyonları için sürekli olarak birleştirilir ve kontrol edilir.

Torba filtre kapasitesi 1400 m<sup>2</sup> filtre alanı ve 748 torba ile 111 000 Nm<sup>3</sup>/saattir. 2010 yılı ortalama emisyonları: 0,66 mg/Nm<sup>3</sup> toz, 0,39 mg/Nm<sup>3</sup> kurşun ve 230 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> idi.

Aurubis Hamburg'da kapalı bir elektrikli eritme ocağı, kapsüllü bir kaldırma sistemi ile kullanılır. Fırının üstü muhafaza altına yerleştirilmiştir. Tüm döküm alanları için yakalama davlumbazları kurulmuştur. Elektrik fırından gelen ikincil gazlar bir torba filtresinde toplanır ve tozdan arındırılır.

Aşağıdaki Tablo 5.29, bir elektrik fırınından ikincil gazın arıtılmasından sonra elde edilen emisyon seviyelerini vermektedir. Toz ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının değişimi, cüruf ve metalin ayrılmasının parti bazında çalışmasından kaynaklanır. Veriler sürekli ölçümlerden gelir ve giriş malzemesinin değişkenliği, çeşitli yükler ve çalışma rejimleri, ekipmanın aşınması veya filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı temsil eder.

**Tablo 5.29: Tesis 18'deki bir elektrikli fırından gelen ikincil emisyonlar**

Kaynak	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )		Görüntüleme Sıklığı
			Minimum	Maksimum	
Elektrik Fırınından gelen İkincil Gaz	Torba Filtre	Toz	< 0,5	5,5	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		Toz	< 0,5	4,2	Sürekli (günlük ortalama)
		SO <sub>2</sub>	< 50	840	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		SO	< 50	800	Sürekli (günlük ortalama)

		Cu	< 0,01	0,2	Kesintili (yılıda 4 defa)
		Pb	< 0,01	0,2	
		Ni	< 0,01	0,1	
		As	< 0,01	0,02	
		Cd	< 0,02	< 0,02	

Ve Tablo 5.30'da Tesis 17'deki fırınlardan gelen ikincil emisyonlar gösterilmiştir.

**Tablo 5.30: Tesis 17'deki fırınlardan ikincil emisyonlar**

Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Belirsizlik (%)	Görüntüleme sıklığı
		Min,	Ort,	Maks,		
Torba Filtre (*)	Toz	1	1,1	5	10	Yılıda 12 defa
	Cu	0,002	0,006	0,4	30	
	Pb	0,3	0,458	2,8	20	
	As	0,03	0,037	0,6	50	
	Cd	0,006	0,014	0,1	20	
	SO <sub>2</sub>	0	3,4	38	10	
	NO <sub>x</sub>	0	2,3	13	10	
	H <sub>2</sub> S	0,0	1,28	4,5	20	
CS <sub>2</sub>	0,0	0,45	1,5	15		
Torba Filtre (**)	Toz	1	1,1	5	10	Yılıda 12 defa
	Cu	0,002	0,006	0,05	30	
	Pb	0,3	0,462	3,5	20	
	As	0,03	0,042	0,75	50	
	Cd	0,006	0,014	0,1	20	
	SO <sub>2</sub>	9	16,9	38	10	
	NO <sub>x</sub>	0	4,1	20	10	
	H <sub>2</sub> S	0,0	0,87	4,5	20	
CS <sub>2</sub>	0,0	0,19	1,6	15		

(\*) Emisyonlar: döner fırın gövdesi, ham kurşun dökümü, şarj kutuları, toz tutma deposundaki tanklar, toplu yükleme tankları, hurda yükleme, depolama tankları,  
(\*\*) Emisyonlar: fırınlardan ve yanma odaları bağlantısı, yanma odalarından yapılan bölmeler,

### Çapraz ortam etkileri

#### *Davlumbazlar*

Bilgi verilmedi.

#### *Baca gazı ekstraksiyonu ile kapalı ekipman*

Bilgi verilmedi.

#### *Torba filtresi*

- Enerji kullanımında artış.
- Toplanan tozun prosese geri gönderilememesi durumunda atık üretilebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenlemeler.

### Örnek Tesisler

Avrupa'daki tüm birincil kurşun üreten tesisler.

### Referans literatür

[117, Krüger, J. 1999], [305, Ausmelt 2009], [397, ILA 2012]

### ■ Cüruf arıtma işleminden kaynaklanan birincil kurşunun üretiminde havaya yayılan emisyonların önlenmesi ve azaltılması teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- silolarda cüruf depolama veya açık depolama için su spreyleri kullanımı;
- kapalı ekipman ve baca gazı ekstraksiyonu ile davlumbaz (bkz. Bölüm 2.12.4);
- torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2).

#### Teknik açıklama

*Silolarda cüruf depolama veya açık depolama için su spreyleri kullanımı*

Depolama ve cürufun taşınması sırasında toz emisyonunu önlemek için, tüm cüruf yığınlarının nemli tutulmasını sağlamak için su püskürtme sistemi kurulur.

Silo depolama ile bağlantılı kapalı konveyör bantlar da kullanılır.

Diğer teknikler için, yukarıda belirtilen bölümlere bakınız.

#### Elde edilen çevresel faydalar

*Silolarda cüruf depolama veya açık depolama için su spreyleri kullanımı ve kapalı ekipman ve baca gazı ekstraksiyonu ile davlumbaz*

Toz ve metal emisyonlarının önlenmesi.

*Torba filtresi*

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

QSL fırından üretilen cüruf, su ile granüle edilir. Islak cüruf inşaat amaçlı kullanılır.

Nordenham'daki Weser-Metall Ausmelt fırını % 40-60 metalurjik oranında kurşunla kaynaklı bir kurşun konsantresi üretir. Firma ile ilgili olarak, düşük konsantreli cüruf üretimi için bu konsantrenin işlenmesi mümkündür.

İnce parçacıklar granülasyon suyu ile bir toplama yerinde ince parçacıkları kauçuk bant ile çıkaran oluklu konveyör ile yıkanır. Konveyör bandı, cürufun ara depolandığı bir çift silo deposuna bağlanır. Burada başka işlem yapılmaz.

Granülatörden gelen nemli ve kuru dumanlar ıslak ESP'ye (10 000–12 000 m<sup>3</sup>/h) bağlı bir fan tarafından emilir. Temizlenen gaz, bakır süzme filtresindeki diğer dumanlarla birlikte kontrol edilir (bileşim için Kısım 5.3.3.2'ye bakınız).

Almanya'da, <1 mg/Nm<sup>3</sup> birincil kurşun kurşun tesisinden gelen toz emisyonları kaydedilmiştir.

#### Çapraz ortam etkileri

*Silolarda cüruf depolama veya açık depolama için su spreyleri kullanımı*

- Su ve enerji kullanımında artış.
- Depolama alanının kapalı alanından çıkan su, tekrar kullanılmadığı takdirde, atık su arıtma tesisinde arıtılmalıdır.

*Baca gazı ekstraksiyonu ile kapalı ekipman ve davlumbaz*

Bilgi verilmedi.

*Torba filtre ve ıslak ESP*

- Enerji kullanımında artış.
- Toplanan tozun prosese geri gönderilememesi durumunda atık üretilebilir.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

Çevresel düzenleme şartları.

**Örnek tesisler**

Avrupa'daki tüm birincil kurşun üretim tesisleri.

**Referans literatür**

[117, Krüger, J. 1999], [397, ILA 2012]

### 5.3.4. İkincil malzemelerin kullanıldığı kurşun ve kalay üretimi (ikincil izabeler)

#### İkincil kurşun ve kalay üretiminde havaya yayılan yayılı emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

**Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- davlumbazlar (bkz. Bölüm 2.12.4);
- baca gazı ekstraksiyonu ile donatılmış ekipman (bkz. Bölüm 2.12.4);
- 'evdeki ev' sistemi (bkz. Bölüm 2.12.4);
- fırındaki sıcaklıkları en düşük seviyede tutmak (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Fırının basıncını önlemek için negatif basınç altında ve yeterli gaz ekstraksiyonu ile çalışma (bkz. Bölüm 2.12.4);
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama**

Şarj, döküm ve ön-bakırsızlaştırma sırasında yayılı emisyonları önlemek için, emisyon kaynaklarında gaz yakalama için muhafazalar veya davlumbazlar uygulanmalıdır. Yakalanan gazlar bir torba filtre kullanılarak temizlenmelidir.

Yayılı emisyonları önlemek için ve atık gaz toplama için uygulanan tekniklerin detaylı açıklamaları Bölüm 2.12.4.3'te rapor edilmiştir.

**Ev içine de ev sistemi**

Ev içinde ev sisteminde, ekipman kapalı bir binadadır ve ek olarak bir filtre sistemine havalandırılan büyük ölçüde kapalı bir muhafazada barındırılmaktadır. Bu amaçla dökme arabalı vinç (şarj arabası) ile donatılan dökme ve transfer işlemleri gerçekleşir. Vinç ve ekipman hareketleri uzaktan kontrol edilir. Duman üreten proses aşamaları sırasında fanları otomatik olarak çalıştırmak için bilgisayarlı bir sistem kullanılır.

Dışarı atılacak ve temizlenecek olan atık gaz hacmi, düzenli bina havalandırma sistemlerine kıyasla daha düşüktür ve bu nedenle enerji gereksinimleri oldukça düşüktür.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz ve metal emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Tozun geri kazanımı.
- Ev içinde ev tekniği, bina havalandırma sistemi kurma ihtiyacını ortadan kaldırır.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tablo 5.31, Belçika'daki Metallo-Chimique tesisi için toz performans verilerini göstermektedir.

**Tablo 5.31: Belçika'daki Metallo-Chimique tesisi için toz performans verileri**

Kurulum	Gaz Arıtma	Emisyon
Üzerini örtme	Torba Filtre	Toz < 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Kaynak: [ 397, ILA 2012 ]		

## Bölüm 5

Hamburg'daki Aurubis tesisinde, kapalı bir elektrikli izabe fırını, kapalı bir asansörlü şarj sistemi ile kullanılır. Fırın beslemesi çok çeşitli bakır/kurşun içeren malzemelerdir. Fırının üstü bir muhafaza altına yerleştirilmiştir. Döküm alanları için yakalama davlumbazları kurulmuştur. Elektrik fırınından gelen ikincil gazlar bir torba filtresinde toplanır ve çıkarılır.

Ham kurşun mat (kurşun külçe) için döküm kalıpları kapalı bir bina içinde muhafaza edilir ve ayrıca kireç enjeksiyonu ile bir torba filtreye gönderilen büyük ölçüde kapalı bir mahfaza (ev içi muhafaza sistemi) içinde barındırılır. Döküm işlemleri esas olarak bu amaç için bir vagon vinci (şarj arabası) veya havalandırılan alanlarda (örneğin, kasırga davlumbazları) donatılmış olan bu muhafazanın içinde meydana gelir. Vinç ve döküm kalıplarının hareketleri uzaktan kontrol edilir.

Tablo 5.32, ev içinde ev sistemde kurşun külçe döküm makinesinden gelen dumanların toplanmasından ve kireç enjeksiyonu ile bir torba filtrede muameleden sonra emisyon seviyelerinin bir örneğini göstermektedir. Veriler sürekli ölçümlerden gelir ve giriş malzemelerinin değişkenliği, çeşitli yükler ve çalışma rejimleri, ekipmanın aşınması ve filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı temsil eder.

**Tablo 5.32: Ev içinde ev sistemden sonra toz ve SO<sub>2</sub> emisyonları ve kireç enjeksiyonlu torba filtre**

Kaynak	Teknik	Kirlenici	Normal çalışma koşulları altında (mg/Nm <sup>3</sup> )		Görüntüleme sıklığı
			Min,	Max,	
Kurşun Külçe Döküm Makinesi	Davlumbaz ve Ev içinde Ev Sistemi Torba filtre ve kireç taşı enjeksiyonu (maksimum debi 250 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	< 0,5	10	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		Toz	0,8	2,7	Sürekli (günlük ortalama)
		Toz	2	4	Continuous (yearly average)
		SO <sub>2</sub>	< 50	1425	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		SO <sub>2</sub>	65	250	Sürekli (günlük ortalama)
		SO <sub>2</sub>	100	200	Sürekli (yıllık ortalama)
		Cu	< 0,01	0,23	Yılda dört defa (3*30 min)
		Pb	0,01	0,3	
		Ni		< 0,02	
		As	< 0,01	0,07	
Cd	< 0,01	0,02			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 5.33, elektrik fırınından ikincil gazın arıtılmasından sonra elde edilen emisyon seviyelerini vermektedir. Toz ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının varyasyonları, cüruf ve metalin ayrılmasının toplu işleyişine bağlıdır.

Veriler sürekli ölçümlerden gelir ve giriş malzemelerinin değişkenliği, çeşitli yükler ve çalışma rejimleri, ekipmanın aşınması ve filtre elemanlarının aşınması gibi farklı koşullar altında uzun süreli normal çalışmayı temsil eder.

**Tablo 5.33: Bir torba filtreli bir elektrikli fırından ikincil emisyonlar**

Tesis	Kaynak	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )		Görüntüleme Sıklığı
				Min,	Maks,	
18	Elektrik fırınından gelen ikincil gaz	Torba filter	Toz	< 0,5	5,5	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
			Toz	< 0,5	4,2	Sürekli

					(daily average)
		SO <sub>2</sub>	< 50	840	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		SO <sub>2</sub>	< 50	800	Sürekli (günlük ortalama)
		Cu	< 0,01	0,2	Kesikli ölçümler, Yılda 4 defa (3*30 min)
		Pb	< 0,01	0,2	
		Ni	< 0,01	0,1	
		As	< 0,01	0,02	
		Cd	< 0,02	< 0,02	
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]					

Tablo 5.34, diğer üç tesisin emisyonunu vermektedir.

**Tablo 5.34: 6, 15 ve 19 no lu tesislerden gelen toz ve metal emisyonları**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görütüleme sıklığı
			Min,	Ort,	Maks,	
6	Fırın Emişi (dışarıda)/torba filtre	Toz	< 1	< 1	6	Sürekli ölçümler (Günlük ortalama)
		Pb	NR	< 1	2	
		Hg+Tl	< 0,002	< 0,002	< 0,002	
		Pb+Ni+Se	< 0,05	< 0,05	0,06	
		Sb+Cu+Sn	NR	0,05	0,08	
15	Torba Filtre, İkincil gaz	Toz	0,03	NR	0,33	3-5 saatlik 11 (toz) ve 2 (metal) nolu numunelere dayanmaktadır
		Cu	< 0,002	NR	0,002	
		Pb	< 0,001	NR	0,002	
		Sb	NR	NR	0,1	
		As	NR	NR	0,002	
		Cd	NR	NR	0,001	
19	Torba Filtre	Toz	0,2	0,5	1	Kesikli Ölçümler (Yarım saatlik ortalama)
		Pb+Cr+Cu +Mn+V	0,002	0,1	0,1	
NB: NR = Bilgi verilmedi, Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

### Çapraz ortam etkileri

*Davlumbazlar*

Bilgi verilmedi.

*Baca gazı ekstraksiyonu ile kapalı ekipman*

Enerji kullanımında artış. Normal bina havalandırmada çıkarılan ve temizlenecek olan atık gaz hacminin, ev içi ile karşılaştırıldığında daha yüksek olması dolayısıyla daha fazla enerji gerektirmektedir.

*Ev içinde Ev Sistemi*

Bilgi verilmedi.

*Torba filtresi*

Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik hususlar

*Baca gazı ekstraksiyonu ile davlumbazlar ve kapalı ekipmanlar*

Genel olarak uygulanabilir.

*Ev içi sistem*

Alan gereksinimleri ve diğer ekipmanlarla bağlantı nedeniyle, ev içinde ev tekniği, fırınların tıkanmasından ve şarj edilmesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması ve yeni kurulumlarda veya mevcut bir kurulumun büyük ölçüde yükseltilmesinde kullanılabilir.

*Torba filtresi*

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Gazları işlemek için ana operasyonel maliyet, fanın elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Bir kumaş filtre sistemi, 1000 m<sup>3</sup> egzoz hacmi için 1,5 KWh gerektirir. 300 000 m<sup>3</sup>/sa (ana işlem gazlarının % 10'un altında olduğu) tipik bir ikincil kirletici için elektrik enerjisi, yılda yaklaşık 400 000 EUR'dur (KWh başına 0,10 EUR).

Torba filtrelerinin diğer operasyonel maliyetleri şunlardır:

- kullanılan bez filtrenin ikamesi: yılda iki defaya kadar;
- diğer cihazlar için yıllık bakım maliyeti, yıllık % 5 ila % 10 arasında bir yatırımla;
- artmanın maliyeti.

Aşağıdakilerden dolayı yatırım maliyetlerinde de bir artış olabilir:

- binaları kapalı tutmak;
- binaların havalandırma sistemlerinin uyarlanması;
- atmosfere salınmadan önce havayı filtrelemek.

Aurubis, ev-içi sistemi kurmak için yapılan sermaye harcamalarının 6 milyon Euro olduğunu bildiriyor [397, ILA 2012].

### Uygulama için itici güç

Çevresel ve sağlık için yasal düzenleme gereksinimleri.

### Örnek tesisler

BSB Geri Dönüşüm (DE), Muldenhütten Geri Dönüşüm ve Çevre (DE), Metallo-Chimique (BE), Umicore (BE), Aurubis (DE), Elmet (ES), Weser-Metall (DE) ve BMG Metall und Geri Dönüşüm GmbH (AT).

### Referans literatür

[397, ILA 2012]

## İkincil İzabe gazından gelen tozlu havanın kanalize emisyonlarını azaltmaya yönelik teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- siklon (Bölüm 2.12.5.1.3'e bakınız);
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- ıslak gaz yıkayıcı (radyal veya jet) (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6);
- ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2);
- cıva çıkarma sistemi (bkz. Bölüm 2.12.5.5).

Bu teknikler bireysel olarak veya kombinasyon halinde kullanılabilir.

### Teknik açıklama

Sekonder izabe atık gazından kaynaklanan toz emisyonlarını azaltmak için aşağıdaki teknikler kullanılır.

- Siklonlar, her zaman torbalı filtrelerle bağlantılı olarak, ön temizleme cihazı olarak kullanılabilir, bkz.
- Bölüm 2.12.5.1.3.
- Torba filtreleri ince parçacıkları kontrol etmede oldukça verimlidir ve yaygın olarak kullanılan bir filtrasyon sistemidir. Kirli gazları yakalamak için katkı maddesi ilavesi kullanılabilir. Genel olarak, çekilen tüm filtre tozları geri dönüştürülür (Gerekirse



istenmeyen bileşenler yıkandıktan sonra), bkz. Bölüm 2.12.5.1.4.

- Emici veya başka teknikler kullanan cıva kaldırma sistemleri, Bölüm 2.12.5.5'te açıklanmıştır ve giriş malzemelerinin bileşimine bağlı olarak kullanılabilir.

Yüksek su muhtevasına sahip olan (örneğin materyal kurutma veya cüruf granülasyonu) veya piroforik toz içeren gazlar için aşağıdaki teknikler kullanılır.

- Islak gaz yıkayıcı (radyal veya jet). Bunlar ayrıca, gaz halindeki kontaminasyonun giderilmesi gereken baca gazlarını temizlemek için uygun bir yıkama çözeltisiyle (örneğin alkali çözelti) birlikte de kullanılabilir, bkz. Bölüm 2.12.5.2.2.
- Islak ESP'ler, çok ince toz partiküllerinin daha düşük enerji talebi ile temizlenmesine imkan vermesine rağmen yüksek yatırım maliyetlerine sahiptir, bkz. Bölüm 2.12.5.1.2.
- Islak sistemlerden geri kazanılan toz, ya ayrı bir su devresinde ya da tesisin atık su arıtmasında temizlenir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Hammadde geri kazanımı.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Aşağıda, yukarıda listelenen tekniklerin bir kombinasyonunun bazı örnekleri verilmiştir.

Metallo-Chimique Beerse ve Elmet Berango'da, izabe (kampanyalar halinde) ikincil kurşun-kalay malzemeleri ergitmek için kullanılabilir. Metallo-Chimique, ikincil kurşun ve kalay malzemelerinin ergitilmesi için bir TBRC fırın kullanır. Fırın gazları yayılmadan önce bir hava-hava soğutucu, siklon ve bir torba filtreden geçer.

Tablo 5.35, ikincil kurşunu üreten üç farklı fırından gelen toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 5.35: İkincil izabeden kaynaklanan toz emisyonu örneği**

Fırın tipi	Kapasite	Gaz ön arıtma	Gaz arıtma	Emisyon
Yüksek Fırın	50 000 t/yr	NR	NR	< 2 mg/Nm <sup>3</sup> Gaz akışı 90 000 m <sup>3</sup> /h
TBRC (küçük)	30 t/yük	Soğutucu +siklon	Torba Filtre	Toz < 5 mg/Nm <sup>3</sup>
İzabe	60 t/yük	Soğutucu + siklon	Torbafiltre+Sorbalit enjeksiyonlu torba filtre	Toz < 5 mg/Nm <sup>3</sup>
NB: NR = Bilgi verilemedi. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 397, ILA 2012 ]				

Hoboken'deki Umicore tesisi, karmaşık Pb-, Cu- ve Ni-taşıyan ikincil ve bazı birincil, ham malzemeler için bir ISASMELT izabesinde, saf olmayan bir granüle bakır ve zengin bir kurşun oksit cürufu ile sonuçlanan bir toplu işlem gerçekleştirmektedir. Proses gazlarından gelen ısı, buhar olarak geri kazanılır. Daha fazla soğumadan sonra, işlem gazları kuru bir ESP ile ayrılır ve sülfürik asit tesisine gönderilmeden önce su ile soğutulur. İkincil gazlar besleme kapısında, üfleme borusu ağzında, armatür deliklerinde ve rafine fırında özel davlumbazlarla çıkarılır. Bunlar 230 000 Nm<sup>3</sup>/h kapasiteli bir torba filtrede temizlenir ve gazlar <1 mg/Nm<sup>3</sup> toz ve <300 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> ile atmosfere bırakılır.

Kurşun oksit cürufu ezilir ve diğer kurşun içeren ikincil malzemeler, koklar ve kireçtaşı ile birlikte bir yüksek fırın içine beslenir, bu da saf olmayan bir kurşun, bir mat ve zayıf cüruf ile sonuçlanır. Proses gazları ilk olarak, piroforik metal partikülleri okside etmek için son yakıcıda kısmen yakılır, enerji geri kazanımı ile soğutulur, bir torba filtresinde tozdan arıtılır ve son olarak CO için yakılır. Isı, yüksek fırında enjekte edilen havayı ısıtmak için kullanılır. Daha sonra işlem gazları, bir ısı eşanjöründe daha da soğutulur ve uçucu metalleri (As, Hg) yoğunlaştırmak ve atmosfere bırakılmadan önce ikinci bir torba filtrede filtrelenmek üzere ikincil gazlarla karıştırılır. Tablo 5.36, elde edilen performansı göstermektedir.

**Tablo 5.36: Umicore Hoboken'de ISASMELT izabesi ve ikincil kurşun ve kalay üretimi için**

## yüksek fırından gelen toz emisyonu örneği

Fırın Tipi	Kapasite	Gaz önarıtma	Gaz Arıtma	Emisyon
ISASMELT	1000 t/d	Enerji geri kazanımı, kuru ESP, su verme	Sülfürik asit tesisi (çift kontak/çift emilim)	Toz < 1 mg/Nm <sup>3</sup>
Yüksek Fırın	1000 t/d	Kısmi son yanma, soğutma, torba filtresi	CO son yanma, ikincil gazlarla karıştırarak soğutma, torba filtre	Toz < 1 mg/Nm <sup>3</sup>

*Kaynak: [397, İLA 2012]*

KGHM, Legnica, Głogów 1 ve Głogów 2 izabesinde ana bakır ergitme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Torba filtrelerinde ve ıslak tozdan arındırma sistemlerinde yakalanan bakır eritme işleminden kaynaklanan baca tozu, Głogów 1'de bulunan dört döner sallanma fırınında ham kurşun olarak işlenir.

Kurşun ergitme, kesikli bir işlemdir. Kurşun karışımının bir partisi ve gerekli miktarda demir hurdası fırına doldurulduktan sonra, bir üretim döngüsü başlar. İşlemin birinci aşamasında, malzeme ısıtılır ve daha sonra kurutulur. Hidrokarbonlar buharlaşır ve organik karbon yakılır. En önemli kimyasal reaksiyonlar- kurşun bileşiklerinin azaltılması- halihazırda bir eriyik halinde olan parti malzemesi yaklaşık 1000°C'lik bir sıcaklığa ulaştığında gerçekleşmektedir. 1050–1100°C'lik bir sıcaklıkta, eriyik metalden cürufun doğal bir şekilde ayrılması için fırından kepecelere dökülür. Fırındaki bir üretim döngüsünün uzunluğu dört saat civarındadır. Her fırının ayrı bir yanma sonrası atık gaz yakma ve soğutma tesisi vardır. Bu tesislerden çıkan gazlar, bir karıştırma odası ve bir filtreleme sisteminden oluşan merkezi toz giderme tesisine gider. Toz giderildikten sonra, gazlar daha fazla arıtma için bir kükürt giderme tesisine gider. Burada döner sarsak fırınlarından gelen gazlar (65 000 m<sup>3</sup>/h) bir enerji santralinden gelen baca gazlarıyla (1 000 000 m<sup>3</sup>/h) birlikte işlenir. 2014'te (NFM BREF incelemesinin sonuçlandırılması sırasında), döner sallanma fırınlarından gelen baca gazlarını toz ve metal emisyonlarını azaltmak için bir torba filtreden ve SO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmak için ıslak gaz yıkayıcıdan oluşan özel bir azaltma sistemine göndermek için değişiklikler yapıldı.

Hamburg'daki Aurubis fabrikasında, elektrikli fırın prosesi atık gazı, devridaim edilen soğuk gaz ve bir hava-gaz soğutucusu ile soğutulur. Soğutulmuş gazlar bir torba filtresine aktarılır ve ayrıca bir cıva çıkarma aşamasından ve daha sonra bir asit tesisinden geçirilir. Elektrik fırından gelen ikincil gazlar bir torba filtresinde toplanır ve tozdan arındırılır.

Aşağıdaki tabloda daha fazla veri rapor edilmiştir.

**Tablo 5.37: Sekonder kurşunlu üretim fırınlarından çıkan toz ve metal emisyonları**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Değerler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme Sıklığı
			Min.	Ort.	Maks.	
1	Kapalı sistem, Kireç enjeksiyonu, torba filtre	Toz	0,2	< 0,5	2	Yılda iki defa
		Pb	0,1	0,2	0,6	
3.1	Bilinmiyor	Toz	0,0	0,061	6,829	Sürekli (Yarım saatlik ortalama)
		Pb	0,295	0,311	0,328	Yılda iki defa
		Cu	0,0107	0,0212	0,0317	
		Ni	0,009	0,0237	0,0384	
		Zn	0,0256	0,231	0,438	
		As	0,002	0,0074	0,0128	
		Cd	0,0003	0,0017	0,128	
Hg	0,0003	0,0015	0,003			
3.2	Bilinmiyor	Toz	0,014	0,72	6,627	Sürekli (Yarım saatlik ortalama)
		Pb	1,707	3,653	5,6	Yılda iki defa
		Cu	0,0192	0,0233	0,0275	
		Ni	0,0208	0,022	0,0232	

		Zn	0,0605	0,0727	0,085	
		As	0,004	0,0068	0,0095	
		Cd	0,0098	0,006	0,0021	
		Hg	0,0003	0,0007	0,001	
		Tl	0,0	0,0019	0,0038	
		Se	0,0015	0,0018	0,002	
		Sb	0,0607	0,0683	0,076	
		Sn	0,0001	0,0115	0,0228	
4	Kireç enjeksiyonu, torba filtre	Toz	0,2	0,8	3	Sürekli (Ortalama)
		Pb	0,1	0,3	1	
5	Yanma sonrası oda, yüksek sıcaklık torba filtre, sıvı ortam, baca gazı kükürt giderme	Toz	0,140	0,460	1,24	Yılda 4 defa
		Pb	0,010	0,030	0,059	
		Cu+Pb+Zn +Ni ve bileşikleri	0,011	0,035	0,062	
		Sb+Sn+Te ve bileşikleri	0,003	0,01	0,01	
		Cd+As+Hg +Tl+Se ve bileşikleri	0,01	0,02	0,05	
6	Torba filtresi	Toz	NR	< 1	5	Sürekli (günlük ortalama)
		Pb	NR	< 1	2	
		Hg+Tl	NR	< 0,01	< 0,01	Yılda bir defa
		Pb+Ni+Se	NR	0,3	0,4	3 yılda bir defa
		Sb+Cu+Sn	NR	< 0,1	0,2	
7	Torba filtresi	Toz	< 0,5	< 0,5	1	Sürekli (Günlük ortalama)
		Pb	< 0,05	0,06	0,16	Yılda 11 defa
		As+Cd	< 0,005	< 0,005	0,007	
	Torba filtresi	Toz	< 0,5	< 0,5	0,5	Sürekli (günlük ortalama)
9	Yanma haznesi ve torba filtresinden sonra kireç enjeksiyonu	Pb	< 0,05	< 0,05	< 0,05	Yılda 9 defa
		As+Cd	< 0,005	0,005	0,018	Yılda 7 defa
		Toz	0,2	0,	2	Sürekli (günlük ortalama)
		Pb	0,1	0,2	0,7	Her 3 yılda 1 defa
11	Torba filtresi	Toz	0,1	0,8	5	3 times per year
		Pb	0,06	0,5	3	
12.1	Torba filtresi	Toz	1,7	2,5	3,9	Sürekli (Yarım saatlik ortalama)
		Zn	0,14	0,219	0,304	Yılda 1 defa (En az, en yüksek ve ortalamaları hesaplamak için farklı yıllarda alınan ölçümler kullanıldı.)
		Pb	0,029	0,034	0,05	
		Cu	0,16	0,286	0,444	
		Cr	0	0,015	0,029	
		Mn	0,005	0,006	0,008	
		Sn	0,01	0,015	0,024	
		Hg	0	0,0016	0,004	
12.2	Torba filtresi	Toz	NR	1,5	14,6	Sürekli (yarım saatlik ortalama)
		Zn	0,139	0,17	0,204	Yılda 1 defa (En az, en yüksek ve ortalamaları hesaplamak için farklı yıllarda alınan ölçümler kullanıldı.)
		Pb	0,036	0,047	0,064	
		Cu	0,147	0,18	0,204	
		Cr	0,0002	0,006	0,01	
		Sn	0,001	0,015	0,026	
		As	0	0,006	0,017	
		Cd	0,007	0,009	0,011	
		Hg	0	0,002	0,004	
13.1	Torba filtresi, Sorbalit enjeksiyonlu adsorpsiyon filtresi	Toz	< 0,5	< 0,5	< 0,5	Yılda 2 defa
		Sb	< 0,000 5	0,0011	0,0016	
		Cu	0,0018	0,0046	0,0073	
		Cd	< 0,000 5	0,0008	0,0011	

		Pb	0,0015	0,0160	0,0305	
		Sn	< 0,001	0,002	0,003	
		Zn	0,0055	0,0352	0,0649	
13.2 (TBRC)	Torba filtresi	Toz	< 0,5	< 0,5	< 0,5	Yılda 2 defa
		Cu	0,0011	0,0067	0,0116	
		Pb	0,0022	0,0063	0,0104	
		Sn	< 0,001	0,003	0,004	
		Zn	0,0066	0,0136	0,0206	
13.3 (TBRC)	Torba filtresi	Toz	< 0,5	< 0,5	< 0,5	Yılda 2 defa
		Cu	< 0,0005	0,0007	0,0008	
		Pb	0,0023	0,0082	0,0141	
		Sn	< 0,001	0,002	0,003	
		Zn	0,0018	0,0044	0,0070	
15.1	Son yakıcı, torba filtre, ısı geri kazanımı, sekonder gazlarla karıştırma, 2. torba filtre	Toz	0,07	0,27	0,91	Yılda 11 defa
		Pb	0,03	0,08	0,15	
		Cu	< 0,001	0,001	0,001	
		Cd	0,0004	0,003	0,01	
		As	0,004	0,09	0,24	
15.2	Gaz yıkayıcı	Zn	0,01	0,02	0,03	Yılda 13 defa
		Sb	0,0003	0,01	0,04	
		Sn	0,002	0,006	0,03	
		Hg	< 0,001	0,019	0,08	
		Toz	0,42	2,17	6,01	
		Pb	0,01	0,17	1,19	
		Cu	0,0004	0,01	0,05	
		Cd	0,002	0,006	0,01	
		As	0,001	0,02	0,09	
		Sb	0,14	0,92	2,18	
		Zn	0,0	0,03	0,2	
15.3 (ISASM ELT)	Torba filtresi	Toz	0,03	0,12	0,33	Yılda 11 defa
		Pb	< 0,001	NR	0,004	Yılda 2 defa
		Cu	< 0,002	NR	0,002	
		Cd	< 0,0002	NR	0,0009	
19	Bildirilmedi	Toz	0.4	3	7	Sürekli ölçümler (Günlük ortalama)
		Sb+Cr+Cu +Mn+V+ Zn+Sn+ Flor+ Siyanür	0,05	< 0,1	0,1	Yılda 3 defa
		Pb+Co+Ni +Se+Te	< 0,05	< 0,05	0,01	
		Hg	0,0012	0,032	0,05	
		As+Cd+Cr(VI)	0,001	0,001	0,002	

NB: NR = Bilgi verilmedi.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 385, Germany 2012 ], [ 393, Austria 2012 ]

## Çapraz ortam etkileri

### Siklon

Enerji kullanımında artış.

### Torba filtre ve ESP

- Enerji kullanımında artış.
- Toplanan tozun prosese geri gönderilememesi durumunda atık üretilebilir. Baca tozlarını geri kazanmak için, kirleri çıkarmak için dahili veya harici muamele gereklidir.

### Islak gaz yıkayıcı ve ıslak ESP

- Enerji kullanımında artış.
- Metallerin ve diğer maddelerin deşarjını önlemek için arıtılması gereken atık su üretilir. Baca tozlarını geri kazanmak için, kirleri çıkarmak için dahili veya harici muamele gereklidir.

*Cıva kaldırma*

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Dahili veya harici olarak işlenmesi gereken katı veya sıvı atık üretilir.
- Cıva içeren atıkların düzenli olarak gömülmesi gerekmektedir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik değerlendirme***Siklon*

Genel olarak uygulanabilir. Siklonlar, toz emisyonlarını tek başına bir teknik olarak azaltmak için yeterli değildir. Torba filtresi gibi başka bir filtrasyon sistemi ile birlikte kullanılmaları gerekir.

*Torba filtresi*

Genel olarak uygulanabilir.

*Islak gaz yıkayıcı ve ıslak ESP*

Bu teknikler sadece yüksek miktarda su içeren veya piroforik tozlu gazlar için kullanılır.

*Cıva kaldırma tesisi*

Bu tekniklerin kullanımı, giriş malzemelerinin bileşimine bağlıdır.

**Ekonomi**

Cıva kaldırma tesisinin montajı için yatırım maliyetleri, Aurubis Hamburg tarafından 5 milyon Euro'ya kadar (kondansatör, ısıtıcılar, torba filtre, enjeksiyon sistemi, absorber ve fanlar) rapor edilmektedir [397, İLA 2012]

**Uygulama için itici güç**

- Çevresel yasal düzenlemeler.
- Hammaddenin geri kazanımı.

**Örnek Tesisler**

Muldenhütten Geri Dönüşüm ve Umwelttechnik (DE), Aurubis (DE), HJ Enthoven & Sons (İngiltere), Umicore (BE), KGHM (PL), Boliden Bergsöe (SE), Metallo-Chimique (BE) ve Elmet (ES).

**Referans literatür**

[397, İLA 2012]

**İkincil izabelerden SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma teknikleri****Açıklama**

İkincil izabelerden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma teknikleri şunlardır:

- Giriş malzemelerinin kükürt giderme;
- katkı maddeleri kullanılarak kokulu fazda sülfür fiksasyonu;
- SO<sub>2</sub> içeren gaz akışının kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu ile işlenmesi;
- toz filtrasyonundan sonra alkali gaz yıkayıcı;
- sülfürik asit üretimi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2).

**Teknik açıklama**

Giriş malzemelerinin kükürt giderme

Giriş malzemelerinin kükürt giderme Bölüm 5.3.2.5'te ele alınmıştır. Bu, ergitme işleminden önce gerçekleştirilir.

**Kükürt sabitleme**

İkincil kirleticilerin SO<sub>2</sub> emisyonları demir ve/veya soda ilavesiyle azaltılabilir. Fırına eklenen demir, bir mat (örneğin demir sülfür) oluşturmak için besleme malzemesinde bulunan sülfür ile reaksiyona girer, böylece sülfürü yakalar ve SO<sub>2</sub> emisyonlarını önler.

Matı üreterek yakalama oranı optimal koşullar altında yaklaşık % 90'dır. Mat, fırını sıvı olarak terkeder, ancak oda sıcaklığında katıdır, bu da tozsuz ve kullanımı daha kolay hale getirir.

Besleme malzemesinde bulunan bakır, demir ile aynı şekilde hareket ederek, kükürtün bakır sülfür olarak sabitlenmesine yol açar.

Mat, esas olarak demir, kükürt ve  $\text{Na}_2\text{S}$  ve az miktarda bir kurşun içerir ve bir indirgeyici olarak ya da bu elemanların geri kazanımı için ya da toprak dolgusu olarak kullanılabilir. Bu nedenle, yükün bileşimi, gelecekteki satış, geri dönüşüm veya depolama için (ön işlemden sonra gerekli olduğunda- mümkün olan en düşük metal kaybıyla) kabul edilebilir bir cüruf bileşimi elde etmek için dengelenmelidir.

### *Kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu*

$\text{SO}_2$ 'nin uzaklaştırılması, son yakıcıda  $1100^\circ\text{C}$ 'de, veya daha düşük bir sıcaklıkta, torba filtresinden önce gaz kanalında, daha az bir sıcaklıkta, kireç veya sodyum bikarbonatın kuru enjeksiyonundan sağlanır. Daha yüksek verimler eşzamanlı su enjeksiyonu, kireç enjeksiyonunun artması veya yüksek özgül bir yüzeye sahip kireç kullanılması ile mümkündür.

Proses tozunu gidermek için tasarlanmış bir kumaş filtreli mevcut gaz temizleme ekipmanı kullanıldığında, filtre kapasitesi buna izin verirse  $\text{SO}_2$ 'yi çıkarmak için kireç enjeksiyon sistemi monte edilebilir. Sıcaklık, nem içeriği ve temas süresi yeterli olduğunda kireç enjeksiyonu mümkün olmakla birlikte, işlem gazının, enjekte edilen suyun ve kirecin iyi bir karışımını elde etmek için bir karıştırma bölmesi gerekli olabilir. Mevcut bir filtre kurulumu yeterli olmayabilir, çünkü toz miktarı büyük ölçüde artar ve bu nedenle filtre kurulumunun değiştirilmesi gerekebilir.

### *Alkali gaz yıkama*

Fırından çıkan gaz akımı başlangıçta suyla  $200^\circ\text{C}$ 'ye kadar söndürüldü. Daha sonra bir torba filtresinden geçer ve  $\text{SO}_2$ 'yi yakalamak için bir yıkama çözeltisi (örneğin, kireç,  $\text{NaOH}$  veya  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ile bir ıslak gaz yıkayıcıya gider. Sülfid sülfatla oksitlenir ve bunu, sodyum hidroksit durumunda suyun buharlaştırılmasından sonra kireç durumunda filtrasyondan sonra alçıtaşı veya sodyum sülfatın geri kazanımı takip eder. Suya doymuş gazlar nemi gidermek için soğutulur. Optimal koşullar altında en az % 99  $\text{SO}_2$  giderim verimliliği elde edilebilir.

### *Sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2)*

Bazı tekniklerin bir kombinasyonu, hammaddelerin bileşimine ve ergitme için kullanılan fırın tipine bağlı olarak seçilen teknikler ile kullanılabilir.

Bu teknikler, aynı zamanda, birincil bakır üretiminden gelen baca tozlarını işleyen izabelerin  $\text{SO}_2$  emisyonlarının azaltılması için de uygun olabilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

$\text{SO}_2$  emisyonlarında azalma.  $\text{SO}_2$ , sülfürik asit tesislerinde üretilen sülfürik asit formunda geri kazanılabilir. Alkali gaz yıkamadan üretilen alçı yeniden kullanılabilir.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tarif edilen artım tekniklerinin etkinliği, gaz bileşimine (nem ve  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu), kullanılan fırına, gaz bileşiminin zamanın bir fonksiyonu olarak dalgalanmasına ve sıcaklığa bağlı olacaktır.

### **Kükürt sabitleme**

Matı üreterek yakalama oranı optimal koşullar altında yaklaşık % 90'dır.

### *Kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu*

Kireç enjeksiyonu, aynı bez filtresi ile toz ve  $\text{SO}_2$  çıkarılması ile sonuçlanacaktır. Dioksin emisyonları üzerinde de olumlu bir etki vardır. Ortaya çıkan katı karışımları ve alçı karışımı diğer metalurjik veya su arıtma işlemlerinde tekrar kullanılabilir.

Kirecin  $\text{SO}_2$  ile tepkimesi kireç parçacıklarının yüzeyinde gerçekleştiği için ve reaksiyon daha yüksek bir nem içeriğinde daha hızlı ilerledikçe, kireç tüketimi şu şekilde azaltılabilir:

- eş zamanlı su enjeksiyonu (buhar);
- Yüksek yüzey/gözenekli nemlendirilmiş kireç kullanılarak;
- ve/veya bez filtre tozunun sirkülasyonu.

Bu işlem, optimum koşullar altında % 95'in üzerinde bir genel kükürt yakalaması ile sonuçlanacaktır.

Burada belirtilen rakamlar, tipik bir ikincil yüksek fırın fabrikası için tipik 30 000–50 000 tonluk bir kurşun üretiminden gelen baca gazındaki kireç, sodyum veya alkali su enjeksiyonu ile ilgilidir (örneğin; Boliden Bergsöe, İsveç; Johnson Controls Recycling, Almanya; Kovohute Pribram, Çek Cumhuriyeti; Campine, Belçika).

- Proses gazı akışı: 50 000–90 000 Nm<sup>3</sup>/h.
- SO<sub>2</sub> emisyonu: <500 mg/Nm<sup>3</sup> (\*) (yıllık ortalama).
- Toz emisyonu: <2 mg/Nm<sup>3</sup>.

(\*) Kuru kireç enjeksiyonu veya alkali su enjeksiyonundan sonra yakıcıya kadar kuyruk gazı temizleme.

Belçika, Beerse'de, değişen SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına sahip mevcut sürekli bir süreç var. Kuru kireç, sırasıyla yüksek ve düşük sıcaklıklara sahip işlemlerde iki noktada enjekte edilir. Tüplerin tıkanması ve bloke edilmesi, kullanılabilir kireç enjeksiyon oranını kısıtlar. Kurşun sülfat ve toz karışımı dahili olarak geri dönüştürülür, ancak jips dahili olarak geri dönüştürülemez ve alçı/toz için bertaraf maliyetleri yüksektir.

İsveç'in Bergsöe bölgesinde, bir kurşun izabesinin son yakıcısında bulunan kireç enjeksiyonu kullanılarak değişen SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına sahip mevcut bir sürekli kurşun eritme prosesi bulunmaktadır. Ana işlem, fırına demir eklenmesi ve demir bir matın oluşumu yoluyla SO<sub>2</sub>'yi yakalamak için tasarlanmıştır. Matı üretirken yakalama oranı yaklaşık % 90'dır. Daha fazla SO<sub>2</sub> uzaklaştırması, 1100°C'de, daha sonra, brülör çıkışında kuru kireç (~ 60 kg/saat) enjeksiyonu ile elde edilir.

Borularda tıkanma ve tıkanma ve torbalı filtrelerdeki olası yoğuşma sorunları nedeniyle su enjeksiyonu mümkün değildir. Daha yüksek verim daha yüksek bir kireç enjeksiyon hızında mümkün olabilir, ancak kireç, yüksek enjeksiyon oranlarında tüplerin tıkanmasına ve tıkanmasına neden olur. Filtre tozunun kurşun içeriği nedeniyle, kloruzlaştırılmadan sonra fırına geri döndürülür ve kireç içeriği cüruf oluşumuna yardımcı olur. Filtre tozunun arıtım maliyeti nispeten düşüktür.

Örnek tesislerin performans verileri Tablo 5.38'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.38: Örnek tesisler için performans verileri**

Tesis	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )		Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )		Not
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	
Metallo-ChimiqueBeerse (Tüm pil izabesi)	1000	400	NR	NR	İki nokta enjeksiyon
Boliden Bergsöe (Kurşun İzabesi)	1000	400	NR	< 1	Sülfür, son halindeki brülöre 650 kg/saat kireç ilavesi ile demir mat olarak uzaklaştırılmıştır. Toz işlemde kullanılır
NR = Belirtilmedi. Kaynak: [ 346, SO <sub>2</sub> - Lime injection FINAL 4.2.2010 ]					

#### Sülfürik asit Tesisi

1000 ton/gün kapasiteli bir ISASMELT eritme cihazının örneği (parti prosesi) Belçika'daki Umicore fabrikasıdır:

- giriş malzemeleri: kurşun ve bakır içeren malzemeler;

## Bölüm 5

- çıkışlar: saf olmayan bakır ve kurşun oksit cürufu;
- proses gaz akışı: 54 000 Nm<sup>3</sup>/h;
- Proses gazlarında SO<sub>2</sub> konsantrasyonu: % 10'a kadar;
- Çift kontak/çift emişli sülfirik asit tesisinden sonra SO<sub>2</sub> konsantrasyonu: <300 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama).

Aurubis Hamburg'da kurşun ve bakır içeren ikincil malzemeler, cüruf, mat tozlar ve birincil kurşun konsantreleri bir elektrikli fırında işlenir. Elektrikli fırın prosesi çıkış gazı, devridaim edilen soğuk gaz ve bir hava-gaz soğutucusu ile soğutulur. Çıkış gazı daha sonra bir torba filtrede filtrelenebilir ve selenyum içeren bir emici ile bir cıva emilim biriminden gönderilir. Proses çıkış gazı daha sonra önemli bir SO<sub>2</sub> içerdiği bulunduğu bir çift kontak/çift absorpsiyonlu asit tesisine ya da tek başına düşük bir SO<sub>2</sub> içeriğiyle gazın indirgenmesi için yığına aktarılır. Sürekli ölçümler SO<sub>2</sub> için gerçekleştirilir ve 330-1980 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri yarım saatlik ortalama değerler olarak rapor edilir. Elektrik fırınından ikincil gazlar (fırın tavanı muhafazası, musluk deliklerindeki davlumbazlar) toplanır ve bir torba filtresinde ayrılır. Sürekli ölçümler toz ve SO<sub>2</sub> için gerçekleştirilir, sırasıyla 0.5-5.5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 50-840 mg/Nm<sup>3</sup> seviyeleri yarım saatlik ortalama değerler olarak rapor edilir.

Tablo 5.39, AB-28'deki ikincil kurşunlu ve kalay üretim tesislerinin performansını yukarıda listelenen tekniklerin bir kombinasyonunu uygulayarak göstermektedir.

**Tablo 5.39: AB-28'de ikincil kurşunlu ve teneke tesislerinden gelen SO<sub>2</sub> emisyonları**

Tesis	Teknik	SO <sub>2</sub> Emisyonları (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme Sıklığı
		Min.	Ort.	Maks.	
1	Matte kükürt yakalama yaklaşık% 90, kapalı sistem. Gaz akışında% 95'in üzerinde SO <sub>2</sub> toplam yakalaması için kireç enjeksiyonu.	200	360	00	Sürekli ölçüm. (yıllık ortalama) (Minimum ve maksimum günlük ortalama ile ilgilidir)
4	Torba filtreli kireç enjeksiyonu	350	480	1000	Sürekli ölçüm (saatlik ortalama)
5	Yanma sonrası odası, yüksek sıcaklık torbası filtrasyonu, sıvı ortam, baca gazı kükürt giderme	1	102	202	Yılda iki kez (4 saatlik ortalama)
7	Desülfürize edilmiş macun ve akı (soda) fırına eklenir.	< 10	109	375	Sürekli ölçümler (parti süresine göre ortalama)
9	Bir mat fazı (demir sülfür) oluşturmak üzere demir ilavesiyle fırın beslemesinde% 90 oranında sülfürün yakalanması; Yanma odasından sonra kireç enjeksiyonu ile atık gazdan SO <sub>2</sub> adsorpsiyonu	200	370	500	Sürekli ölçüm (günlük ortalama)
11	Demir yüklenmesi, son yakıcıda alkali su enjeksiyonu	279	402	800	Yılda 4 defa
13	Sorbaliit enjeksiyonlu bir adsorpsiyon filtresi ile torba filtre	0	80	500	Sürekli ölçüm (saatlik ortalama)
15	Katı fazda sülfür toplama >% 97, sonyakıcı, torba filtre, ısı geri kazanımı, sekonder gazlarla karıştırma, 2. torba filtre	50	83	154	Yılda 11 defa (1-2 saatlik örnekler)
18	Sülfirik asit tesisi	330		1080	Sürekli ölçüm (Günlük ortalama)

Kaynak: [ 385, Germany 2012 ], [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

*Girdi ham maddelerinden kükürt giderme*

Bölüm 5.3.2.5'e bakınız.

*Katkı maddeleri kullanılarak sülfürün ergitme fazında sabitlenmesi*



- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Cürufta cüruf ve kurşun kaybının artması.

*SO<sub>2</sub> içeren gaz akışının kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu ile arıtılması*

- Enerji kullanımında artış. Bir karıştırma odasının kullanılması, fan tarafından daha yüksek enerji kullanımıyla sonuçlanan ek bir basınç düşüşü yaratır.
- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Toplanan toz tekrar kullanılamazsa atık üretilebilir.

*Toz filtrasyonundan sonra alkali gaz yıkayıcı*

- Enerji kullanımında artış.
- Metallerin ve diğer maddelerin deşarjını önlemek için arıtılması gereken atık su üretilir.

*Sülfirik asit tesisi*

Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2'ye bakınız.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Yerel piyasa koşulları ve üretilen yan ürünler için gerekli kalite özellikleri hangi tekniğin uygulandığını belirlemeye yardımcı olabilir.

*Girdi ham maddelerinden kükürt giderme*

Bölüm 5.3.2.5'e bakınız.

*Katkı maddeleri kullanılarak sülfürün ergitme fazında sabitlenmesi*

Demir matı veya cürufun üretilmesi için bir yer varsa, demir veya alkalin akışının eklenmesiyle SO<sub>2</sub> yakalaması uygulanabilir.

*SO<sub>2</sub> içeren gaz akışının kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu ile arıtılması*

Kuru haldeki katkı maddelerinin eklenmesiyle atık gaz akımında SO<sub>2</sub> yakalanması, uygun proses koşulları altında (örneğin SO<sub>2</sub> içeriği, SO<sub>2</sub> içeriğinin değişkenliği, sıcaklık, nem içeriği, katkı maddeleri) kükürt içeren malzemeler kullanılarak ikincil izabelerden çıkan gazların işlenmesi için uygulanabilir.).

*Toz filtrasyonundan sonra alkali gaz yıkayıcı*

Islak gaz yıkama teknikleri sadece su akışı (atık su arıtma veya buharlaştırma) ve elde edilen sülfat ürünleri (ticarileştirilmiş, geri dönüştürülmüş veya dökülen) için uygun çözümler olduğunda uygulanabilir. Islak gaz temizleyicinin uygulanabilirliği, gerekli olan büyük miktarda su ile kuru alanlarda da sınırlanabilir.

*Sülfirik asit tesisi*

Çifte temaslı/çift emişli asit tesisindeki SO<sub>2</sub>'nin geri kazanımı, ağırlıklı olarak kükürt içeren materyalleri işleyen fırınlar veya birincil ve ikincil malzemelerden oluşan bir kombinasyon için veya bir sahada birincil ve ikincil izabeler varsa uygulanır.

### **Ekonomi**

Her bir tekniğin operasyonel performansı için maliyetler belirlenmeli ve karşılaştırılmalıdır, çünkü proses koşulları, izabeden izabeye farklılık gösterebilir.

*Girdi ham maddelerinden kükürt giderme*

Ergitme işleminden önce kükürt giderme olursa, cüruf oluşumu için daha az miktarda katkı maddesi ve enerji gerekir. Bu nedenle, besleme malzemesinin kükürt giderme maliyetinin, daha az akış ve madde kullanımı, daha kısa bir eritme süresi, daha düşük enerji tüketimi ve bertaraf için daha az cüruf kullanılması avantajıyla karşılaştırılması gerekmektedir.

*Katkı maddeleri kullanılarak sülfürün ergitme fazında sabitlenmesi*

Kükürdün demir veya soda gibi katkı maddeleri ile sabitlenmesi, katkı maddelerinin maliyetine ve ürünlerin manipülasyonuna bağlı olarak işletme maliyetlerinde artışa neden olur. Bununla birlikte, üretilen cüruf genellikle daha az süzülebilirdir ve bu nedenle hem kullanımı hem de

atılması daha kolaydır.

### *SO<sub>2</sub> içeren gaz akışının kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu ile arıtılması*

Mevcut tesislerde kuru bir SO<sub>2</sub> yakalama sistemi (kireç veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu) kurulumuyla ilişkili düşük bir yatırım maliyeti vardır, bu da kurulu toz toplama sisteminin kapasitesinin fazladan toz miktarını işlemek için yeterli olmasını sağlar. Gerekirse, ek bir torba filtrenin maliyeti önemli olacaktır. Gerekli olan kireç miktarları, yüksek spesifik bir yüzeye sahip bir kireç kullanılarak ve/veya bez filtre tozunun yeniden sirkülasyonu ile azaltılabilir. Sodyum bikarbonat enjeksiyonu da kullanılabilir, ancak maliyet çok daha yüksek olacaktır.

Beerse'deki tesis için yatırım maliyetleri 550 000 Avro olarak bildirilmektedir (karışım odası: 100 000 Avro, bez filtresi için ek maliyet: 190 000 Avro, silo dahil enjeksiyon sistemi: 60 000 Avro).

### *Toz filtrasyonundan sonra alkali gaz yıkayıcı*

Gaz yıkayıcılar kayda değer yatırım gerektirir ve kurulum bazen mevcut atık su arıtma tesislerine adaptasyon gerektirebilir.

Tüm yöntemler için, elde edilen yan ürünlerin veya atıkların arıtılması operasyonel maliyetlerde dikkate alınmalıdır.

### **Uygulama için itici güç**

Çevresel düzenleme şartları.

### **Örnek tesisler**

Boliden Bergsöe (SE), Johnson Controls Geri Dönüşüm (DE), Kovohute Pribram (CZ), Campine (BE), Muldenhütten Geri Dönüşüm ve Umwelttechnik (DE), HJ Enthoven & Sons (İngiltere), Aurubis (DE), Umicore (BE), KGHM (PL) ve Metallo-Chimique (BE).

### **Referans literatür**

[346, Eurometaux 2010], [397, ILA 2012]

## **Karbonmonoksit ve PCDD/F dahil olmak üzere organik karbonu uzaklaştırmak için sonyakıcıların kullanımı**

### **Açıklama**

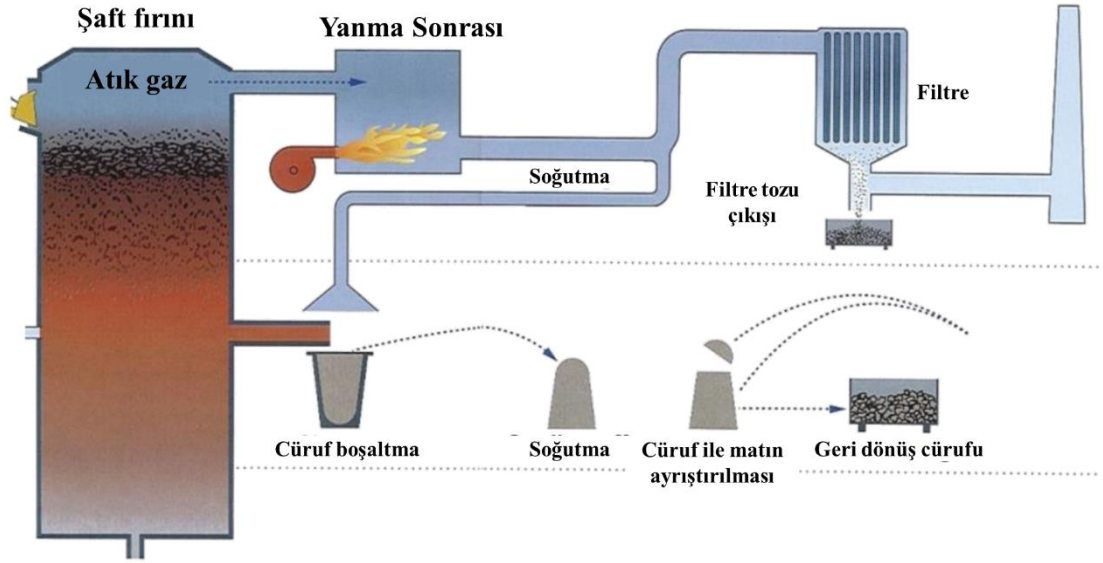
Son yakıcılar yeterli miktarda oksijen, yüksek sıcaklık, türbülans ve baca gazındaki tüm karbonu parçalamak ve oksitlemek ve dioksinleri yok etmek için yeterli kalma süresini gerektirir.

### **Teknik açıklama**

Bir sonyakıcı ve bir soğutma sisteminin bir kombinasyonu, organik karbonu (PCDD/F dahil) ve CO'yu fırın atık gazından uzaklaştırmak için kullanılabilir. Toz emisyonlarını azaltmak için bir torba filtre kullanılır.

Sonyakıcı, baca gazının türbülans altında aşırı oksijen ile ve yüksek sıcaklıklarda (> 850°C) ve gaz akımındaki tüm karbonu parçalamak ve yakmak ve herhangi bir dioksini yok etmek için yeterli kalma süresi ile karıştırıldığı bir bölmedir. Daha sonra, dioksinlerin yeniden oluşmasını önlemek için gazlar söndürülür (250°C'nin altında) veya eğer varsa, ısı geri kazanımı için soğutulur.

Aşağıdaki örnek (bkz. Şekil 5.5), sonyakıcı içindeki şaft fırını atık gazlarını kullanan bir kurşun-asit batarya geri kazanım sisteminin bir parçasıdır. Emisyon azaltma sistemi, organik karbonu (PCDD/F dahil) imha etmek için bir son yakıcı içerir.



Şekil 5.5: Tüm batarya ergirmeli bir sonyakıcı sistemi (Varta Prosesi)

#### Elde edilen çevresel faydalar

- CO ve VOC (PCDD/F) emisyonlarının azaltılması.
- Mümkün olan yerlerde enerji geri kazanımı.
- Kireç içeren tozun fırına yeniden sirküle edildiği zaman cüruf oluşturmak için kireç ilavesinin azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Mümkünse, sitenin iç ısıtması ve/veya harici bölge ısıtması için enerji geri kazanılabilir; Bir şaft fırın tesisinden 30–40 GWh geri kazanılabilir.

KGHM, Głogów 1'deki bakır baca tozundan ham kurşun üretir. Kullanılan kurşun eritme harmanlama prosesi, dört döner sallanma fırınında gerçekleşir. Birinci işlem aşamasında, malzeme ısıtılır ve daha sonra kurutulur. Hidrokarbonlar buharlaşır ve organik karbon yakılır. Her fırının bireysel bir yanma sonrası yanma ve soğutma tesisi vardır. Bu tesislerden çıkan gazlar, bir karıştırma odası ve bir torba firtresinden oluşan merkezi bir tozsuzlaştırma tesisine gider. Toz giderildikten sonra, gazlar bir santralden gelen gazlarla karıştırılır ve daha fazla işlem için bir kükürt giderme tesisine gider.

Umicore Hoboken'in yüksek fırınında, işlem gazlarının yakılmasından sonra PCDD/PCDF için  $<0.005$  ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> ve CO için  $<50$  mg/Nm<sup>3</sup>'lük yığın çıktıkları elde edilir. Gazlar ilk olarak yanmadan sonra soğutulur ve tozsuzlaştırılır daha sonra ısı geri kazanımı ile son yakıcıda tamamen yakılır.

Bir sonyakıcılı bir şaft fırını için tipik performans verileri Tablo 5.40'da verilmiştir.

Tablo 5.40: Bir sonyakıcılı bir şaft fırını için performans verileri

Parametre	Birim	İçerik
Proses gaz akışı (yığında)	m <sup>3</sup> /h	50 000–90 000
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	< 500
PCDD/PCDF	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	< 0,1
Kaynak: [ 397, İLA 2012 ]		

Isı geri kazanımı için PCDD/PCDF seviyeleri bu bileşiklerin bazı reformasyonuna bağlı olarak yüksek olabilir, ancak tipik olarak 0.3 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Tablo 5.41: Sekonder kurşunlu ve kalay üretimde sonyakıcı emisyonları

Tesis	Teknik	Kirlenici	Metot	Birim	Değerler			Görüntüleme Sıklığı
					Min.	Ort.	Maks.	
1	Sonyakıcı	VOC'ler		mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	
		CO		mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	
5	Yanma sonrası bölme	VOCs (as C)	EN13526	mg/Nm <sup>3</sup>	31,2	32,4	33,5	- Yılda iki defa (4 saatlik örnekler)
		CO		mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	
11	Sonyakıcı	TVOC	Nr	mg/Nm <sup>3</sup>	5	8	33	Spot numune (yilda 4 kez)
		CO		mg/Nm <sup>3</sup>	7	47	315	Spot numune (yilda 4 kez)
		NO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	40	77	260	Spot numune (yilda 4 kez)
15	Sonyakıcı	TVOC	EN12619 EN13526	3	3	15	27	Yılda iki kez (1 saatlik örnek)
		CO		mg/Nm <sup>3</sup>	16	23	33	Spot numune (yilda 4 kez)

NB: NR = Bilgi verilmedi.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Çapraz ortam etkileri**

- NO<sub>x</sub> emisyonlarının artması.
- Baca gazı oksidasyonu ile üretilen enerji gerekli sıcaklığa ulaşmak için yeterli değilse yakıt gereklidir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir. Ergitme işleminden önce plastiği ayırmayan tesislerde bir sonyakıcı kullanılır.

**Ekonomi**

Aşağıdaki maliyet etkileri dikkate alınmalıdır:

- Enerji tüketiminde artış;
- Yatırım maliyetinde artış.

**Uygulama için itici güç**

- Çevresel yasal düzenlemeler.
- Isı geri kazanımı.

**Örnek tesisler**

Metallo-Chimique (BE), Boliden Bergsöe (SE), Johnson Controls Geri Dönüşüm (DE), Kovohute Pribram (CZ), Campine (BE), KGHM Głogów (PL) ve Umicore (BE).

**Referans literatür**

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

### PCDD/F dahil olmak üzere organik karbonu uzaklaştırmak için rejeneratif bir termal oksitleyicinin (RTO) kullanımı

**Açıklama**

Rejeneratif termal oksitleyiciler (RTO'lar), yanma odasına giren baca gazını ısıtmak için son yakıcıdan gelen baca gazının ısı enerjisini kullanır.

**Teknik açıklama**

Bu tip bir yakıcıda, baca gazı yanma odasına girmeden önce yanma odasından çıkan gaz akışı

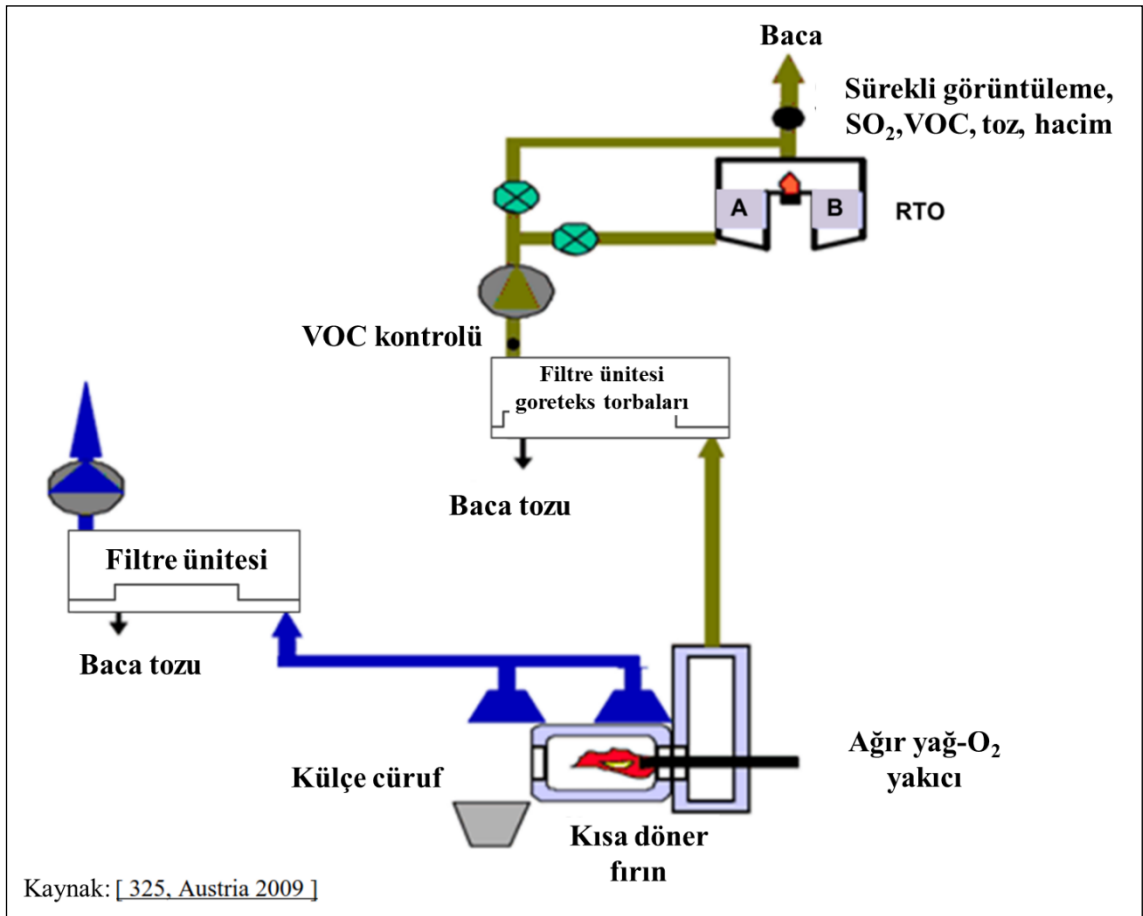
tarafından ısıtılan bir seramik yatağın içinden geçerek ısıtılır.

RTO'da gaz akışı şu adımları takip eder:

- İlk olarak, baca gazı akımı ortak giriş boyunca oksitleyiciye girer ve bir kelebek valf aracılığıyla bir rejeneratif bölmeğe geçer;
- Baca gazı akımı daha sonra oksitleme sıcaklığına yakın gaz sıcaklığını yükselten bir seramik ısı değıştirici matrisinden geçer;
- Akım daha sonra yakıcılarla yaklaşık 850°C'de tutulan yanma odasına girer;
- Daha sonra yanma odasını ikinci bir seramik eşanjör matrisi içinden terk ederek, termal enerjisini bir sonraki çevrimde ön ısıtma için yeniden kullanılmak üzere transfer eder;
- Son olarak, temiz gaz akışı tahliye için bir çıkış valfi aracılığıyla serbest bırakılır.

Burada atılan ısı, brülörlerin yakıt tüketimini azaltır.

Tozlu baca gazı için, gazın RTO'ya girmesinden önce verimli bir toz giderme sistemi gereklidir, aksi takdirde toz seramik yatağı kilitleyebilir. Fırın gazında VOC'ler, kalıntı CO, PCDD/F ve toz bulunabilir. Bu çıkış gazları bir bez filtresi ile ayrılır ve daha sonra bir RTO'ya gönderilir (bkz. Şekil 5.6). Torba filtresinden sonra VOC içeriği kontrol edilir. VOC konsantrasyonu yükselirse, çıkış gazı RTO'ya gönderilebilir. Bu, sadece bazı süreçlerde ortaya çıkabilen yüksek konsantrasyonlarda (PCDD/F dahil) kullanılan ek bir gaz işleme aşaması için özel bir seçenektir. Bacadaki emisyonlar toz, SO<sub>2</sub>, VOC ve hacim için sürekli olarak izlenir.



Şekil 5.6: RTO lu bir tesisin genel yerleşimi

#### Elde edilen çevresel faydalar

- CO, VOC ve PCDD/F emisyonlarının azaltılması.
- Atık gazlardan enerji geri kazanımı nedeniyle yakıt tüketiminin azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Gaz akışının bir seramik yataktan diğerine geçişi sırasında oluşan emisyonları önlemek için bir

## Bölüm 5

dengeleme bölmesi gereklidir. Alternatif olarak, RTO sistemini üç seramik yatak ile çalıştırmak mümkündür.

Tablo 5.42, RTO'dan sonra bazı organik kirleticiler için elde edilen emisyon konsantrasyon değerlerini göstermektedir.

**Tablo 5.42: Ana yığındaki toplam C ve BaP emisyonları**

Emisyon Noktası	Yıl	Toplam C (mg/Nm <sup>3</sup> )	Benzo(a)piren (mg/Nm <sup>3</sup> )
Yığın	2000	15,8	0,0016
	2003	11,4	NA
	2007	7,9	0,00685

NB: Sürekli ölçümler.

VOC emisyonları 15 mg/Nm<sup>3</sup> ile 40 mg/Nm<sup>3</sup> arasında olup, ortalama 20 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama, sürekli ölçüm) ve PCDD/F emisyonları 0.0231-0.0898 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>tür (spot örnek, Altı saatlik ortalama [237, UBA (A) 2004], [372, BMG Metall und Recycling GmbH 2010] Ototermal çalışma sağlanmış ve daha az gaz gereklidir.

### Çapraz ortam etkileri

Baca gazı bileşeninin oksidasyonu ile oluşan ısı, istenen sıcaklığa ulaşmak için yeterli değilse, enerji kullanımındaki artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Yatırım maliyetlerinde artış.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel yasal düzenleme gerekliliği.
- Bir sonyakıcı kullanmaya kıyasla daha düşük enerji talebi.

### Örnek Tesisler

BMG Metall ve Geri Dönüşüm (AT).

### Referans literatür

[325, Avusturya 2009], [397, ILA 2012]

## Havadaki PCDD/F emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri

### Açıklama

Dikkate alınacak teknikler aşağıda listelenmiştir. Bu teknikler bireysel olarak veya kombinasyon halinde uygulanabilir. Bu tekniklerin açıklaması için, bkz. Bölüm 2.12.5.3.

- Besleme materyallerindeki organik ve/veya halojen (ör. Cl, Br) içeriğin azaltılması.
- Optimum yanma koşullarını kullanma.
- Yarı mamul fırınlara az miktarda ham madde eklenmesine izin veren şarj sistemlerini kullanmak.
- Yüksek sıcaklıklarda (> 850°C) fırında dioksinlerin termal tahribatı.
- Fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonu.
- > 250°C sıcaklıklarda yüksek toz birikimine sahip egzoz sistemlerinden kaçınma.
- Yanma sonrası bölme, son yakıcı (bkz. Bölüm 5.3.4.4) veya RTO (bkz. Kısım 5.3.4.5).
- Gazların 400°C ve 200°C arasında bir sıcaklıkta hızlı söndürülmesi.
- Tozdan arındırmadan önce adsorpsiyon ajanının (örn. Aktif karbon, linyit kok, kireç) enjeksiyonu.
- Verimli bir toz toplama sisteminin kullanılması.

### Teknik açıklama

Bu tekniklerin teknik açıklaması için, bkz. Bölüm 2.12.5.3.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Besleme materyallerindeki organik ve/veya halojen (ör. Cl, Br) içeriğinin azaltılması*

- PCDD/F gaz emisyonlarının azaltılması.
- Fırın verimliliğinde artış.

*Optimum yanma koşullarının kullanılması, bir fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonu ve yanma sonrası bölme, afterburner veya RTO uygulanması*

PCDD/F, VOC ve CO gaz emisyonlarının azaltılması. Sonradan gelen atık ısı kullanılmazsa ya da kullanılmazsa, RTO'nun enerji ihtiyacı brülörden daha azdır.

*Yarı-kapalı fırınlara hammaddelerin küçük miktarlarda eklenmesini sağlayan şarj sistemlerinin kullanılması*

- PCDD/F'nin reforme olmasının önlenmesi.
- Sürecin optimizasyonu.

*Yüksek sıcaklıklarda (> 850°C) fırında dioksinlerin termal tahribatı, 400°C ve 200°C arasında çıkış gazlarının hızlı söndürülmesi ve > 250°C'ye kadar yüksek toz birikimine sahip egzoz sistemlerinden kaçınılması*

PCDD/F oluşumunun önlenmesi.

*Toz tutmadan önce adsorpsiyon ajanının (örneğin aktif karbon, linyit kok, kireç) enjeksiyonu*  
PCDD/F, VOC ve ağır metal emisyonlarının azaltılması.

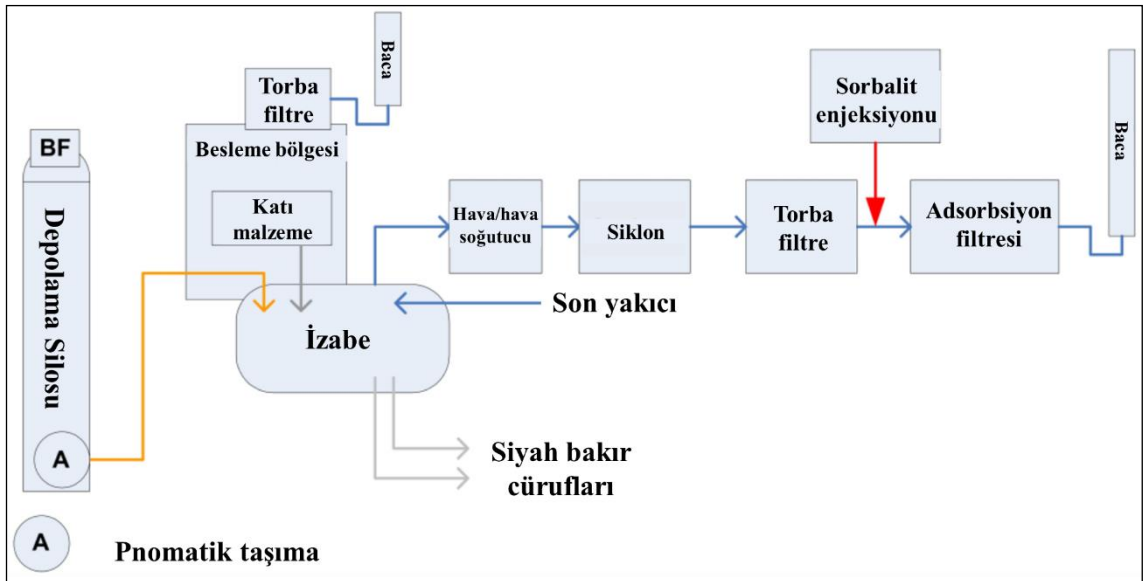
*Verimli bir toz toplama sisteminin kullanılması*

PCDD/F, toz ve ağır metal emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Organik ve halojen kontaminasyonunu gidermek için hurda arıtımı uygulanabilir, ancak genellikle üretilen gazları işlemden geçirmek için art arda pişiriciler kullanılır ve ardından hızlı soğutma yapılır. Gazların bir son yakıcıdaki fırınlardan arıtılması mümkün olmadığında, eritme bölgesinin üzerinde oksijen eklenerek oksitlenebilir.

Beerse'deki Metallo-Chimique tesisinde, mini eritme fırını Sorbalit enjeksiyonlu ayrı bir boru sonu adsorpsiyon filtresi ile donatılmıştır. Fırın ağızına bir son yakıcı yerleştirilmiştir (bkz. Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Metallo-Chimique Beerse'de PCDD/F azaltma tekniklerini gösteren akış şeması

Boru sonu adsorpsiyon filtresi 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat kapasiteye sahiptir. PCDD/F, altı saat boyunca

## Bölüm 5

yılda iki kez ölçülür.  $<0,1$  ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup> seviyeleri korunur. Son toz emisyonu, bir triboelektrik sistem tarafından sürekli olarak izlenir.

Hamburg'daki Aurubis fabrikasında, dioksinlerin daha fazla ısınmasını önlemek için, yüksek sıcaklıkta (950°C'nin üstünde) elektrik fırınında dioksinlerin termal tahribatı ve ardından hızlı gaz soğutması sağlanır. Bir asit fabrikasında daha ileri işleme ayrıca dioksinlerin oluşumunu da engeller.

Hoboken'deki Umicore tesisinde 1000 t/d kapasiteli bir ISASMELT eritme cihazı (parti prosesi) kullanılmaktadır. Baca gazı sülfürik asit tesisine gönderilir. Sülfürik asit tesisinden sonra rapor edilen PCDD/F konsantrasyonu  $<0,001$  ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>tür (spot örnek, altı saatlik ortalama). Yüksek fırında, gazlar iki aşamada yakıldıktan sonra iki kez filtre edilir. PCDD/F konsantrasyonları, 0,005 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Tablo 5.43, İLA tarafından sağlanan bazı EU-28 tesislerinde izlenen dioksin emisyonları hakkındaki verileri göstermektedir.

**Tablo 5.43: Kurşun ve kalay fırınlarından kaynaklanan PCDD/F emisyonları**

Tesis	Teknik	PCDD/F emisyonları (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )			Fırınlar	Görüntüleme sıklığı
		Min.	Ort.	Maks.		
1	Afterburner, ekonomizer ve kireç enjeksiyonunda yeniden üretilen dioksinler	0,1	0,2	0,3	Şaft	Yılda bir defa
5	Yanma sonrası bölme, yüksek sıcaklıklı torba filtrasyonu, sıvı ortam, baca gazı kükürt giderme	0,1	0,1	0,1	Reveratory ve döner kombinasyon	Yılda bir defa
6	Torba filtre	0,1	0,1	0,1	SRF	Her üç yılda bir
7	NR	$< 0,01$	0,025	0,08	Döner A	Yılda beş defa
	NR	0,01	0,1	0,21	Döner B	Yılda dört defa
9	Son yakıcı odası, hızlı atık gaz soğutma, kısmen ekonomizörde ve kireç enjeksiyonunda yeniden oluşturulan dioksinler	0,01	0,04	0,2	Şaft	Her üç yılda bir
11	Son yakıcı	0,0181	0,038	0,0584	Şaft	Nokta örneği (yılda 3 defa)
12	Torbafiltre	0,05	0,05	0,05	İzabe	Yılda bir defa
13	Sorbalit enjeksiyonu + torba filtresi	$< 0,005$	$< 0,005$	$< 0,005$	İzabe	Yılda iki defa
14	Torba filtre	0,0187	0,0413	0,0639	Döner	Yılda iki defa
15	Son yakıcı+torba filtre	NR	$< 0,005$	NR	Yüksek Fırın	Yılda bir defa
	Sülfirik asit teisi	NR	$< 0,001$	NR	ISASMELT	Yılda ikidefa

NB: NR = Bilgi verilmedi.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Emici enjeksiyon için, katkı maddesinin miktarı ve bileşimi, büyük ölçüde işleme koşullarına ve giriş malzemelerinin kaynağına ve bileşimine bağlıdır. Adsorbentlerin maliyetini azaltmak için, filtre tozlarının tümü ya da bir miktarı işleme geri döndürülebilir.

### Çapraz ortam etkileri



Besleme materyallerindeki organik ve/veya halojen (ör. Cl, Br) içeriğinin azaltılması

- Enerji kullanımında artış.
- Ek ekipmanın maliyeti ve/veya katkı maddelerinin kullanımı.

*Optimum yanma koşullarını kullanma*

Bilgi verilmedi.

*Bir fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonu*

Oksijen maliyetinden dolayı maliyette artış.

*Yanma sonrası oda, son yakıcı veya RTO uygulanması*

- Enerji kullanımında artış.
- Ek ekipmanın maliyeti.
- NOx emisyonlarını da artırabilir.

*Yarı-kapalı fırınlara hammaddelerin küçük miktarlarda eklenmesini sağlayan şarj sistemlerinin kullanılması*

Bilgi verilmedi.

*Yüksek sıcaklıklarda (> 850°C) fırında dioksinlerin termal tahribatı, 400°C ve 200°C arasında çikış gazlarının hızlı söndürülmesi ve > 250°C'ye kadar yüksek toz birikimine sahip egzoz sistemlerinden kaçınılması*

Bilgi verilmedi.

*Toz tutmadan önce adsorpsiyon ajanının (örneğin aktif karbon, linyit kok, kireç) enjeksiyonu*

Katkı maddesi ihtiyacı ve atık işleme maliyeti nedeniyle maliyet artışı.

*Verimli toz toplama sistemi.*

Toplanan toz yüksek PCDD/F konsantrasyonlarına sahip olabilir ve üretim prosesine geri gönderilerek bertaraf edilmeli veya dikkatle işlenmelidir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Teknikler, kullanılan hammadde ve fırın tipine bağlı olarak yeni ve mevcut bakır tesislerinde kurşun ve kalay devrelerinde uygulanabilir.

*Besleme materyallerindeki organik ve/veya halojen (ör. Cl, Br) içeriğinin azaltılması*

Hammaddelerin ve hurda girişlerinin kontrol edilmesi, seçilmesi ve sınıflandırılması için kullanılan teknikler, fırın tipine ve kullanılan işleme bağlıdır.

*Optimum yanma koşullarını kullanma*

Genel olarak uygulanabilir.

*Bir fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonu*

Genel olarak uygulanabilir.

*Yanma sonrası oda, son yakıcı veya RTO uygulanması*

Genel olarak uygulanabilir.

*Yarı-kapalı fırınlara hammaddelerin küçük miktarlarda eklenmesini sağlayan şarj sistemlerinin kullanılması*

Genel olarak, fırın tipine ve kullanılan işleme bağlı olarak uygulanabilir.

*Yüksek sıcaklıklarda fırında dioksinlerin termal tahribatı (> 850°C)*

Genel olarak uygulanabilir.

*Aşırı sıcaklıkların 400°C ile 200°C arasında hızla söndürülmesi*

Genel olarak uygulanabilir. Termal geri kazanım için, dioksinler de novo senteziyle oluşturulabilir.

> 250°C sıcaklıklarda yüksek toz birikimine sahip egzoz sistemlerinden kaçınma  
Genel olarak uygulanabilir.

Toz tutmadan önce adsorpsiyon ajanının (örneğin aktif karbon, linyit kok, kireç) enjeksiyonu  
Genel olarak uygulanabilir.

Verimli toz toplama sistemi.  
Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Adsorbentlerin maliyetini azaltmak için, baca tozu prosese geri gönderilebilir.

### Uygulama için itici güç

Çevresel düzenleme şartları.

### Örnek Tesisler

Metallo-Chimique Beerse (BE), Aurubis (DE), Umicore (BE) ve BMG Metall und Recycling  
GmbH (AT).

### Referans literatür

[397, ILA 2012]

## 5.3.5. Kurşun ve kalay üretiminde yeniden döküm ve arıtma, alaşım ve döküm

**Birincil ve ikincil kurşunlu ve kalay üretiminde yeniden eritme, arıtma ve dökümden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri**

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- eriyiğin sıcaklık kontrolü;
- tozlu cüruf/kalıntıları gidermek için kapalı mekanik skimerler;
- fırınlar veya duman çıkarmalı ısıtıcılar üzerinde kapak veya davlumbaz (bkz. Bölüm 2.12.4.3);
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2);
- vakum ergitme ve arıtma teknolojisi.

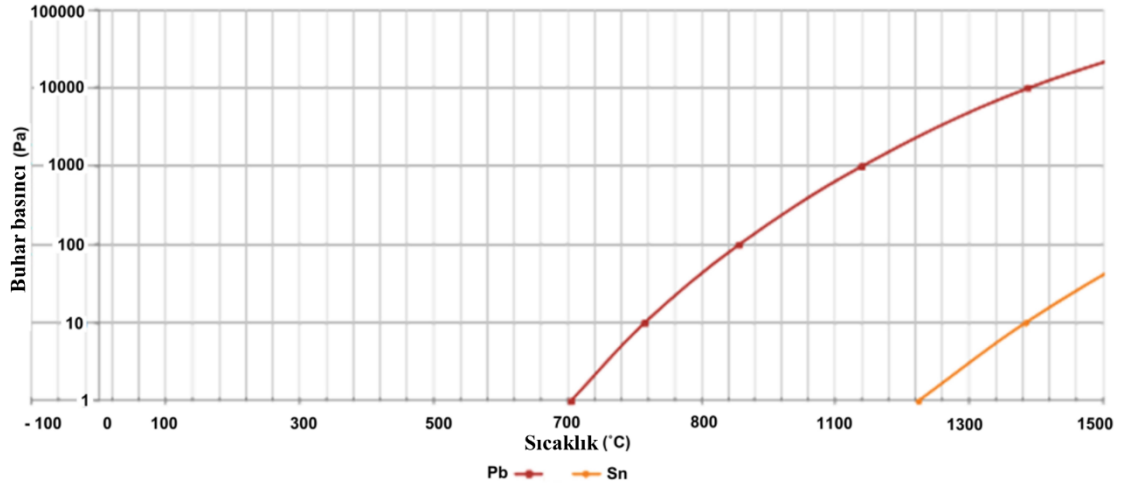
### Teknik açıklama

Emisyonların azaltılması için uygulanan teknikler, farklı rafinasyon aşamalarına ve kurşun arıtmada reaksiyon ürününün şekline bağlıdır.

#### Eriyiğin sıcaklık kontrolü

Eriyik banyosunun iyi sıcaklık kontrolü, kurşun ve diğer gaz kirleticilerinin emisyonlarını azaltmak ve ayrıca proses kontrolü için önemlidir. Fırın enerji verimliliği için de önemlidir.

Rafinasyon ve döküm işlemlerinde eriyiğin sıcaklığı 500°C'nin altındaysa kalay emisyonlarından kaçınılabılır. Gerçekten de, Şekil 5.8'de gösterildiği gibi, kalayın buhar basıncı, kalay erime noktasının üzerinde birkaç yüz santigrat dereceye kadar çok düşük (kurşuna kıyasla ihmal edilebilir). Bu rakam Metallo-Chimique tarafından [364, Metallo-Chimique 2014] 'de belirtilen verilere dayanarak oluşturulmuştur.



Kaynak: [ 364, Metallo-Chimique 2014 ]

### Şekil 5.8: Kurşun ve kalay buharı basınçları arasındaki karşılaştırma

*Tozlu cüruf/kalıntıları gidermek için kapalı mekanik kepçeler*

Tozlu cüruf/tortular kapalı bir mekanik kepçe ile giderilir ve daha sonra kapalı kaplarda boşaltılır.

Fırınlar veya duman tahliyeli ısıtıcılar üzerindeki kapaklar veya davlumbazlar (bkz. Bölüm 2.12.4.3)

Kurşun ve kalay malzemelerini ergetmek için bir pota fırını veya kazan uygulanır. Emisyonları toplamak için, pota fırınına veya kazana bir ekstraksiyon başlığı yerleştirilir. Arıtma kazanı, rafinasyon reaksiyonu ve kimyasalların eklenmesi sırasında kapalı kalan kapaklarla kapatılabilir. Ergimiş kurşun otomatik olarak kapalı bir sisteme pompalanır ve bir rafine etme aşamasından diğerine aktarılır. Duman çıkarma ve doldurma noktalarında duman ekstraksiyonu da kullanılmalıdır. Toplanan emisyonlar ıslak rafinasyon işlemlerinden egzoz gazı yapışkan malzeme içeren gazlardan oluşuyorsa, (örn. sodyum hidroksit.) daha sonra bir torba filtreye veya ıslak gaz yıkayıcıya gönderilir

*Vakum eritme ve arıtma teknolojisi*

Bir kurşun-kalay alaşımı yüksek sıcaklıklarda vakum damıtma yoluyla kurşun ve kalay olarak ayrılabilir.

Diğer teknikler için, yukarıda belirtilen bölümlere bakınız.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Eriyik sıcaklık kontrolü*

Ağır metal emisyonlarının önlenmesi ve enerji tüketiminde azalma.

*Tozlu cüruf/kalıntıları gidermek için kapalı mekanik kepçeler*

Yayıllı emisyonların önlenmesi.

*Duman tahliyeli fırınlar veya ısıtıcılar üzerindeki kapaklar veya davlumbazlar*

Dağınık emisyonların azaltılması.

*Torba filtresi*

- Toz ve ağır metal emisyonlarının azaltılması.
- Hammadde tüketiminde azalma.
- Toplanan materyal eritme işleminde geri dönüştürülür.

*Islak gaz yıkayıcı*

Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2'ye bakınız.

*Vakum eritme ve arıtma teknolojisi*

Toz ve ağır metal emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Yeniden ergitme, rafine etme ve alaşımlama genellikle dolaylı olarak ısıtılmış pota fırınlarında veya elektrik, yağ veya gazla ısıtılan ısıtıcılar içinde gerçekleştirilir. Kazanın bir gaz brülörü ile doğrudan ısıtılması da uygulanır. Rafinasyon kazanı, yüksek miktarlarda organik madde içeren hurda (kurşun ve kalay) eritmeye uygun değildir. Tüm ekipmanlar, dışarıdan çıkan emisyonları önlemek için uygulanan ek önlemlerle bir binada kurulmaktadır.

Metallo-Chimique'de, bir kurşun kalay alaşımını ayırmak için vakumlu damıtma kullanılır. Kazanlar (yeniden) ergitme ve rafine için kullanılır. Tablo 5.44, bu işlemlerden kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 5.44: Metallo-Chimique Beerse'deki rafinasyon işleminden kaynaklanan emisyonlar**

Fırın tipi	Gaz arıtma	Emisyonlar
Kazanlar	Torba filtre	Toz < 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Vakum fırını	Yok	İlgili Değil
Kaynak: [ 397, ILA 2012 ]		

Aurubis Hamburg'da ve KGHM'nin Legnica'daki fabrikasında, rafinasyon kazanları kapaklarla kaplıdır. Kapaklar, arıtma reaksiyonu ve kimyasalların eklenmesi sırasında kapatılır. Fırına sadece büyük bloklar/hurdalar beslenir. Duman tahliyesi uygulanır. Ergimiş kurşun otomatik olarak kapalı bir sisteme pompalanır ve bir rafine etme aşamasından diğerine aktarılır. Tozlu cüruf/tortular kapalı bir mekanik kepçe ile giderilir ve kapalı kaplara boşaltılır. Kurşun dökümden kaynaklanan dumanları yakalamak için davlumbazlar monte edilmiştir. Rafine etme adımlarından toplanan tüm gazlar, merkezi torba filtrede işlenir. Temizlenen çıkış gazında, sürekli ölçümlere göre 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 10 mg/Nm<sup>3</sup> (yarım saatlik ortalama) ile 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 4,9 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama) arasında toz seviyeleri rapor edilir.

Umicore Hoboken'in kurşun rafinerisinde, saf olmayan kurşun, düşük NO<sub>x</sub> gaz brülörleri ile ısıtılan bir dizi kazanda rafine edilir. Brülörlerin artık sıcaklığı, bir kazanda 10 bar'lık buhar üretmek için kullanılır. Tüm kazanlar kapalı kapaklarla desteklenir ve negatif basınçta tutulur.

Cüruf giderme, kapalı bir kayma sistemi ile aspirasyon altında otomatik olarak yapılır. Tüm kuru işlemlerin havası bir torba filtresinde temizlenir. Sb, Sn ve As tuzları Harris prosesinde kurşundan uzaklaştırılır ve daha sonra hidrometalurjik bir işlemde arıtılır. Bu işlemlerden çıkan egzoz gazları ve buharları, sodyum hidroksit kullanıldığı ısıtıcılardaki egzoz gazları ile birlikte, ıslak gaz temizleyici ile temizlenir.

Tablo 5.45, arıtma ve döküm işleminden kaynaklanan emisyon verilerini göstermektedir.

**Tablo 5.45: Rafinasyon ve dökümden kaynaklanan emisyon verileri**

Tesis	Teknik	Kirlenici	Emisyon (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme
			Min.	Ort.	Maks.	
2.1	Torba filtre	Toz	0,28	0,44	1,02	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	1,56	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,04	NR	
2.2	Torba filtre	Toz	0,27	0,64	2,75	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	0,61	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,08	NR	
2.3	Torba filtre	Toz	0,33	0,46	2,37	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	0,32	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,14	NR	
2.4	Torba filtre	Toz	0,14	0,23	3,81	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	0,79	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,06	NR	
2.5	Torba filtre	Toz	0,16	0,26	0,94	Sürekli

						(Günlük ortalama)
		Toz	NR	1,1	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,04	NR	
2.6	Torba filtre	Toz	0,13	0,4	2	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	1,3	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,03	NR	
2.7	Torba filtre	Toz	0,98	1,78	3	Sürekli (Günlük ortalama)
		Toz	NR	0,35	NR	Yılda bir defa
		Pb	NR	0,25	NR	
5.1	Torba filtre (85 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	0,015	0,097	0,26	Yılda dört defa (dört saatlik örnekler)
		Pd	0,003	0,014	0,033	
		Cd	0	0	0	
		Cu+Pb+Zn+Ni ve bileşikleri	0,005	0,017	0,036	
		Sb+Sn+Te ve bileşikleri	0,004	0,005	0,006	
		Cd+As+Hg+Tl+Se Ve bileşikleri	0,006	0,008	0,01	
		TVOC	12,3	15	17,6	Yılda iki defa (4 saatlik örnekler)
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,05	0,05	0,05	Yılda bir defa
5.2	Venturi ıslak gaz yıkayıcı, torba filtre (42 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	0,3	1	10	Yılda 4 defa (4 saatlik ortalama)
		Pb ve bileşikleri	0,009	0,39	1,3	
		Cd ve bileşikleri	0,001	0,001	0,003	
		Cu+Pb+Zn+Ni Ve bileşikleri	0,09	0,41	1,3	
		Sb+Sn+Te ve bileşikleri	0,003	0,032	0,094	
		Cd+As+Hg+Tl+Se Ve bileşikleri	0,007	0,027	0,054	Yılda iki defa (4 saatlik örnekler)
		VOC'ler (karbon gibi)	9,5	29,3	49	
		HCl	0,17	0,17	0,17	Yılda bir defa (4 saatlik örnekler)
		SO <sub>2</sub>	1	5	10	Yılda 1 defa
		PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )	0,06	0,06	0,06	
6.1	Torba filtre (kazan emişi)	Toz	< 1	< 1	< 1	Sürekli (Yarım saatlik ortalama)
		Pb	< 1	< 1	< 1	Yılda bir defa
		Hg+Tl	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
		Pb+Ni+Se	< 0,05	< 0,05	< 0,05	Her üç yılda bir
		Sb+Cu+Sn	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
		As+Cd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
7.1	Torba filtre	Toz	< 0,5	1	4,6	Yılda beş defa
		Pb	< 0,05	0,11	0,4	
		As+Cd	< 0,005	0,07	0,26	
7.2	Torba filtre	Toz	< 0,5	0,16	0,3	Yılda üç defa
		Pb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	Yılda bir defa
		As+Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
10.1	Torba filtre	PM <sub>10</sub>	0,02	0,82	2	Yılda dört defa
		Tozdaki Cu	0,0003	0,006	0,04	
		Tozdaki Pb	0,0008	0,11	0,8	
		Tozdaki As	0,0001	0,004	0,028	
		NO <sub>2</sub>	0,02	2	36	
		SO <sub>2</sub>	0,15	1,6	21	
		CO	2,5	15	37	
10.2	Torba filtre	PM <sub>10</sub>	0,02	0,82	2	Yılda dört defa
		Tozdaki Cu	0,0003	0,006	0,04	
		Tozdaki Pb	0,0009	0,11	0,8	

		Tozdaki As	0,0001	0,0042	0,028	
		NO <sub>2</sub>	0,02	2	36	
		SO <sub>2</sub>	1,5	180	770	
		CO	2,5	15	37	
13	Torba filtre	PM <sub>10</sub>	NR	< 0,5	NR	Yılda iki defa (4 saatlik örnekler)
		Cu		< 0,0005		
		Pb		0,0011		
		Zn		0,0018		
		Cd		< 0,0005		
		As		< 0,0005		
		Sb		< 0,0005		
		Ni		< 0,0005		
14	Torba filtre	Toz	0,17	1,4	4,6	Her onbeş günde bir
		Pb	0,001	0,04	0,4	
		Zn+Sb+Cu+Cr+Mn+As+Cd+Ni	0,003	0,04	0,13	
15.1	Torba filtre (90 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	0,02	0,2	0,86	Toz yılda altı defa Metal yılda iki defa (3-5 saatlik örnekler)
		Pb	0,02	0,06	0,09	
		Cu	0,005	0,006	0,007	
		As	0,0007	0,004	0,007	
		Sb	0,02	0,25	0,49	
		Zn	0,007	0,008	0,008	
15.2	Gaz yıkayıcı (70 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	0,42	2,17	6,01	Yılda onüç defa (2-5 saatlik örnekler)
		Pb	0,01	0,17	1,19	
		Cu	0,0004	0,01	0,05	
		As	0,001	0,02	0,09	
		Sb	0,14	0,92	2,18	
		Zn	0,0006	0,03	0,2	
16	Emiş davlumbazı, Torba filtre, induklenmiş çekme fanı	Toz	0,03	0,31	0,84	Yılda 24 defa
		Pb	0,02	0,13	0,4	Aılda 12 defa
		Cd	< 0,001	< 0,001	0,002	
		Sb	< 0,001	< 0,001	0,011	
18	Torba filtre (100 000 Nm <sup>3</sup> /h)	Toz	0,5	NR	4,9	Sürekli (günlük ortalama)
		Cu	< 0,01		0,1	Yılda 4 defa (30 dakidada bir 3 örnek)
		Pb	0,01		0,31	
		Ni			< 0,02	
		As	< 0,01		0,3	
		Cd	< 0,01		0,02	

NB: NR = Bilgi verilmedi.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 385, Germany 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

*Eriyik sıcaklık kontrolü*

Bilgi verilmedi.

*Tozlu cüruf/kalıntıları gidermek için kapalı mekanik kapaklar*

Bilgi verilmedi.

*Duman tahliyeli fırınlar veya kazanlar üzerindeki kapaklar veya davlumbazlar*

Bilgi verilmedi.

*Torba filtresi*

- Enerji kullanımında artış.
- Metallerin geri kazanımı için tozun işlenmesi içten veya dıştan yapılmalıdır.

*Islak gaz yıkayıcı*

Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2'ye bakınız.

*Vakum ergitme ve arıtma teknolojisi*  
Bilgi verilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Yukarıda listelenen teknikler genellikle uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulama için itici güç**

Çevresel düzenleme şartları.

### **Örnek Tesisler**

KGHM (PL), Muldenhütten Geri Dönüşüm ve Umwelttechnik (DE), BSB Geri Dönüşüm (DE), HJ Enthoven & Sons (İngiltere), Metallo-Chimique (BE), Weser-Metall (DE), Aurubis (DE) ve Umicore (BE).

### **Referans literatür**

[397, İLA 2012]

## **5.3.6. Atık su**

### **Atık suları önleyen teknikler**

#### **Açıklama**

Kurşun ve kalay üretim tesisinde üretilen tüm atık sular için deşarj işleminden önce atık su arıtımı gereklidir [397, İLA 2012].

Arıtılacak atık su miktarı, aşağıdaki tekniklerle azaltılabilir.

- Aynı atık su akışlarının çoklu kullanımları:
- soğutma suyunu basamaklayarak;
- soğutma suyu veya yoğunlaştırılmış buharı işlem amacıyla tekrar kullanarak;
- mümkün ise başka bir uygulama için proses suyunu yeniden kullanarak.
- Islak proses gazı arıtma tekniklerinden kaçınmak.
- İkincil ısı eşanjörleri olarak hava soğutucularla kapalı devre soğutmanın kullanılması.
- Buharlaştırma soğutucularının drenajını en aza indirmek.
- Yeniden kullanım için arıtmadan sonra sirkülasyondaki su akışları.
- Proses su akışlarından kirlenmemiş su akışlarını (örneğin yağmur suyu, temassız soğutma suyu) ayırmak. Not: Kontak soğutma suyu proses suyu olarak kabul edilir.

#### **Teknik açıklama**

*Aynı atık suyun birden fazla kullanımı için işlem amacıyla yoğunlaştırılmış buharın yeniden kullanılması*

Alkali süzme işleminde, sodyum sülfatın kristalleştirilmesi sırasında, kristalizasyondan kaynaklanan su, alkali tuzu çözeltisinin yapılması için kullanılır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Kullanılan tatlı suyun azaltılması.
- Su pompalamak için kullanılan enerjinin azaltılması.
- Atık su arıtma tesisinde kullanılan reaktiflerin miktarının azaltılması.
- Yayılan atık su miktarının ve atık suda bulunan kirleticilerin azaltılması.
- Alıcı su kütesine aktarılan ısının azaltılması.

#### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Umicore Hoboken'de, ergitme gazlarını soğutmak için enjekte edilen su, hammaddeden gelen suyla birlikte yoğunlaştırılır ve bu gaz akışının söndürülmesi için yeniden kullanılır. Yüksek fırında, kuru gaz arıtma işlemi, suyun kullanımını engeller. Kurşun rafinerisinde, bütün kuru gazlar bir torba filtrede arıtılır; sadece daha yüksek su içeriği olan veya yapışkan malzeme içeren

gazlar, bir ıslak gaz temizleyicide temizlenir. Yağmur suyu, fazla yağmurlama suyu, soğutma suyu ve drenaj suyu bir kanalizasyon sisteminde toplanır ve yağmurlama suyu ve soğutma suyu olarak yeniden kullanılmak üzere artırılır, böylece fabrikada ihtiyaç duyulan toplam su miktarının% 60'ı sağlanır. En aza indirilmiş buharlaşma için soğutma kuleleri uygulanır.

### Çapraz ortam etkileri

- Yatırım maliyetinde artış.
- Sürecin artan karmaşıklığı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

*Aynı atık suyun birden fazla kullanımı ve arıtmadan sonra yeniden kullanım için sirkülasyon suyu akışları*

Bu teknikler, sadece bir sonraki uygulama için gerekli kriterler, akış hızı, sıcaklık, bileşim ve asitlik açısından karşılanırsa uygulanabilir.

*Islak proses gaz arıtma tekniklerinden kaçınmak*

Bu teknik, arıtılacak gazlar çok miktarda su, asit sisi veya yapışkan madde içerdiğinde uygulanamaz.

*İkincil ısı eşanjörleri olarak hava soğutmalı kapalı döngü soğutma*

Bu teknik, hava soğutucularını monte etmek için daha fazla alan gerektiğinden ve evaporatör soğutuculara kıyasla hava soğutucularının daha az verimli ısı transferi nedeniyle uygun bir alan gerektirir.

### Ekonomi

Mevcut tesislerde, bu tekniklerin uygulanması yüksek yatırım maliyetlerini içerebilir.

*Aynı atık su akışının çoklu kullanımı*

Bu, bağımlı süreçlerin girdi ve çıktılarını dengelemek için ara depolama kapasitesine ek yatırım gerektirir.

*Proses suyu akışlarından kirlenmemiş suyun ayrılması*

Ayrı kanalizasyon sistemlerine yapılan yatırım için, potansiyel olarak geri kazanılabilen, kirlenmemiş yağmur suyunun miktarını hesaba katarak, ekonomik bir değerlendirme yapılmalıdır.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel yasal düzenlemeler.
- Atık su üretiminin önlenmesi, atık su arıtma tesisinin arıtma maliyetlerini düşürmektedir.

### Örnek Tesisler

Avrupa'da tüm tesisler.

### Referans literatür

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

## ■■■■■■■■■■ Inorganik atıksu arıtma işlemi

### Açıklama

Çoğu AB-28 tesisi, inorganik arıtma işlemini atık sularına uygular. Bu işlem aşağıdaki adımları içerir:

- çökme;
- muhtemel oksidasyon;
- hidroksit çökmesi;
- sülfür çökeltme;
- artık sülfür mevcut olduğunda bir demir (III) sülfat çözeltisinin ilave edilmesi;
- arsenik kaldırmak için FeCl<sub>3</sub> eklenmesi;
- filtrasyon;



- pH ayarı.

### **Teknik açıklama**

Atık su için bir arıtma tesisi, her tür atık su için uygulanan çeşitli aşamalara sahiptir. Genel olarak, atık suların kalitesinin iyileştirilmemesi nedeniyle, bireysel atık su akışlarının ayrı ayrı muamele edilmesi ya da ön-muamele edilmesi avantajlı değildir [397, ILA 2012].

AB-28 kurşun ve kalay tesislerinde, tipik bir atık su tesisi hidroksit çökeltisine sahiptir, bazı durumlarda sülfür çökeltmesi izlemektedir. Arsenik parlatma  $FeCl_3$  kullanılarak yapılabilir. Gerekirse (yani, nehirlere doğrudan deşarj için), herhangi bir sülfür fazlası, bir demir (III) sülfat çözeltisinin eklenmesiyle ortadan kaldırılabılır.

#### *Çökme ve oksidasyon ihtimali*

Tüm üretim atık suları, atık suyu depolamak için yeterli kapasiteye sahip bir toplama havuzuna geçirilebilir. Bu göletin giriş alanı, suyun altında bir su akışına sahiptir, böylece yüzen (fraksiyon, tahta, plastik, yağ vb.) fraksiyonlar çıkarılabilir. Sülfürik asit veya sodyum hidroksit eklenmesi, pH'nın sonraki reaksiyon tankında dozlama için kabul edilebilir bir aralıkta tutulmasını sağlar. Sudaki yüksek sülfid içeriği ile oksidasyon gerekli olabilir (hava veya kimyasal maddeler).

Yağmur suyu için aynı düzenleme kullanılabilir. Bu durumda, bazı sular yeniden kullanılmak üzere geri pompalanabilir.

#### *Hidroksit çökeltmesi*

Sıvı, bir karıştırıcı ile bir tank içine pompalanır. Sodyum hidroksit ve flokülasyon ajanları eklenerek pH 9.5-10.0'a ayarlanır. Hidroksit flotasyonları filtreleme veya çökeltme ve filtreleme ile ayrılır. Bu aşamada veya ikinci bir hidroksit çökeltme adımında arsenik atık sudan arındırmak için  $FeCl_3$  eklenebilir.

#### *Sülfür çökeltmesi*

Su, sülfürik asit ile dozaın pH 7.5-8.5 olmasını sağladığı ikinci reaksiyon tankına geçebilir. Sodyum sülfür/sodyum hidrojen sülfür solüsyonunun eklenmesi, çözünen metal iyonlarıyla reaksiyona girerek, ağır bir çözünür sülfid çökeltisi oluşturarak, filtreleme veya çökeltme ve filtreleme yoluyla uzaklaştırılabilir.

#### *Demir (III) sülfat çözeltisinin eklenmesi*

Suda artık sülfür mevcutsa, fazla sülfürü gidermek için bir demir (III) sülfat çözeltisinin eklenmesi gerçekleştirilebilir. Su, daha sonra çökeltiyi uzaklaştırmak için süzülür (yani, filtre pres artı kum filtresi veya membran filtresi).

Kirlenmemiş soğutma suyu tercihen yeniden kullanılır; gerekirse, önce bir hava soğutucusuyla soğutulur. Bu mümkün değilse, alıcı su termal yükü kabul ederse, ayrı olarak deşarj edilebilir.

Yerel koşullara bağlı olarak, özellikle tarım için kullanılıyorsa, kamu kanalizasyon çamurunun kirlenmesini azaltmak için katı maddelerin en fazla metalle giderilmesi için ön hazırlık aşamaları gerekebilir.

Kurşun tesisi bir bakır ergitme izabesinin içine yerleştirildiğinde, kurşun tesisinden nispeten küçük atık su akıntıları, ilgili atık su sistemlerine boşaltılır; Yağmur suyu ve soğutma sisteminden sızan atık su kanalizasyonuna ve son olarak atık su arıtma tesisine deşarj edilir. Teknoloji, yağmur suyu tutma ve polielektrolit yardımı ile nihai koagülasyona dayanmaktadır.

Sihhi sular ayrı bir kanalizasyon sistemine sahiptir ve bir kamu kanalizasyon sistemine veya uygun bir fosseptike tahliye edilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Atık sudaki kirlenici içeriğinin azaltılması.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Atık su, hacim ölçümü ve pH problemleri ile sürekli olarak izlenir. Su kalitesi, izin koşullarına göre sürekli olarak (günlük, vardiya veya diğer) veya rastgele örnekleme yoluyla örneklendir. Örnekler

## Bölüm 5

yine izin koşullarına göre Pb, Cd, As, Cu, Fe ve bazen diğer metaller ve diğer parametreler için analiz edilir. Yerel koşullara ve üretim teknolojisine bağlı olarak atık su hacmi, ton başına 6 m<sup>3</sup>'e kadar çıkabilir [397, ILA 2012].

**Tablo 5.46: Kurşun ve teneke üretim tesislerinden suya emisyonlar**

Tesis (alıcı su kütleli)	Atıksu ve teknik	Kirlenme	Değerler (mg/l)			Görüntüleme Sıklığı
			Min.	Ort.	Maks.	
1 (Deniz)	Tesis alanından atıksu ve toplanan yağmur/drenaj suyu Metal hidroksitlerin sodyum hidroksit (kostik) kullanılarak çökeltilmesi	Pb	< 0,01	0,04	0,06	Sürekli kompozit örnekleme ve ölçüm (haftalık ortalama)
		Zn	< 0,005	0,01	0,02	
		Cd	< 0,001	0,004	0,005	
		As	< 0,02	0,01	0,02	
		Cu	< 0,005	0,007	0,03	
2.4 (Nehir)	Yağmur suyu ve alan drenaj yüzey suyu Deşarjdan önce flokülasyon, pH ayarı, filtrasyon ve son pH ayarlaması	Pb	< 0,001	0,096	0,267	Yılda 128 kez (yani her deşarj)  Tek rastgele örnek ve ölçüm
		As	0,004	0,032	0,071	
		Cd	0,001	0,007	0,023	
		Cu	< 0,001	0,016	0,034	
		Ni	0,007	0,05	0,201	
		Zn	0,005	0,143	1,072	
		Sb	0,04	0,196	0,465	
		Askıdaki katılar	3	10	25	
		pH	7,4	8,2	9	
4 (Nehir)	Proses atıksuyu ve yağmur suyu Fiziksel ve kimyasal arıtma kombinasyonları	Pb	0,1	0,22	0,4	Nokta ölçümü ve periyodik ölçüm (aylık ortalama)
		Ni	0,01	0,02	0,03	
		Cu	< 0,005	0,008	0,03	Kompozit örnekleme (haftalık ortalama)
5 (Nehir)	İkincil kaynaklardan gelen kurşunların geri kazanımı için proses tesis alanlarından proses suları ve yüzey suları  pH ayarı, demir klorür ilavesi, flokülasyon ve çökeltilme. Anyonik/katyonik flokülasyon, mekanik filtrasyon	Pb (kg/d)	0,06	0,57	1,45	Yılda 156 defa  Periyodik kompozit örnekleme ve ölçüm
		Cd (kg/d)	0,003	0,115	0,552	
		Sb (kg/d)	0,002	0,212	1,096	
		As (kg/d)	0,001	0,018	0,092	
		Cu (kg/d)	0,001	0,017	0,046	
		Hg (kg/d)	0,001	0,002	0,009	
		Ni (kg/d)	0,001	0,13	0,428	
		NH <sub>4</sub> (amonyum gibi) (kg/d)	0,21	2,47	6,17	
6 (Nehir)	Proses suyu (kırıcı tesis), soğutma suyu (redüksiyon, rafineri), yüzey akma suyu (yağmurlama sistemi, yağmur, süpürme makinesi, vb.)	Pb	NR	< 0,05	0,13	Yılda 50 defa  Tek rastgele örnek
		Cu		0,023	0,06	
		Ni		0,096	0,13	
		Zn		< 0,05	0,62	
	Çamurların çökmesi, sülfür çökeltilme, nötralizasyon ve aglomerasyon, sedimantasyon, iyon değiştirici, pH kontrolü.	As		0,011	0,05	Yılda iki defa
		Hg		0,01	0,01	
		Sb		0,084	0,52	
		Cd		0,03	0,22	
		Fe		0,3	1,2	
		N		8	8	

		P		0,05	0,05	Tekil rasgele örnek
		AOX		0,05	0,06	Yılda 12 defa
		CSB		14	39	Yılda elli defa
		Hydrocarbons		1	1	Yılda iki defa
		Fish toxicity		2	2	Yılda iki defa
7 (Nehir)	Arıtılmış atık suyun yarısı ikincil kurşun işleminde (kırıcı, döner ve rafineri tesisi ve yüzey suları) gelir. Diğer yarısı başka aktivitelerden gelir. Sodyum sülfid çökeltisi, kum filtreli sedimentasyon + filtrasyon	Pb	< 0,05	0,07	0,26	Yılda 365 defa  Tekil rasgele örnek
		Cd	< 0,005	< 0,005	0,005	
		Cu	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
		As	< 0,01	0,02	0,05	
		Ni	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
		AOX	< 0,05	0,1	0,237	
8 (Kamu Kanalizasyonu)	Bütün tesis Dört aşamalı arıtma: 1. Arsenik aşaması: FeCl <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ekleyerek arsenik çökeltme ve flokülasyon 2. Hidroksit aşaması: çeşitli metallerin hidroksit çökeltmesi (esas olarak Pb, Cd, Zn) ve Ca (OH) 2 eklenerek flokülasyon 3. Talyum aşaması: talyum ekleyerek çökeltme ve flokülasyon Na <sub>2</sub> S, Al (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 4. Nötralizasyon	Pb	0,031	0,05	0,074	Yılda 820 defa  Tekil rasgele örnek
		Cd	< 0,01	< 0,0	0,13	
		Zn	0,021	0,05	0,6	
		Cu	< 0,05	< 0,05	0,05	
		As	0,01	0,02	0,1	
		Ni	< 0,05	< 0,05	0,2	
		Tl	0,02	0,1	0,9	
		Klorid	971	NR	2580	
9 (River)	Proses suyu, yağmur ve yüzey suyu  Sodyum hidroksit ve demir (III) klorür çözültisi (1. aşama) ve iyon değiştirici (2. adım) ilavesiyle pH değerinin artmasıyla metallerin çökeltmesi	Pb	0,01	0,033	0,2	Yılda 300 kez  Periyodik kompozit örnekleme; (haftalık ortalama)
		Cd	0,01	0,015	0,03	
		Zn	0,01	0,05	0,1	
		Fe	0,04	0,051	0,06	
		Cu	0,01	0,015	0,02	
		Ni	0,01	0,015	0,1	
11 Nehir	Yağmur suyu	Pb	0,05	0,05	0,05	Yılda 12 kez  24 saatlik periyodik kompozit numune
		As	0,001	0,0015	0,0044	
		Zn	0,01	0,041	0,057	
		Cd	0,005	0,046	0,25	
		Ni	0,015	0,0165	0,033	
	Ca(OH) <sub>2</sub> ile alkalileştirme flokülasyon, bentonit	TDS	1200	2899	6600	
		COD	2,5	21,9	44	
		C10-C40	0,01	0,028	0,032	
12 (NR)	Sıhhi su, proses suyu ve yağmur suyu karışımı  Fiziko-kimyasal arıtma süreci	TSS	2,5	3,96	14	Yılda 4 kez  Nokta ölçümü
		Pb	0	0,14	0,3	
		Cu	0	0,61	1	
		Cd	0,068	0,13	0,165	
		Zn	0,32	0,89	1,2	
		Ni	0	0,01	0,02	
		As	0	0	0	
		Na	550	674	950	
		Sn	0,13	0,42	0,66	
Fe	0	0,05	0,2			
13 (kamu kanalizasyonu)	Sıhhi su, proses suyu (çok metalik) ve yağmur suyu karışımı Fiziko-kimyasal arıtma işlemi (demir	Sülfidler	483	528	590	Yılda 5 kez  Periyodik kompozit
		Pb	0,02	0,022	0,029	
		Cu	0,0257	0,032	0,044	
		Cd	0,001	0,0012	0,0018	
		Zn	0,0232	0,036	0,066	

	triklorürün eklenmesi, kireç sütünün eklenmesi, polielektrolitin eklenmesi. Bir çöktürücü tarafından uzaklaştırılan askıda partiküller. Bir filtre ile çıkan çamurlar. Su, kum filtresi ile filtrelenir ve CO2 ilavesiyle pH ayarlanır.	Ni	0,056	0,062	0,075	günlük örnekleme	
		As	0,0178	0,0198	0,0207		
14 Nehir	Temizlik işlerinden su, yağmur suyu ve polipropilen aşamalı temizlikten gelen su Kirlenici unsurları ortadan kaldırmak için pH ve flokülantları ayarlamak için NaOH ile fiziksel ve kimyasal arıtma	Pb	0,02	0,103	0,25	Her 7-10 gün Tek rastgele örnekleme	
		As	0,1	0,1	0,1		
		Cd	0,09	0,242	0,7		
		Ni	0,25	0,645	2,47		
		Cu	0	0	0		
		Zn	0,18	0,746	2		
		pH	8,4	8,93	9,48		
15 (Nehir)	Proses atıksu, yağmur suyu, fazla yağmurlama suyu, soğutma suyu ve drenaj suyu Kireç ilavesi ile fiziksel kimyasal işlem, FeCl3 ile parlatma, NaSH ile son parlatma	Pb	0,005	0,02	0,04	Yılda 12 kez Sürekli kompozit örnekleme	
		Cd	0,003	0,007	0,011		
		Zn	0,01	0,03	0,05		
		Cu	< 0,002	0,01	0,05		
		As	0,04	0,09	0,17		
		Ni	0,01	0,03	0,05		
		Tl	< 0,01	0,22	0,83		
		Sn	0,03	0,14	0,31		
		Sb	< 0,01	0,14	0,31		
	AOX	0,88	1,8	2,9	Yılda 9 kez		
16	Kurşun ve çinko tesislerinden gelen atık su Üç adımlı arıtma: 1. Hidroksit aşaması:	Sülfür (çözünme miş):	< 0,04	NR	0,09	15 ölçüm 2008–2010 arasında	
		Pb	0,001		0,05		
		Cd	< 0,000		0,01		
	NaOH ilave edilerek birkaç metal hidroksit çöktürülmesi ve flokülasyon, ayrılmış hidroksitler filtrasyonu 2. Sülfid aşaması: S <sup>2-</sup> iyonları ekleyerek çözünmekte olan metal iyonlarının çöktürülmesi 3. Fe (III) evresi: Fe <sup>3+</sup> + iyonları ekleyerek fazla sülfür iyonlarının çökmesi, çöktürülmesinin süzülmesi	Cu	< 0,01	NR	0,04	15 ölçüm 2008–2010 arasında	
		Hg	< 0,0005		0,00066		
		Tl	0,01		0,85		
		Zn	< 0,01		0,14		
		As	0,00052		0,29		
		Ni	< 0,01		0,04		
		Fe	0,03		2,8		
18.1 (Nehir)	Tüm sahadan proses suyu: gaz yıkama primer bakır eritme ve ikincil bakır/kurşun eritici, asit tesisinden çıkan atık maddeler, değerli metaller tesisi ve selenyum tesisi Demir (III) ile As uzaklaştırılması, metallerin nötralizasyonu ve çöktürülmesi (1. aşama) ve demir (II) ile birlikte sülfür çöktürülmesi	Pb		NR	0,03*	0,05	Tek rastgele örnekleme ve ölçüm (aylık ortalama)
		Cu			0,05*	0,2	Rasgele tek örnek ve ölçüm (haftalık ortalama)
		As			0,06*	0,09	Tek rasgele örnek ve ölçüm (aylık ortalama)
		Ni			0,05*	0,06	Tek rasgele örnek ve ölçüm (aylık ortalama)
		Zn			0,17*	0,2	Tek rasgele örnek ve ölçüm (aylık ortalama)
		Cd			0,01*	0,02	Tek rasgele örnek ve ölçüm (haftalık ortalama)
		Hg			0,019*	0,024	Tek rasgele örnek ve ölçüm (haftalık ortalama)
18.2	İkincil bakır/kurşun dumanından oluşan yüzey	Pb	NR	0,14*	0,5	Tek rasgele örnek ve ölçüm	

(Nehir)	akış suyu, şekil kurulum, kurşun rafinerisi	Cu	0,18*	0,5	(aylık ortalama)
		As	0,03*	0,09	Tek rasgele örnek ve ölçüm (haftalık ortalama)
	Topaklaşma ile arıtma, pH ayarlaması ile hidroksitler, flokülasyon ve çöktürme	Ni	0,14*	0,5	Tek rasgele
		Zn	0,25*	1	örnek ve ölçüm (aylık ortalama)
		Cd	0,05*	0,11	Tek rasgele
		Hg	0,0065	0,014	örnek ve ölçüm (haftalık ortalama)
* 90th percentile. NB: NR = Belirtilmedi. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 385, Germany 2012 ]					

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Çevresel düzenleme şartları.

### Örnek Tesisler

Avrupa'da tüm tesisler.

### Referans literatür

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

### 5.3.7. Proses kalıntıları

#### ■ Ana kirleticilerin kalıntılarını ve atıklarını önlemek ve en aza indirmek için teknikler

#### Açıklama

Birincil kurşun üretiminde, ana atık ve kalıntıların ana kaynakları, kurşun cevherlerinde ve bunların konsantrelerinde bulunan diğer bileşenlerdir. Bir yan ürün üretmek veya bu bileşenlerden üretilen atık miktarını azaltmak için aşağıdaki tekniklerin dikkate alınması gerekir.

- Kükürt geri kazanımı: Sülfür sülfürik asit veya sıvı SO<sub>2</sub> gibi kükürt ürünlerine dönüştürülür.
- Cd'nin çıkarılması: Cd, sülfürik asit kullanılarak sıcak ESP ile geri kazanılan tozdan arındırılır.
- Hg'nin çıkarılması: Hg, Boliden-Norzink prosesi veya aktif karbon gibi emicilerle filtreleme kullanılarak çıkarılır.
- Se ve Te ayrımı: Se ve Te (ıslak veya kuru) gaz temizliği sırasında çıkarılır. Oluşan tortular gömülür veya bu metalleri çıkarmak için yeniden kullanılır.
- Ag, Au, Bi, Sb ve Cu geri kazanımı: Bu metaller, kompleks bir eleman olarak inceltirken çıkarılır ve geri kazanım aşamasına gönderilir.
- Atık su arıtma tesisinde metallerin geri kazanımı.
- Diğer bileşenler, geri dönüşüm için oksit veya kristalli cüruף üretmek için işlenir.

#### Teknik açıklama

İyi atık yönetimi uygulamaları ya atık malzemenin en aza indirilmesini sağlar ya da atığın daha az zararlı bir maddeye dönüşmesini sağlar. Bu, arzu edilmeyen bileşenlerin konsantrite edilmesi,

çıkarılması, stabilize edilmesi ya da geri dönüştürülmesi ya da arıtma gerektiren kalıntıda daha az su elde edilmesi için flokülasyon/filtrasyon koşullarının optimize edilmesi gibi bir dizi yoldan meydana gelebilir.

Kurşun cevherleri ve konsantreleri S, Fe, CaO, Zn, Cu, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO ve BaO gibi bileşenler ve daha küçük konsantrasyonlarda Ag, As, Au, Bi, Cd, Hg, Sb, Se ve Te içerebilir. Kullanılan ikincil malzemeler tipik olarak temiz malzemelerdir (yani pil işlemeden kurşun macunu), ancak Cu veya Sb (hurda, ızgaralar, vb.) İçerebilir.

### *Kükürt geri kazanımı*

Sülfür, pazarlanabilir/yeniden kullanılabilir sülfür içeren ürünlerin (yani sülfürik asit, sıvı SO<sub>2</sub> veya alçıtaşı) üretilmesi için kullanılabilen kükürt dioksit dönüştürülür. Bu, aksi takdirde azaltımından kaynaklanacak atık üretimini önler, bkz. Bölüm 2.12.5.4.

### *Cd kaldırma*

Eritme sırasında Cd fume edilir ve sıcak ESP tarafından çöktülür. Yüksek kurşun içeriği olan tozu kurtarmak için Cd'nin ayrılması gerekir. Bu sülfürik asit kullanılarak bir süzme işlemiyle yapılır ve Cd CdCO<sub>3</sub> olarak çöktülür. Bir filtre presinden sonra, bu malzeme uygun bir depolama alanına gönderilir. Sızıntı artışı fırın işlemine geri döndürülür.

### *Se ve Te ayırma ve Hg kaldırma*

Islak gaz temizliği sırasında Se, Te ve bazı Hg çıkarılır. Kompleks kalıntı depoya gönderilir veya metal geri kazanımı için kullanılır. Proses gazındaki artık Hg, özel işlemlerle (örn. Boliden-Norzink işlemi, Dowa işlemi veya aktif karbon gibi emici maddelerle filtrasyon) çıkarılır, bkz. Bölüm 2.12.5.5, ve artıklar arıtmakta ve depolama sahasına gönderilmektedir.

### *Ag, Au, Bi, Zn ve Sb ve bazı Cu geri kazanımı*

Bu metaller, gaz temizleme veya arıtma sırasında çıkarılır. Bu metaller, kendi kullanımları veya satışları için oksitler (örn., ZnO) ve/veya bir Ag-Au alaşımı, Pb-Bi alaşımı, Pb-Sb alaşımı veya Cu matını oluşturmak üzere işlenebilir. Bu sitede veya dışında yer alabilir. Rafinasyon işlemi sırasında üretilen az miktarda ara madde ve/veya atık, geri dönüşüm prosesine veya iç geri dönüşüm için rafineriye geri gönderilir.

### *Atık su arıtma tesisinde metallerin geri kazanımı*

Metallerin bir kısmı atık su arıtma tesisine (WWTP) arıtıldıktan sonra deşarj edilir, bkz. Bölüm 5.3.6.2. Atık su arıtma tesisindeki arıtma kalıntıları yeniden sirküle edilir.

Kurşun cevheri/konsantrisinin diğer tüm bileşenleri cürufa gider. Bazı kurşun ve diğer metalleri içeren kristal bir cüruf üretilir. Cürufun bileşimi, iyi süzme özelliklerine sahip bir materyal elde etmek için akışkanların (bazıları atık malzemelerdir) eklenmesiyle ergitilmeden önce kontrol edilebilir. Düşük değer olarak kabul edilen bileşikler, diğer izabelere satılmak üzere bir yan ürün olarak (% 40'lık bir Pb konsantrasyonu ile) toplanabilir. Bazı durumlarda, Pb, Zn ve Cu içeren cüruflar, aşağı akış işlemlerinde değerlerin geri kazanılması ve metal içinde düşük olan ve düşük suda çözülmeye sahip olan ve potansiyel olarak inşaat işlemleri için kullanılabilen bir cüruf elde etmek için daha fazla dumanlanır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Malzemelerin geri kazanımı.
- Depolama sahasına giden atık maddelerle ilişkili çevresel risklerin en aza indirilmesi.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bilgi verilmedi.

### **Çapraz ortam etkileri**

#### *Kükürt geri kazanımı*

- Enerji kullanımında artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Atık üretilebilir.

**Cd kaldırma**

- Katkı maddelerinin kullanımı.
- Bertaraf gerektiren atık üretilir.

**Hg kaldırma**

- Enerji kullanımında artış.
- Bertaraf gerektiren atık üretilir.

**Se ve Te ayrımı**

- Enerji kullanımında artış.
- Se ve Te geri alınmazsa atık üretilecektir.

**Ag, Au, Bi, Sb ve Cu geri kazanımı**

Bilgi verilmedi.

**Atık su arıtma tesisinde metallerin geri kazanımı**

Bilgi verilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir. Se ve Te'nin geri kazanımı, mevcut Hg miktarı ile sınırlıdır. Atıksu arıtma çamurunun doğrudan eritilmesi, As, Tl ve Cd gibi eritmeyi bozan elementlerin varlığı ile sınırlanabilir.

**Ekonomi**

- Enerji kullanımında artış.
- Bertaraf maliyetlerinde indirim.

**Uygulama için itici güç**

Atık bertarafı için muhtemel maliyet düşüşleri, gerekli ek işlem adımının uygulanmasıyla ilişkili yüksek maliyetlere karşı dengelenecektir.

**Örnek Tesisler**

Avrupa'da, cevherleri işleyen ve/veya konsantre eden tüm birincil kurşun üretim tesisleri.

**Referans literatür**

[397, İLA 2012]

**Aküden bertarafından gelen asit ve plastiklerin harici veya dahili kullanımı****Açıklama**

Geri kazanılan sülfürik asit şunlar olabilir:

- bir dekapaj maddesi olarak kullanılır;
- kimya endüstrisinde işlenmiş;
- çatlatma ile rejenere edilir;
- jips oluşturmak için kullanılır;
- kükürt giderme işleminde sodyum sülfat üretmek için kullanılır (bkz. Bölüm 5.3.2.5).

Polipropilen çip haline getirilir ve hem dahili hem de harici olarak daha fazla kullanım için satılır veya pelet haline getirilir.

Diğer plastikler enerji geri kazanımı veya atık bertarafı için gönderilir.

**Teknik açıklama**

Kurşun-asit aküleri (SLI) aşağıdaki bileşenlerden (ağırlıkça%) oluşmaktadır:

- kurşun (alaşım) bileşenleri (ızgara, direkler, vb.): 20–30;
- Elektrot macunu (kurşun oksit ve kurşun sülfatın ince parçacıkları): 35–45;

- sülfürik asit (% 10–20 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 10–25;
- polipropilen: 5–8;
- Diğer plastik malzemeler ve diğer polimerler (PE, vb.): 2–5;
- Diğer malzemeler (cam, inorganik, silikon bileşikleri, vb.): <1. Asit ve plastik bileşenler aşağıdaki gibi işlenir:

### *Geri kazanılan sülfürik asidin kullanımı*

Kurtarılan sülfürik asit zayıftır ve daha fazla kullanımı sınırlayabilen bazı çözünmüş katışıkları, yani Fe'yi içerebilir. Asit kullanımı ayrıca yerel duruma da bağlıdır. Farklı kullanım türleri bildirilmiştir. Geri kazanılan sülfürik asit, aşağıdaki şekillerde kullanılabilir.

- Fe, Zn ve pirinç ürünlerinde temizleme asidi olarak kullanılır. Asit, daha sonra tuz olarak geri kazanılan FeSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub> çözeltilerine dönüştürüldüğü için bazı safsızlıklara sahip olabilir.
- Kimya endüstrisinde daha ileri işlemler için kullanılır.
- Çatlatma ile rejenere edilir. Harcanan asit suyu çıkarmak için konsantre hale getirilir ve daha sonra H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün SO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O ve O<sub>2</sub>'ye dönüştürüldüğü 1000-1200°C'de bir fırına püskürtülür. SO<sub>2</sub> daha sonra sülfürik asit tesisine gönderilir.
- Alçı oluşturmak için kullanılır. Bu durumda, harcanan asit kireç Ca (OH)<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = CaSO<sub>4</sub> \*2H<sub>2</sub>O ile karıştırılır. Alçı filtrasyon ile ayrılır.
- Kurşun macunu ve kireç ile birlikte ele alınır ve cüruf oluşumu için kireç kullanan ve sülfat içeriğindeki yeni asidi geri kazanan ana öğütücülere satılır.
- Kükürt giderme işleminde sodyum sülfat oluşturmak için kullanılır (bkz. Bölüm 5.3.2.5). Burada harcanan sülfürik asit, bir kükürt giderme reaktöründe kurşun-asit batarya macunu ve alkali tuzu solüsyonuna ilave edilir ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tepkimeye ilk olarak PbSO<sub>4</sub>'ü oluşturmak üzere katılır.

### *Polipropilen kullanımı (PP)*

Akü kovanları, safsızlıkları (sülfürik asit ve kurşun) çıkarmak için temizlenir ve daha sonra çipler halinde kırılır. Atık su, atık su arıtma tesisine gönderilir. Malzeme yüksek bir ekonomik değere sahiptir ve PP çip olarak satılabilir. Bazı şirketler PP çiplerini dahili olarak işler ve müşterilerin özel teknik gereksinimlerine göre tasarlanmış pelet formunda yüksek kaliteli PP bileşiklerini üretirler.

### *Diğer plastiklerin kullanımı (PE, vb.)*

Ayırıcılar, yüksek miktarda dolgu malzemesine sahip, çoğunlukla PE'den oluşur. Pil teknolojisine bağlı olarak, ayırıcılar kurşun içerebilir. Bu nedenle, bu materyal enerji geri kazanımı veya atık bertarafı için hedeflenmiştir. Fırınlarda indirgeyici bir madde olarak da kullanılabilir.

Bir izabe, sodyum sülfat kurutma ve elektrik enerjisi için buhar üretmek üzere kendi atık yakma tesisine sahiptir (bkz. Kısım 5.3.2.5).

Pil muhafazasının üretimi artık ebonite ihtiyaç duymaz ve toplanan pillerdeki içerik değişir, ancak azalır. Ebonit, yüksek seviyede sülfür ve dolgu malzemesi içeren sert bir kauçuktur. Ülkelere, araba nüfusunun yaşına ve toplanan pillerin kaynağına bağlı olarak, bu malzeme ayrı ayrı veya diğer plastik parçalarla birlikte geri kazanılabilir. Ebonitin enerji geri kazanımı veya atık bertarafı açısından başka bir kullanımı yoktur.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Çeşitli fraksiyonların kullanılması atık madde miktarını azaltır.
- Bazı uygulamalarda sülfürik akü asidi yeni sülfürik asidin yerine geçer.
- Alçı imalatı doğal alçıyı değiştirerek kaynakları korur.
- Bakir PP yerine geri kazanılmış PP kullanılır.
- Diğer plastiklerden ve ebonitten enerji geri kazanımı enerji tasarrufu sağlar veya enerji üretir.



### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Harz-Metall fabrikasında, batarya avlusundan yakalanan seyreltik asit, özel olarak tasarlanmış bir atık su arıtma tesisinde batarya arıtma hattından gelen atık su ile birlikte arıtılmaktadır. Burada asit, (pis) alçıtaşı çöktürmek için kireçle nötralize edilir. Çökeltilerin iyileştirilmesi ve çözüldüden safsızlıkların çökeltilmesi için küçük miktarlarda demir klorür eklenebilir. Çökeltiler bir koyulaştırıcıda kalınlaştırılır ve filtre presine gönderilir, burada macun (bataryadan gelen ince parçalar) da filtrelendir. Filtre macunu, kurşunun geri kazanımı için Nordenham'daki Ausmelt fırına gönderilir. İçerdiği jips cüruf bileşimini bir akı olarak ayarlamaya yardımcı olur. Ergitme sırasında, SO<sub>2</sub> salınır ve atık gaz arıtma bölümünde toplanır. Son olarak, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> rejenere edilir.

### Çapraz ortam etkileri

#### *Geri kazanılan sülfürik asidin kullanımı*

- Bir asitleme ajanı olarak: hiçbir bilgi sağlanmamıştır.
- Kimya endüstrisinde işlenmiş: Bilgi verilmedi.
- Çatlatma: enerji kullanımında artış.
- Alçı üretimi: enerji kullanımında artış ve kireç kullanımı.
- Sodyum sülfat üretimi: katkı maddesi kullanımında artış.

#### *PP'nin geri kazanımı*

Enerji kullanımında artış.

#### *Diğer plastiklerin kullanımı*

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

#### *Geri kazanılan sülfürik asidin kullanımı*

- Bir asitleme ajanı olarak: bu tekniğin uygulanabilirliği lokal koşullara ve asit içinde bulunan safsızlıkların geri kazanım prosesine uygunluğuna bağlıdır.
- Kimya endüstrisinde işlenmiş: Bu tekniğin uygulanabilirliği yerel koşullara bağlıdır.
- Çatlatma: Bu sadece bir sülfürik asit tesisi ile birlikte uygulanabilir.
- Alçı üretimi: alçıtaşı kalitesi, geri kazanılan sülfürik asitte bulunan safsızlıklara bağlıdır.
- Sodyum sülfat üretimi: genel olarak uygulanabilir.

#### *PP'nin geri kazanımı*

Bu, fırın operasyonlarının gerektirdiği bozulmamış bataryaların gaz geçirgenliği nedeniyle şaft fırınları için geçerli olmayabilir.

#### *Diğer plastiklerin kullanımı*

Malzemenin özelliklerine bağlı olarak, bunları enerji üretiminde kullanmak yerine geri kazanmak, ya da geri kazanma mümkün değilse, bunları depolama alanına göndermek tercih edilebilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi. Sodyum sülfat üretimi, sodyum hidroksit ve sodyum sülfat fiyatları ile bağlantılı ekonomik bir konudur.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenleme gerekliliği.

### Örnek Tesisler

AB'de batarya ayrımı yapan tüm tesisler.

### Referans literatür

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

**İkincil izabelerin kalıntılarını ve atıklarını önlemek ve en aza indirmek için teknikler**

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler (tercih sırasına göre):

- Kurşun ve diğer metalleri geri kazanmak için kalıntıları eritme işlemine tekrar sokmak;
- Malzeme geri kazanımı için özel tesislerde kalıntıları ve atıkları ele almak;
- Diğer yararlı uygulamalar için kalıntıları ve atıkları ele almak.

### **Teknik açıklama**

*Kurşun ve diğer metalleri geri kazanmak için kalıntıları geri dönüş sürecine yeniden vermek*  
Şaft fırınları için çoğu cüruf fırına geri döndürülür. Diğer işlemler için, kurşun içeriği yüksek olduğunda cüruf da prosese geri döner.

Eritme aşamasına gönderilen diğer tortu örnekleri şunlardır:

- Kurşun mat.
- Cu, Sb, Sn, As, değerli metaller ve Bi'yi çıkarmak için rafineri adımlarından elde edilen malzemeler. Bu cürufar ayrıca Cu mat, Pb-Sb veya Pb-Sn alaşımları üretmek için kullanılabilir.
- Filtre presiyle sudan arındırıldıktan sonra atık su arıtma kalıntıları. İkincil izabelerden gelen artıklar, kurşun içeriği nedeniyle işleme geri döndürülebilir.

### *Malzeme geri kazanımı için özel tesislerde kalıntı ve atıkların arıtılması*

Kurşun matı, kurşun tasfiye işleminde kullanılabilir, ancak bu malzemeyi tutabilen birincil izabelere de gönderilebilir. Kurşunun geri kazanılması için diğer tesislere gönderilen diğer yan ürün türleri şunlardır:

- Cu matı Cu izabesine;
- Cu, Sb, Sn, Bi, In, Se, Te ve değerli metalleri çıkarmak için rafineri adımlarından elde edilen malzemeler;
- filtre tozu.

### *Diğer yararlı uygulamalar için kalıntıları ve atıkları işleyin.*

Metaller için süzme kriterlerini karşılayan cürufar bina uygulamalarında kullanılabilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Metallerin geri kazanımı.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bilgi verilmedi.

### **Çapraz ortam etkileri**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

İkincil kurşun ve kalay ürünleri üretimi sırasında uygulanan işlemlere ve kullanılan hammaddelere bağlı olarak geniş bir ara ürün yelpazesi oluşur. Bu çeşitlilik nedeniyle (fiziksel görünümde ve kimyasal bileşimdeki ve zaman içindeki değişkenlik bakımından birbirinden farklı olarak) teknik açıklama bölümü yan ürünlerin en önemli kullanımlarının bir tanımını içerir. Tesis seviyesinde, yerel şartlara ve kullanılan spesifik hammaddelere göre başka teknikler uygulanabilir. Atıkların azaltılması için çözümler, tanımlama bölümünde verilen yukarıdaki tercih sırasına göre, tüm ara maddeler için tanımlanmalıdır.

### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulama için itici güç**

- Çevresel yasal düzenleme gereklilikleri.
- Uygun maliyet

### **Örnek tesisler**

AB'de tüm ikincil kurşun ve/veya kalay üretim tesisleri.

### Referans literatür

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

### 5.3.8. Enerji

#### **Birincil kurşun üretiminde ve ikincil kurşun ve kalay üretiminde proses gazlarından ısı geri kazanımı**

#### **Açıklama**

Dikkate alınacak teknik, fırın baca gazından ısının geri kazanılması için bir atık ısı kazanı kullanılmasıdır. İkincil ergitme ve arıtma işlemlerinde brülörlerden gelen artık ısı da aynı amaçla kullanılabilir.

#### **Teknik açıklama**

Sürekli üretim işlemlerinde, izabe işlem gazlarının atık ısısı, atık ısı kazanı kullanılarak sıcak su veya buhar üretmek için kullanılabilir. Aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- etkili güvenlik önlemleri;
- İşletim ve revizyon sırasında iyi temizlik ve bakım;
- 'yanlış hava' girişinin sınırlı olması;
- dalgalandan ısı ile de güvenli çalışma;
- Geri kazanma sisteminin toz yükü.

Birincil kurşun üretimi için standart kazanlar bir radyasyon kanalı ile kurulur. Kazan ve soğutma sisteminden çıkan gaz, sıcak ESP'de toz filtrasyonundan önce 200–300°C sıcaklığa sahip olmalıdır. Bu, klordan kaynaklanan korozyonu ve ayrıca sülfürik asidin yoğunlaşmasını önler. Daha yüksek sıcaklıklar uygulanarak, baca tozunun engellenmesini önlemek için baca gazı koşulları dikkate alınmalıdır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Isı ve enerji geri kazanımı.

#### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Şaft fırın operasyonlarında 40 GWh/yıl ısı geri kazanımı rapor edilmiştir.

#### **Çapraz ortam etkileri**

Baca gazlarının 400°C ve 200°C arasındaki sıcaklık aralığında hızlı bir şekilde soğutulmaması durumunda dioksinler de novo senteziyle oluşturulabilir.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Enerji geri kazanımı, sürekli ergitme yolları ve bir rafinerideki ısıtma sisteminden kalan ısı kullanımı ile sınırlıdır. Yüksek toz yüklerini ve korozyonu önlemek için genel yerleşime özel dikkat gösterilmelidir.

#### **Ekonomi**

Gerekli ek ekipmanla ilişkili yüksek maliyetler, enerji maliyetlerinin azaltılmasından elde edilecek fayda ile karşılaştırılmalıdır.

#### **Uygulama için itici güç**

Enerji maliyetlerinin azaltılması.

#### **Örnek tesisler**

Avrupa'da tüm tesisler.

### Referans literatür

[254, VDI 2004], [397, ILA 2012]

## 5.4. Gelişen teknikler

### Kurşun batarya macunundan (amin) bazlı bir çözücü ile kükürt giderme

Polonya'da bir pilot ölçekte bir solvent- (amin) tabanlı sistem kullanılarak kurşun pil macunu desülfürize etmek için bir işlem geliştirilmiştir. İşlem sodyum karbonatın kullanımını ve beyaz cüruf üretimini önler. İşlem, kurşun sülfatın bir su fazına ekstraksiyonuna ve müteakiben kurşun karbonatın çökeltilmesine ve çözücünün jips üretimi ile son rejenerasyonuna dayanmaktadır.

### Harcanan pilin ıslak işlemi

CLEP süreci, İtalya'daki bir pilot tesisinde işletilmektedir. İşlem, ıslak bir işlemde harcanan pil macunundan kurşun karbonat veya oksit ve sodyum sülfat üretimidir. Pil macununun üretiminde havaya ve kurşun okside yeniden emisyon yoktur.

### Kurşun üretiminden kaynaklanan atık suyun arıtılması için ters ozmoz

Endüstriyel ölçekli bir deneme tesisinde, kullanılan prosesin saflaştırılması ve kurşun suyundan elde edilen soğutma suyunun ters ozmoz uygulaması araştırma aşamasındadır. Amaç, bertaraf edilecek atık suyun azaltılması, azalan metal emisyonu ve tatlı suya olan talebin azalmasıdır. Oluşan atık sular ve geri kazanılan metaller izabeye geri gönderilir.

### Tüketilen kurşun pilleri geri dönüştürmek ve yeni pil ızgaraları üretmek için tek işlem

Kurşun alaşımlarından ve kurşun bileşikleri kullanılmış pillerden geri dönüştürmek ve tek bir işlemde yeni pil ızgaraları üretmek için bir süreç araştırılmaktadır. Yenilikçi teknoloji, elektrokimyasal çözünme sürecinin, galvanik çökeltme ile kurşun ve kurşun alaşımlarının oda sıcaklığına yakın tek bir banyoda birleştirilmesi esasına dayanır. Teknoloji, doğrudan CO<sub>2</sub> emisyonundan yoksundur ve sadece bir elektrokimyasal hücrede iki işlemin kombinasyonu nedeniyle yüksek enerji verimli olduğu iddia edilmektedir.

### Sualtı ark ocağında pirometalurjik çinko ve kurşun üretim cüruflarının arıtılması

Çinko ve kurşunun geri kazanılması ve kullanılabilir ve çevre dostu bir cürufun geri kazanılması için, sualtı ark ocaklarında pirometalurjik çinko ve kurşun üretiminden kaynaklanan cürufların işlenmesi incelenmektedir.

### Direkt ergitme kurşun üretimi

Outotec flaşlı ergitme ocağı, doğrudan ergitme ile kurşun üretimi için bir örnek bazında kullanılmıştır. Bu amaç için Waelz fırınlarının kullanımı da rapor edilmiştir. Literatür henüz pilot ölçeğin ötesinde geliştirilmemiş birçok başka potansiyel örnek içermektedir.

### Bir şaft fırında sökülmüş bataryaların kullanılması

Almanya'daki bir ikincil kurşun üretim tesisinde, bir şaft fırını tesisinden önce polipropilen ve diğer plastik muhteviyatın ayrılması için bir işlemin yanı sıra şaft fırını sökülmüş bataryalar ile çalıştırmak için bir işlem geliştirilmektedir.

### Kurşun içeren bir çelik kazanın üst kısmındaki yatay hava perdesi

Britannia Refined Metals'in İngiltere'deki tesisi, kurşun içeren bir çelik su ısıtıcısının üst kısmındaki yatay hava perdesi kullanımını test ediyor. Hava süpürmeleri, su ısıtıcıdan çıkan duman emisyonlarını, emisyonları yakalayan bir ekstraksiyon ünitesine yönlendirir. Buradaki fayda, havai vinç kullanılarak kurşun bloklarla şarj edilen sıcak kazandan dumanın çekilmesidir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Kurşun dumanının geri kazanımı.
- Emisyonların azaltılması.

### Çevresel performanslar ve operasyonel veriler

Belirlenecek.

### Çapraz ortam etkileri

- Yatırım maliyetinde artış (kurulacak ek ekipman nedeniyle).
- Enerji tüketiminde artış.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bilgi verilmedi.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

Kazanı şarj ederken emisyonlarda azalma.

**Örnek tesisler**

Britannia Rafine Metaller (İngiltere).

**Referans literatür**

[397, ILA 2012]



## 6. ÇİNKO VE KADMIYUM ÜRETİM PROSESLERİ

### 6.1. Uygulanan prosesler ve teknikler

Çinko ve kadmiyumlar genellikle cevherler ve konsantreler halinde bir araya getirilir ve metalleri çıkarmak ve ayırmak için birtakım teknikler kullanılır. Hammadde de önemli miktarda kurşun mevcut olduğunda, kimyasal durum (sülfidik veya oksidik) ve metallerin nispi oranı, kullanılan pirometalurjik veya hidrometalurjik teknikleri veya kombinasyonları belirleyen temel faktörler arasındadır. Bazı teknikler ikincil veya birincil ve ikincil hammaddeler karışımları için de kullanılmaktadır [11, Hatch Associates Ltd 1993], [99, Hähre, S. 1998].

Çinko ve kurşun üretimi için kullanılan konsantrelerde bazen diğer metaller (In, Ge, Ga) de bulunmaktadır (bkz. Bölüm 6.1.4.3).

#### 6.1.1. Birincil çinko

Çinko birincil hammaddelerden pirometalurjik veya hidrometalurjik yöntemlerle üretilebilir. Dünyanın diğer bölgelerinde hala prometallürjik yöntemler kullanılmaktadır, ancak bu yöntem giderek önemini yitirmiş ve artık AB'de basit Çinko konsantrelerinin işlenmesinde kullanılmamaktadır. Yüksek dereceli çinko ve nispeten düşük çinko özütleme verimi elde etmek için belirleyici faktör ekstra bir damıtma aşamasına ihtiyaç duyulmasıdır. Pirometalurjik İmperyal İzabe Fırınlarının çoğunluğu AB'de kapatılmıştır ancak sadece Polonya'da bir adet tesis çalışmaktadır.

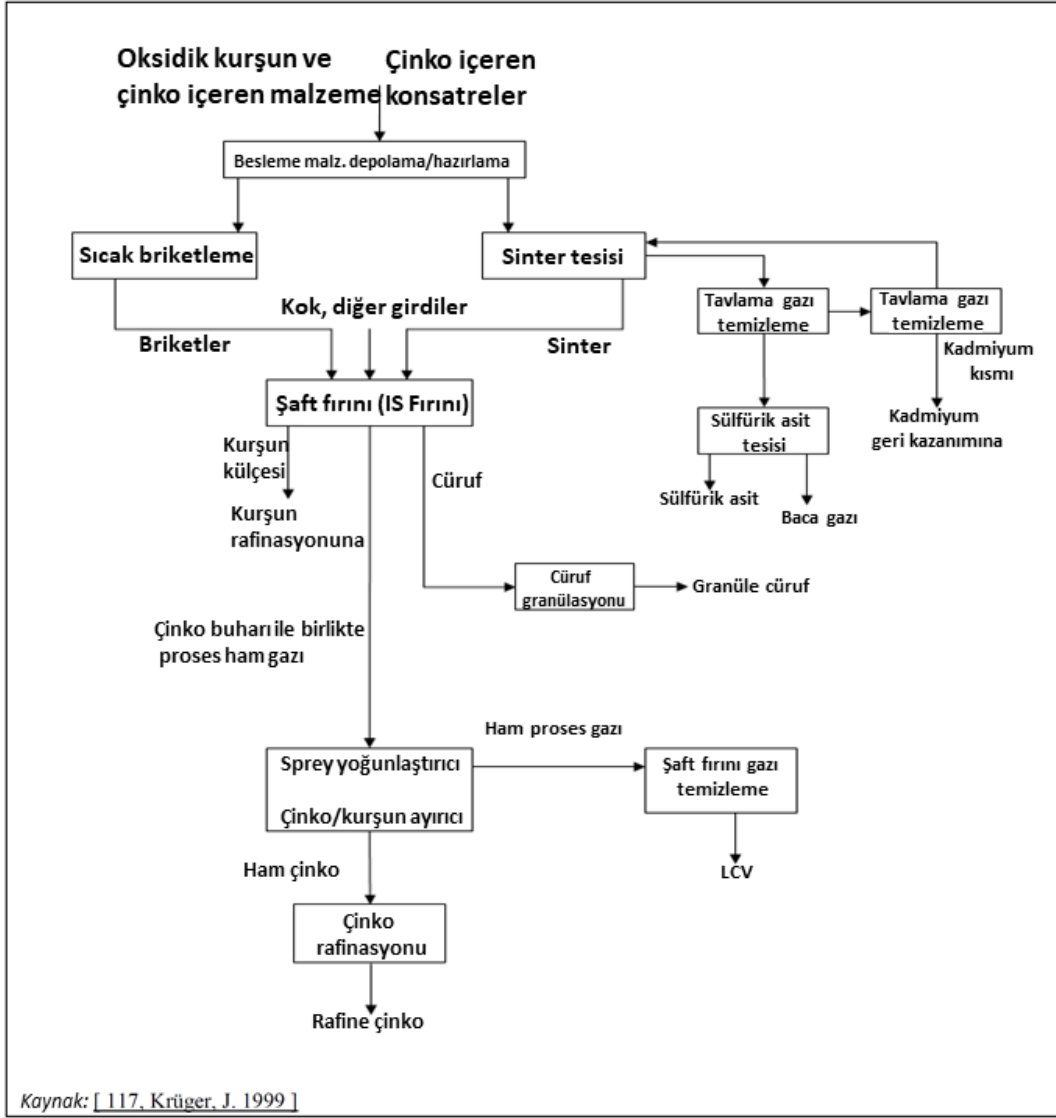
#### 6.1.2. Çevresel konular

Çinko içeren cevherlerin ve konsantrelerin çoğu ayrıca sülfidler de içermektedir. Bu durum çinko metalurjisinde sülfürik asit endüstrisinde bulunan, kalıntı kükürt dioksit ve NO<sub>x</sub> emisyonları, asitli atık su ve arsenik, cıva ve kadmiyum gibi metallerin salınması gibi benzer problemlere sahip olduğu anlamına gelmektedir. Belirli organikler içeren çinkolu kalıntıların işlendiği durumlarda, kalıcı organik kirleticiler ele alınmalıdır. Çinko cevherleri, cüruf, jarosit, götit ve hematit gibi büyük hacimli kalıntıların oluşması nedeniyle temel problemlerden birini teşkil eden demir içermektedir.

Bu nedenle çevre kontrolü, kükürt dioksitin sabitlenmesi, atmosfere salınan partikül ve gaz emisyonlarının kontrolü, atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi, güvenli bir fabrika içi çalışma ortamının sürdürülmesi ve sıvı atık su deşarjının zararlı madde düzeylerinin çevresel olarak kabul edilebilir olarak sınırlandırılması için sistemler gerektirmektedir. Atmosfere ve suya salınan atıklar, atık yönetimi ve enerji hususları, kullanılacak tekniklerin seçimini etkileyen temel faktörler arasındadır.

#### 6.1.3. Pirometalurjik yöntem

Pirometalurjik yöntem, karışık çinko-kurşun konsantreleri ve ikincil malzeme (çinko alaşımlı hurdalar, çinko cürufu, vb.) için kullanılır ve Şekil 6.1 ve Ek 13.1'de gösterilen İmperyal İzabe Fırını (ISF) kullanılır. Çalışma süresi bazında, bir seferde sülfidik konsantrelerin ve bazı ikincil kurşunların işlenmesinde kullanılabilir ve daha sonra başka bir seferde Waelz oksit ve çinko ve kurşun içeren diğer okside materyaller yıkanabilir. Kurşun içeren kalıntılar ve sülfidik çalışma süresince üretilen bazı kurşunlar, oksidik çalışma süresi için çinko-kurşun oranını optimize etmek için kullanılır.



Şekil 6.1: Tipik bir İmperyal İzabe Fırını diyagramı

ISF prosesindeki sinter tesisi aşağıdakileri içerir:

- Birincil ve ikincil hammadde depolama alanları. Bu hammaddeler, tartım cihazları ve titreşimli besleyiciler ile donatılmış bantlı konveyörler ile prosesin sonraki aşamalarına taşınır.
- Yük hazırlık ünitesi. Hazırlanan yük, depolama bunkerlerinden dereceli mikserlere bantlı konveyörlerle aktarılır. Yük, hammadde ve geri dönüştürülmüş sinterden oluşur ve bu işlemde akıcı maddeler (kireçtaşı ve kum) ilave olarak eklenir.
- Sinterleme makinesi.
- Sinter kırma ünitesi.

Sinter tesisinin hedefleri, metal sülfürlerin oksidasyonu, yüklenen malzemede bulunan metal sülfatların ayrışması ve daha ileri mekanik işlemenin (ezme, eleme) bir sonucu olarak, uygun yüksek mekanik mukavemete sahip sinterlenmiş, ISF’de işlenmeye uygun bir yükleme malzemesine dönüşen bir ürünün üretilmesidir.



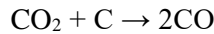
Sinterleme prosesinde üretilen proses gazları kükürt dioksit içermektedir. Bu gazlar yakalanır ve kükürt dioksit geri kazanım sistemlerine yönlendirilir. Kullanılan hammaddeye bağlı olarak, gazlar değişen miktarlarda kükürt dioksit içerir ve farklı yollarla arıtılır.

- Eğer sülfür veya sülfidik/oksidik hammaddeler işlenirse, baca gazlarında ortalama %5 (maksimum %7) SO<sub>2</sub> içeriği elde edilir ve bu gazlar sülfürik asit tesislerinde kullanılır.
- Eğer oksit tipi ham maddeler işlenirse, baca gazlarındaki SO<sub>2</sub> içeriği sülfürik asit tesislerinde kullanılmayacak kadar düşüktür (%0,3- %0,5) ve bu nedenle gazların bir farklı yolla (örneğin ıslak kireç taşı kükürt giderme tesisi) arıtılması gerekmektedir.

Sinter tesisinde hazırlanan yükleme malzemeleri, fırın yükleme konteynırlarına uygun oranlarda beslenir ve gaz sızdırmaz çift çan kilit sistemi ile yüklenir. Sinter sıcaklığı genellikle ortam sıcaklığına yakinken, yüklenen kok yaklaşık 600-650 ° C'ye kadar ısıtılır.

ISF kendi içerisinde, aşağıdaki üç bölgeye ayrılabilir;

- Ergitme ve indirgeme bölgesi fırının alt kısmında bulunur. Bu bölgedeki ana kimyasal süreçler şunlardır: kokun yanması ve çinko, kurşun ve demir oksitlerin azaltılması. Cüruf oluşturan bileşenler arasındaki diğer reaksiyonlar da aynı bölgede gerçekleşir. Ergitme ve indirgeme bölgesindeki en önemli fiziksel proses, cüruf oluşturuca fazın izabesidir. Fırının üst kısmında yer alan denge ve yükleme malzemesi ısıtma bölgelerindeki reoksidasyon prosesi sonucu ortaya çıkan sıcak hava, sinter, kok ve çinko oksit ergitme ve indirgeme alanındaki substratları oluştururken, o bölgede yer alan sıvı kurşun ve cüruf, fırından çökeltim tankına, ayrıca karbon monoksit, karbon dioksit, azot ve çinko buharı içeren gazların akışına bağlanır. Bu gaz akımı, yukarıdaki denge bölgesine doğru akar. Çökeltim tankından gelen kurşun tabakası, dökümhaneye ve daha sonra kurşun rafinerisine yönlendirilirken, cüruf su ile granül hale getirilir.
- Denge bölgesi fırın hacminin en büyük bölümünü kaplar. Bu bölge, yük ve yaklaşık olarak aynı sıcaklıkta olan gaz akışı ile karakterize edilir. Denge bölgesinde meydana gelen ana tepkime, Boudouard reaksiyonudur:



Bu reaksiyonun endotermik karakteri ve fırından aşağı doğru akan yükleme malzemesi akımı ile ters yönde akan gaz akımı arasındaki ısı değişimi, bölgenin alt kısmında yaklaşık 1250 ° C'den üst kısımda yaklaşık 1000 ° C'ye değişen bir sıcaklık ile sonuçlanır. Denge bölgesinde meydana gelen reaksiyonlar, gaz akımındaki karbon monoksit konsantrasyonunun artmasına neden olurken, CO<sub>2</sub> ve Zn konsantrasyonları azalır.

- Yükleme malzemesi ısıtma bölgesi fırının üst kısmında bulunur. Yükleme malzemesi, denge bölgesinden çıkan gazlar ve çinko buharı reoksidasyon prosesi ile ısıtılır.

Yükleme malzemesi ısıtma bölgesinden çıkan proses gazlarının akışı, ara bölme boyunca yoğunlaştırıcıya verilir. Kontrollü sıvı kurşun seviyeli yoğunlaştırıcı odası üç bölüme ayrılmıştır. Yoğunlaştırıcı bölümlerinin her birinde, özel olarak şekillendirilmiş rotorlu karıştırıcılar, sıvı kurşunu yoğunlaştırıcı içerisine yaymaktadır. Şaft fırını gaz akışının (1000 °C sıcaklıkta) sıvı kurşunla (yaklaşık 600 °C) teması sonucunda, yoğun ısı değişimi ve çinko buharının kurşun içinde çözülmesi gerçekleşir. Yoğunlaştırıcıda üretilen homojen çinko-kurşun alaşımında, çinko açısından zengin ve kurşun açısından zengin olan sıvı fazların bir arada bulunması sağlanır. Üstteki çinko bakımından zengin katman ayrılır ve akı madde tankından, sıvı tankına ve daha sonra çinko tankına doğru geçer. Altteki, kurşun açısından zengin katman geri dönüş oluğu boyunca yoğunlaştırıcıya geri gönderilir. Bu şekilde, yoğunlaştırıcıya sabit bir kurşun akışı (aslında Pb-Zn alaşımı) sağlanır. Sıvılaştırma tankında fazla kurşun çinkodan ayrılır ve İmperyal İzabe İşlemi (ISP) çinko, çinko tankında toplanır ve çinko tasfiye prosesine yönlendirilir. Şaft fırınında üretilen karbon-monoksit içeren proses gazları arındırılır ve daha sonra, Cowper sobalarında, kokun ısıtılması için kullanılır ve izabe kazan dairesinde yakılır.

ISF'de üretilen çinko, çeşitli miktarlarda kadmiyum, kurşun, bakır, arsenik, antimon ve demir içerebilir ve proste bir saflaştırma aşaması kullanılır.

ISF'de üretilen çinko, çok sayıda refrakter tepsi (New Jersey damıtma) içeren kolonlarda geri akış damıtma yöntemi ile rafine edilir. Kolonların alt uçları dışarıdan doğalgaz ile ısıtılmaktadır. Kolonların üst uçları ise ısıtılmamakta ve buharlar bir yoğunlaştırıcıya geçmeden önce yüksek kaynama noktası olan metallerinin geri akışına yetecek kadar soğutulmaktadır [11, Hatch Associates Ltd 1993], [99, Hähre, S. 1998]. New Jersey damıtma kolonu da ikincil çinko materyaller için kullanılmaktadır [117, Krüger, J. 1999].

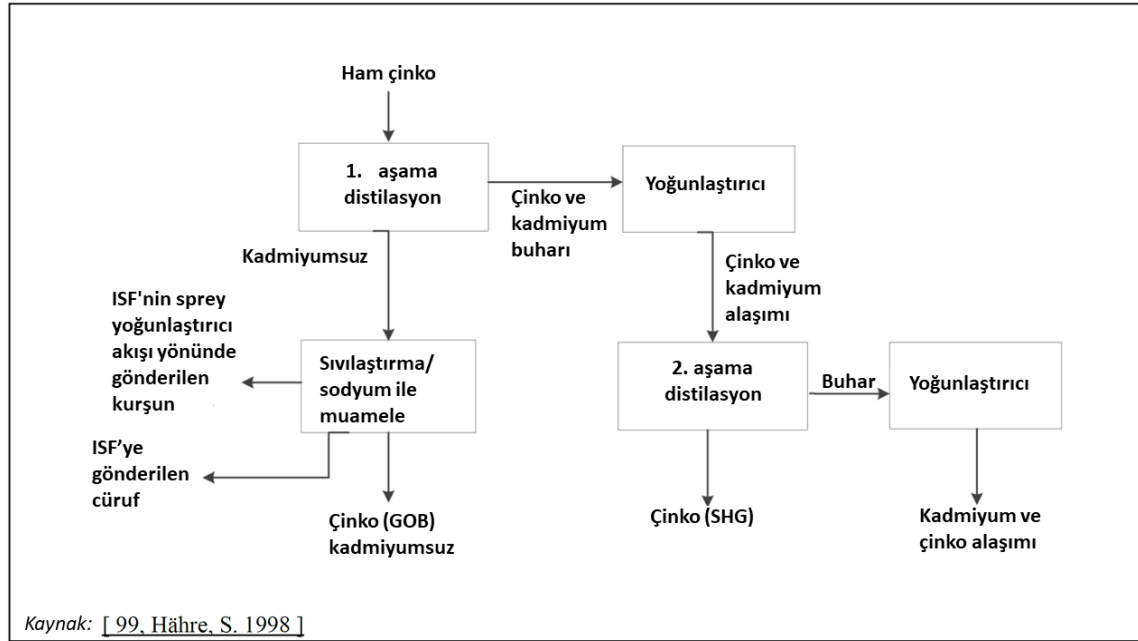
Damıtma iki aşamada gerçekleşir;

- Birinci aşama: çinko ve kadmiyumun kurşundan ayrılması;
- İkinci aşama: kadmiyumun çinkodan ayrılması.

İlk aşamada, erimiş çinko, tüm kadmiyumun ve yüksek oranda çinkonun damıtıldığı bir kolona beslenir. Karışım yoğunlaştırılır ve ikinci aşamayı başlatmak için doğrudan ikinci bir kolona beslenir. Bu kolon, Şekil 6.2'de gösterildiği gibi bir çinko-kadmiyum alaşımı olarak yoğunlaştırılan, esas olarak kadmiyumun damıtılması için biraz daha düşük bir sıcaklıkta çalıştırılmaktadır. Alaşım, bir kadmiyum rafinerisine aktarılır. İkinci sütunun alt kısmındaki metal akışı %99,995 saflıkta özel yüksek dereceli (SHG) çinkodur [117, Krüger, J. 1999].

İlk aşamadan çıkan metal, çinkolu kurşun, kalay, arsenik, demir, antimon ve bakır safsızlıklarıdır. Bu alaşım, ISF'nin sprey yoğunlaştırıcı akışı yönünde ve ISF'nin kendisine geri dönüştürülen bir intermetalik demir, çinko ve arsenik bileşiğine geri dönüştürülen kurşunu ayırmak için soğutulur.

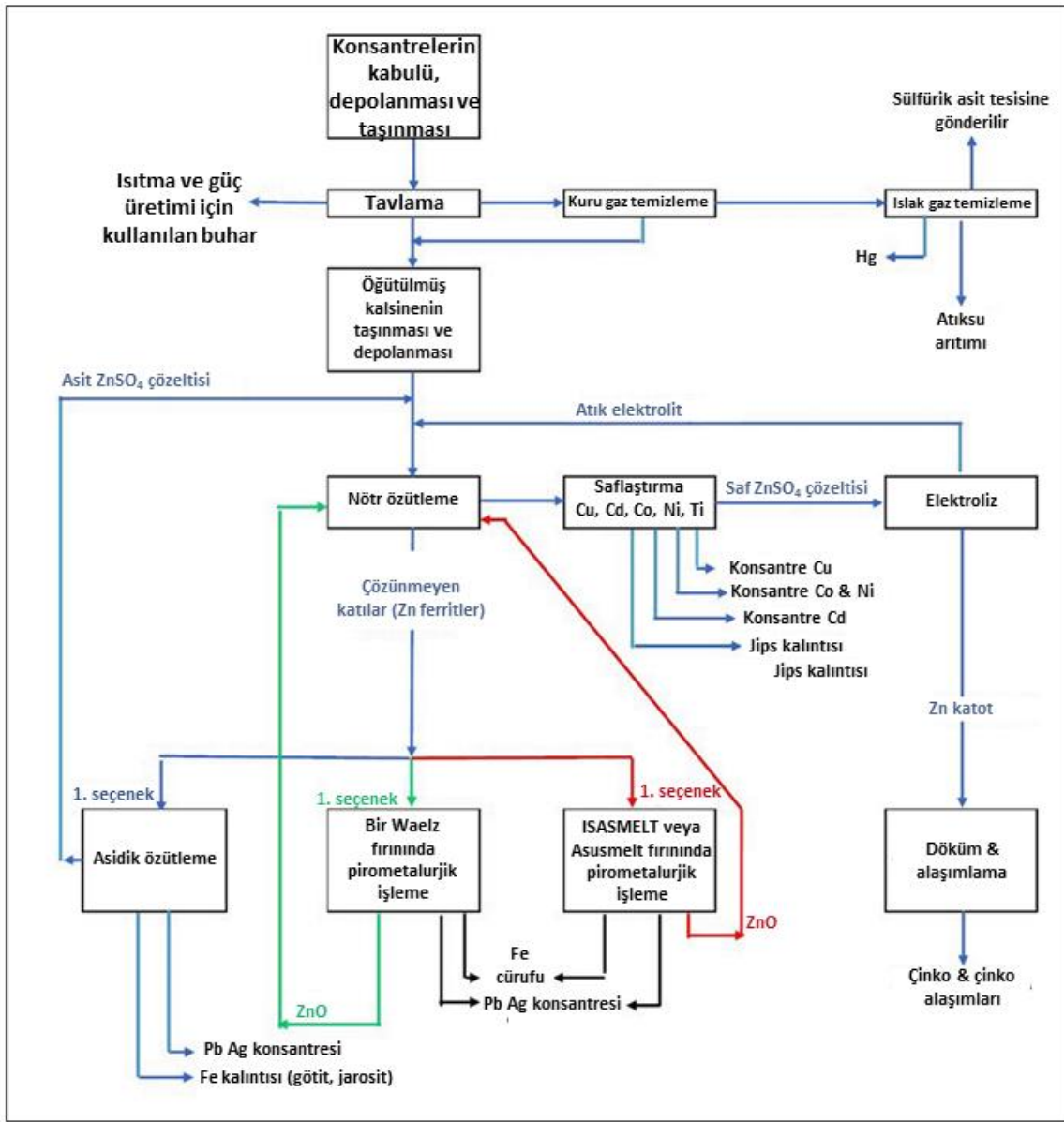
Çinkoya daha sonra ISF'ye geri dönüştürülen kalıntı arsenik ve antimonun, sodyum arsenitleri ve antimonitleri olarak çıkarmak için sodyum ile muamele edilir. Bu şekilde üretilen çinko, iyi sıradan marka (GOB) denilen, ancak kadmiyum içermeyen daha düşük bir dereceye sahiptir ve çoğunlukla galvanizleme için kullanılır.



Şekil 6.2: Çinko-kadmiyum distilasyon diyagramı

#### 6.1.4. Hidrometalurjik yöntem

Hidrometalurjik yöntem çinko sülfür (blende), oksit, karbonat veya silikat konsantrelerinden ve ayrıca Waelz oksit gibi bazı ikincil malzemelerden çinko elde etmek için kullanılır. Bu yol toplam dünya çinko üretiminin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır [98, Lijftogt, J.A. et al 1998] [99, Hähre, S. 1998]. AB üretim tesislerinin çoğunluğu 2007 yılında toplam 2,1 milyon ton üretim kapasitesine sahip RLE (roast-leach electrowin) olarak adlandırılan hidrometalurjik yöntemi uygulamaktadır [363, Brown ve ark. 2013]. RLE sürekli bir prosestir. Prosesin basitleştirilmiş bir diyagramı Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3: Hidrometalurjik yöntemin basitleştirilmiş diyagramı

Besleme malzemesi karışımları, tartılı kayış dozaj sistemleri veya ağırlık kaybı sistemleri kullanılarak hazırlanabilir. Son karıştırma ve homojenizasyon işlemleri, karıştırıcılar veya taşıma ve ölçüm sistemlerinde gerçekleştirilebilir. Tozlu malzemeler için kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemleri kullanılmaktadır. Konsantreler oldukça sabit bir besleme malzemesi üretmek için karıştırılır. Bu nedenle, genel uygulama, konsantreleri kategorize etmek ve tek tek konsantreleri ayrı ayrı depolamak için sinterleme veya kavurmadan önce optimum bir harmanın hazırlanabilmesi için örnekleme ve analiz yapılmasıdır. İyi bir akışkan yatak elde etmek için kavurma için harmanlama kuralları bulunmaktadır.

Feed'in hazırlanmasından sonra ana işlem adımları şunlardır:

- Kavurma,
- Kalsin işleme,
- Özütleme,
- Saflaştırma,
- Elektroliz.

### 6.1.4.1. Kavurma

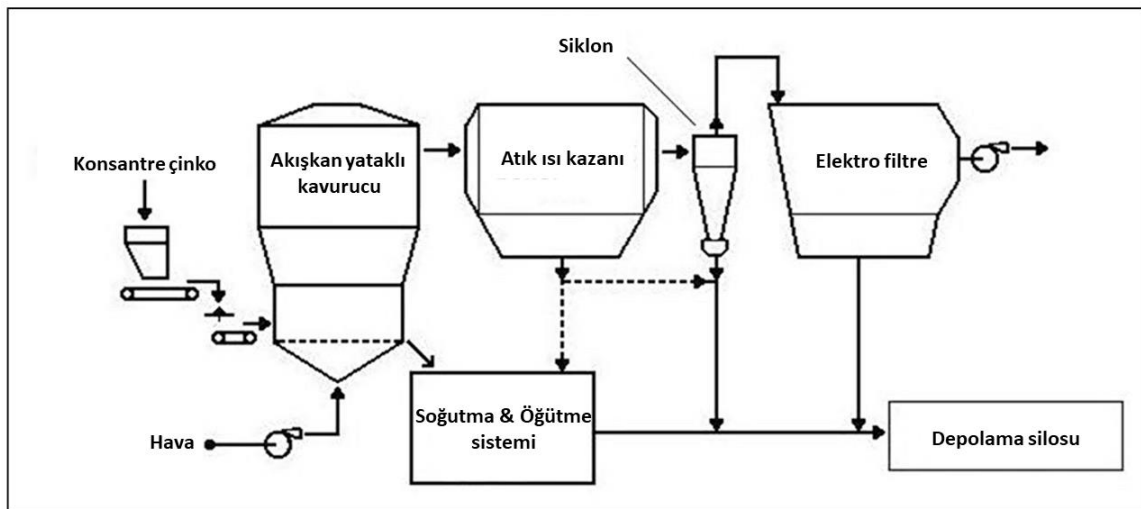
Çinko sülfid (sfalerit) konsantreleri sürekli olarak döner tabla besleyiciler ve sapan kayışları ile beslenir ve çinko oksit ve kükürt dioksit üretmek için kapalı akışkan yataklı kavurucularda kavrulur. Kavurucu besleme malzemesine bir soğutma sıvısı olarak, dehalojenize Waelz oksit gibi en fazla %25'e kadar ikincil çinko oksit malzemesi ilave edilebilir.

Kavurma havası veya oksijen bakımından zenginleştirilmiş hava, nozul ızgarasından kavurma yatağına üflenir. Yatağa üflenilen hava hem akışkan yatak için bir taşıyıcı ortam olarak hem de baskın reaksiyon için bir oksijen kaynağı olarak hizmet eder. Ekzotermik bir proses olduğu için sülfidik malzemenin kavrulması için ek bir yakıt gerekmez:



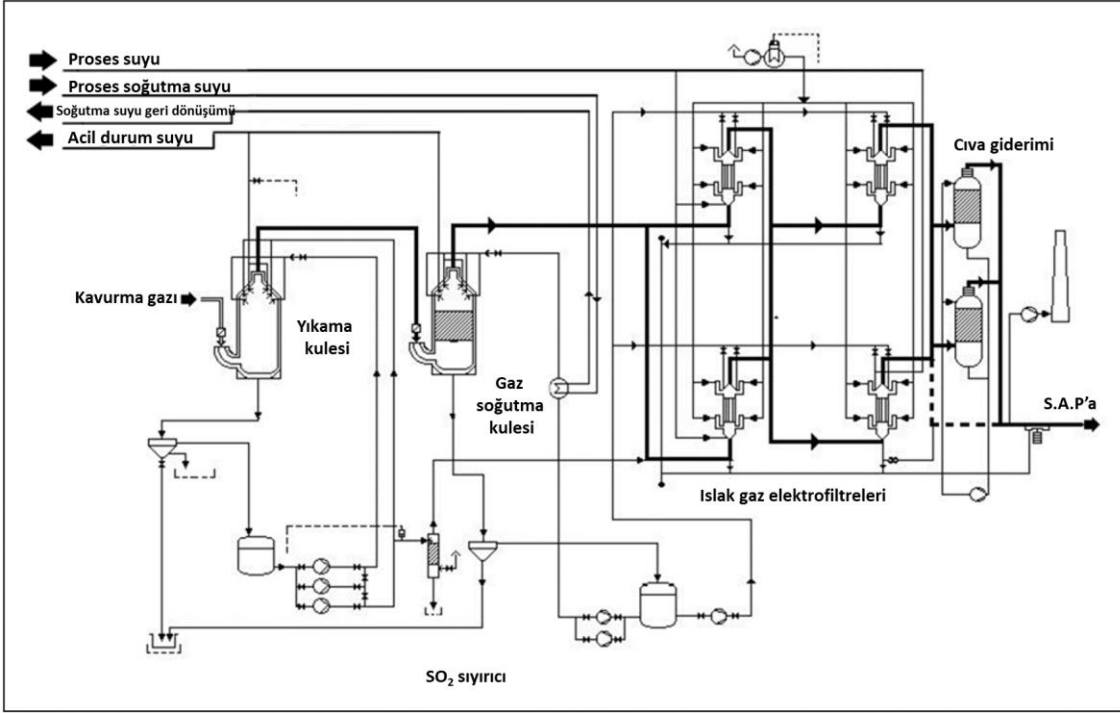
Fazla tepkime ısısının bir kısmı, akışkan yatak içine monte edilen soğutma bobinleri tarafından, atık ısı kazanı güçlendirilmiş sirkülasyon sistemine bağlı evaporatör ısıtma yüzeyleri şeklinde absorbe edilir (Şekil 6.4). Akışkan yatak içinde bulunan soğutma elementleri, kavurma sıcaklığını 900 °C ila 1 000 °C arasında tutar.

Akışkan yataklı fırından çıkan sıcak gaz, ~%10 SO<sub>2</sub> içerir. Gazlar atık ısı kazanında soğutulur ve ısı buhar olarak geri kazanılır. İnce kalsin üzerinde taşınan parçaların bir kısmı atık ısı kazanındaki gaz akışından ayrılır. Kazandan çıkan kavurma gazları Şekil 6.4'te gösterildiği gibi siklonlara ve ardından toz giderimi için elektrostatik çöktürücülere gönderilir.



Şekil 6.4: Kavurma gazı temizleme 1. aşama: kuru gaz temizleme (siklon opsiyonel)

Sıcak ESP'den çıkan gaz, Şekil 6.5'de gösterildiği gibi bir söndürme kulesi, bir yüksek verimli yıkayıcı, ıslak ESP'ler ve civa uzaklaştırma kulelerinden oluşan ıslak gaz temizleme tesisine girer. Islak gaz temizleme tesisine, As, Sb, Se, F, Cl ve Hg gibi kirleticileri ve düşük seviyelerde toz ile sülfürik asit üretimini garanti etmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 6.5: Kavurma gazı temizleme 2. aşama: ıslak gaz temizleme

Yakalanan çamurlar filtrelendir, yıkanır ve kısmen geri dönüştürülür (mümkünse) ve kısmen düzenlenmiş tehlikeli depolama alanlarına gönderilir.

Kükürt dioksit daha sonra geleneksel bir geri kazanım sistemi ile sülfürik aside dönüştürülür [11, Hatch Associates Ltd 1993] [98, Lijftogt, J.A. et al 1998], [99, Hähre, S. 1998], [117, Krüger, J. 1999].  $H_2SO_4$  dönüşümünden çıkan gaz,  $SO_3$  şeklinde kalan asit buharını en aza indirmek için mum filtrelerine veya gaz yıkayıcılara yönlendirilir.

Gaz temizlemeden ortaya çıkan atık su, atık su arıtma tesisinde arıtılmaktadır.

$SO_2$  gazını, sıvı  $SO_2$  olarak sıkıştırmak da mümkündür. Bu işlem İspanya'da bir küçük kavurma ünitesinde uygulanmaktadır.

#### 6.1.4.2. Kalsine işleme

Çinko oksit (kalsin) sürekli olarak fırından, atık ısı kazanı, siklonlardan (isteğe bağlı) ve ESP'lerden toplanır ve döner veya akışkan yataklı bir soğutucuda soğutulur. Döner (bölmeli) soğutucuda, ısı değişimi kalsinin soğutucusunun suyla soğutulmuş yüzeyi ile temas ettirilmesiyle gerçekleştirilirken, akışkan yatak soğutucusunda kalsin, hem akışkan gaz hem de su soğutmalı yüzeyler ile temas ettirilerek ısı geri kazanılır. Döner bir soğutucuda soğutulacak olan kalsin, bir yükleme cihazı (örn. kızaklar, sonsuz vida) vasıtasıyla soğutucusunun giriş silindrine girer. Bölmeli bir soğutucu esas olarak zincirle tahrik edilen dönen bir rotordan oluşur. Rotorun uçlarında kalsin beslemesi ve çıkış için sert kılıflar vardır. Soğutucusunun boyutuna bağlı olarak, rotor ya kendi milinin uçlarında döndürülür ya da tipik döner tamburlarda olduğu gibi hareketli basamaklarla desteklenir. Rotorun iç kısmı, merkezi oyuk bir shaftın etrafında kek dilimleri gibi düzenlenmiş birkaç kesit şekilli bölmeden oluşur. Bu düzenleme tamamen bir su kabuğu ile çevrilidir. Kesit şeklindeki haznelerde konveyör elemanları (kürekler, zincirler veya benzerleri) içerir; akışkan yataklı soğutucular da rapor edilmiştir) bulunmaktadır.

Soğutucudan çıkan gaz, atık ısı kazanı veya kavurucu hattına yönlendirilir.

Kavurma gazı tarafından tutulan kalsine edilmiş tozlu malzeme kazan içinde soğutulur, bir Redler konveyör tarafından toplanır ve döner veya akışkan yataklı soğutucudan gelen kalsin ile birlikte bir bilyalı değirmende istenen tane boyutuna göre (50  $\mu\text{m}$ 'nin altında yaklaşık %70) öğütülerek boşaltılır.

Kalsin taşıma sistemindeki toz emisyonlarını önlemek için, tüm ekipman bir emiş vantilatörü tarafından üretilen negatif bir basınç altında tutulur ve genellikle tozun geri kazanılması için bir torba filtre uygulanır.

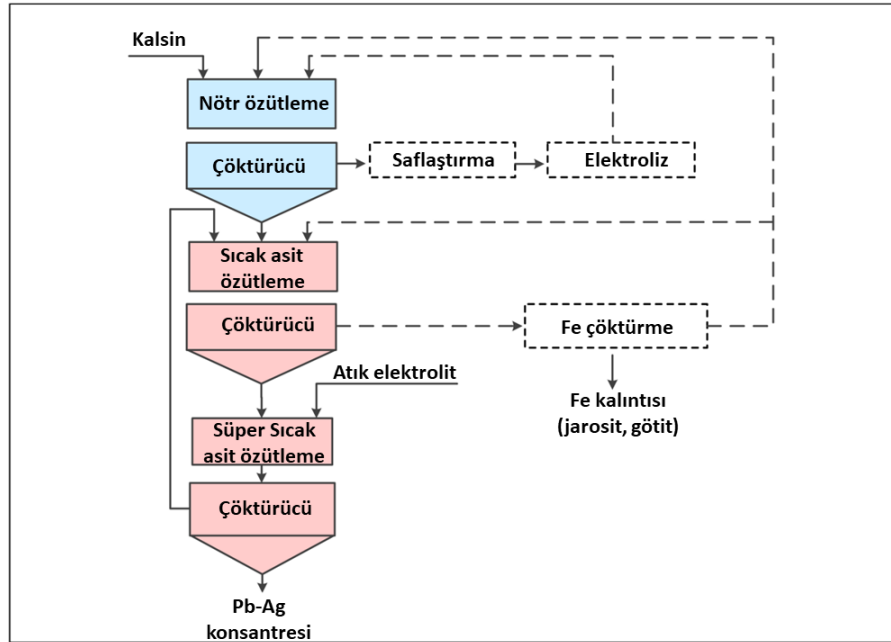
Özütleme tesisine gönderilmeden önce, kalsin geçici olarak bir siloda depolanır. Kalsin silodan, pnömomatik veya hidrolik nakliye yoluyla özütleme bölümüne gönderilir.

### 6.1.4.3. Özütleme

Kalsinin özütlenmesi, yavaş yavaş artan sıcak sülfürik asit mukavemeti kullanılarak bir dizi ardışık aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamalar (nötr özütleme), düşük asitlik ve sıcaklıkta (tipik olarak pH 4–4,5 ve 50 °C) çalıştırılır ve henüz önemli miktarda demir çözemez. Özütleme işlemi, açık tanklar, sızdırmaz kaplar, basınçlı kaplar veya bunların bir kombinasyonu kullanılarak çeşitli reaktörlerde gerçekleştirilir [98, Lijftogt, J.A. et al 1998], [99, Hähre, S. 1998], (bkz. Şekil 6.6).

EAF tozunun işlendiği Waelz uygulamasından gelen ikincil besleme malzemeleri kullanıldığında, klorürleri uzaklaştırmak için Waelz oksitin önceden yıkanması gerekmektedir. Çoğu durumda, bu, Waelz fırında EAF tozunu işleyen şirketler tarafından yapılır.

Özütleme çözeltisi, demir çöktürme çıkarma adımından gelen özütleme çözeltisi ile desteklenir. Eğer sadece küçük miktarlarda ikincil besleme malzemesi kullanılıyorsa (<10% Waelz oksit), ikincil hammadde, kavurma adımından sonra eklenebilir.



Şekil 6.6: Özütleme prosesinin basitleştirilmiş akış şeması

Çinko ferritlerin kalsinde bulunup bulunmadığına bağlı olarak ve ilk özütleme aşamasından sonra (zayıf asit özütü ile bağlanmış nötr özüt), besleme malzemesinden çinko özütleme çözültisine ekstraksiyon verimi ~%70 ile 95 arasında değişebilir. Cu, Cd, Co ve Ni gibi diğer metaller de kısmen ekstrakte edilir. Bu nedenle, özütleme çözültisinin hücre evine verilmeden önce saflaştırma aşamalarını geçmesi gerekmektedir.

Çinkonun kalan ~%5-30'u, çözünmeyen demir ve kurşun bileşikleri ve diğer gang malzeme ile birlikte, özütleme artığında tutulur.

Karıştırma tankının yanı sıra, özütleme işleminde aynı zamanda, yoğunlaştırıcılar/temizleyiciler bazı durumlarda filtre ve santrifüjler kullanılarak katı-sıvı ayırma işlemi de yapılmaktadır. Normal olarak, vakum veya membran filtreler, özütleme ürünlerinin ayırımı veya demir kalıntılarının nihai bertarafı için kullanılır. Bu artığın daha fazla arıtılabilmesi için çeşitli seçenekler bulunmaktadır.

### Direk özütleme

Direkt özütleme, ZnS cevherlerinin bir kavurma fırınında önceden oksidasyon olmaksızın özütlendiği bir işlemdir. Yüksek bir geri kazanım verimi elde etmek için, özütleme işlemi daha yüksek sıcaklıklarda ve oksijen enjeksiyonu ile yapılır. Otoklavlarda basınç altında çalışanlar ile atmosferik basınç altında çalışan arasında farklılıklar bulunmaktadır. Basınç altında çalışanlar daha pahalı ekipman ve daha fazla güvenlik gerektirmekte, ancak proses daha hızlı gerçekleşmektedir.

Atmosferik doğrudan özütleme işleminin geleneksel proses göre bazı avantajları bulunmaktadır:

- Süreç daha küçük kapasiteler için ekonomik olarak tasarlanabilir,
- Yatırım maliyeti düşüktür,
- Kavurma ve sülfürik asit tesislerindeki yüksek yatırımlar olmaksızın bir ara kapasite artışı için uygulanabilir,
- Bakım maliyetleri düşüktür,
- Proses kontrolü kolaydır (asit ve demir kontrolü),
- Demir giderimi için çeşitli yöntemlere izin veren çok esnek bir prosestir,
- Yüksek çinko geri kazanım sağlar,
- Güç tüketimi düşüktür: Çok az ısıtma gerekli veya hiç gerekli değildir,
- Patlama riski yoktur,
- SO<sub>2</sub> emisyonu veya erimiş sülfür yoktur.

Diğer yandan bazı dezavantajları da bulunmaktadır;

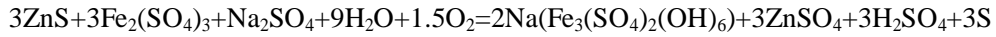
- Kükürten veya kavurmadan geri kazanılan ekzotermik reaksiyon ısısından faydalanılamaması,
- Uygun bir havuzda bertaraf edilmesi gereken kükürt artığı oluşumu.

Doğrudan özütleme prosesi her zaman geleneksel bir RLE prosesine entegre edilir ve cevherlerin sadece bir kısmı doğrudan özütlenir.

Birkaç tesiste konsantrenin bir bölümünün doğrudan kalsinasyon olmadan özütlendiği bilinmektedir. Kokkola'daki yeni Boliden tesislerinde (1998'den beri), Odda'da (2004'ten beri) ve Çin'de Zhuzhou'da (2010'dan beri) atmosferik doğrudan özütleme prosesleri bulunmaktadır. Kore Çinko, Onsan'da (1994'ten beri) basınçlı bir doğrudan özütleme prosesi bulunmaktadır. Kore Çinko fabrikasında, demir, özütleme sırasında çözülti içinde bırakılır ve daha sonra, götit olarak ayrı bir aşamada çökeltilirken, Kokkola ve Odda'da, demir, sülfürlerin özütlenmesiyle eş zamanlı olarak jarosit olarak çökeltilir. Zhuzhou'da demir, götit olarak çökeltilir.

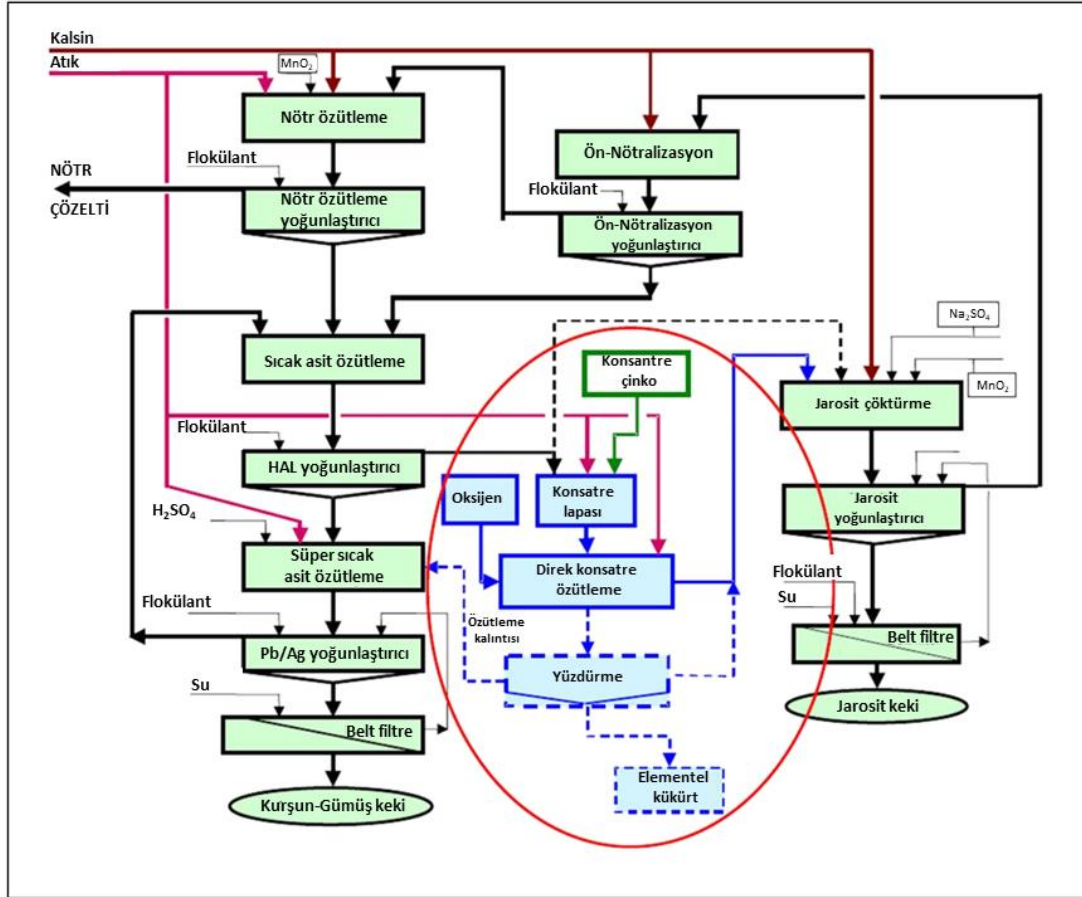
Konsantre ile birlikte proses çözültisi ve elektrolizden kaynaklanan asit, özütlemenin bulamacın içine oksijen dağıtılmasıyla gerçekleştiği reaktörlere beslenir. Dönüşümden çözültideki çözülmüş demirin geri kalanı ve konsantreden çözünen demir, jarosit olarak çökeltilir. Doğrudan özütleme ve eş zamanlı jarosit çökeltisi için net reaksiyon şu şekilde yazılabilir:





Bir kükürt konsantresi çamurdan yüzdürme ile ayrılır ve jarosit artığından ayrı olarak depolanır. Bu kükürt konsantresi önemli miktarda safsızlık içerir ve toprağa gömülerek bertaraf edilir ve bu da doğrudan özütleme sürecini tesise özel bir konu haline getirir. Bu proseste kullanılan ekipman, çinko hidrometalurjide geleneksel olarak kullanılanlardan daha karmaşık bir ekipmandır.

Entegre atmosferik direkt özütleme prosesinin bir akış şeması Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7: Tesisin kapasitesini arttırmak için entegre atmosferik doğrudan özütleme prosesinin akış şeması

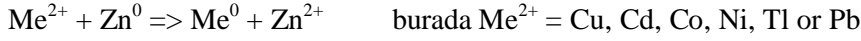
Proses hakkında daha fazla bilgi [283, Lahtinen et al. 2004]'de verilmiştir.

#### 6.1.4.4. Saflaştırma

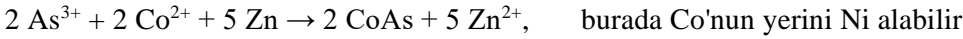
Elektrolizden önce elektrolitten safsızlıkların giderilmesi, çinko yatağının kalitesi için önemli bir noktadır. Çinko içeren çözeltinin saflaştırılması, çinko tozu (metalik safsızlıkları azaltmak ve çöktürmek için) veya çözücü ekstraksiyonu (saf bir  $\text{ZnSO}_4$  çözeltisi elde etmek için) kullanılarak çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Kullanılan prosesler, hammaddelerde bulunan çeşitli metallerin konsantrasyonlarına bağlıdır ve buna göre değişir.

### 6.1.4.5. Kimyasal kullanılarak saflaştırma

Temel kimyasal saflaştırma işlemleri, Cu, Cd, Ni, Co ve Tl gibi safsızlıkları çöktürmek için çinko tozunun kullanımından oluşmaktadır. Çinkodan daha soylu olmak, bu kirlilikleri azaltılır ve aşağıda verilen elektrokimyasal reaksiyona göre, çözeltiye ince çinko tozu eklendikten sonra metalik bir çökelti oluşur:

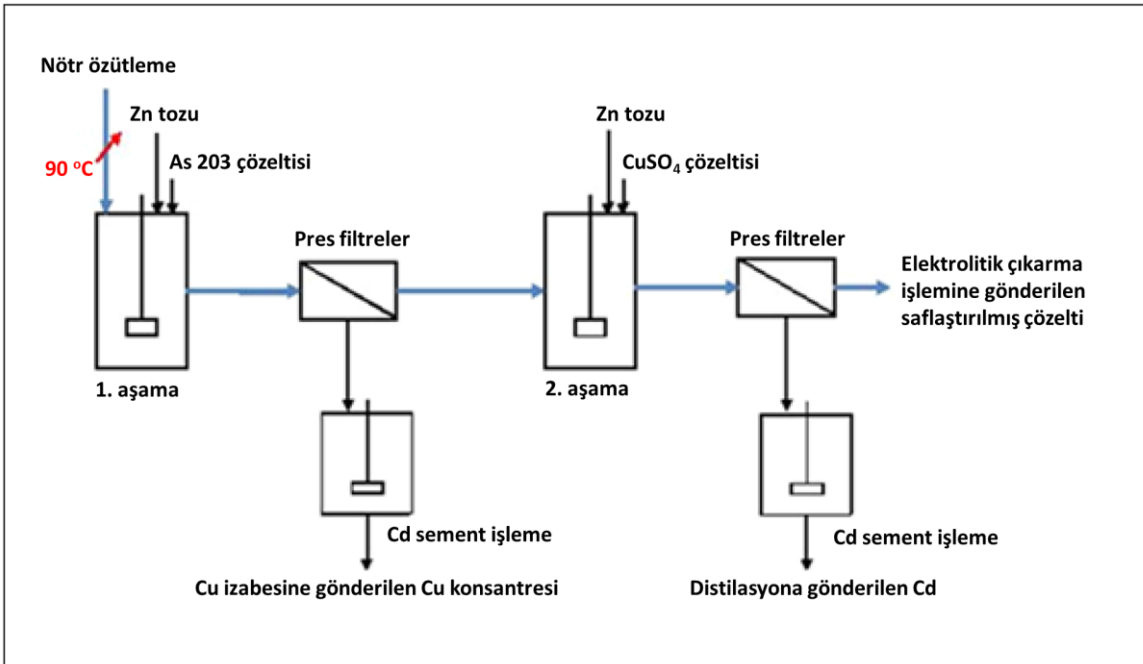


Bakır ve kadmiyum çinko tozu ile kolayca çökebilir. Bununla birlikte, kobalt ve nikelin çökeltme kinetikleri, endüstriyel bir işlem için oldukça düşüktür ve ekonomik olmayan miktarlarda çinko tozu kullanılmasını gerektirir. Kobalt ve nikelin giderilmesi için ilave bir çöktürücü maddenin kullanılması gerekmektedir. Çinko saflaştırmada yaygın olarak kullanılan iki seçenek, çinko tozuna ek olarak sırasıyla  $\text{As}^{3+}$  ve  $\text{Sb}^{3+}$  iyonlarının kullanıldığı arsenik (As) ve antimon (Sb) prosesleridir. Örnek olarak arsenik kullanarak, aşağıdaki reaksiyon meydana gelir:



Saflaştırma işleminde kullanılan çinko tozu, genellikle elektrolitik işlemde, katodik çinko kullanılarak tesiste üretilir. Çinko tozu tüketimi tesisler ve prosesler arasında değişiklik gösterebilir ve katotların yaklaşık olarak %1,5-6'sı saflaştırma için kullanılır. Çinko tozu tüketimi sadece proses yolu ile değil, aynı zamanda artırılan çözeltideki kirliliğin konsantrasyonu/miktarından da etkilenir. Farklı tesislerde farklı proses düzenleri ve katmanları olsa da temel kimyasal reaksiyonlar genellikle aynıdır.

Arsenik bazlı proste, çözeltide arzu edilen arsenik konsantrasyonuna ulaşmak için  $\text{As}_2\text{O}_3$  kullanılır. En uygun konsantrasyon, 2002 yılında (Boliden Odda tarafından yürütülen) çinko tesisleri arasında yapılan bir araştırmaya göre birkaç mg/l arsenik ile 150 mg/l arsenik arasında değişmekte olduğunu göstermiştir. Arsenik trioksit stok çözeltisi, kostik soda veya sıcak su kullanılarak hazırlanabilir. Şekil 6.8'de mevcut bir tesiste arsenik bazlı bir saflaştırma prosesinin basitleştirilmiş bir akış şeması örneği gösterilmiştir. Arsenik bazlı prosesin için, örneğin ilave bir ön-bakır giderim aşaması ile gibi seçeneklerin bulunduğu da unutulmamalıdır.



Şekil 6.8: Co ve Ni giderimi için As-bazlı saflaştırma prosesinin örnek bir akış şeması

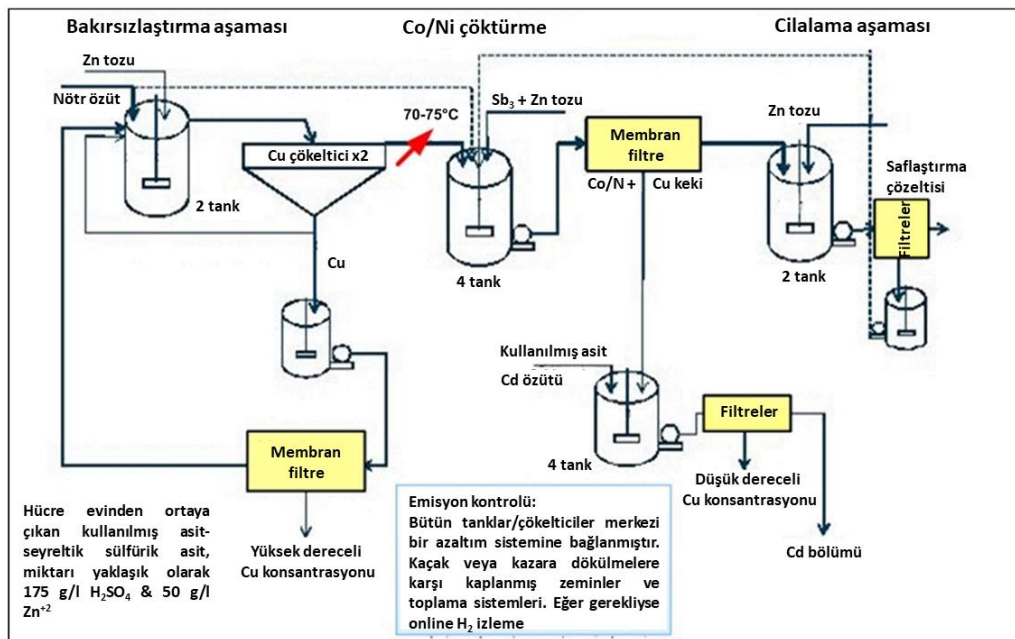
İyi bir arsenik içermeyen çalışma alanı oluşturmak için arsenik stok çözeltisi hazırlarken özel ekipman ve dikkat gereklidir.  $As_2O_3$  normalde metal varillerde taşınır ve bu varillerin taşınması, boşaltılması ve bertaraf edilmesi dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bir gaz temizleme sistemine bağlı tamamen kapalı bir tamburlu taşıma ünitesi, örneğin toz emisyonlarını kontrol etmek için kullanılabilir. Boş çelik varillerin hurda olarak bertaraf edilmeden önce kapsamlı bir temizlenmesi gerekir.

İlgili reaksiyonlardaki güçlü indirgeyici ortam nedeniyle, yan reaksiyonlar meydana gelir ve daha az miktarda  $AsH_3$  (arsin gazı) ortaya çıkabileceği ve reaktörlerden ayrılabilmesi bilinmektedir. Baca/havalandırma havası boyunca  $AsH_3$ 'ün yayılmasını önlemek için,  $AsH_3$  (gaz)'ün  $KMnO_4$  veya sülfürik asitli gaz yıkayıcı yardımı ile tekrar  $As^{+3}$ 'e oksitlenmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha sonra arsenik yakalanacak ve proses sıvısına yeniden eklenecek veya özel olarak arıtılacaktır.

Ardından Arsenik, metallerin geri kazanımı için bir bakır izabesine satılan, bakır yan ürününün bir bileşeni olarak işleminden çıkar. Alternatif olarak, kostik soda kullanılarak yan ürün içinden özütlenerek ayrılabilir ve özütleme sırasında, demir artığının bir bileşeni olarak depolama sahasına atılmak üzere stabilize edilebilir.

Avrupa'da bulunan A Tesisinde arsenik bazlı proses uygulanmaktadır.

Antimon bazlı processte normal olarak proses çözeltisine antimon eklenmesi için antimon tartarat kullanılır. Normalde eklenen konsantrasyon litre başına birkaç miligram  $Sb^{3+}$ 'dir. Tesis D'de, eklenen antimon, mevcut koşullar altında 3 mg/l ve 4 mg/l arasında değişmektedir.



Şekil 6.9: D Tesisinde bulunan Sb-bazlı saflaştırma tesisinin akış şeması

D tesisinde stok/dozlama çözeltisi, 25 kg'lık konteyner/karıştırıcı çelik varilin içeriğini boşaltmak/yıkamak için su kullanan, yarı otomatik bir varil boşaltma cihazında yaklaşık olarak 4 g/l  $Sb^{3+}$  (su içinde) yapılır. Küçük varil içerisinde antimon tartarat içeren bir plastik torba bulunmaktadır. Boşaltılan varildeki metal, belediyenin geri dönüşüm sistemine gönderilir. Bu processte ortaya çıkan antimon salınımı çok önemli sayılmamaktadır.

Avrupa'da, bulunan B, C, D, E ve F tesislerinde antimon bazlı proses uygulanmaktadır.

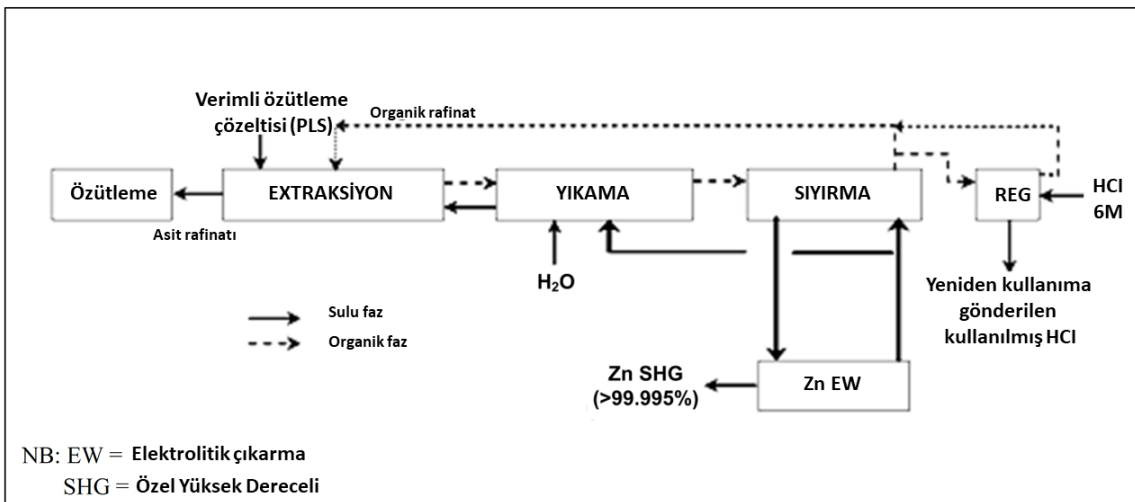
Hem arsenik hem de antimon proseslerinde indirgeyici ortam nedeniyle reaktörlerde az miktarda hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) ortaya çıkabilir ve bu gazın konsantrasyonunun patlama/yangın riskinden kaçınmak için LEL (alt patlama limiti) altında tutulması gerekmektedir. Bu durum reaktörlerin çıkış gazında H<sub>2</sub> seviyesinin sürekli olarak düşük seviyelerde tutulabilmesi için güçlendirilmiş havalandırılma sistemi kullanılmasını gerektirir. Hidrojen seviyeleri, on-line örnekleyiciler tarafından sürekli olarak izlenir.

Saflaştırma adımlarının (çinko tozu ilaveleri) çok indirgeyici niteliği nedeniyle, istenmeyen koşulların bir araya gelmesi, hidrojen oluşumuna yol açabilir. Bu nedenle, arsin veya stibin oluşumu sürekli olarak izlenir. Bununla birlikte, günümüzde çoğu tesis, arsin veya stibin ile tehlikeli durumları önlemek için proses koşullarını iyileştirmiştir.

İkincil besleme malzemesinin artan miktarda kullanılması nedeniyle, özütleme sürecindeki artan kalsiyum konsantrasyonu, özütleme çözeltisinden jips giderimi ile çözülür. Magnezyum, klorür ve florürleri gidermek için, çözeltinin (akan) bir kısmı ayrı ve nadir bir arıtma işleminden geçirilir. Bu sırada az miktarda AsH<sub>3</sub> (arsin gazı) ortaya çıkabileceği bilinmektedir. Kobaltın sürekli olarak giderimi, arsin emisyonlarının en aza indirgenmesinde kesikli giderim işlemine göre daha etkilidir. Yayılan gazların toplanması ve işlenmesi, genel mühendislik (açık hava veya kapalı bina operasyonları) yöntemine bağlı olmakla birlikte, arsinin giderilmesi için reaktörlerden gelen gazların bir oksitleyici çözelti kullanarak gaz yıkayıcıda temizlenmesinin daha etkili olduğu belirtilmiştir [136, Fugleberg, S. 1999].

#### 6.1.4.6. Çözelti ekstraksiyonu kullanılarak saflaştırma

Elektrolit ayrıca Modifiye Zincex™ Prosesi gibi bir çözücü ekstraksiyon sistemi kullanılarak konsantr edilebilir ve saflaştırılabilir (bkz. Ek 13.1.7.4). Bu proseste, çinko, verimli özütleme çözeltisini (PLS) saflaştırmak ve yükseltmek için spesifik bir gazyağı içinde di(2-etilheksil) fosforik asit gibi bir çözücüye seçici olarak ekstrakte edilir. Çözücü ekstraksiyonunun kullanılması, diğer metallerin elektrolite taşınmaması anlamına gelir. Elektrolitik çıkarma aşamasına müdahale edebilecek kalsiyum, magnezyum ve halojenürler de çıkartılır. Çinko daha sonra saf elektrolit vermek üzere çinko elektrolizinden geçirilmiş elektrolit kullanılarak organik fazdan ayrılır [327, Gnoinski et al. 2008]. Bu işlem esas olarak Waelz oksit gibi ikincil çinko malzemelerin işlenmesinde kullanılmasına rağmen, aynı zamanda, oksidik cevherlerin özütlenmesiyle üretilen çinko gibi zayıf çözeltilerin konsantr edilmesi ve çinko/manganez pillerin geri dönüşümünden elde edilen çinko çözeltilerinin saflaştırılması için de kullanılabilir. Çözelti ekstraksiyonu (SX) ünitesinde yer alan ana aşamalar, Şekil 6.10'da gösterildiği gibi ekstraksiyon, yıkama, sıyırma ve organik rejenerasyon aşamalarıdır.



Şekil 6.10: Modifiye Zincex™ Prosesi SX'in basitleştirilmiş akış şeması

Ekstraksiyon aşamasından çıkan sulu asit çinko rafinat, sürüklenen organikler giderildikten sonra özütleme aşamasına geri dönüştürülür. Devrenin bileşenlerini dengelemek için küçük bir kısmı akıtma işlemi bölümüne gönderilir.

Tipik akış oranı, üretilen çinko miktarı başına 50 m<sup>3</sup>/saattir. Tablo 6.1 SX prosesi için reaktifleri ve yardımcı malzemelerin tüketimini göstermektedir.

**Tablo 6.1: Modifiye Zincex™ prosesinde ana reaktiflerin ve yardımcı malzemelerin tüketimleri**

Bileşen	Birim	Üretilen ton çinko başına tüketim
NaCl	kg	16
Aktif kömür	kg	0,9
D <sub>2</sub> EHPA	kg	0,7
Gaz yağı	kg	8
Demineralize su	m <sup>3</sup>	3
Elektrik (elektroliz hariç)	kWh	115
<i>Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]</i>		

SX teknolojisi şunları iddia etmektedir;

- Katı kalıntıların ve sıvı atıkların üretimini azaltmak,
- SX prosesinde üretilen saf elektrolit ile daha düşük hücre voltajları kullanılabilir ve böylece elektrolitik işlemde enerjiden tasarruf edilebilmesi,
- Saf elektrolitin çinko tozu ile arıtılması gerekmediği için aynı üretim seviyesi için daha düşük bir çinko elektrolitik çıkarma kapasitesine ihtiyaç duyulması.

Yazıldığında (2014), Namibya'da bulunan sadece bir tesiste bu proses birincil malzemelerle kullanılmaktaydı. Bu tesis, manganezce çok yüksek olan özel bir konsantrasyon kullanmakta ve bu da mevcut bir çinko rafinerisinde arıtılmayı imkânsız hale getirmektedir. Bu özel durumda, SX prosesi bu özel düşük dereceli çinko oksit yatağını kullanmak için bir çözüm yolu sunmaktadır.

#### 6.1.4.7. Elektroliz

Tavlama veya çözelti ekstraksiyon işlemlerinden elde edilen saflaştırılmış çözelti, elektrowon kullanan kurşun anotlar ve alüminyum katotlar..... Çinko katotlarda depolanır ve sülfürik asidin üretildiği ve özütleme aşamasına geri dönüştürüldüğü anotlarda ise oksijen oluşur. Bu işlem sırasında asit dumanı oluşur ve bunu en aza indirmek için hücre üzerinde çeşitli kaplamalar veya bir köpük tabakası korunması kullanılabilir. Hücre odası havalandırma havası dumansızlaştırılabilir ve asit buharı geri kazanılabilir. Elektroliz sırasında ısı üretilir ve bu işlemin su dengesini optimize etmek için tasarlanmış bir soğutma devresinde giderilir, ancak bu da başka bir duman kaynağı olabilir.

Üretilen çinko alüminyum katotlar üzerinde biriktirilir ve genellikle her gün katotlar sıyrılarak giderilir. Ergitme için düşük frekanslı indüksiyon fırınları kullanılır. [117, Krüger, J. 1999]. Üretilen çinkonun küçük bir kısmı saflaştırma aşamalarında kullanılmak üzere çinko tozu veya toz haline getirilir. Bu, bir erimiş çinko akışından veya inert bir atmosferde çinko buharının yoğunlaştırılmasından, hava, su veya santrifüj atomizasyonu ile üretilebilir.

**6.1.4.8. Nötr özütleme artığının işleme ve demir kalıntılarının bertarafı**

Hidrometalurjik proses yolundaki ana sorunlardan biri çökeltilmiş demirin bertarafı, yeniden kullanımı veya arıtılmasıdır. Güvenli bir bertaraf için şu anda özel depolama alanları kullanılmaktadır, ancak bertaraf seçeneklerine olan baskı giderek artmaktadır. Bu faktörler daha sonraki bölümlerde tartışılmış ve seçenekler değerlendirilmiştir. Bu kalıntıların giderilmesi veya daha uygun kullanım imkanları bulmaya yardımcı olmak için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmektedir. Farklı seçenekler Şekil 6.13'te gösterilmiştir.

**6.1.4.9. Nötr özütleme artığının pirometalurjik olarak işlenmesi**

Düşük demir konsantrasyonu nedeniyle veya lokal koşullar seçimi etkilediğinde, özütleme işlemi nötr özütlemeyi durdurulabilir. Özütleme artığı bir ISF'ye veya başka bir yüksek sıcaklık izabe fırınına gönderilebilir ve burada proses beslemesine eklenebilir. Çinko, kurşun, gümüş ve diğer değerli metaller, metaller olarak ve kükürt  $H_2SO_4$  olarak (geri kazanılmış bir sülfürik asit tesisi fırın gazı akışına bağlanır) olarak geri kazanılmaktadır.

Özütleme artığı bir Waelz fırınında veya çinko dumanlama fırınında işlenebilir, ancak bazı durumlarda  $SO_2$ 'nin absorplanması gereklidir. Çinko ve kurşun, oksitler ve sülfatlar olarak geri kazanılır ve bu durumda cürufa, gümüş ve bakırın geri kazanılması için yüzdürme ile muamele edilebilir. Avrupa'da bulunan hemen hemen tüm ISF tesislerinin (Almanya, Fransa ve İngiltere) kapanması ve  $SO_2$  adsorpsiyonu yapan (Polonya ve Bulgaristan) sınırlı miktarda Waelz tesisinin mevcut olmasından dolayı, nötr özütleme artığının pirometalurjik işlemi için sınırlı bir kapasite bulunmaktadır. Nötr özütleme artığı çoğu tesiste hidrometalurjik olarak işlenmektedir.

**6.1.4.10. Nötr özütleme artığının hidrometalurjik olarak işlenmesi**

Hidrometalurjik işlemin ana hedefi, sadece yüksek asitlikte ve 90 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ortaya çıkan çinko ferritin özütlenmesidir. Özütleme artığına yapılan bu işlem, artan asitlik seviyeleri ve sıcaklık ile ters yönde bir aşama dizisi anlamına gelmektedir.

Son özütleme aşamasından gelen çamur çökeltir ve taşma çözeltisi daha önceki işlem aşamalarından ters yönde geri alınır. Alt akış içerisindeki katı filtrelenir ve bir filtre üzerinde yıkanır. Filtre keki bertaraf edilir ve filtrat prosese geri gönderilir. Demir giderim prosesi seçimi ve uygun entegre kirlilik geri kazanımı gibi faktörlere bağlı olarak farklı akış şemaları kullanılır.

Örneğin, özütleme artığının ya da çok kapsamlı bir şekilde işlenmesi, bertaraf edilmeden önce daha fazla özütleme ya da fiziksel ayırma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir [117, Krüger, J. 1999]. Bu işlemin yapılması, geri kazanım oranlarına ve olası kurşun veya kurşun-gümüş yan ürünlerinin bileşimine yansır.

Bu özütleme işlemi sırasında çinkoya ek olarak diğer metaller de çözülür. Demir, başlıca kirliliktir ve üç temel biçimde çökeler; jarosit, götit veya hematit. Bu çökeltilerin şekli proseslere isimlerini vermek için kullanılır [98, Lijftogt, J.A. et al 1998] [99, Hähre, S. 1998].

Demir kalıntıları için farklı çökeltim işlemleri aşağıdaki verilmiştir;

Jarosit, nötralizasyon için amonyak veya başka bir tek değerlikli katyon ve çinko kalsini kullanarak. Kurşun-gümüş geri kazanımının yapılmasına bağlı olarak üç aşamaya kadar kullanılır. Dönüşüm süreci olarak da bilinen tek aşamalı bir proses de kullanılabilir.

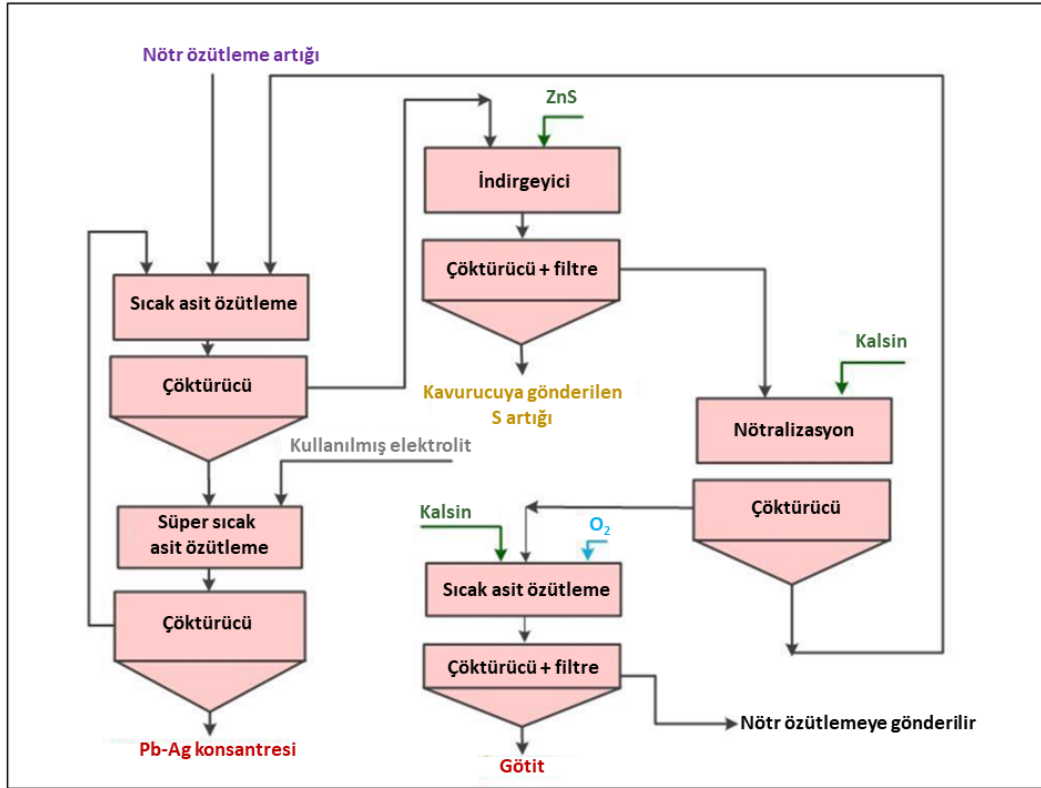
- Götit, ön-indirgeme için çinko sülfür, reoksidasyon için oksijen ve nötralizasyon için kalsin kullanarak.
- Hematit, ön indirgeme için kükürt dioksit veya çinko sülfür ve çöktürme için oksijenli bir otoklav kullanarak. Bu durumda, bir demir artığının yanı sıra bir sülfür artığı da üretilir.

Demir çökeltilerindeki temel farklılıklar hacimleri ve kolay filtrelenebilir olmalarıdır. Proses sermayesi ve işletme maliyetlerinde de önemli farklılıklar bulunmaktadır [117, Krüger, J. 1999]. Kalıntıların bertaraf maliyetleri ve bu maliyetlerin bunların dengesi, prosesle ilgili olmayan maliyetlerden etkilenebilir. Kalıntı hacminin daha düşük olması ve hematitin demir için

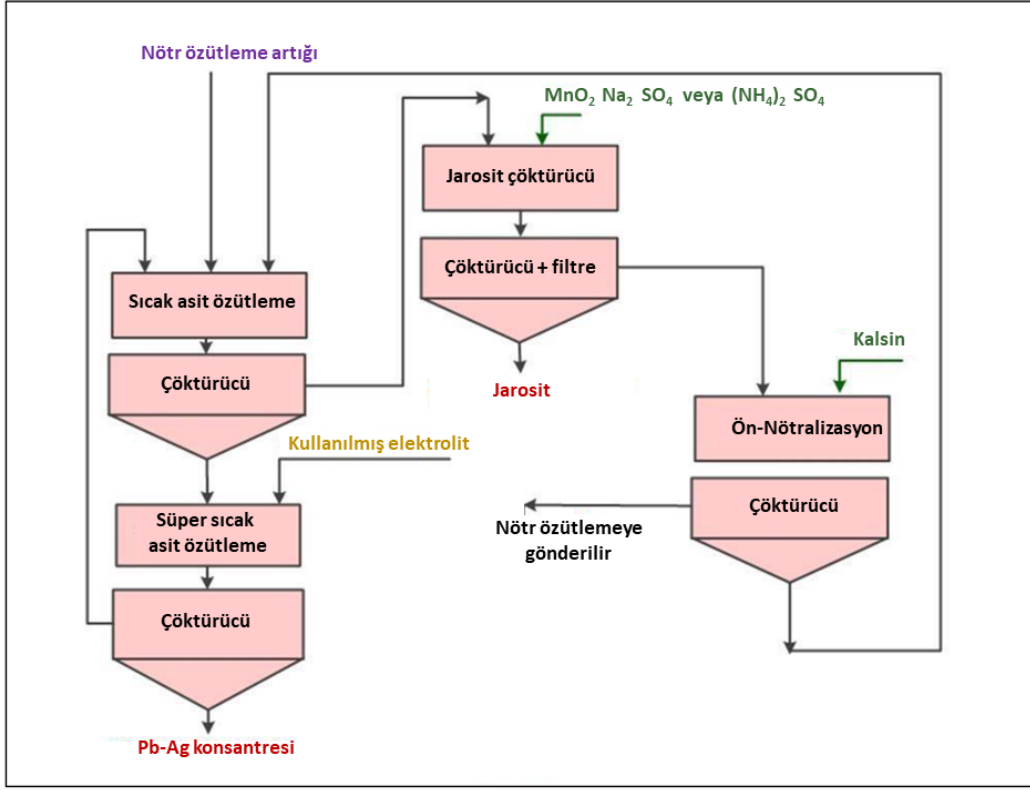
potansiyel bir hammadde olması nedeniyle hematit prosesinin çok daha cazip olduğu düşünülmektedir. Ancak, prosesin uygulanabilir olduğu tam olarak kanıtlanamamış ve hematitin demir çelik endüstrisi için uygun olmadığı belirtilmiştir.

Ayrıca, jarosit prosesinin %10 demir içeren konsantrelerle bile yüksek seviyelerde çinko geri kazanımı sağlayabildiği belirtilmiştir [136, Fugleberg, S. 1999]. Götüt prosesi ile benzer geri kazanım seviyeleri elde edebilmek, hidroliz aşamasında çökeltim için kullanılan kalsin fraksiyonundaki (veya ZnO) düşük demir içeriğine dayanmaktadır.

Geleneksel götüt ve jarosit demir giderim işlemleri Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de özetlenmiştir.



Şekil 6.11: Götüt prosesinde özütleme artığı işleme prosesinin örnek bir akış şeması

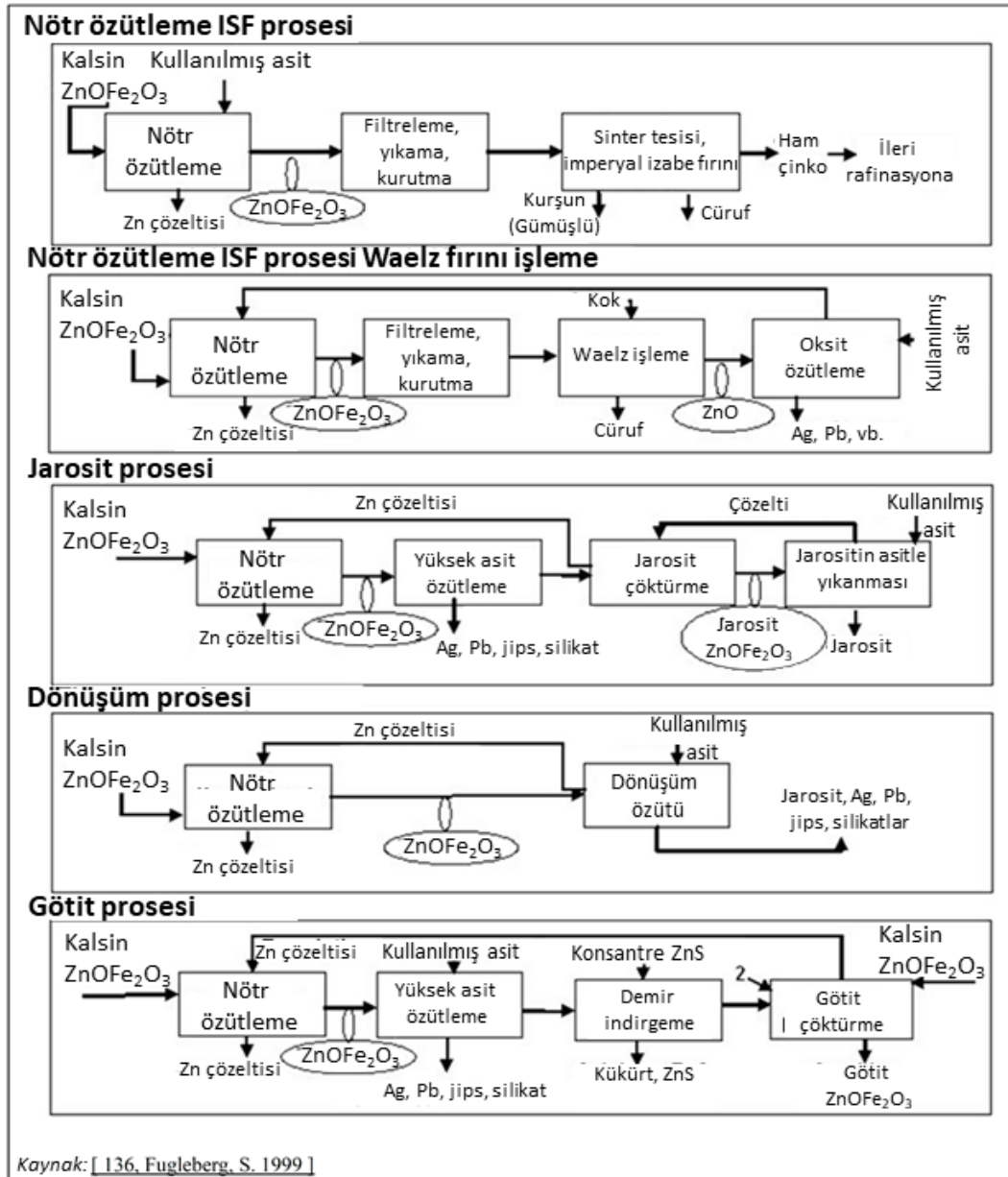


Şekil 6.12: Jarosit prosesinde özütleme artığı işleme prosesinin örnek bir akış şeması

Çeşitli işlem seçeneklerinden hangisi ile üretilirse üretilsin kalıntı, iyice yıkanarak çinko geri kazanım verimi maksimuma çıkarılır.

Demir açısından zengin olan kalıntılar, genellikle yeraltı veya yerüstü sularından izole etmek üzere, genellikle saha üzerinde veya yakınında, tamamen geçirimsiz atık alanlarında depolanır. Mağaralar da çevresel açıdan güvenli depolama alanları olarak kullanılır. Depolama alanından gelen su, normal olarak prosese geri gönderilir. Kalıntıların depolanması işleminin Jarofix prosesi ile veya sıkıştırılarak, daha verimli ve kabul edilebilir hale getirilmesi için geliştirmeler yapılmaktadır.





Şekil 6.13: Bazı demir giderim proseslerinin basit akım şemaları

Budel'de bulunan (Hollanda) Nyrstar'ın RLE çinko rafinerisi, Avustralya'daki Century madeninden gelen düşük demir konsantrlerinde çalışmaktadır. Düşük demir konsantrlerinin kullanılması, daha az çinko ve demir ve dolayısıyla daha konsantre kurşun ve gümüş özütleme artığına sahip olmasını sağlar. Bu nedenle, Budel tesisinden ortaya çıkan kalıntı, kurşun, gümüş ve diğer metallerin geri kazanılması için bir pirometalurjik prosesten daha geçirilir. Bu işlem bir Pb-Ag-PM geri dönüştürücüsü tarafından yapılır. Sonuç olarak, Budel tesisinin bir havuzda birikmesi gereken bir demir artığı bulunmamaktadır.

Ne yazık ki, piyasada çok düşük miktarda düşük demir konsantrisi bulunduğu için düşük demir konsantreleri kullanan böyle bir proses, tüm tesislerde uygulanamamaktadır. Bu prosesin bir kısmı, genellikle RLE tesisindeki çinko kayıplarını en aza indirmek için indirgeme adımını başlatmak için kullanılır. Century madeni tükenmeye yaklaşırken, bir tesisin %100 düşük demir konsantrlerinde çalışması daha da zorlaşacaktır.

### 6.1.5. İkincil çinko

İkincil veya geri dönüştürülmüş çinko, Avrupa'daki yıllık çinko tüketiminin yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Bu ikincil çinko'nun kabaca %50'si endüstri içerisinde geri dönüştürülmektedir. Bu durum özellikle galvaniz ve pirinç sektöründe geçerlidir; ürünlerin üretiminden veya işlenmesinden kaynaklanan hurdanın hemen hemen tümü geri dönüştürülebilir.

İkincil çinko endüstrisi ile ilgili ve önemli olan kalıntılar ve hurdalar şunları içerir;

- Bakır ve bakır alaşımı üretiminden kaynaklanan toz,
- Bakır ve kurşun işlemeden kaynaklanan cüruf,
- Kalıp döküm endüstrisinden kaynaklanan kalıntılar,
- Galvanizleme endüstrisinden kaynaklanan küller, alt ve üst cüruflar,
- Eski çatı ve diğer sac malzemeler,
- Eski otomobillerin ve esas olarak çelik içeren diğer ürünlerin parçalanmasından ortaya çıkan demir dışı fraksiyonlar,
- Elektrik ark çelik üretimi ve dökme demir üretiminden kaynaklanan toz,
- Çinko ve yanmış lastiklerden kimyasal kullanımdan kaynaklanan kalıntılar.

Çinkoyu geri kazanmak için kullanılan proses yöntemi, çinkonun formuna ve konsantrasyonuna ve kirlenme derecesine bağlıdır [117, Krüger, J. 1999]. Metalik, karışık metalik/oksidik ve oksidik akımlar için farklı prosesler uygulanır.

### 6.1.6. Genel prosesler

Fiziksel ayırma, erime ve diğer yüksek sıcaklıkta işleme teknikleri kullanılır. Çinko bakımından zengin kalıntılar çinko metal, SHG çinko, çinko alaşımları, çinko oksit veya çinko oksit bakımından zengin ürünler üretmek için kullanılır. Saf olmayan metaller veya alaşımlar, örn. bir damıtma kolonunda, SHG çinko veya yüksek dereceli oksit üretmek için rafine edilebilirler veya doğrudan ikincil bir geri kazanım prosesinde kullanılır. Klorür veya diğer halojenürler bulunuyorsa, agresif özellikleri nedeniyle çinko hidrometalurjik yöntemlerle üretilmeden önce giderilirler [117, Krüger, J. 1999], [202, Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente 1999].

Çinko geri dönüşüm tesislerinde, aşağıdan gelen kullanıcılardan alınan çinko küllerinde bulunan bot, ayakkabı, eldiven, plastik, ağaç ve çelik tel gibi istenmeyen maddeleri gidermek için görsel inceleme işlemi uygulanır. Çinko hurda haznesinde bulunan tüm bu eşyaların giderilmesi gerekir.

Karışık metalik hurdaların sınıflandırılmasında kullanılan, en yaygın fiziksel ayırma tekniği, demir parçalarını gidermek için kullanılan manyetik ayırma yöntemidir. Manuel ve mekanik ayırma teknikleri elektronik cihazlardan batarya, akü, cıva, vb. gibi atıkların WEEE Direktifine ön işlemlerini yapmak için kullanılır.

Eski çinko hurdasındaki kirliliklerin giderilmesi için manuel ve mekanik ayırma kullanılır. Ayırma işlemi, özel proseslerde daha fazla metalin geri kazanılmasını sağlar.

Ağır ortam ve nispi yoğunluk ayırma (batırma/yüzdürme) işlemleri, hurda işleme endüstrisi tarafından kullanılır, ancak demir dışı metal endüstrisinde, örneğin batarya hurdalarından plastik malzemenin giderilmesi için işlenmesinde de görülebilir. Bu durumda bir su taşıyıcısı kullanarak, çeşitli fraksiyonların yoğunluk ve boyut farkı metal, metal oksitler ve plastik bileşenleri ayırmak için kullanılır.

Manyetik ayırma, alaşımların kirliliğini azaltmak için demir parçaların giderilmesinde kullanılır. Genel olarak, konveyörlerin üzerinde bant üstü mıknatıslar kullanılır. Reverber bir fırında, fırın içindeki eğimli ocaklar çinko, kurşun ve alüminyum eritmek için ve büyük, yüksek ergime noktasına sahip kirleticilerin (örn. demir) ayrılarak daha fazla işlenmesi için kullanılır.

Hareketli elektromanyetik alanlar (girdap akımı ile ayırma), alüminyum diğer malzemelerden ayırmak için kullanılır. Bu tekniğin farklı bir çeşidinde, metal ve mekanik bileşenler arasında doğrudan temas olmadan erimiş alüminyum veya diğer metalleri pompalamak için bu hareketli

elektromanyetik alan kullanılır.

Diğer ayırma teknikleri, mekanik, pnömatik ayırıcılarla birlikte renk, UV, IR, X-ışını, lazer ve diğer algılama sistemlerinin kullanımını içerir. Bu teknikler, nikel-kadmiyum pilleri diğer batarya tiplerinden ayırmak gibi işlemler için kullanılır ve diğer uygulamalar için teknikler geliştirilmektedir.

Proses detayları genellikle gizlidir, ancak bu spesifik işlemlerin örnekleri aşağıda verilmiştir;

- İşlenecek parçaların, tellerin ve boruların galvanizlenmesi sırasında ortaya çıkan galvaniz külleri genellikle çinko metal ve çinko oksit karışımlarından oluşmaktadır. Farklı metal bileşiklerinin bulunması, galvanizleme banyosu için seçilen alaşım elementleri ile ilgilidir. Fazları serbest bırakmak için bilyalı öğütücüde öğütülürler. Ayrıştırma işlemi öğütücünün, metalik olmayan bileşenleri sürüklemek için hava akımı ile süpürmesi ile gerçekleştirilir ve süpürülen malzemeler bir kumaş filtre ile toplanır. Alternatif olarak ince metalik olmayan kısmın geçişine izin veren, ancak kaba metalik kısmı tutan bir elek, öğütme işlemine entegre edilir. Her iki durumda da, metalik kısım, öğütücünden boşaltılır, erimiş hale getirilir ve satış, yeniden kullanım ya da başka işlemler için ingotlar haline getirilir.
- Altta bulunan cüruf (aynı zamanda sert çinko veya çinko külçesi olarak da adlandırılır), bir miktar kurşun içeren bazı farklı metal parçacıklara sahip metaller arası fazların çinko-demir karışımıdır. Bunlar bekletme fırınlarında ve kesikli galvanizleme için kullanılan tanklarda oluşturulur ve biriktirilir. Eğer giderilmezse, çinko kaplamanın kalitesi düşer ve tıkanmalara neden olabilir, bu nedenle otomatik temizleme sistemleri kullanılır. Üstte bulunan cüruf sürekli sıcak daldırma galvanizlemeden üretilen çinko-demir-alüminyum alaşımıdır. Döküm endüstrisindeki cüruflar veya pota cürufları ve diğer kalıntılar az miktarda klorür içeren veya hiç klorür içermeyen bir çinko metal ve çinko oksit karışımı içerir. Yukarıda özetlenen işleme şemaları bu materyallere uygulanır. Aynı şey çinko veya çinko ürünlerinin kimyasal kullanımından kaynaklanan kalıntıların yanı sıra eski çatı kaplama ve diğer örtü malzemeleri için de geçerlidir.
- Bir değirmenler dizisi kullanarak ömrünü tamamlamış araçların işlenmesi sonucunda, parçalayıcı artığı ortaya çıkar. Metalik olmayan kısmın giderilmesinden sonra, demir dışı olan kısım, manyetik ayırıştırma ile diğer çelik bazlı ürünlerden ayrılır. Daha sonra bunu işlemek için yoğun ortam ayırıştırması ve diğer teknikler kullanılır, ardından çinko geri kazanımı için seçici ergime işlemi uygulanır.
- Çinko içeren toz (oksit karışımı) klinker fırınına beslenebilir, burada kalan halojenler ve kurşunlar 1000 °C'ye ısıtılarak çekilir. ZnO fırında işlemden geçirildikten sonra, bir başka işleme tabi tutulmadan bir çinko izabe fırınında hammadde olarak kullanılmaya uygundur.

Kalıntılar bir gaz ateşlemeli reverber fırında iki aşamada ergitilir. İlk aşamada, kurşun 340°C 'de ergitilir ve ingotlar halinde dökülür. İkinci aşamada, sıcaklık 440 °C'ye yükseltilir ve çinko ergitilir ve ingotlar halinde dökülür. Alternatif bir proseste, delikli bir iç astar bulunan, dolaylı olarak ısıtılan bir döner fırın kullanılır. Çinko erir ve astar içinden ingot halinde döküldüğü bir bekletme fırını içine akar. Daha fazla rafinasyon işlemi her zaman gerekmektedir.

### **6.1.7. İkincil çinko için çözelti ekstraksiyon prosesi**

Bölüm 6.1.1.3.4.2'de bulunan açıklamalara bakınız.

SX aşaması, piller gibi kirli ikincil hammaddelerden çinko geri kazanımı için kullanılır. İkincil çinko malzemelerin diğer kaynakları arasında pirometalurjik proseslerden gelen tozlar ve dumanlar (örn. bakır izabe fırınları, elektrikli ark çelik imalat fırınları, vb.); yanma prosesleri (örn. evsel atık yakma, kullanılmış lastik yakma, vb.); ve Waelz ve Primus fırınları gibi dumanlama işlemlerinden kaynaklanan ikincil çinko oksitler bulunmaktadır.

İkincil hammaddelere uygulandığında, bu proses, çinko çözeltisinden halojenürleri ve metalleri ayırmak için çözücü ekstraksiyonu (SX) ile verimli özütleme çözeltisinin yükseltilmesini ve saflaştırılmasını içerir. Elde edilen saflaştırılmış elektrolit, geleneksel bir elektrowinning işlemine beslenebilir.

Bu proses, ikincil malzemelerden çinko geri kazanımı için İspanya'daki bazı tesislerde kullanılmıştır (tüm bu tesisler günümüzde kapatılmıştır). Günümüzde (2014), bu proses çeşitli çinko oksitlerin ikincil malzemelerinden çinko elde etmek için Akita'daki (Japonya) bir tesiste kullanılmaktadır. Ayrıca, Portovesme (İtalya)'da bulunan yakın zamanda devreye alınan bir çinko rafinerisinin Waelz oksidini işlemek için kullanacağı ve Forest City'de (ABD) devam eden bir başka proje olduğu da bildirilmiştir.

### **6.1.8. Waelz fırınları**

Waelz oksit çinko kazanım proseslerinde kullanılan çinko bakımından zengin bir ara üründür. Kalıntılardan, özellikle de elektrik arklı çelik üretim fırınlarından gelen tozdan üretilmektedir. Waelz fırınları ve cüruf dumanlama fırınları da kullanılabilir.

Proses çinkoyu ve kurşunu tekrardan, indirgeyerek, uçucu hale getirerek ve okside ederek diğer malzemelerden ayrılmayı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır [99, Hähre, S. 1998], [117, Krüger, J. 1999]. Elektrik arklı çelik üretiminden kaynaklanan toz (EAF tozu), diğer çinko bakımından zengin malzemeler, kok tozu ve CaO içeren malzemeler ayrı ayrı depolanmaktadır. Optimum proses koşulları için, besleme materyalleri homojenleştirilebilir ve pelet haline getirilebilir. Daha sonra doğrudan fırın besleme sistemine veya ara depoya gönderilir. İstenen cüruf kalitesini elde edebilmek için kullanılan ham maddenin çinko içeriğine göre indirgeme malzemesi (kok) ve akıların miktarını ölçebilmek üzere bir tartım ekipmanı kullanılabilir. Elde edilen cürufun bazikliğine bağlı olarak işlemde bazı farklılıklar bulunmaktadır [99, Hähre, S. 1998], [117, Krüger, J. 1999].

Bir Waelz fırının içindeki normal çalışma sıcaklığı yaklaşık olarak 1200–1400 °C'dir. Fırının içinde, katı malzemeler önce kurutulur, daha sonra sıcak gazın karşı akımı ile ısıtılır ve refrakter kaplı duvarlarla temas ettirilir. Eğime, uzunluğa ve dönme hızına bağlı olarak, materyalin fırın içinde ortalama 4 ila 6 saat arasında bir kalma süresine bulunmaktadır. Katı yatakta kuvvetli bir şekilde azalan atmosferde çinko, kurşun ve diğer metaller azalır. Çinko ve kurşun gaz içine buharlaştırılır, klorürler ve alkaliler ise diğer uçucu metaller ve elementlerle birlikte buharlaşır. Fırında fazla hava olduğu için, metal buharları oksitlenir. Karışık oksitler fırından proses gazları ile çekilir ve gaz arıtma sisteminde ayrılır (bkz. Şekil 6.14).

Konvansiyonel temel Waelz proses, Tesis I'de uygulanmaktadır. Bu tesiste, EAF ve %13-30 arasında çinko içeren bir yükleme malzemesi, kömür ve kireç ile karıştırılır ve Waelz fırınına beslenir. Fırın 60 metre uzunluğunda, 3,6 metre iç çapa, %2 eğime ve 1 rpm olağan dönüş hızına sahiptir. Fırının içinde, katı malzeme, besleme ucundan fırının dönüşü ve eğimiyle boşaltma ucuna taşınır.

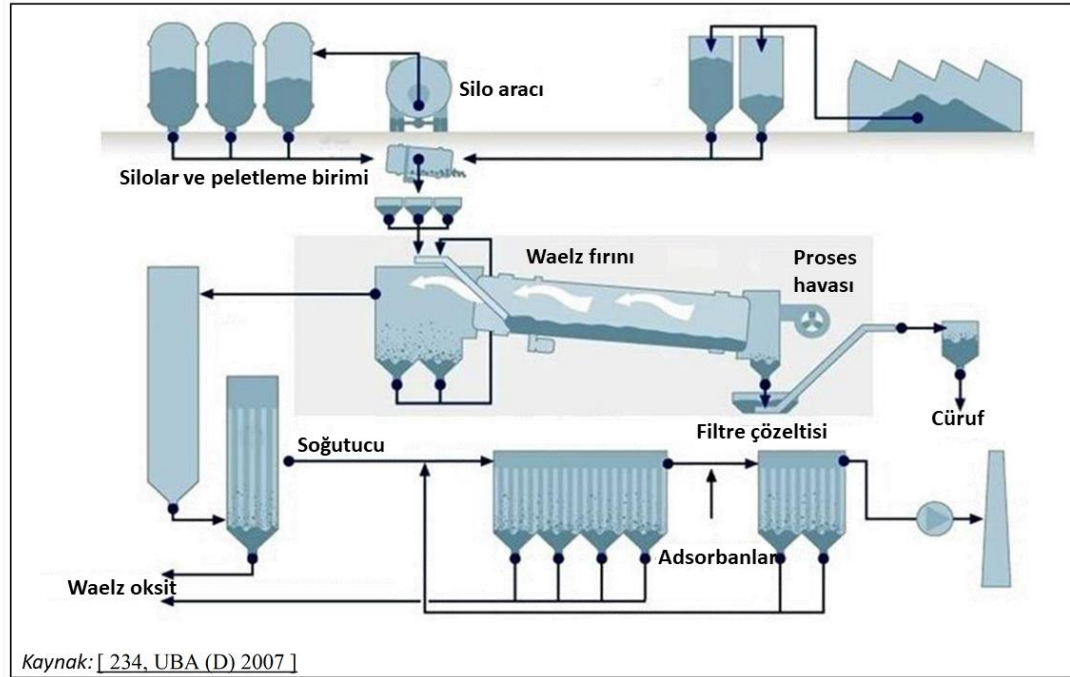
SDHL prosesi (ismi mucitlerinden gelmektedir: Saage, Dittrich, Hasche ve Langbein), enerji tüketimini azaltmak ve çinko verimini ve üretim miktarını artırmak için proses sonunda demir için bir reoksidasyon adımı bulunan temel cüruf sistemini kullanan geleneksel Waelz işleminin daha da geliştirilmiş halidir [246, Fransa 2008]. 2000 yılında patenti alınmıştır. Mevcut Waelz tesislerine de uyarlanabilmektedir. Geleneksel bir Waelz prosesinde, kok stokiometrik

gereksinimlerin üzerinde bir oranda beslenir ve bu da cürufta kalan kok kalmasına neden olur. SDHL işleminde kok, hemen hemen stokiyometrik olarak eklenir (ihtiyaç duyulan kokun sadece %70'i kadar) ve metalik demir kısım, ekstra proses ısını sağlamak için hedeflenen hava ilavesi ile fırın sonunda yeniden oksitlenir.

Demir oksidasyonu ile enerji açığa çıkması nedeniyle normal işletmede ilave doğal gaz girişi gerekmemektedir. Kok tozunun %40'a kadar azaltılması mümkündür ve daha yüksek miktarda üretim, daha yüksek çinko geri kazanımı ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması sağlar [234, UBA (D) 2007].

Sonuçlar, temel cüruf sisteminin (yüklenen malzeme kirecin eklenmesiyle elde edilen) yaklaşık 10 kat bir PCDD/F azaltımı sağladığını, %60'lık bir payla cürufta flor fiksasyonunun ve daha uzun bir astar ömrünün mümkün olduğunu göstermektedir.

Gaz arıtma sisteminde genellikle mekanik olarak taşınan ve doğrudan fırına geri beslenen kaba tozun giderilmesi için bir çökeltme odası bulunmaktadır. Sıcak proses gazları çeşitli doğrudan veya dolaylı soğutucular kullanılarak soğutulur. Waelz oksidi soğutulmuş gazlardan ayırmak için bir elektrostatik çöktürücü veya kumaş filtre kullanılır. PCDD/F'yi en aza indirmek ve gidermek için gerektiğinde teknikler kullanılır. Waelz tesislerinde, iki aşamalı bir proseste Waelz oksit içeren bir adsorban ve linyit veya aktif karbon kullanılır. VOC emisyonlarını en aza indirmek için bir son yanma odası kullanılabilir.



Şekil 6.14: Waelz prosesi akış şeması

Üretilen cüruf, fırının sonundan sürekli olarak bir sulu söndürme sistemine boşaltılır. Soğutma ve eleme işleminden sonra, SDHL prosesinden elde edilen cüruf, depolama için bir inşaat malzemesi olarak ve inşaat mühendisliğinde örn. sızıntı testlerinde uygun performans elde edildikten sonra yol yapımı için, bir malzeme olarak kullanılabilir.

Çinko üretim işlemlerinden gelen kalıntıların işlenmesinde kullanılan Waelz işlemlerinden elde edilen cüruf, cüruf ezildikten sonra bir yüzdürme işleminde işlenebilir. Yüzdürme işleminde, bakır veya kurşun izabe fırınında metal geri kazanımı için gönderilen bakırca zengin bir malzeme elde edilir. Bu yöntem, atık yığınlarının yeterince işlenebileceği yerlerde kullanılır (Madencilik Faaliyetlerinde Atıkların Yönetimi ve Atık-Kaya Yönetimi ile ilgili BREF'e bakınız).

Üretilen Waelz oksit, çeşitli şekillerde işlenebilir. En temel işlem, pirometalurjik çinko tesislerine, örn. İmperyal İzabe Prosesine, satış için sıcak briketleme veya sinterleme işlemidir. Kurşun oksit içeriği yüksekse, kurşunu uçucu hale getirmek için bir kalsinasyon basamağı da kullanılabilir.

Waelz oksit, karışı akım akışı prensibini kullanılarak iki veya üç aşamalı bir proseste su ve sodyum karbonat, sodyum bikarbonat veya muhtemelen sodyum hidroksit ile de yıkanabilir. Bu eklemlerle, metal klorürler, metal karbonatlar veya hidroksitler olarak çöktürülebilir. Klorürün giderilmesinin yanı sıra, bu yıkama işlemi, florür, sodyum ve potasyumun uzaklaştırılmasını da sağlar. Birinci yıkama aşamasından gelen zengin çözelti alkalileri, bir tuz artığı ve bir alkali içermeyen kondensat elde etmek için bir kristalleştirme adımı ile giderilebilir. Tuz kalıntıları ise yeraltında bertaraf edilir. Kondensat geri dönüştürülebilir; bu durumda tüm proses atık su üretmeden çalışabilir. Yıkama prosesleri Bölüm 6.3.2.2.3.4'te gösterilmiştir.

Avrupa'da, Waelz oksitin çoğu yıkanır ve daha sonra bir RLE tesisinde işlenir.

İki aşamalı bir proses ve atık su arıtımı, klor içeren taşan kısmın deşarj edilmesi ile mümkün olabilir. Yıkama ve kristalleştirme prosesleri karşılaştırıldığında, iki aşamalı yıkamanın avantajları daha düşük enerji tüketimi, daha düşük işletme maliyetleri, daha düşük yatırım maliyetleri ve katı bir kalıntının ortaya çıkmamasıdır.

### 6.1.9. Cüruf dumanlama prosesi

Bu prosesler çinko kalıntılarını geri kazanmak için de kullanılır. Elektrik ark ocağı tozu, kurşun eritme işlemlerinden elde edilen cürüfların çoğu, bakır eriticilerinden gelen karmaşık çinko-bakır cürüfları ve çinko indirgeme işlemlerinden kaynaklanan ve daha fazla işlem görmezlerse kaybedilecek kurşun ve çinko içeren diğer kalıntılar. Bu materyaller, kurşun ve çinkoyu geri kazanmak ve prosesten gelen ısıyı yükseltmek için kömür gibi bir karbon kaynağıyla buharlaştırılabilir [117, Krüger, J. 1999].

Siklon veya dönüştürücü tipi fırınlar, sıcaklığı 1200 °C'nin üzerine yükselterek metalleri uçucu hale getirmek ve daha sonra filtrasyon aşamasında gazlardan geri kazanılan oksitler oluşturmak için kullanılırlar. Siklon fırını oksijence zenginleştirilmiş hava ile çalıştırılır, ancak dönüştürücü substokiyometrik hava ile çalıştırılır. Bu durumda fazla ısı üretilir ve bu ısı bir atık ısı kazanı içinde geri kazanılır ve elektrik üretilir. Üretilen cüruf, sızıntı testi sonuçlarına ve yerel mevzuata bağlı olarak inşaat veya depolama amaçlı kullanılır.

Ausmelt / ISASMELT firmı, çok bölmeli fırın ve daldırılmalı plazma ark fırınının, Waelz işlemine alternatif olarak çinko üretmek için çelik tozu, özütleme kalıntıları ve kaplama çamurlarını işlemek üzere kullanıldığı bildirilmiştir [227, IZA Raporu 2008]. Bir redüksiyon fırını ile birlikte kalıntılardan çelik ve diğer metallerin üretilmesinde kullanıldığı da bildirilmiştir [257, Paul Wurth 2008].

#### 6.1.9.1. Plazma ark dumanlama prosesi

Bu dumanlama işlemi, elektrikli ark çelik üretim fırınlarından gelen torba filtre tozu veya çinko ve ZnO içeren kompleks cürüflar gibi ikincil malzemeler gibi metal oksitleri işlemek için kullanılabilir. Malzemeler reaksiyonların gerçekleştiği bir plazma ark fırınının cüruf banyosuna beslenir ve ZnO üretilir. Kok veya benzer bir madde indirgeyici madde olarak kullanılır. Gerekirse, besleme malzemesine bir cüruf oluşturuç eklenir. Farklı metal oksitler cüruf sıcaklığı ve oksijen potansiyeli tarafından belirlenen dengeye göre azalır. [350, Heegaard 2009]

Cüruf sıcaklığı plazma gücü ve cüruf bileşimi tarafından kontrol edilir. Güç tüketimi yaklaşık 1,2 MWh/t EAF toz beslemelidir. Oksijen potansiyeli, kok besleme oranı ve nozullar içindeki sıvılaştırılmış doğal gaz akışı ile ayarlanır.

Kurşun ve çinko gibi yüksek buhar basıncına sahip düşük metaller fırını metal buharı olarak terk ederler. Çıkış gazı fırından 1300 °C sıcaklıkta çıkar. Çıkış gazları ZnO ve PbO üretmek için hava tarafından yeniden oksitlenir. Fırında reoksidasyon gerçekleşirse, oluşan ısının yaklaşık üçte biri cürufu ısıtmak suretiyle geri kazanılabilir ve bu nedenle plazma jeneratörünün güç tüketimini azaltabilir.

Çinkonun geri kazanım oranı yaklaşık %92 ve ZnO içeriği yaklaşık %88'dir.

Bir yan ürün olarak yaklaşık %0,1 kurşun içeriği olan stabil, çözünmez bir cüruf üretilir. Cürufun

bazıklığı (CaO + MgO)/SiO<sub>2</sub> yaklaşık 1 civarındadır. Cüruf beton üretimi ve/veya konstrüksiyon gibi çeşitli endüstrilerde kullanılır.

### 6.1.9.2. Bakır izabesinden ikincil ZnO üretimi için dumanlama fırını prosesi

Bakır izabesinin bir parçası olarak entegre edilen bu proses, elektrikli ark çelik üretim fırınlarından gelen torba filtre tozu gibi metal oksitlerin veya çinko ve bakır içeren bir bakır izabesinden gelen kompleks cüruf lar gibi ikincil malzemelerin işlenmesi için kullanılabilir. Çinko bakımından zengin cüruf, çinkonun oksijen ve karbon yardımıyla buharlaştığı bir dumanlama fırınında işlenir. Bu işlem sonucunda karbon monoksit ortaya çıkar ve çinko oksit metalik çinkoya indirgenir.

Çinkonun geri kazanım oranı yaklaşık olarak %85'tir ve ZnO içeriği yaklaşık %70-75 arasındadır.

Dumanlama fırınından çıkan cüruf, bir çökeltme fırınına aktarılır. Belirli bir bekletme süresinden sonra, cüruftan bir bakır mat ayrılır ve bakır izabesine geri dönüştürülür. Geri kalan cüruf, drenaj özellikleri yol ve bina yapımında kullanılmasına izin veren kimyasal olarak stabil bir demir kum oluşturmak üzere granüle edilir.

### 6.1.10. Yeniden ergitme ve rafinasyon

Temiz ve karıştırılmamış ikincil çinko hurdası, ikincil çinko derecelerine kadar yeniden arındırılır veya artırılır. Alüminyum veya demir gibi safsızlıklar içeren malzemeler, eğer mümkünse ergitme işleminden önce ayırma basamağında mekanik olarak ayrılır. Karıştırılmış olan hurdalar, daha yüksek bir erime noktasına sahip metallerden çinkonun giderilmesi için bir ayırma ergitme ocağında ön işlem den geçirilebilir.

Ergitme ağırlıklı olarak indüksiyon fırınlarında gerçekleştirilir. Ergime işleminden sonra, ayırma ve alaşımlama adımları gelir. İlk adımda, kirleticiler eriyiğ in içindeki elementin çözünürlüğüne bağlı olarak kısmen veya tamamen giderilebilir. Eğer gerekiyorsa alaşım elementleri eklenebilir.

### 6.1.11. Çinko için ergitme, alaşımlama ve döküm prosesleri

### 6.1.12. Çinko için ergitme ve alaşımlama prosesleri

Ergitme ve alaşımlama işlemleri genellikle dolaylı olarak ateşlenen pota fırınları veya indüksiyon fırınlarında gerçekleştirilir. Sıcaklık, çinkonun buharlaşmadığı ve duman oluşturmadığından emin olmak için kontrol edilir. Yakıt genellikle gaz veya petrol ürünleridir. Gaz ya da petrol yakıcı, bir yanma kutusuna yerleştirilmiş olan potanın dışına ya da bir daldırma tüpü ısıtıcısı potanın içine yerleştirilebilir [12, HMIP (UK) 1994], [98, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Alüminyum ergitme fırınlarında doğrudan ısıtma uygulanır (bazen çinko alaşım fırınına katı alüminyum yerine erimiş alüminyum eklenir). Ergitme ve döküm bölümü arasında yer alan çinko bekletme fırınlarında da doğrudan ısıtma yapılır.

Her iki durumda da sıcaklık kontrolü kritiktir, çünkü çoğu alaşım bileşimleri için dumanlaşma ile metal kaybının önlenmesi amacıyla döküm sıcaklığının 600 °C'yi aşmaması gerekmektedir. Alaşım ilaveleri genellikle katı olarak yapılır, fakat bazı işlemlerde bir bitişik eritme fırınından ergimiş alüminyum eklenir.

Alaşımlar saf olmayan hammaddelerden yapıldığında, kirleticileri abroplamak için akıllara ihtiyaç duyulur. Standart akı çinko klorür ve/veya çift tuzlu amonyum klorür içerir; bazı akılar da halojen içermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu maddeleri eklerken veya fırının temizleme işlemleri sırasında, yayılı toz ve duman emisyonları ortaya çıkabilir. Florür içeren akılar, ıslak gaz yıkayıcılar kullanılarak giderilmesi gereken gaz halinde florür bileşikleri emisyonlarına neden oldukları için kalıntı kullanılmamaktadır.

Çinko banyosu, katı cürufu (çinko oksit ve çinko klorür) gidermek için periyodik olarak sıyırılmaktadır. Cürufta çinko kaybını azaltmak için sıklıkla bir akı eklenir. Cürufun oksidik kısmı

ISF içerisinde veya elektrolitik çinko prosesinde kavurucuya gönderilerek geri dönüştürülebilir.

Çinko katotları, çinko alaşımları ve çinko hurdası eritildiğinde, aşağıdaki ara maddeler üretilebilir;

- Çinko cürufu. Ergitme fırınında üretilir, metalik ve oksitlenmiş çinko içeren erimiş metalin yüzeyinde oluşan bir köpükten oluşur. Banyo yüzeyinden mekanik veya manuel yollarla sıyrılır.
- Çinko içeren toz ve dumanlar. Torba filtreler gibi azaltım ekipmanları vasıtasıyla ergitme fırınından çıkan gaz akımlarından yakalanırlar.

Çoğu durumda, tüm bu kalıntılar çinko geri kazanımı için dahili veya harici olarak geri dönüştürülürler.

### 6.1.13. Çinko döküm prosesi

Metal genellikle dökme demir veya dökme çelikten yapılmış kalıcı kalıplara dökülür. Sabit veya sürekli konveyör döküm makineleri kullanılmaktadır.

Statik kalıplar ve konveyör döküm makineleri, blok ve külçeler üretmek için kullanılır. Sürekli döküm makineleri telin indirgenmesi amacıyla çubuk üretiminde kullanılır.

Çinko veya çinko alaşım külçelerini dökerken, metalik cüruf üretilebilir. Bu cüruf dökümden elle uzaklaştırılan bir köpüktür. Bazı otomatik proseslerde, üretilen miktar sıfır veya ihmal edilebilir düzeydedir. Çoğu durumda, bu kalıntı çinko geri kazanımı için dahili veya harici olarak geri dönüştürülür.

### 6.1.14. Çinko tozu üretimi

Çinko tozu, diğer endüstriyel prosesler için bir ürün olarak ve özütleme sıvısı saflaştırma işlemi boyunca kullanılmak üzere üretilen bir reaktiftir. Yukarıda belirtilen aynı tekniklerle üretilen erimiş çinko, bir püskürtme nozulu aracılığıyla basınç altında püskürtülür ve daha sonra toz üretmek için inert bir atmosferde hızla soğutulur [117, Krüger, J. 1999]. Toz üretmek için bir erimiş çinko akışının hava, su veya santrifüjlü atomizasyonu da kullanılabilir. Toz bir kumaş filtre sisteminde giderilir ve ilgili işleme aktarılır veya paketlenir.



### 6.1.15. Kadmiyum

#### 6.1.16. Birincil çinko prosesinden kadmiyum üretimi

Kadmiyum, metal geri kazanım işlemlerinin çoğundan bir yan ürün olarak üretilmektedir. Çinko ve kurşun üretimi başlıca kadmiyum üretim kaynaklarıdır [117, Krüger, J. 1999].

İmperyal İzabe Fırını'nda (ISF), kadmiyum iki ayrı yolla geri kazanılmaktadır. Bazı kadmiyumlar çinkoyu takip eder ve sonunda ikinci damıtma aşamasında kondensat olarak geri kazanılır. Bu kadmiyum çinko içerir ve daha fazla saflaştırma işlemi gerektirir. Geri kalan kısım, sülfürik asit tesisinden önce gelen gaz temizleme bölümünde baca tozundan geri kazanılmaktadır. Bunlar sülfürik asit ile yıkanır ve daha sonra saflaştırma işlemine gereksinim duyan kadmiyum sementat olarak bu çözülden uzaklaştırılır.

RLE prosesindeki çinko çözeltilerinin saflaştırılmasından elde edilen kadmiyum sementat, hidrometalurjik olarak da rafine edilebilir. Bu proseste, sementat bir sülfürik asit ortamında yıkanır, çözültü saflaştırılır ve kadmiyum metali elektrowondur. Saflaştırılmış  $ZnSO_4$  çözeltisi ana çinko döngüsüne geri gönderilir [234, UBA (D) 2007].

Kadmiyum sementat, çinkoyu gidermek için soda ile sıkıştırılarak ve ergitilerek rafine edilebilir. İsteğe bağlı olarak, yüksek saflıkta bir kadmiyum elde etmek için ek bir damıtma basamağı uygulanabilir.

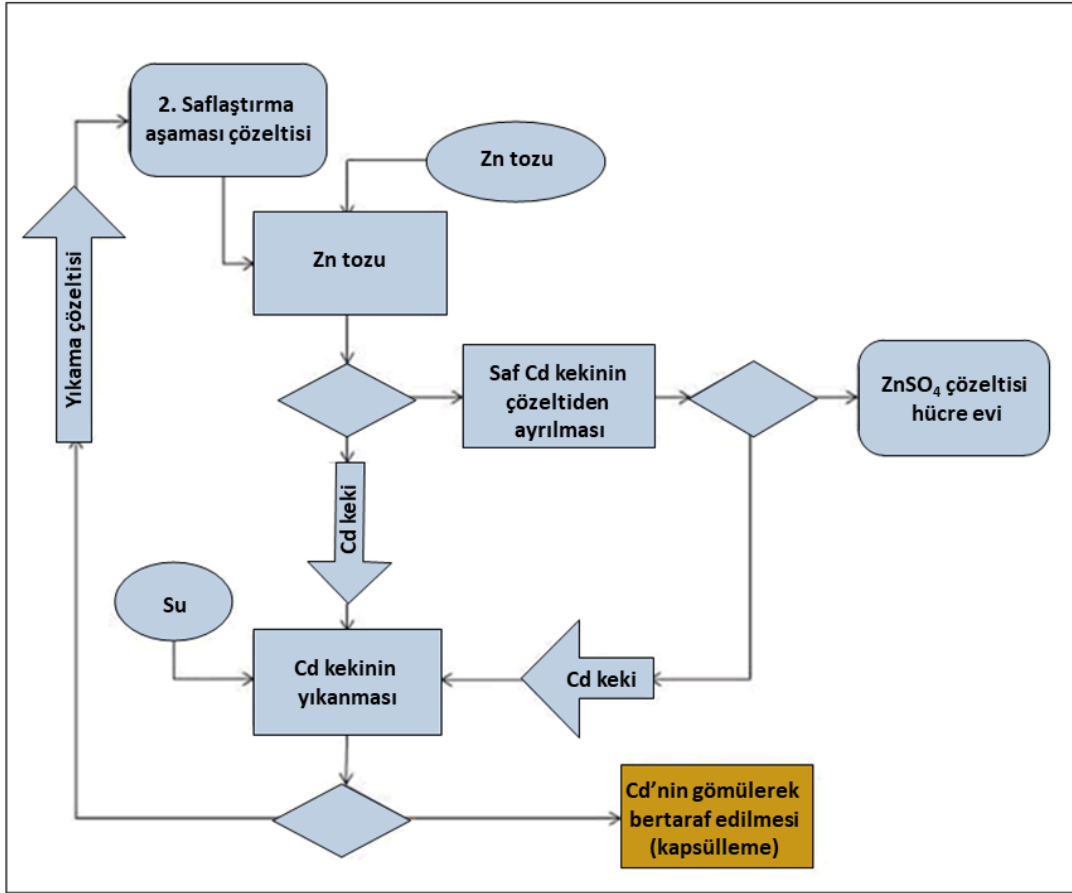
Kadmiyum ayrıca bir iyon değişim prosesi ile kadmiyum klorür çözeltisi olarak geri kazanılabilir. Çözültü, bir değişim reaksiyonu başlatan ve kadmiyum süngeri ve çinko klorür çözeltisi üretimi ile sonuçlanan daldırılmış tambur yüksek dereceli çinko çıkışına yönlendirilir. Bu prosesten, sementat prosesinden veya sülfat çözeltilerinden elde edilen sünger, kalan çinkoyu uzaklaştırmak için kostik soda (sodyum hidroksit) yongaları ile ergitilir, ürün dökülür ve satılır ya da eğer saf değilse kadmiyum rafinasyonu için gönderilir.

Kadmiyum da atık akımlarından karbonat olarak geri kazanılabilir. Kadmiyumu geri kazanmak için özütleme ve elektrolitik çıkarım teknikleri kullanılabilir.

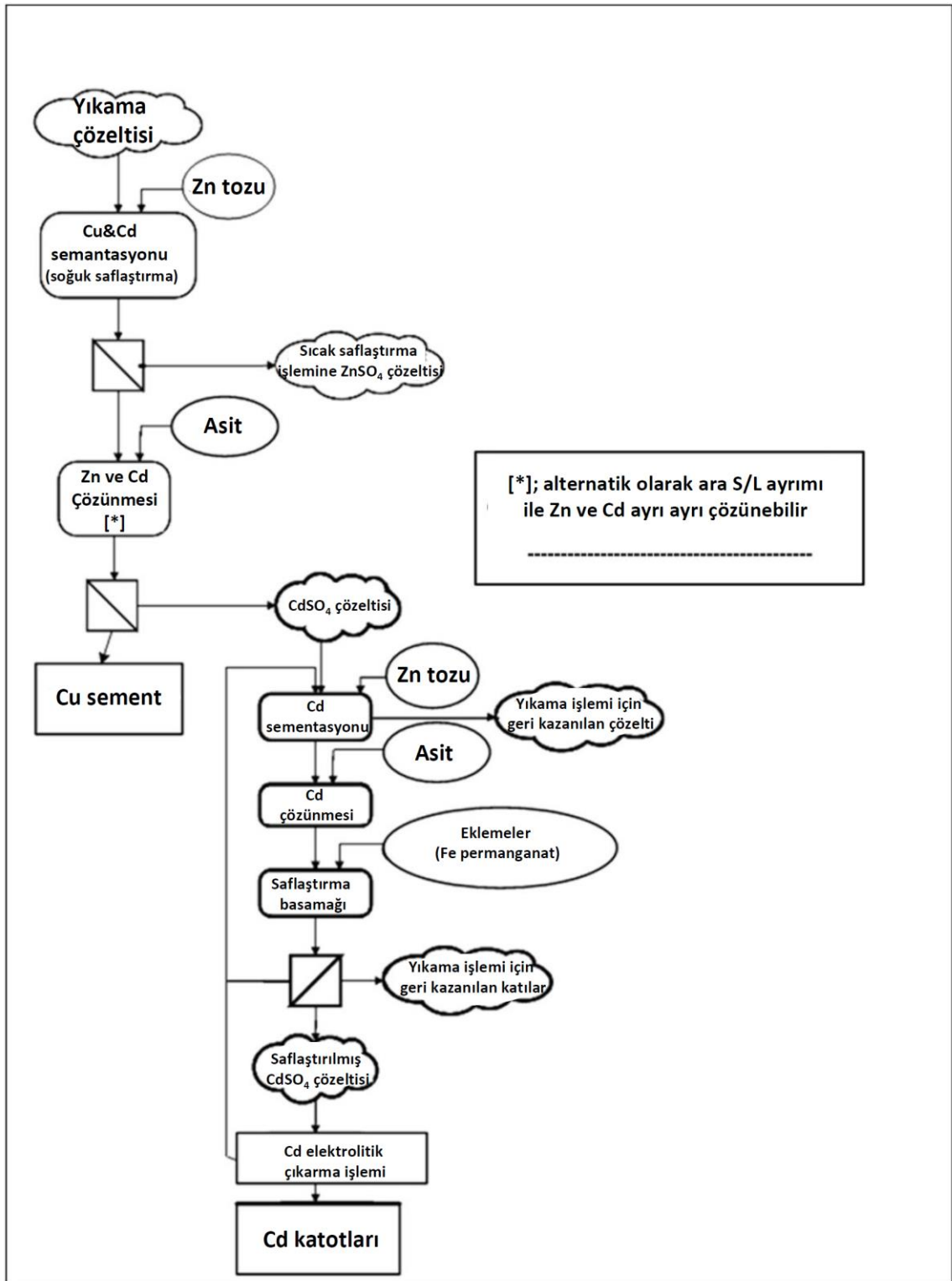
Kadmiyum rafinerisinde, yukarıda tarif edilen proseslerden gelen kadmiyum, ticari şekillerde eritilebilir ve dökülebilir. Saflık yeterli olmadığı zaman, kadmiyum daha yüksek sıcaklıklarda damıtılır. Ortaya çıkan kondensat, yaklaşık %1 çinko içeren kadmiyumdur ve ortaya çıkan akıntı ise yüksek dereceli çinkodur. Son olarak, kadmiyum fraksiyonu, kalıntı çinkoyu gidermek için kostik soda ve sodyum nitrat ile ergitilebilir.

98/24/EC (2009) Direktifinin 3. Maddesine uygun olarak, Mesleki Maruz Kalma Sınırları Bilimsel Komitesi (SCOEL) tarafından önerilen solunabilir  $Cd/m^3$ 'ün mesleki maruz kalma sınırı değeri göstergesi olan  $4 \mu g$ 'a uymak için kadmiyum endüstrisi tarafından teknik önlemler alınmıştır. Bu değer, belirli bir kadmiyum bileşiğinin sınırlı çözünürlüğü belgelenmediği sürece, genel olarak kadmiyum ve kadmiyum bileşiklerine uygulanabilir. Bu işyeri hava konsantrasyonuna ulaşmak için yaygın emisyonların mutlaka düşük olması gerekmektedir.

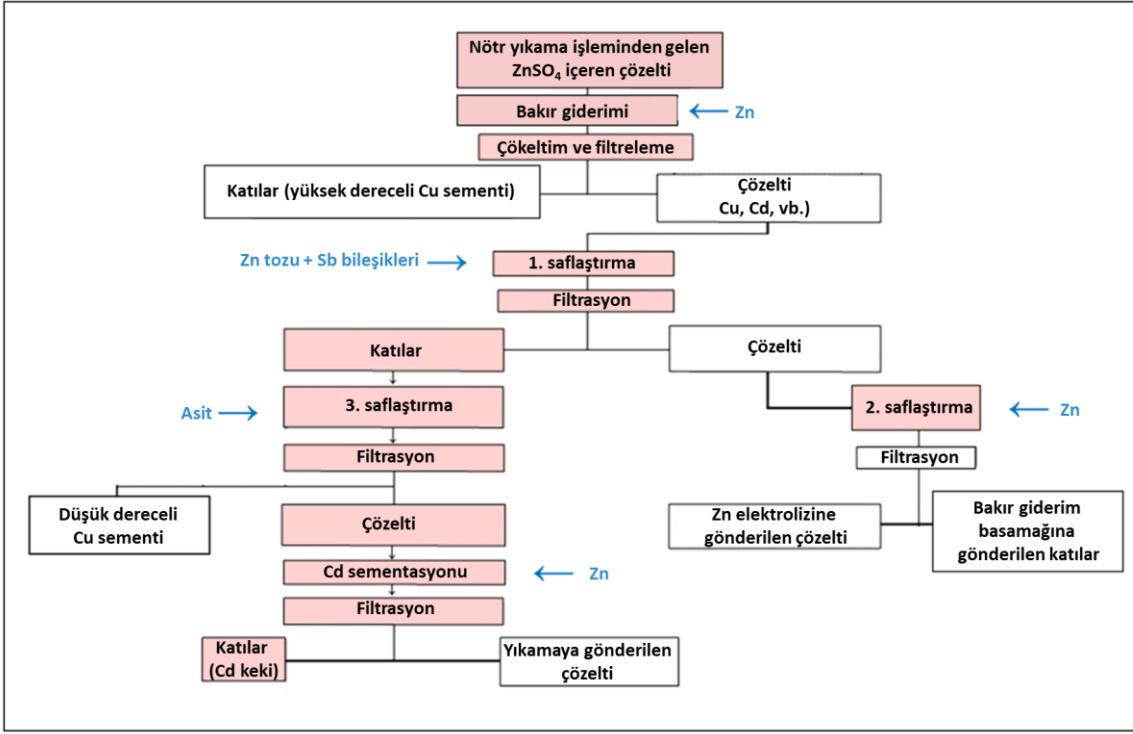
Farklı kadmiyum üretim yöntemlerinin akış şemaları aşağıda gösterilmiştir.



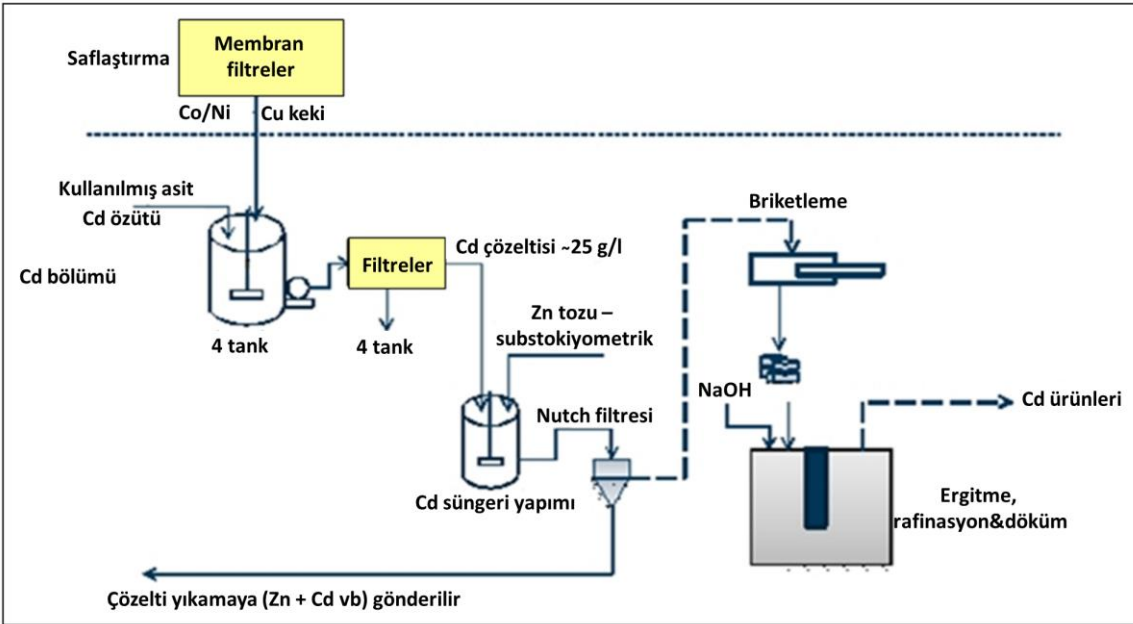
Şekil 6.15: Kadmiyum üretimi akış şeması: A Tesisi



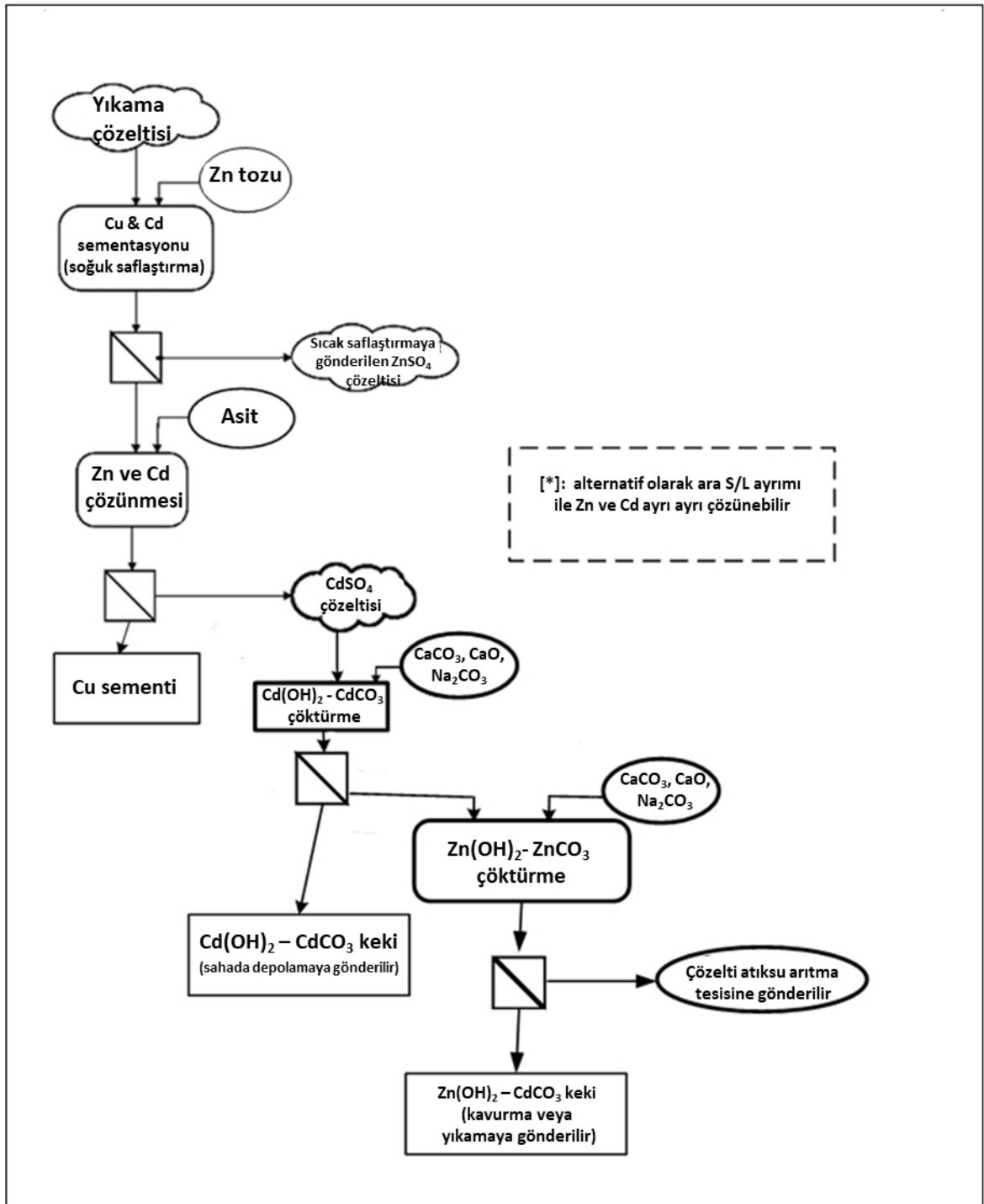
Şekil 6.16: Kadmiyum üretimi akış şeması: B Tesisi



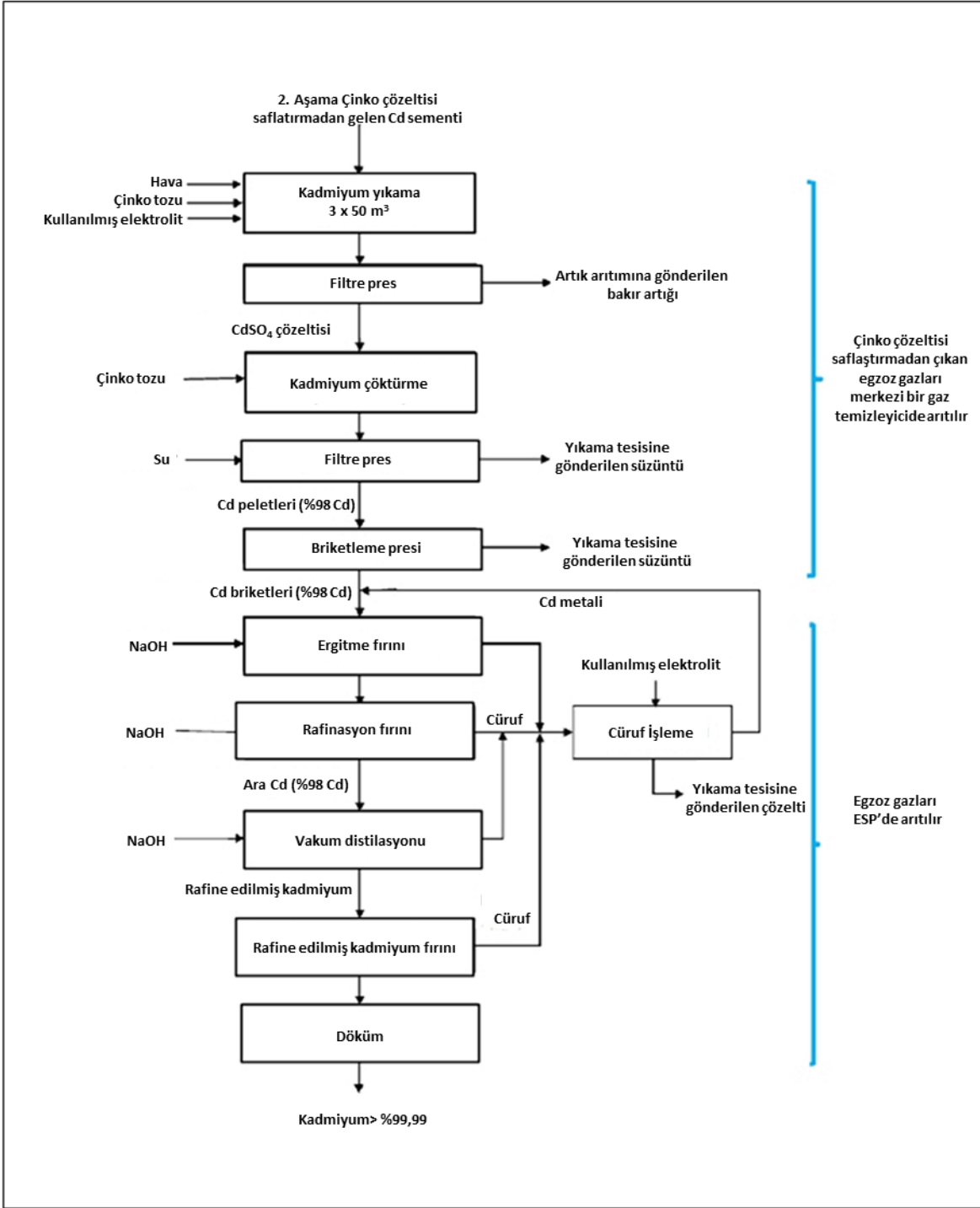
Şekil 6.17: Kadmiyum üretimini içeren saflaştırma işlemi akış şeması: C Tesisi



Şekil 6.18: Kadmiyum üretimi akış şeması: D Tesisi



Şekil 6.19: Kadmiyum üretimi akış şeması: E Tesisi



Şekil 6.20: Kadmiyum üretimi akış şeması: F Tesisi

### 6.1.17. Esas olarak pillerden ikincil kadmiyum üretimi

Kadmiyumun bir diğer kaynağı Ni-Cd pillerin geri dönüşümüdür. İki tip pil vardır: Tüketici kaynaklı sızdırmaz piller ve endüstri kaynaklı havalandırılmalı hücreli bataryalar.

Bu pillerin ana bileşenleri şunlardır:

- Anot: Kadmiyum,
- Katot: Çelik hasır üzerinde NiOH,
- Membranlar ve ayırıcılar: Polimer ve kağıt,
- Gövde: Çelik ve plastik,

- Elektrolit: KOH.

Geri dönüşüm süreci üç adımdan oluşur.

- Sıralama

Kirletici sayısını en aza indirmek için, endüstriyel hücrelerin yanı sıra tüketici hücrelerin de tanımlanması ve sıralanması gerekmektedir. Sıralama kalitesi, geri kazanılan kadmiyum ve Ni-Fe fraksiyonunun saflığını belirler.

- Kadmiyumun geri dönüşümü için hazırlık

#### *Endüstriyel kullanılan havalandırılmalı piller*

Endüstriyel hücrelerde bulunan sıvı potasyum hidroksit süzülür ve elle ayrılır. Kadmiyum içeren tüm parçalar kadmiyum distilasyonuna gönderilir. Diğer bileşenler (elektrolit, polimerler, demir ve nikel) geri dönüştürülür. Sökme işlemi kapalı alanlarda gerçekleştirilir. Havalandırma havası ise bir kaset filtreden geçirilir.

#### *Tüketici tarafından kullanılmış kapalı piller*

Plastik ambalajlı elektrikli alet bataryaları olarak sıklıkla geri dönen tüketici tipi bataryalar, çoğunlukla plastik kaplamalardan ayırmak için mekanik olarak işlenmektedir. Ayrılan plastikler plastik endüstrisine geri dönüştürülür veya yakıt olarak satılır.

Kalan organik kısım ve su, 400-500 °C'de piroliz ile uzaklaştırılır. İşlemin amacı, suyun buharlaştırılması, organik kısmın termal parçalama yoluyla parçalanarak metalik parçadan buharlaştırma yoluyla ayrılmasını sağlamaktır. Kalan metalik kısım damıtma işlemine gönderilir.

Piroliz işlemi, elektrikli ısıtma veya propan gazı ısıtması ile gerçekleştirilebilir. Gazlar atmosfere yayılmadan önce filtrelenir. Kırılmış hidrokarbonlar, ısı geri kazanımı ile bir son yakıcıda yakılabilir veya yakıt olarak satılabilen yağ benzeri bir ürün olarak yoğunlaştırma ile geri kazanılabilir. Bir son yakıcı uygulandığında, bununla birlikte filtreleme teknikleri (örn. ıslak gaz yıkayıcı , torba filtre, aktif karbon filtre) kullanılır.

- Kadmiyum distilasyonu

Son olarak kadmiyum, distilasyon ile metalik kısımdan ayrılır. Oksitleri azaltmak için bir indirgeyici madde (kok) eklenir. Damıtılmış kadmiyum %99,95'lik bir saflığa sahiptir. Yoğunlaştırılmış sıvı kadmiyum pelet haline getirmek için suya damlatılarak geri kazanılabilir veya külçe haline getirilebilir.

Kalan metalik kısım, çok düşük kadmiyum kirliliğine sahip nikel ve demir içerir. İsteğe bağlı olarak, Ni-Fe fraksiyonu ergitilerek homojen hale getirilebilir. Bu Ni-Fe artığı paslanmaz çelik endüstrisine satılmaktadır.

### **6.1.18. Diğer metallerin (In, Ge, Ga) üretimi**

Çinko ve kurşun üretimi için kullanılan konsantrelerde bazen başka metaller bulunur. Bunlar, proseste üretilen cüruf, cüruf atığı, baca tozları ve kalıntılarda konsantre olma eğilimindedir ve isteğe bağlı olarak, bu kalıntılar, bu değerli metallerin geri kazanılması için tasarlanan özel birimlerde besleme malzemesi olarak kullanılabilir.

Geri kazanım işlemleri karmaşık olabilir ve çoğu ticari olarak gizlenmektedir. Proseslerde, yıkama, sementasyon, çözelti ekstraksiyonu, klorlama, elektrolitik çıkarım ve vakum damıtma gibi çeşitli tekniklerin birleşimi kullanılır. Ultra saf metaller üretmek için bu teknikleri takiben bölgesel rafinasyon ve kristal büyüme teknikleri kullanılabilir.

## 6.2. Mevcut emisyonlar ve tüketim seviyeleri

Çinko işleme endüstrisinde görülen ana çevresel sorunlar hava ve su kirliliği ve tehlikeli atıkların ortaya çıkmasıdır. Tesisler genellikle kendi atık su arıtma tesislerine sahiptir ve genellikle atık su geri dönüşümü veya yeniden kullanımı uygulanmaktadır.

Prosesteki su ihtiyacını ve buharlaşmaya bağlı kayıpları tamamlamak için yüzey suyu ve depolama sahası kontrol suyu tutulabilir. Prosesden çıkan su hacmi uygun olduğunda, nihai bir kristalleştirme basamağı (örneğin, Almanya'daki bazı Waelz işlemlerinde) uygulanabilir, böylece alıcı ortama verilebilecek herhangi bir emisyon önlenmiş olur.

Birçok atık yeniden kullanılır, ancak ana madde yüksek çevresel etkiye sahip olan süzüntü artığıdır [98, Lijftogt, J.A. et al 1998] [99, Hähre, S. 1998]. Gürültü gibi bazı yerel durumlar endüstri ile ilgilidir. Bazı katı ve sıvı atık akımlarının tehlikeli yapısı nedeniyle, önemli bir kirlenme riski de bulunmaktadır [237, UBA (A) 2004].

Tablo 6.2'de bir Alman RLE tesisi için girdi ve çıktı dengeleri verilmiştir.

**Tablo 6.2: İkincil hammadde ile entegre edilmiş bir Alman RLE tesisi için tipik değerler**

Malzeme	Açıklama	
Besleme	Konsantreler (47–56 % Zn) Waelz oksit (55–70 % Zn)	1,3–1,8 t/t SHG Zn Muhtemelen 0,03–0,58 t/t SHG Zn
Ürünler	SHG çinko (99.99 %) Kadmiyum ( <sup>1</sup> ) Örn. sülfürik asit %96	3–4 kg/t SHG Zn 1,23–1,68 t/t SHG Zn
Atık	Götit ( <sup>1</sup> ) veya jarosit ( <sup>1</sup> ) Susuzlaştırılmış asit çamuru Kadmiyum artığı ( <sup>1</sup> ) Hg/Se çamuru Çöktürülmüş çamur	0,3–0,8 t/t SHG Zn < 0,5 kg/t SHG Zn 3–4 kg/t SHG Zn 0,3 kg/t SHG Zn 7–15 kg/t SHG Zn
Ara/yan ürünler	Pb sülfat ( <sup>1</sup> ) Cu konsantresi Zn/Fe konsantresi (nötr yıkama artığı) ( <sup>1</sup> ) Calomel ( <sup>1</sup> ) Jips	115 kg/t SHG Zn 7–15 kg/t SHG Zn 0,5–1 t/t SHG Zn < 4 kg/t SHG Zn < 4 kg/t SHG Zn
Tipik üretim	SHG çinko Sülfürik asit Kadmiyum ( <sup>1</sup> )	130 000 t/yr 225 000 t/yr 480 t/yr
( <sup>1</sup> ) Proses penceresine bağlıdır. Kaynak: [234, UBA (D) 2007]		

Tablo 6.3'de ikincil malzemenin entegrasyonu ile bir RLE tesisi için tipik besleme malzemesi ve ürün bileşimi verilmektedir.



**Tablo 6.3: İkincil hammadde ile entegre edilmiş bir çinko RLE tesisi için tipik besleme malzemesi ve ürün kompozisyonları**

Metal (%)	Zn konsantresi	Zn/Fe konsantresi	Cu bakımından zengin kalıntı	Pb sülfat	Pb/Ag Nötr yıkama artığı	Jarosit
Zn	54	18–21	8	4	2,5	5,5
Fe	6,7	17–19	0,3	2	5	27
Pb	2,1	7–8	4	40	25	4,9
S	32	6–9	2	11	NR	NR
Cu	0,4	0,6–1	51	0,05	NR	0,2
Cd	0,2	0,1–0,2	1,2	NR	0,2	0,06
Ag	0,01	0,04–0,06	< 0,01	0,04	0,01	NR
SiO <sub>2</sub>	NR	4–7	0,7	2	25	0,24

NB: NR = Bildirilmemiştir  
Kaynak: [234, UBA (D) 2007]

Tablo 6,4 EAF tozu işleyen bir Waelz tesisi için girdi ve çıktı dengesini göstermektedir.

**Tablo 6.4: SDHL prosesi kullanan Waelz tesisi için girdi ve çıktı verileri**

Girdiler	t/t kuru ürün	Çıktılar	t/t kuru ürün
<b>Aşama 1: Waelz fırın işletmesi</b>			
Zn kalıntıları (EAF tozu, vb.)	2,68	Waelz oksit (yikanmamış)	1
Kok tozu	0,48	Cüruf (kuru)	1,63
CaO, kireç	0,21	Temiz baca gazı (Nm <sup>3</sup> /t)	2,07
Endüstriyel su (m <sup>3</sup> /t kuru ürün)	1,22		
Doğal gaz <sup>(1)</sup> (Nm <sup>3</sup> /t kuru ürün)	3,66		
Elektrik enerjisi (kWh/t kuru ürün)	240		
Dizel yakıt (m <sup>3</sup> /t kuru ürün)	< 0,001		
<sup>(1)</sup> Waelz fırınında doğal gaz sadece ön ısıtmada kullanılır, normal işletme modunda kullanılmamaktadır Kaynak: [234, UBA (D) 2007]			

Waelz oksit, yüksek seviyede klor içerir ve özütleme yapılmadan önce bir RLE tesisinde yıkanması gerekir. Tablo 6.5’de, kristalizasyonlu ve kristalizasyonsuz Waelz oksit yıkama işlemi için girdi ve çıktı verileri verilmektedir.

**Tablo 6.5: Waelz oksit yıkama prosesi için girdi ve çıktı verileri**

Girdiler	t/t kuru ürün	Çıktılar	t/t kuru ürün
<b>Aşama 2a: Kristalizasyonlu yıkama işlemi</b>			
Waelz oksit (yikanmamış)	1,13	Waelz oksit (yikanmış)	1,0
Sodyum karbonat	0,06	Alkali kalıntı	0,13
Endüstriyel su (m <sup>3</sup> /t kuru ürün)	1		
Doğal gaz <sup>(1)</sup> (Nm <sup>3</sup> /t kuru ürün)	15		
Elektrik enerjisi (kWh/t kuru ürün)	94		
<b>Aşama 2b: Kristalizasyonsuz yıkama işlemi</b>			
Waelz oksit (yikanmamış)	1,13	Waelz oksit (yikanmış)	1,0
Sodyum hidrojen karbonat	0,06	Çıkış (m <sup>3</sup> /t kuru ürün)	4
Endüstriyel su (m <sup>3</sup> /t kuru ürün)	4		
Doğal gaz <sup>(1)</sup> (Nm <sup>3</sup> /t kuru ürün)	33		
Elektrik enerjisi (kWh/t kuru ürün)	36		
Kaynak: [267, BEFESA 2008]			

## Bölüm 6

Cüruf dumanlaştırma işlemleri ile ilgili olarak, plazma ark dumanlaştırma işleminin girdileri ve çıktıları, plazma ark dumanlaştırma işleminin madde dengesi ve bakır izabesinden ikincil ZnO üretim prosesindeki dumanlaştırma fırını ile ilgili bilgiler Tablo 6.6 ve Tablo 6.7' de verilmiştir.

**Tablo 6.6: Plazma ark dumanlaştırma prosesi için madde dengesi**

Girdiler (kg)		Çıktılar (kg)	
EAF tozu	1000	Cüruf	426
Kok	80	Gaz	7505
Kum	90	Ürün	494
Basınçlı hava	5915		
Su	1286		
LNG yakıtı	54		
<b>Toplam</b>	<b>8425</b>		<b>8425</b>
<i>Kaynak: [399, IZA 2012]</i>			

**Tablo 6.7: Çinko ve sarf malzemelerinin ortalama değerleri**

Girdiler (kt/yıl)		Çıktılar (kt/yıl)	
Bakır cürufu	290–300	Granül cüruf	265
EAF tozu	25	Arsenikli ham maden/mat	4,5
Kömür	45–50	Çinko klinker	40
WRD yakıtı	1,1 ton	Peletize klinker tozu	5
		CO <sub>2</sub>	150
<i>Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]</i>			

### 6.2.1. Enerji

Farklı çinko prosesleri için enerji gereksinimleri büyük ölçüde değişmektedir. Bunlar, besleme malzemesi ve ürünlerin kalitesine, görünmeyen veya atık ısı kullanımına ve yan ürünlerin üretimine bağlıdır. Tablo 6.8, hammaddede bulunan enerji içeriği hariç, farklı proseslerin ortalama enerji gereksinimlerini göstermektedir.

Tablo 6.8: çeşitli çinko prosesleri için enerji gereksinimleri

Proses	Ürün	Elektrik (kW/h t başına)	Kok (kg/t)	Doğal gaz (Nm <sup>3</sup> /t)	Yıkama için gerekli su (m <sup>3</sup> /t)
RLE <sup>(1)</sup>	SHG çinko	3850–4905	0,48 GJ/t Diğer enerjiler için ortalama	NR	NR
ISF & NJ distilasyonu	Çinko metali	1050 750	1100 785	220 160	NR
Cüruf dumanlaştırma	Cüruf	150	250	NR	NR
<b>Waelz firmı</b>					
SDHL yıkamadan	WO yıkamamış	240	480	4 <sup>(2)</sup>	NR
SDHL 2. Aşama yıkama ile	WO yıkamış	300	540	38	6
SDHL 3. Aşama yıkama ve kristalizasyon ile	WO yıkamış	360	540	19	1
<sup>(1)</sup> Toplam enerji: 13.86–20.00 GJ/t enerji kredisi olmadan <sup>(2)</sup> Sadece ön ısıtma için NB: NR = İlgili değildir. Kaynak: [234, UBA (D) 2007]					

### 6.2.2. Havaya salınan emisyonlar

Havaya salınan emisyonlar ya baca emisyonları olarak ele alınır ya da tesisin yaşına ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak prosesden yayılan emisyonlar olarak kaçabilir. Baca emisyonları normalde sürekli veya periyodik olarak izlenir ve raporlanır. Yayılı emisyonlar bir sorundur ve yakalanması gerekmektedir.

Çinko üretiminden kaynaklanan ana emisyonlar şunlardır:

- Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), diğer kükürt bileşikleri ve asit dumanları,
- Azot oksitler (NOX) ve diğer azot bileşikleri;
- Metaller ve metal bileşikleri;
- Toz;
- VOC'lar ve PCDD/F.

Diğer kirleticiler hem üretim prosesinde bulunmadıkları hem de hemen nötralize edildikleri (örn. klorin veya HCl) veya çok düşük konsantrasyonlarda (örn. CO) ortaya çıktıkları için sanayi için ihmal edilebilir bir öneme sahiptir. Emisyonlar büyük ölçüde tozla bağlanır (buhar fazında mevcut olabilen kadmiyum, arsenik ve cıva hariç) [98, Lijftogt, J.A. et al 1998].

Emisyon kaynakları Tablo 6.9'da gösterilen ve kullanılan prosese bağlıdır ve şunlar olabilir:

- Malzemenin taşınması ve nakliyesi,
- Kavurma/sinterleme ve sülfürik asit tesisi (çoğu emisyon, programlanmamış duruşlarda meydana gelir),
- Pirometalurjik işlemler: dumanlaştırma, izabe ve rafinasyon,
- Hidrometalurjik işlemler: yıkama, saflaştırma ve elektroliz
- Mekanik işlemler: ezme, öğütme ve granülasyon,
- Döküm.

**Tablo 6.9: çinko ve kadmiyum üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan muhtemel emisyonların önem dereceleri**

Bileşen	Kavurma & diğer pirometalurjik işlemler	Yıkama ve saflaştırma	Elektroliz	Mekanik işlemler	Döküm vb.	Sülfürik asit tesisi
Kükürt oksitler ve sülfatlar	•• <sup>(1)</sup>	•	•• (acit dumanı)	•	•	•••
Azot oksitler	• <sup>(1)</sup>	NR	NR	NR	•	•
Toz ve metaller	••• <sup>(1)</sup>	•	•	•••	•••	NR
VO'lar ve PCDD/F	•(••) <sup>(2)</sup>	NR	NR	NR	• <sup>(1)</sup>	NR

(<sup>1</sup>) Kavurma veya izabe aşamalarından gelen doğrudan emisyonlar, gaz temizleme adımları ve sülfürik asit tesisinde arıtılır ve/veya dönüştürülür; sülfürik asit tesisinin kalan sülfür dioksit ve azot oksit emisyonları hala geçerlidir. Yayılı veya yakalanmayan emisyonlar da bu kaynaklar ile ilgilidir.

(<sup>2</sup>) PCDD/F içeren ikincil materyaller kullanılıyorsa veya organik materyallerle kirlenmişse PCDD/F ve VOC'lar bulunabilir. Çözelti ekstraksiyon işlemleri sırasında da VOC'lar bulunabilir.

NB: ••• Çok önemli – • Az önemli  
NR = İlgili değil.

Proses emisyonlarının yanı sıra, yayılı emisyonlar da ortaya çıkar. En büyük yayılı emisyon kaynakları [98, Lijftogt, J.A. et al 1998]:

- Konsantrelerin depolama ve taşınması sırasında ortaya çıkan tozlar,
- Kavurucular ve izabe fırınlarından ortaya çıkan sızıntılar,
- Yıkama ve saflaştırma kaplarının egzoz gazlarından ortaya çıkan aerosoller ve tozlar;
- Yıkama ve saflaştırma ünitelerinin soğutma kulelerinden çıkan egzoz gazları,
- Elektrolitik işlemin soğutma kulelerinden çıkan egzoz gazları,
- Çeşitli.

**Tablo 6.10: Avrupa'daki farklı RLE tesislerinden havaya salınan emisyonlar**

Kaynak	Miktar (t/yıl)	Spesifik emisyon (g/t çinko)
Konsantrelerin depolama ve taşınması sırasında ortaya çıkan tozlar	< 0,25	0,25–0,75
Yıkama ve saflaştırma kaplarının egzoz gazlarından ortaya çıkan aerosoller ve tozlar	< 2	1–9
Yıkama ve saflaştırma ünitelerinin soğutma kulelerinden çıkan egzoz gazları	< 4	2–16
Elektrolitik işlemin soğutma kulelerinden çıkan egzoz gazları, (0,8 t/yıl)	< 5	3–20

Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]

Yayıllı emisyonların ölçülmesi ve tahmin edilmesi zor olmakla birlikte, başarılı bir şekilde kullanılan bazı yöntemler vardır, bkz. Bölüm 2.3.5.

### 6.2.3. Kükürt dioksit ve diğer kükürt bileşikleri

En önemli kükürt dioksit emisyonları, sülfürik asit tesisinden gelen doğrudan emisyonlardır. Kavurma yükleme treninin (kavurma, kalsin soğutucu, gaz temizleme bölümü ve sülfürik asit tesisi) iyi ekstraksiyonu ve sızdırmazlığı, yayılı emisyonları önler.

Toz giderme ve temizleme işleminden sonra, sinterleme ve kavurma işlemlerinden çıkan gazdaki kükürt dioksit kükürt trioksite ( $SO_3$ ) dönüştürülür (bkz. Bölüm 2.7.1). Bakım için planlanan duruşlardan sonra, başlatma ve kapatma sırasında (genellikle her 15–20 ayda bir), zayıf gazların dönüştürülmeden yayıldığı durumlar olabilir. Bu olayların bireysel tesisler için tanımlanması gerekmektedir ve birçok şirket bu emisyonları önlemek veya azaltmak için proses kontrollerinde önemli gelişmeler sağlamıştır [98, Lijftogt, J.A. et al 1998], [99, Hähre, S. 1998].

Proses kontrol sistemlerine yönelik iyileştirmeler, daha konsantre  $SO_2$  konsantrasyonlarının, asit tesislerine, sezyum katkılı katalizörlerle birlikte beslenmesini sağlamıştır. Bu ve beşinci bir kontakt geçişi çok düşük emisyonlar elde edilmesini sağlamıştır (standart uygulama dört geçiş anlamına gelir; beş geçiş aşırı sayılır) [229, IZA tesis verileri 2008].

Elektroliz sırasında hücre evi yapısında aerosol emisyonları (sülfürik asit ve çinko sülfat) bulunur. Bu emisyonlar hücre odasını (doğal) havalandırmadan veya soğutma kulesi üfleyicilerinden (hava koşulları izin veriyorsa) terk eder. Emisyonlar sülfürik asit tesisinin emisyonları ile karşılaştırıldığında küçüktür, ancak bir aerosol şeklinde olduklarından, buhar gidericilerde tutulabilirler [98, Lijftogt, J.A. et al 1998]. Tesislerin çoğu, buhar oluşumunu azaltmak/kontrol etmek için elektrolitlere köpürtme maddeleri ekleyerek hücrelerin kaplanmasını sağlarlar [136, Fugleberg, S. 1999].

Birkaç çinko prosesinden elde edilen kükürt dioksit üretimi, aşağıdaki Tablo 6.11'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.11: Çeşitli çinko proseslerinin kükürt dioksit üretimleri**

Proses	Ürün	Toplam metal üretimi (t/yıl)	Kükürt dioksit üretimi (g/t metal başına)
Düşük demir içerikli konsantre	Çinko + kadmiyum	238 800	280
Kavurma ve elektroliz	Çinko	65 000–482 000	200–4000
ISF ve sinter tesisi	Çinko + kurşun	100 000 Zn 45 000 Pb	5000–9000
<i>Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]</i>			

### 6.2.4. Azot oksitler

Kavurma ve izabe aşamaları muhtemel azot oksit kaynaklarıdır ( $NO_x$ ).  $NO_x$ , konsantrelerde bulunan azot bileşenlerinden veya termal  $NO_x$  olarak ortaya çıkabilir. Üretilen sülfürik asit,  $NO_x$ 'in büyük bir bölümünü absorplayabilir ve bu nedenle sülfürik asit kalitesini etkileyebilir. Kavurma aşamasından sonra yüksek seviyede  $NO_x$  bulunuyorsa, ürün kalitesi ve çevresel nedenlerden dolayı kavurma gazlarının arıtılması gerekli olabilir. Tüm prosesler için aralık 20 mg/ $Nm^3$  ila 400 mg/ $Nm^3$ 'tür.

**6.2.5. Toz ve metaller**

Kavurma veya diğer pirometalurjik işlemlerden kaynaklanan tozun taşınması, doğrudan ve yayılı toz ve metal emisyonlarının muhtemel kaynağıdır. Gazlar, gaz temizleme proseslerinde ve son olarak sülfürik asit tesislerinde toplanır ve temizlenir. Toz giderilir ve prosese geri gönderilir.

ISF'deki sıçrama veya sprey kondansatörlerinden çıkan, distilasyon kolonlarından ve döküm noktalarından çıkan gazlar da potansiyel kaynaklardır. Yayılı emisyonları önlemek için bu noktalarda iyi ekstraksiyon ve azaltım yapılması gerekmektedir. Cüruf işleme ve söndürme de toz ortaya çıkmasına neden olur. Yakalanan bu kaynaklardan gelen toz emisyon aralığı <1 mg/Nm<sup>3</sup> ila 15 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Yıkama ve arıtma aşamalarında kaplardaki havanın alınması sırasında aerosoller yayılabilir. Bunlar izlenir ve gerekirse, yakalanıp gaz yıkayıcılar veya buğu önleyiciler ile artırılabilir. Potansiyel olarak yayılan tehlikeli emisyonlar (arsin, stibin, hidrojen ve kadmiyum) izlenir, kalıcı olarak ekstrakte edilir ve kuru sistemler için torba filtrelerden ve ıslak sistemler için de gaz yıkayıcılar veya buğu önleyiciler gibi azaltma cihazlarından geçirilir.

Hücre evinde aerosol emisyonu ortaya çıkar ve çözelti içinde metaller bulunabilir. Bu kaynaklardan gelen sis ve toz emisyonları aralığı 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> ila 1,25 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

Ergitme, alaşımlama, döküm ve çinko tozu prosesleri muhtemel toz ve metal emisyon kaynaklarıdır. Ham gazda toz emisyon için aralık değerleri 200 mg/Nm<sup>3</sup> ila 900 mg/Nm<sup>3</sup> olarak belirtilmiştir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998]. Çoğu zaman gaz ve tozun toplanması için torba filtreler kullanılır. Temizlenen gaz değerleri ise 10 mg toz/Nm<sup>3</sup>'ün altında ve 1 mg/Nm<sup>3</sup> civarındadır [99, Hähre, S. 1998].

Metaller yayılan tozlarla ilişkilidir ve yaklaşık %50'si çinkodur. Saf çinko ergitildiğinde, alaşımlandığında ve döküldüğünde kadmiyum ve kurşun bulunmamaktadır.

Kontrollü emisyonlar bilinen kaynaklardan ortaya çıkıyorsa yakalanabilir ve işlenebilir, yayılı emisyonlar ise bir tesis sahasında hemen hemen her yerde ortaya çıkabilir. Yayılı emisyonların ana kaynakları, malzemenin depolanması ve taşınması, araçlara veya sokaklara toz yapışması ve açık çalışma alanları veya azaltım yapılmayan alanlardır. Bazı Avrupa proseslerindeki metallerin kütle salınımı Tablo 6.12'de verilmiştir. Son yıllarda, bazı şirketler yayılı emisyonlarını aşağıda verilen önlemler [234, UBA (D) 2007] gibi yeterli önlemlerle verimli bir şekilde azaltmıştır:

- Atık gaz toplama ve filtre ünitelerinin yenilenmesi,
- Artırılmış refrakter kaplama konsepti ile fırın duruş süresinin azaltılması (böylece sınırlı bir sürede daha yüksek emisyonlara neden olan başlatma ve duruş sürelerinin azaltılması),
- Teslimat, malzeme depolama ve rafinasyon alanlarının kapatılması/muhafazası ve atık gaz toplama sistemlerinin kurulması,
- Malzeme taşınma işleminin iyileştirilmesi (örn. büyük malzemelerin yükleme öncesi ve yükleme sırasında ıslatılması) ve taşıma sıklıklarının azaltılması (örn. daha büyük tekerlekli yükleyicilerin kullanılmasıyla),
- Zorunlu araç yıkama tesisleri (tesis araçları ve dışarıdan gelen araçlar için),
- Tesis alanlarının ve yolların güçlendirilmesi ve temizliğin optimize edilmesi;
- Eski cüruf atık alanlarının kapatılması ve arındırılması.

**Tablo 6.12: Avrupa'da bulunan bazı birincil ve ikincil çinko üretim tesislerinin metal kütle salınımları**

Proses	Ürün	Üretim (ton)	Toz (g/t ürün)	Zn (g/t ürün)	Pb (g/t ürün)	Cd (g/t metal)	As (g/t metal)
Kavurma, saflaştırma & elektroliz (döküm olmadan)	Çinko	130 000–1 450 000	NA	6,6–7,6	NA	< 0,05	NA
Kavurma, saflaştırma & elektroliz (dökümlü)	Çinko veya çinko alaşımları	130 000–1450 000	3–17	1–15	< 0,3	< 0,05	< 0,03 oksit olarak
Kavurma, saflaştırma & elektroliz (düşük demir içerikli konsantre kullanılan tüm proses aşamaları)	Zn+Cd	238 850	3	2	0,007	0,0004	< 0,00 01
Waelz proses,	Waelz oksit	29 000–60 000	14–73	4–21	0,3–2,0	0,13–0,42	< 0,1
Yeniden ergitme, rafinasyon	Çinko	40 000	60	15	< 3	NA	NA

NB: NA = Mevcut değil  
Kaynak: [ 229, IZA plant data 2008 ].

### 6.2.6. PCDD/F

Özellikle bir prosese beslenen plastik bileşenler ikincil malzemeler içeriyorsa, yanma bölgesinde ve atık gaz arıtma sisteminin soğutma bölümünde (de novo sentezi) PCDD/F oluşumu mümkün olabilir [237, UBA (A) 2004]. EAD tozunu işleyen Waelz fırınlarından ortaya çıkan bazı tozlarda da PCDD/F tespit edilmiştir. Spesifik teknikler kullanılmadan ölçülen PCDD / F değerleri, 100 ng/Nm<sup>3</sup>tür.

Asidik Waelz proseslerinden bazik bir cüruf sistemine dönüşüm yapılarak, ham gazdaki PCDD/F konsantrasyonunun <0,1 ng/Nm<sup>3</sup>e düşürülmesi sağlanabilir. Gerekirse organik bileşikler son yakma sistemleri ile azaltılabilir.

SDHL prosesi ile de çok düşük PCDD/F değerlerine ulaşılabilir (<0,01 ng/Nm<sup>3</sup>).

Kadmiyumun pillerden üretilmesinden kaynaklanan PCDD/F emisyonları, son yakıcılar ve filtrasyon tekniklerinin kombinasyonu ile azaltılabilir. PCDD/F emisyonları 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>'ün çok altındadır.

### 6.2.7. Suya verilen emisyonlar

Birincil ve ikincil çinko ve kadmiyumun üretiminde suya yayılan ana kirleticiler metaller, metal bileşikleri ve süspansiyon halindeki materyallerdir. İlgili metaller Zn, Cd, Pb, Cu, Ni ve Co'dır (ve daha az bir ölçüde Hg, Se, As ve Cr) [25, OSPARCOM 1996], [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998], [27, M. Barry ve diğ. 1993], [234, UBA (D) 2007].

Suya salınan diğer önemli maddeler klorürler, florürler ve sülfatlardır.

Yukarıda belirtilen maddeleri içeren olası atıksu akımları şunlardır;

- Kavrurma ve gaz temizleme adımlarından kaynaklanan atıksular: Islak gaz yıkayıcılar, ıslak ESP'ler, cıva giderim aşaması,
- Eğer mevcutsa cüruf granülasyonundan ortaya çıkan atıksular,
- Çeşitli hidrometalurjik işlemlerden kazara dökülme sonucunda ortaya çıkan atıksular.

Diğer potansiyel su akımları toplanır ve filtre yıkama suyu olarak tekrar kullanılır (eğer yeterli kalitedeyse);

- Anot ve katot yıkama sıvısı atığı,
- Vakum pompalarındaki sızdırmazlık suyu,
- Ekipmanların, zeminlerin vb. temizlenmesi de dahil olmak üzere genel işlemlerden elde edilen sular,
- Soğutma suyu devrelerinden deşarj (genellikle ayrı kapalı devrelerin ardından);
- Yüzeylemlerden (özellikle depolama alanlarındaki) ve çatılardan yağmur gelen yüzey suları,
- Depolama alanlarından veya izinli mağaralardan pompalanan su akımları.

### 6.2.8. Azaltım tesislerinden gelen atıksular

Genellikle, ıslak gaz temizleme sistemleri sıvı geri dönüşümü ile çalışmaktadır.

• Kavrurma prosesinden sonra gelen ıslak temizleyiciler SO<sub>2</sub>'ce doymuş asidik bir çözelti ile çalıştırılırlar. Gaz yıkayıcılar florürleri, klorürleri, çoğu cıva ve seleniyumu ve mekanik gaz arıtımından geçen parçacıkların bazılarını temizler. Kirleticiler maddelerin birikmesini önlemek için, gaz yıkayıcıdan sürekli olarak bir miktar sıvı geçirilmelidir. Çözünmüş SO<sub>2</sub>, sonraki arıtmadan önce giderilir.

• Islak ESP'lerde de asidik bir çözelti üretilir. Bu çözelti, filtrelemeden sonra geri dönüştürülür. Kirleticiler maddelerin birikmesini önlemek için bu aşamada da bir miktar sıvı geçirilmelidir. Bu taşma çözeltisi, deşarj edilmeden önce arıtılır ve analiz edilir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998].

• Eğer gerekiyorsa sülfürik asit tesisinden önce bir son cıva giderim işlemi gerçekleştirilebilir. Cıva giderim işlemi sıvının cıva ile birleştiği ve cıvayı gideren bir madde bulunan bir gaz-sıvı temas tankı veya püskürtme kulesinden oluşmaktadır. Genellikle cıva klorür (HgCl<sub>2</sub>) reaktif madde olarak kullanılır ve gaz içerisindeki metalik cıva ile katı çökelti oluşturmak üzere reaksiyona girer (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, ayrıca kalomel olarak da bilinir). İleri arıtım için nispeten daha temiz bir sıvı atık su olarak deşarj edilir. Katı Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, nihai bertaraf için dönüştürülür ve stabilize edilir.

İzlenen bir akıntı suyu, belirli tanımlı sınırlar içinde askıda katı maddeleri ve çözünmüş tuzları bulundurulur. Akıntı suyu, ya deşarj edilmeden önce katıları ve çözünmüş türleri gidermek için ayrı ayrı ya da bir entegre su arıtma tesisinde arıtılır. Ayrılan malzemenin gideceği yer atık suyun kaynağına bağlıdır. Tablo 6.13, arıtmadan önce gaz temizleme sıvılarının bileşimlerini göstermektedir.



Tablo 6.13: Arıttımdan önceki tipik gaz temizleme atıkları

Bileşen	Konsantrasyon (Çözünmüş)	Askıda katı maddelerin kompozisyonu
Katılar		250–1500 mg/l
Sülfat	13–25 g/l	
Klorür	1,3–1,8 g/l	
Florür	0,3–0,5 g/l	
Cıva	0,1–9 mg/l	5–30 %
Selenyum	0,1–50 mg/l	10–60 %
Arsenik	5–95 mg/l	< 0,05 %
Çinko	0,1–2,5g/l	2–6 %
Kadmium	1–95 mg/l	
Kurşun	1–13 mg/l	5–50 %
<i>Kaynak: [99, Hähre, S. 1998]</i>		

### 6.2.9. Elektrolit sızıntı atığı

Elektrolit, örn. elektrolitik hücrelerin çalışması üzerinde zararlı bir etkisi olan magnezyum. Gibi safsızlıkların birikmesini kontrol etmek için hücrelerden akıtılabilir. Çinko üretiminde elektrolitik hücrelerdeki akışlar, yıkama ve saflaştırma aşamaları ile aynı (kapalı) su hattını kullanmaktadır. Elektroliz sırasında oluşan sülfürik asit, yıkama işlemine gönderilir ve geriye kalan sıvı, saflaştırılır ve elektrolize aşamasına beslenir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998].

Elektrolitik, yıkama, arıtma devresinin atık sızıntısı oldukça kuvvetli asidiktir ve yüksek konsantrasyonlarda çinko ve askıda katı madde içerir. Sızıntının hacmi, büyük ölçüde kavurmada kullanılan çinko konsantratlarının bileşimine bağlıdır. Devrede, özellikle magnezyumda birikme eğilimi gösteren bileşenler, sızıntı akışını ve gerekli arıtma yöntemini belirleyecektir. Yıkama devresindeki ikincil besleme malzemesinin kullanımı nedeniyle artan kalsiyum miktarı, yıkama sıvısından jips giderimi yapılarak kontrol edilir. Sistemden çıkan bir sızıntı Mg, Na, K, klorürler ve florürleri uzaklaştırmak için arıtılabilir [320, Huisman 2004].

### 6.2.10. Muhtelif kaynaklardan gelen atık sular

Elektroliz sırasında kullanılan elektrotların yüzeyinde biriken malzemeyi gidermek için elektrotların periyodik olarak durulanması gerekir. Anotların yüzeyinde çözünmüş manganer ile oksijenin reaksiyonu sonucunda mangan dioksit oluşur. MnO<sub>2</sub> anodların yüzeyinde kalır, elektrolitik hücrelerin tabanında bir çamur veya borularda katı bir tabaka oluşturur. Tüm bu kalıntılar periyodik olarak mekanik olarak veya yüksek basınçlı su ile yıkanarak giderilir. Manganer, harici yeniden kullanmak amacıyla veya bertaraf edilmek üzere durulama suyundan ayrılır. Katotlar, elektrolitik çinko yatağının giderilmesinden sonra temizlenir. Anot ve katot yıkama sıvı atıkları asidiktir ve bakır, çinko, kurşun ve askıda katı madde içerebilir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998].

Bazı proseslerin tipik atıksu analiz sonuçları Tablo 6.14'te verilmiştir.

Tablo 6.14: Tipik atıksu analizleri

Proses	Atık (m <sup>3</sup> /yr)	Akış (m <sup>3</sup> /h)	Ana bileşenler (mg/l)					
			Pb	Cd	As	Zn	Ni	COD
Elektroliz	NR	40–200	0,01–0,8	0,001–0,15	0,01	0,01–1,9	NR	NR
ISP	NR	380–420	0,05–0,5	0,005–0,035	0,005–0,1	0,05–1,0	NR	NR
Waelz fırını Yıkamalı kristalizasyonu uz SDHL prosesi	190 000– 228 000	35	< 0,2	< 0,1	< 1,0	< 1,0	< 0,5	< 200

NB: NR = Bildirilmemiştir  
Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]

Waelz oksit yıkanır, kristalizasyonun kullanımı sonucunda atıksu oluşmaz. Alternatif olarak, deşarj edilmeden önce bir atık arıtma işlemi gerçekleştirilebilir.

Potansiyel atık su kaynaklarının ve arıtma tekniklerinin bir özeti Tablo 6.15'te verilmiştir.

Tablo 6.15: Muhtemel atıksu kaynakları ve arıtım teknikleri

Proses birimi	İşlem/kaynak	Kullanım/arıtma seçeneği
Genel	Yollar, avlular, çatılar, yolların su ile temizlenmesi, kamyonların temizlenmesi vb.	Yeniden kullanım ve/veya atıksu arıtma tesisi
ISF	Gaz temizleme Gaz temizleme kok ısıtma odası	Devir daim, sızıntı suyunun atıksu arıtma tesisine deşarj edilmesi
Cüruf granülasyonu	Islak ESP atığı Granülasyon suyu	Devir daim ve soğutma, sızıntı suyunun atıksu arıtma tesisine deşarj edilmesi
Kavurma/ıslak gaz temizleme	Kavurucu gazlarının ıslak temizlenmesi	Atıksu arıtma tesisi
Yıkama	Islak gaz temizliği dahil genel işlemler	Yıkama işlemine geri gönderilir
Saflaştırma	Genel işlemler	Yıkama işlemine geri gönderilir
Elektroliz	Hücrelerin, anotların ve katotların temizlenmesi	Yıkama işlemine geri gönderilir
Kadmiyum özütleme	Kadmiyum özütleme	Zn yıkama işlemi hattına geri gönderilir veya eğer mümkün değilse, atıksu arıtma tesisine gönderilir
Bütün proses birimleri	Bakım	Atıksu arıtma tesisi
Atıksu arıtma tesisi	Atık arıtımı	Bazı uygulamalarda yeniden kullanım/deşarj

### 6.2.11. Proses kalıntıları

Metallerin üretimi, Avrupa Atık Listesinde (94/3 / EC sayılı Kararın 3 Mayıs 2000 tarihli Komisyon Kararı) listelenen çeşitli yan ürünlerin, kalıntıların ve atıkların oluşmasına neden olmaktadır.

Çeşitli işlemlerden ve azaltım aşamalarından türetilen katı kalıntılar, üç olası işlemde birisine

gönderilir:

- Proses içinde veya akışında geri dönüşüm,
- Diğer metalleri geri kazanmak için alt işlem;
- Güvenli bertarafı sağlamak için arıtma sonrası nihai bertaraf.

Ortaya çıkan en önemli katı atıklar aşağıda verilmiştir.

• Elektrolitik çinko üretimi, demir dışı metal endüstrisindeki temel katı atık kaynaklarından biridir. Yıkama işleminde nispeten büyük miktarlarda demir bazlı katılar üretilir. Jarosit ve götit Cd, Pb ve As gibi sıvıda özütlenabilen elementler içerdiğinden dolayı tehlikeli atık olarak sınıflandırılır. Kalıntıların özütlenebilirliğini ve bazen de geçirgenliğini azaltmak için jarofix prosesi, sülfidasyon prosesi, pirometalurjik bir proseste sıkıştırma ve işleme gibi teknikler bulunmaktadır.

• Çinko'nun yıkama, saflaştırma proseslerinde ve elektrolizi sırasında da diğer metal bakımından zengin katı maddeler ortaya çıkar. Bunlar genellikle belirli bir metal bakımından zengindir ve uygun üretim sürecine geri dönüştürülürler.

• ISF'ler veya doğrudan izabe fırınları da önemli katı cüruflar kaynaklarıdır. Bu cüruflar yüksek sıcaklıklara maruz kalmıştır ve genellikle düşük seviyelerde özütlenabilen metaller içerir. Sonuç olarak, bu malzemeler uygun testler yapıldıktan sonra inşaat malzemeleri olarak kullanılabilirler [289, USEPA 2008]. Granülasyon atıkları için Depolama Direktifi'nde CEN standart öztüleme testleri (EN 14405 ve EN12457 / 1-4) belirtilmektedir.

• Katı atıklar ayrıca sıvı atıkların arıtılması sonucunda da ortaya çıkar. Ana atık akımları atıksu nötralizasyon tesisinde üretilen, jips atıkları ( $\text{CaSO}_4$ ) ve metal hidroksitlerdir. Bu atıkların arıtımında kullanılan arıtım tekniklerinin ortamlar arası etkileri olduğu düşünülmektedir, ancak bu atıkların çoğu, metalleri geri kazanmak amacıyla pirometalurjik prosese geri dönüştürülür.

• Gazların arıtılmasından kaynaklanan toz veya çamur, Ge, Ga, In ve As gibi diğer metallerin üretimi için hammadde olarak kullanılır veya çinkonun geri kazanımı için izabe fırınına veya öztüleme işlemine geri gönderilebilir.

• Cıva ve selenyum kalıntıları, gaz temizleme aşamasından cıva veya selenyum akımlarının ön-arıtımından kaynaklanır. Bu katı atık akış miktarları tipik bir tesiste yaklaşık olarak 40–120 t/yıl arasındadır. Cıva kullanımındaki kısıtlamalar nedeniyle, cıva Hg-Se kalıntılarında veya cıva giderim aşamasındaki kalomelden cıva geri kazanımı kalıntı bir seçenek değildir. Her iki yan ürün de nihai bertaraf için stabilize edilmelidir. İstisnai olarak Se - Hg oranı yüksek olduğunda, selenyumun geri kazanılması bir seçenek olabilir.

• Pillerden Kadmiyum üretiminde ortaya çıkan atıklar ile ilgili olarak, sökülmüş endüstriyel hücreler ve tüketici pil paketlerinden gelen plastikler plastik endüstrisine geri gönderilmektedir. Diğer organik kısımlar çimento endüstrisine yakıt olarak, gömülmüş veya ısı geri kazanımıyla içten yanmış olarak satılmaktadır. Endüstriyel hücrelerin sökülmesinden kaynaklanan Ni-Fe elektrotları ve termal işlemde gelen Ni-Fe hurdaları, paslanmaz çelik endüstrisine satılmaktadır.

Tablo 6.16, çeşitli proseslerde üretilen kalıntılar için kullanım veya arıtım seçeneklerini göstermektedir.

Tablo 6.16: Çinko prosesinden ortaya çıkan kalıntılar

Üretim aşaması	Ürün veya proses kalıntısı	Miktar (kg/t Zn)	Kullanım veya arıtım seçeneği
<b>RLE</b>			
Kavurucu/Sülfürik asit tesisi	Sülfürik asit Buhar Hg ürünü (kalemel) Hg-Se artığı Susuzlaştırılmış asit çamuru	< 1200–1700 < 1700–2000 < 0,1 0,4 < 0,5	Satış Enerji dönüşümü Kontrollü bertaraf Kontrollü bertaraf Kontrollü bertaraf
Özütleme tesisi	Nötr özütleme kalıntısı (Zn-Fe konsantresi)  Jarosit, Jarofix, götit Jarosit + direk özütleme kükürt artığı PbAg konsantresi Eğer Pb-Ag konsantresi giderilirse nihai kalıntı	500  400–600 <sup>(1)</sup> 80 150 450 600	ISF, Waelz fırınına veya sıcak asidik özütlemeye, kontrollü bertaraf Kontrollü bertaraf Kontrollü bertaraf  Ag ve Pb geri kazanımı Kontrollü bertaraf veya Pb/Zn izabesi
Saflaştırma	Kadmiyum süngeri Cu sementat Co&Ni sementat	3–4 7–15	Satış veya kontrollü bertaraf Satış Satış
Hücre evi	Jips	3–4	Sement tesisi veya kontrollü bertaraf
Atıksu arıtımı	Çöktürülmüş çamur	7–100 <sup>(2)</sup>	Bertaraf veya Pb/Zn izabesine
<b>ISF</b>			
Sinter tesisi/sülfürik asit tesisi	Asit çamuru Hg ürünü Baca tozu Sülfürik asit	0,25 0,15 200 1300	Kontrollü bertaraf Kontrollü bertaraf bertaraf Cd tesisine satış
Kadmiyum tesisi	Kadmiyum karbonat Talyum sülfid Özütleme artığı	18 0,25 180	Satış Kontrollü bertaraf Sinter tesisine
İmperyal İzabe Fırını	ISF cürufu	600–900	Satış veya kontrollü bertaraf <sup>(3)</sup>
Atıksu arıtımı	Çöktürülmüş çamur	30	Sinter tesisine geri gönderilir
<b>New Jersey distilasyonu</b>			
Sıvılaştırma	Kurşun Sert çinko	15 <sup>(1)</sup> 25–50 <sup>(1)</sup>	Pb rafinasyonuna veya ISF'ye ISF'ye geri gönderilir
As giderimi	Cüruf kalıntısı	< 1–5 <sup>(2)</sup>	ISF'ye geri gönderilir
Atık gaz arıtımı	Baca tozu	10	Sinter tesisine geri gönderilir
<b>Kristalizasyonlu ve yıkamalı Waelz prosesi</b>			
Cüruf granülasyonu	Waelz cürufu (kg/t kuru ürün)	1600	Yol veya bertaraf alanı için yapı malzemesi
Waelz oksit yıkama	Tuz artığı <sup>(3)</sup> (kg/t ürün)	130	Madenlerde bertaraf
Atık gaz arıtımı	Adsroban <sup>(3)</sup>	NA	Kontrollü bertaraf
<b>Yeniden ergitme, rafinasyon</b>			
Yeniden ergitme, rafinasyon	Sert çinko/çinko taban cürufu	25	ZnO'ya harici geri gönderme
Atık gaz arıtımı	Çinko külü konsantresi	130	Waelz prosesinde harici geri kazanım veya ISF (uygunsa)
Hurda sıralama, ergitme fırını	Al-Fe hurdası	50	Al veya Fe'ce zengin hurda olarak harici geri kazanım

(1) Miktar beslenen malzemeye göre değişebilir

(2) Tahmini değer

(3) prose kalitesine ve yasalara bağlıdır.

NB: NA = Mevcut değil

### 6.2.12. Özütleme kalıntıları

En fazla atık, demir esaslı katıların (götüt, jarosit veya hematit) üretiminde ortaya çıkmaktadır. Oluşan kalıntı ve atık miktarı esas olarak kullanılan konsantrelerin bileşimine bağlıdır. Konsantreler, belirli proses adımlarında çöktürülmesi ve ekstrakte edilmesi gereken farklı konsantrasyonlarda safsızlıklar içerir. Çoğu kalıntı, REACH yönetmeliğine göre taşınan veya yerinde yalıtılmış ara ürünler olarak kaydedilir ve tesis içinde veya dışındaki proseslerde hammadde olarak kullanılır. Geri kalan kalıntılar atık olarak sınıflandırılır ve ilgili mevzuata göre uygun bir şekilde arıtıldıktan sonra (stabilizasyon) bertaraf edilir. Farklı tipteki kalıntıların örnek bir kompozisyonu Tablo 6.17'de gösterilmektedir.

**Tablo 6.17: farklı tipteki kalıntıların örnek bileşimleri**

Proses	Fe (%)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Cd (%)
Hematit (direk özütlenme ile entegre)	65–67	< 0,2	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Hematit (direk özütlenmesiz)	59	1	0,01	0,02	0,02
Götüt	40–42	5–9	< 2	< 0,3	< 0,1
Para-götüt	40	NA	NA	NA	NA
Geleneksel jarosit	20–30	2–6	0,2–6	< 0,2	0,05–0,2
Az kirletici jarosit	32	0,3	0,1	0,2	0,001
Doré jarosit	26	1	4	0,08	0,05
Jarosit/kükürt artığı (%40–50 S)	9–11	2–5	8–10	< 0,4	< 0,1
NB: NA = Mevcut değil					
Kaynak: [ 98, Lijftogt, J.A, et al 1998 ], [ 117, Krüger, J, 1999 ]					

Tipik olarak, bu kalıntılar aşağıdakileri içerir;

- Jarosit: Üretilen ton çinko başına 0,35-0,80 ton,
- Götüt: Üretilen ton çinko başına 0,3–0,35 ton,
- Hematit: Üretilen ton çinko başına 0,2 ton.

Hematit proseslerinin işletilmesi, daha karmaşık ve daha pahalı oldukları için ekonomik olarak rekabet edememişlerdir. Ayrıca, hematit diğer endüstrilerde bir hammadde olarak kullanılmamaktadır.

Çok düşük demir konsantrasyonlarına sahip konsantrelerin kullanılması, bu kalıntıların üretilmesini önler [227, IZA Report 2008], [240, Nyrstar Budel 2008]. Bununla birlikte, düşük demir çinkolu konsantreler oldukça azdır ve AB'de sadece bir tesiste bu tür konsantre maddeler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda, işlem nötr özütlenme aşamasında durdurulabilir ve çinkonun geri kalanı bir Waelz fırınında veya bir cüruf dumanlaştırma prosesinde geri kazanılabilir.

Çamurun filtrelenmesi ve yıkanması sonrasında çamurda hala bazı özütlenebilen metaller bulunmaktadır. Nötralizasyon ve sülfür arıtımı ile kalıntı malzeme, daha az özütlenebilir bir formda işlenebilir. Bu kalıntıların bertarafı, malzemeyi koymak için özel olarak inşa edilmiş, astarlı havuzlar veya izole alanlar kullanıldığı için maliyetli olabilir. Sızıntıyı önlemek için özel dikkat gösterilmektedir ve bu havuzlar yeraltı suyunun izlenmesi için büyük çaba sarfedilmektedir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998], [99, Hähre, S. 1998]. İner bir kalıntı üretebilen prosesler ile kıyaslandığında önemli bir ortamlar arası etki bulunmaktadır. Atıkların arıtılmasına yönelik arıtma veya bertaraf gereksinimleri değerlendirilirken 2008/98/EC sayılı Direktif, dikkate alınmalıdır.

Bölüm 6.1.2.2'de belirtildiği gibi, daha yüksek miktarlarda çinko veya kurşun içeren özütleme kalıntıları ISF'ler veya Waelz fırınlarında (Zn-Fe konsantreleri) ve bir kurşun izabesinde (PbSO<sub>4</sub> konsantreleri) işlenebilir. Kalıntıları stabilize etmek için kireç ve çimento ile birlikte jarofix prosesi kullanılabilir [229, IZA tesis verileri 2008] ve demir kalıntılarının nem içeriğini ve hacmini azaltmak için sıkıştırma yapılabilir. Bu kalıntıların özütlenemeyen cüruf ve geri

## Bölüm 6

kazanılabilir metal oksitler üretmek için pirometalurjik olarak işlenmesi, Kore'de uygulanmaktadır [40, Ausmelt Ltd. 1996]. Kirletici birikmesi ile ilgili sorunlar olduğu bildirilmiştir. Diğer gelişmeler Bölüm 6.4'te verilmiştir.

Pirometalurjik prosesler, kalıntı stabilitesi için avantajlara sahip olabilir, ancak enerji maliyeti çok daha yüksektir. Bu durum Tablo 6.18'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.18: Uygulanan kalıntı arıtım prosesi fonksiyonunda çinko rafinasyonu için enerji tüketimi**

		Elektroliz	Diğer elektrik enerj.	Kok	Doğal gaz	Petrol	Enerji kredisi	Toplam net enerji
Hidro. full <sup>(1)</sup> toplam t Zn levhaları: 5708	Ortalama (MJ/t Zn)	12 410	2357	0	440	105	-237	15 075
Hydro. short + pyro. <sup>(2)</sup> toplam t Zn levhaları: 1848	Ortalama (MJ/t Zn)	11 700	1980	11 800	2500	1400	0	29 380
Pyro. ISF <sup>(3)</sup> toplam t Zn levhaları: 700	Ortalama (MJ/t Zn)	0	3786	38 726	12 882	0	0	55 393

<sup>(1)</sup> Hidrometalurjik kalıntı işleme + jarosit / götit çökeltimi yapılan RLE.  
<sup>(2)</sup> Nötr özütleme + özütleme artığının pirometalurjik olarak işlendiği (çoğu zaman Walez prosesi) RLE  
<sup>(3)</sup> Tamamen pirometalurjik ISF prosesi  
Kaynak: [ 399, IZA 2012 ] based on Brook Hunt 2008 (ed.2009)

### 6.2.13. Pirometalurjik cüruflar ve kalıntılar

ISF'lerden elde edilen cüruflar, çinko dumanlaştırma fırınları ve Waelz fırın prosesleri (EAF tozu veya benzeri besleme malzemeleri işlenirse) genellikle çok düşük konsantrasyonlarda özütlenebilen metaller içerir. Bu nedenle, bu malzemeler genellikle inşaat malzemesi olarak kullanmak için uygundur [99, Hähre, S. 1998]. Kullanılan ham maddeye bağlı olarak cüruf çıkışı, üretilen metalin ağırlıkça %10 ila %70'i arasındadır.

Üye Devletler tarafından bir dizi standart özütleme testi kullanılmaktadır ve bunlar söz konusu ülkeye özgüdür. İnşaat ve diğer uygulamalar için gelecekteki uygunluğun sağlanması amacıyla, sürüklenen metallerin içeriğinin azaltılması için proses geliştirmeleri araştırılmaktadır. Tablo 6.19 ve Tablo 6.20, Alman özütleme test yöntemi DEVS4'e dayanan bazı eluat değerleri göstermektedir.

**Tablo 6.19: Granüle ISF cürufu için eluat değerleri**

Bileşen	Granüle ISF cüruf eluati (DEVS4'e göre) (mg/l)
Zn	0,02–0,1
Pb	0,005–0,1
As	0,001–0,02
Fe	0,05–0,2
Cu	< 0,001–0,05
pH	7–11

Kaynak: [ 99, Hähre, S. 1998 ]

Tablo 6.20: asidik Waelz cürufu için eluat değerleri

	Waelz cürufu eluatı (DEVSS4'e göre) (mg/l)
	0,05
	0,02
	0,008
	0,002
	0,005
	0,5
	0,05
	1
	5
	9,9
Fähre, S. 1998 ]	

## **6.3.MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması teknikler**

Bu belgenin “MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümleri, genel olarak belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevresel korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için bir dizi teknik sunmaktadır. Bu tekniklerin hepsi ticari olarak mevcuttur. İyi bir çevresel performansı elde edilen teknikleri göstermek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstrilere, Avrupa Üye Devletleri'ne ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak prosesler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki proseslere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili proseslerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

### **6.3.1. Birincil ve ikincil malzemeler kullanılarak çinko üretimi**

### **6.3.2. Hammadde kabulü, taşınması ve depolanmasından kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri**

Birincil ve ikincil hammaddelerin kabulü, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar MET referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006].

Besleme malzemeleri karışımlarının hazırlanması sırasında ortaya çıkan emisyonları azaltmak için uygulanan teknikler, Bölüm 6.3.1.2.1'de ele alındığından, çinko üretiminde olduğu gibi, her iki akış da aynı toz azaltım sistemlerinde işlenebilir.

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik torba filtre kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### **Teknik açıklama**

Bkz. Bölüm 2.12.5.1.4.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Tesis I, prosesin bu aşamalarında bir torba filtrenin performansı hakkında veri bildiriminde bulunmuştur. Ölçülen toz değerleri için aralık 0,39–6,68 mg/Nm<sup>3</sup> iken ortalama değer 1,9 mg/Nm<sup>3</sup>'tür.

Bir Alman birincil çinko üretim tesisi, kavrulmuş malzemelerin depolandığı bir silodan ortaya çıkan emisyonların azaltılması için bir torba filtre uygulamaktadır. 2005 yılında 18 ölçüm adet yapılmış ve akış oranı 2700 Nm<sup>3</sup>/h ile 5340 Nm<sup>3</sup>/h arasında olmuştur. Toz ve metal emisyonları şunlardır;

- Toz :< 0,4–0,7 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Kurşun :0,002–0,011 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Nikel :< 0,001–0,003 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Çinko :0,02–0,08 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımının artması



**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Örnek tesisler**

Tesis I.

**Referans literatür**

[385, Germany 2012], [399, IZA 2012]

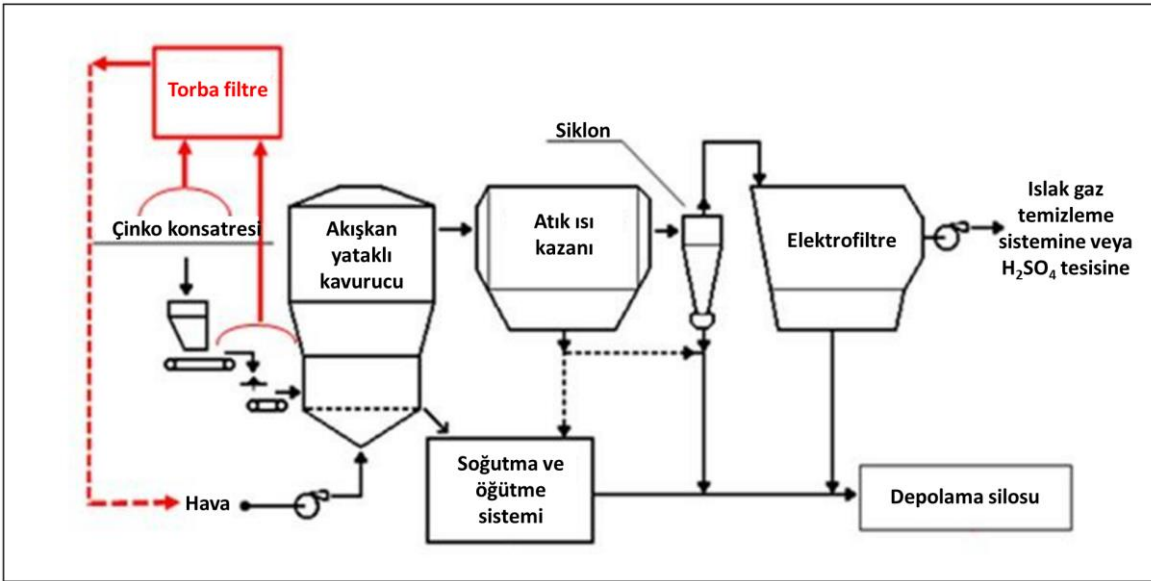
**6.3.3. Hidrometalurjik çinko üretimi****6.3.3.1. Birincil malzemelerin kavrulmasından ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Islak besleme malzemesi; akışkan yataklı kavurucudan önce konveyör bandına yerleştirilmiş bir su püskürtme sistemi sayesinde elde edilir,
- Tamamen kapalı proses ekipmanı (bkz. Bölüm 2.12.4),
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- İsteğe bağlı bir önceki adım olarak siklonlar (bkz. Bölüm 2.12.5.1.3) ile birlikte sıcak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6), ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2) ve cıva azaltım teknikleri (Bölüm 2.12.5.5'e bakınız).

**Teknik açıklama***Torba filtre*

Çinko konsantreleri genellikle nispeten yüksek nem içeriğine (~%10) sahiptir, bu da özellikle tamamen kapalı ekipman kullanıldığında, kullanım sırasında toz emisyonlarının önlenmesinde oldukça etkilidir. Tozlu besleme malzemesi, örneğin çok düşük nem içeriğine sahip malzeme veya kavrulmuş malzemelerin işlenmesi durumunda, kavurucu besleme malzemesinin hazırlanmasından (dozajlama cihazları ve uygulandığında ezme ve öğütme) ortaya çıkan kanalize emisyonları ve kavurucunun kendisinden gelen ikincil emisyonları azaltmak için torba filtreler uygulanır.



Şekil 6.21: Kavurucu besleme malzemesi hazırlanmasından ve kavurucudan ortaya çıkan emisyonların toplanması ve azaltılması

Torba filtreler veya seramik filtreler, prosesin bu aşamasında kullanıldığında ESP'den daha iyi toz giderme verimliliği sağlar.

#### *İsteğe bağlı bir önceki adım olarak siklonlar ile birlikte sıcak ESP*

Bu kuru temizleme aşaması, mümkün olduğu kadar fazla toz kalsin elde etmek için uygulanır. Gerekirse, processte toz kalsini tekrar kullanmadan önce klorür veya kadmiyum özütlemesi gerçekleşir.

#### *Gaz yıkayıcılar, ıslak ESP ve cıva azaltım teknikleri*

Bu ıslak temizleme aşaması, sülfürik asit tesisine besleme için uygun bir çıkış gazı elde etmek için uygulanır.

Islak ESP ve cıva gideriminden kalan tortular, diğer proseslerde kullanılmazlarsa, gömülerek bertaraf edilirler. Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip gazlar diğer akışlara göre oldukça küçük bir hacme sahiptirler.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

#### *Islak besleme malzemesi*

- Toz emisyonların azaltılması.
- Yatak stabilitesinin artması.

#### *Tamamen kapalı proses ekipmanı*

- Havaya salınan yayılı emisyonların önlenmesi.
- Malzeme kaybı olmaması.

#### *Torba filtre*

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Tozun yeniden kullanılması.

#### *İsteğe bağlı bir önceki adım olarak siklonlar ile birlikte sıcak ESP*

- Toz ve uçucu metal (Zn, Pb, Hg, As veya Cd) emisyonlarının azaltılması.
- Fırından deşarj edilen kalsine kimyasal olarak benzer olduğu ve kalsin işleme sistemine geri beslenebildiği için. Atık gaz temizleme prosesinin kuru kısmında toplanan tozun tekrar kullanılması.

*Gaz yakayıcılar, ıslak ESP ve cıva azaltım teknikleri*

- Toz ve uçucu metal (Zn, Pb, Hg, As veya Cd) emisyonlarının azaltılması. Toz giderilmesinin yanı sıra ticari kalitede bir sülfürik asit elde etmek için gazın temizlenmesi gerekmektedir.
- Cıva emisyonlarının azaltılması. Cıva besleme malzemesinde bulunduğu anda, tesisten tesise değişebilen spesifik ekipmanla yakalanır. Ayrıca, ticari kalitede bir sülfürik asit elde etmek için cıvanın giderilmesi gerekmektedir.

**Çevresel performans ve işletme verileri***Torba filtre*

Tablo 6.21, besleme malzemesi hazırlama ve kavurucudan ortaya çıkan toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 6.21: Besleme malzemesi hazırlama ve kavurucudan kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis		A		A		B		H	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	27 184	NR	10 630	NR	4 655	NR	4 000	NR
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	1,04	3,1	0,54	3,1	0,21	0,51	1.6	2.6
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,69	NR	0,35	NR	0,12	0,29	0.8	1.2
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0060	NR	0,0030	NR	0,0005	0,001	0.03	0.04
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	NR		NR		0,0032	0,008	0,09	0,3
Uygulanan teknik		Torba							
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0.5		0.33		1		2	
NB: NR = Mevcut değildir.									
Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]									

Bir Alman birincil çinko üretim tesisi, kavrulmuş malzemelerin öğütüldüğü değirmendeki emisyonların azaltılması için bir torba filtre uygulamaktadır. 2005 yılında altı ölçüm gerçekleştirilmiş ve akış oranı 9670 Nm<sup>3</sup>/saat olmuştur. Toz ve metal emisyonları şunlardır;

- Toz : 1,1–3,4 mg / Nm<sup>3</sup>,
- Kurşun : 0,031-0,132 mg / Nm<sup>3</sup>,
- Nikel : <0,001 mg / Nm<sup>3</sup>,
- Çinko : 0,7–1,7 mg / Nm<sup>3</sup>,
- Arsenik : <0,001-0,005 mg / Nm<sup>3</sup>.

*İsteğe bağlı bir önceki adım olarak siklonlar ile birlikte sıcak ESP*

Tablo 6.22 kuru temizleme aşamasında kuru toz azaltım verilerinin bir örneğini göstermektedir. Kuru gaz temizleme aşamasından sonra, akış ıslak gaz temizleme bölümüne girer.

**Tablo 6.22: Kavurma tesisinde (120 m<sup>2</sup>'lik ızgara) ıslak gaz temizleme bölümünden önce kuru gaz temizleme bölümünde toz giderimi**

Proses basamağı (çıkış)	Gaz akışı (maks.) (Nm <sup>3</sup> /h)	Sıcaklık (maks.) (°C)	Toz (maks.) (mg/Nm <sup>3</sup> )
Akışkan yataklı kavurucu	88 307	980	300 000
★			
Atık ısı kazanı	88 814	350	150 000
★			
Siklonlar (opsiyonel)	89 380	350	300 00
★			
Elektrofiltre	90 000	350	200

*Gaz yıkayıcılar, ıslak ESP ve cıva azaltım teknikleri*

Tablo 6.23, ıslak temizleme aşamasında tipik bir toz azaltım örneğini göstermektedir.

**Tablo 6.23: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tesisinde dönüştürülmeden önce ıslak gaz temizleme sisteminde toz azaltımı**

Gaz akışı (Nm <sup>3</sup> /h)		Sıcaklık (°C)		Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	
İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış
80 000–90 000	80 000–90 000	300–350	≤ 30	≤ 200	< 0.5

Islak gaz temizleme sisteminin çıkışı bir emisyon noktası değil, kapalı gaz temizleme devresinin içinde bir iç noktadır. Bu noktada sülfürik asit kalitesinin analizi, emisyonların dolaylı bir göstergesidir.

Kullanılan cıva giderim teknolojilerine bağlı olarak, %70-99,7 giderim ile filtrelemeden önceki cıva (toplam) konsantrasyonu, 10 µg/m<sup>3</sup> ila 9900 µg/m<sup>3</sup> arasında ve filtrasyondan sonra 3 µg/m<sup>3</sup> ila 50 µg/m<sup>3</sup> arasında değişebilir. Daha sonraki asidin kalitesi 1 ppm'nin altında bir cıva konsantrasyonu sağlar. Bununla birlikte, piyasadaki mevcut eğilim, 0.5 ppm'in altında bir cıva içeriği olan sülfürik asidi talep etmektedir.

Sülfürik asit tesisi bacasından ortaya çıkan SO<sub>2</sub> ve sis emisyonları, Bölüm 2.12.5.4'te tartışılmıştır.

### Ortamlar arası etkiler

*Torba filtre*

Enerji kullanımının artması.

*İsteğe bağlı bir önceki adım olarak siklonlar ile birlikte sıcak ESP*

Enerji kullanımının artması.

*Gaz yıkayıcılar, ıslak ESP ve cıva azaltım teknikleri*

Islak gaz temizlemesinden kaynaklanan atıksu çok fazla halojen içerir ve atık su arıtma tesisine deşarj edilmelidir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Besleme malzemesinin ıslatılması, kapalı işleme ekipmanı ve torba filtreler genel olarak uygulanabilir.

Çinko üretiminde, sıcak ESP, ıslak ESP ve cıva azaltım tekniklerinin kullanılması, bir başka

sülfürik asit tesisinin varlığına bağlıdır.

Cıva azaltım tekniklerinin uygulanması, istenen sülfürik asit kalitesine bağlıdır.

### **Ekonomik veriler**

Sülfürik asit, çinko sülfür kavurma işleminin ana yan ürünü olduğundan, asitin son kullanıcılara taşınmasının kolaylığı ve maliyeti, sülfürik asit olarak sülfürün geri kazanıldığı bir çinko sülfür kavurma tesisinin kurulması için bir engel olabilir.

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Çevresel yasal gereklilikler.
- Tozun geri kazanımı.
- Ticari olarak kabul edilebilir cıva seviyeleri olan sülfürik asit üretimi.

### **Örnek tesisler**

Avrupa'da RLE prosesini kullanan tüm fabrikalarda genel olarak uygulanır.

### **Referans literatür**

[227, IZA Report 2008], [385, Germany 2012], [399, IZA 2012].

### **6.3.3.2. Kalsin işlemeden kaynaklanan emisyonları önlemek veya azaltmak için teknikler**

#### **Açıklama**

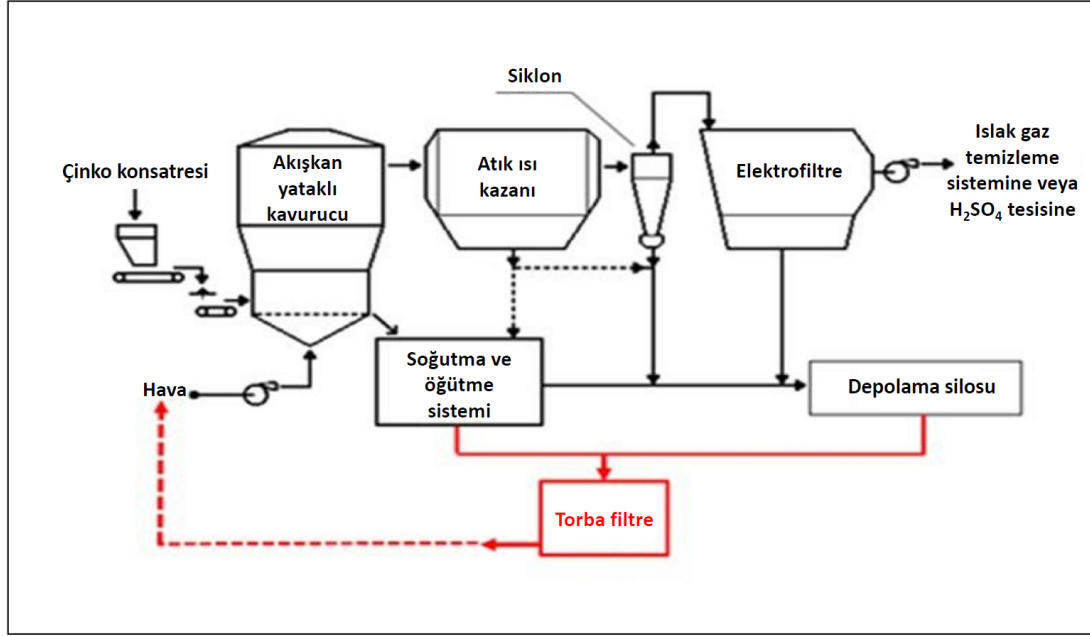
Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Tamamen kapalı proses ekipmanı (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Negatif basınç altında çalıştırılan işletim ekipmanı (emici vantilatör);
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya gaz yıkayıcı .

#### **Teknik açıklama**

*Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya gaz yıkayıcı .*

Torba filtreler genellikle, Şekil 6.22'de gösterildiği gibi soğutma ve öğütme sisteminden, kalsin taşıma ve depolama silolarından kaynaklanan yayılı emisyonların arıtılması için uygulanır. Avrupa'da sadece bir fabrika, emisyonları azaltmak için torba filtre yerine kalsin öğütme aşamasında bir gaz yıkayıcı kullanmaktadır.



Şekil 6.22: Kalsin işlemeden kaynaklanan emisyonların toplanması ve azaltımı

### Elde edilen çevresel faydalar

*Tamamen kapalı proses ekipmanı ve negatif basınç altında çalıştırılan işletim ekipmanı*

- Havaya salınan emisyonların önlenmesi.
- Malzeme kaybı olmaması.

*Torba filtre veya gaz yıkayıcı*

- Toz ve uçucu metal (Zn, Pb, Hg, As veya Cd) emisyonlarının azaltılması.
- Kalsinin yeniden kullanılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Tablo 6.24, kalsin öğütme, taşıma ve depolama sırasında ortaya çıkan emisyonlara yönelik tesise özgü verileri göstermektedir.

Tablo 6.24: Kavurma tesisinden kalsin öğütme, taşıma ve depolama sırasında ortaya çıkan emisyon verileri

Tesis		B		B		D	E		F		F		G		H
		Kalsin depolama ve taşıma		Kalsin öğütme		Kalsin öğütme, depolama ve taşıma	Kalsin öğütme, depolama ve taşıma		Pnömatik iletim		Kalsin öğütme		Kalsin öğütme ve depolama		Kalsin depolama
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	2 972	NR	3 386		4 250	22 281		3 162		9 857		7 000		3 500
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	2,16	5,40	0,54	1,35	NR	0,89	2,21	0,47	1,0	1	4,9	3,5	4,0	3,6
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	1,36	3,39	0,34	0,84	0,4	0,62	1,55	0,25	0,55	0,53	2,8	NR	NR	2,15
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0038	0,01	0,0010	0,002	0,002	0,0007	0,002	0,0010	0,004	0,002	0,01	0,044	0,1	0,004
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0645	0,16	0,0162	0,04	0,02	0,0057	0,014	0,010	0,23	0,03	0,12	0,009	0,01	0,27
As	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0008	0,002	0,0001	0,0004	0,001	NR		NR		NR		NR		NR
Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	0,0092	0,023	0,0012	0,006	0,02	NR		NR		NR		NR		NR
Uygulanan teknik		Torba filtre										Islak gaz yıkayıcı		Torba filtre	
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	1		1		2	3		12		12		12		2
NB: NR = Bildirilmemiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]															

### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımının artması

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Avrupa'da RLE prosesini kullanan tüm fabrikalarda genel olarak uygulanmaktadır.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Tozun geri kazanılması,
- İş sağlığı,
- Çevre kirliliğinin önlenmesi

### Örnek tesisler

Avrupa'da RLE prosesini kullanan tüm fabrikalarda genel olarak uygulanmaktadır.

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.3.3. Özütleme ve katı-sıvı ayırımı işlemlerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Özütleme tankları ve çöktürücülerden kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri,
- Katı-sıvı ayırımından kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri,
- Sulu, ıslak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2) ve ardından buğu gidericiler,
- Santrifüj sistemleri,
- Buğu önleyiciler.

#### Teknik açıklama

*Özütleme tankları ve çöktürücülerden kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri*

- Yayılı aerosol emisyonlarını önlemek için tank bir kapakla kapatılmalıdır. Proses, kapağın açılmasını gerektirdiğinde, emisyonları uygun şekilde sınırlandırmak için önlemler alınmalıdır (örn. ekstraksiyon/negatif basınç kontrolü, numune alma veya temizleme deliklerinin kapatılması, karıştırıcı mil contaları).
- Tank havalandırılıyorsa, havalandırma borusunun bir azaltım sistemine bağlanması gerekmektedir (emisyon seviyeleri bunu gerektirdiğinde).
- Merkezi mekanik bir çekiş azaltım sisteminin kullanılması.
- Tek bir tank için doğal çekiş veya mekanik azaltım sisteminin kullanılması.
- Reaksiyon tankının yakınındaki sıvı giriş ve çıkış oluklarının üzeri kapatılmalıdır.
- Toprağa dökülmeleri önlemek için tankın zemininde bir conta/karter bulunması gerekmektedir.
- Tank, yerel çevre mevzuatına göre su geçirmez bir alanda bulunmalıdır.

*Katı-sıvı ayırımından kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri,*

Özütleme prosesleri normal olarak katıların proses sıvısından verimli bir şekilde uzaklaştırıldığı bir veya birkaç filtreleme aşamasından oluşmaktadır. Jarosit ve goethit gibi demir kalıntılarını, filtrelemek için vakum filtreleri ve döner veya yatay hareketli kayış sistemleri kullanılır. Bu adımdan birkaç emisyon sorunu ortaya çıkmakta ve aşağıdaki kısa liste önemli konuların bazılarını göstermektedir.

- Vakum pompaları/üfleyiciler normalde suyu sızdırmazlık maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu su, vakum separatöründen gelen küçük damlacıklardaki metal içeriğinden etkilenmektedir ve sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir. Hatalı ayırıcı



aşama (lar), yüksek miktarda metal yükünün su tarafına geçmesine neden olabilir. Bu suyun yeniden kullanılması standart bir uygulamadır ve su ısıtılacağı için bir çeşit soğutma basamağı eklenmelidir. Sızıntı suları yayılmadan önce arıtılması gerekebilir. Vakum filtrelerinin suyu, çalışma sırasında metallerle kirlendiğinden, birçok tesiste, temiz su yerine vakum pompaları için düşük metal içerikli geri dönüştürülmüş proses suyu kullanılır. Bu da prosesdeki genel su tüketimini azaltır.

- İyi ve güvenli çalışma koşullarını sağlamak için vakum filtrelerini, sıcak sıvıların filtrelenmesinden kaynaklanan nemli havayı toplayan davlumbazlar ile kapatmak normaldir. Bu hava, ince damlacıklar içerir ve sonunda tek bir ünite veya kolektif bir sistem olan bir azaltım sistemine gönderilebilir.
- Ayrılan katı maddelerin yıkanması, özellikle katı malzeme bertaraf edilecek nihai kalıntı ise oldukça önemlidir. Yatay bantlı filtreler ters akımda, suda çözünebilir kalıntıları azaltmada çok etkili olan birkaç yıkama bölgesi bulundurulur. Diğer etkili filtreleme cihazları, membran filtre presleri ve sürekli kayışlı basınçlı filtrelerdir. Proses soğutucularda soğutulmuş olan ısınmış suyun filtrelerin yıkanmasında kullanılması yaygın bir uygulamadır. Sıcak su kullanıldığında filtre keklerinin yıkama verimliliği artar.

Beklenen yıkama verimleri, tesise göre değişecektir, ancak jarositte, suda çözünebilir çinkonun %1'in (ıslak bazda) altında beklenmelidir.

*Islak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2), santrifüj sistemleri ve bacalar ve havalandırmalar için buğu önleyiciler*

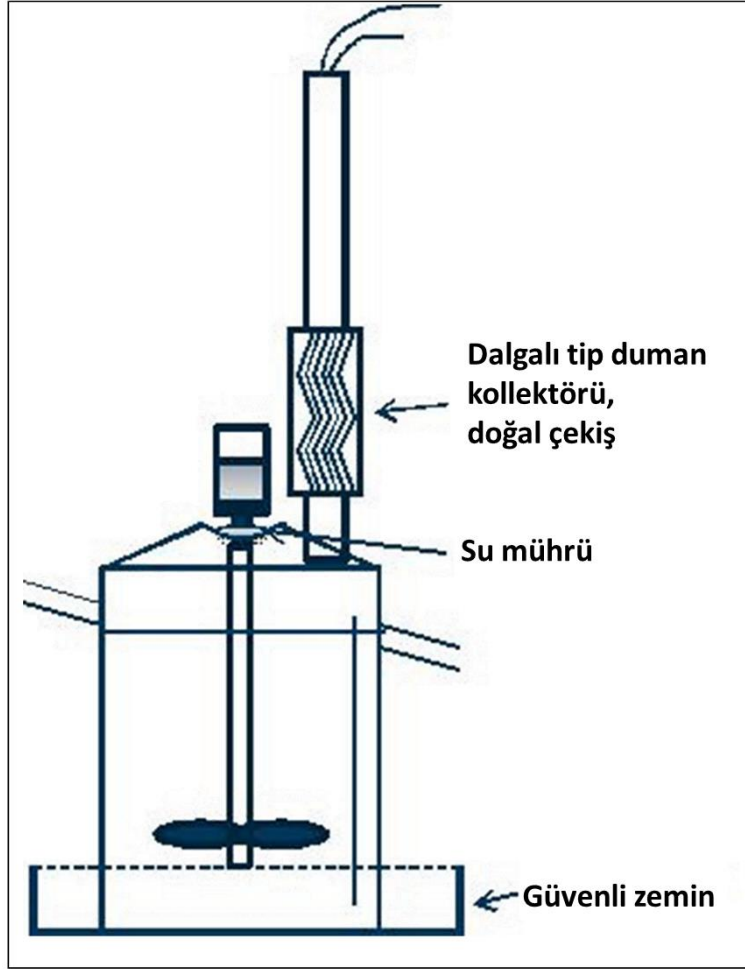
- Su ile temizleme işlemini takiben buğu önleyicilerin kullanılması. Kullanılan temizleme suyu proses geri gönderilir.
- Havalandırma havası damlacıklarının, sıvıyı toplayan ve tekrar işleme sokan çift duvarlı bir reaktörde statik bir pervane tarafından dairesel bir harekete geçirildikten sonra duvara çarpmaya zorlandığı santrifüj sistemleri.
- Farklı türdeki buğu önleyicilerin kullanılması. Toplanan buğu ve kondens havalandırma duvarındaki tankın içine geri akar.
- Düzgün tasarlanmış bir baca kullanılması. Dumanın çökmesini sağlayan akışkan-dinamik koşullara sahip bir baca, sis emisyonlarını azaltmak için genellikle yeterli olabilir.

Azaltım gerekliliği de yerel duruma bağlıdır. Yetersiz havalandırılmış kapalı bir binada bulunan tanklar için açık havada bulunan reaktörlere göre farklı azaltım sistemleri gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen azaltım sistemlerinin tümü, deneyime göre normalde %95'in üzerinde bir verimliliğe sahiptir. Bu tiplerin ve kullanımlarının hepsinde ölçekleme ve tıkanma ile ilgili farklı problemler bulunmaktadır. Bu azaltım tesislerinin düzgün bir şekilde çalışmasını sağlamak için koruyucu bir bakım programı yapılması zorunludur.

Ayrıca, yeni azaltım sistemleri kurulurken, izleme ve iyi ve doğru örnekleme için örnekleme noktalarının yerleştirilmesi gereken yerlere (izokinetik örnekleme yapmak için) dikkat edilmelidir.

Şekil 6.23, bir dalga tipi statik buğu önleyici ve doğal çekici ile donatılmış bir reaksiyon tankını göstermektedir. Bu tankın sızdırmaz bir kapağı vardır ve bir toplama havuzuna yerleştirilir.



Şekil 6.23: Tek tank azaltım sistemi

#### Elde edilen çevresel faydalar

*Öztüleme tankları ve çökelticilerdeki katı-sıvı ayırımından kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri,*

Aerosol ve duman emisyonlarının önlenmesi.

*Gaz yıkayıcılar, santrifüj sistemleri ve bacalar ve havalandırmalar için buğu önleyiciler*

Aerosol ve duman emisyonlarının önlenmesi.

#### Çevresel performans ve işletme verileri,

Bu tesisler oldukça basittir ve çok fazla dikkat gerektirmezler, ancak düzgün çalışabilmeleri için düzenli aralıklarla temizlenmeleri gerekmektedir.

Merkezi toplama sistemleri, normalde fanlar ve motorlara sahip olduklarından daha karmaşık yapıdadır, ancak bunlar işletme bakımından çok az bakım gerektirmektedir.

#### *Santrifüj sistemleri*

Hiçbir veri bildirilmemiştir, ancak emisyonların, Bölüm 6.3.1.2.4'teki bu tür bir ekipman için bildirilen verilere benzer olması beklenmektedir.

*Gaz yıkayıcılar ve buğu önleyiciler*

Yukarıda Şekil 6.23'te gösterildiği gibi donatılmış olan tankların çinko emisyonları tipik olarak %95'in üzerinde azaltılacaktır. Bu tip bir tesis için Boliden Odda çinko izabe fırınından bir örnek verilmiştir: 2003 yılında bir sis toplayıcının montajından önce ve sonra nötr özütleyicideki bir çöktürücüden kaynaklanan çinko emisyonları kaydedilmiştir; Sonuçlar Tablo 6.25'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.25: Nötr özütleyicideki çöktürücüden kaynaklanan emisyonlar için buğu önleyicili ve buğu önleyicisiz emisyon verileri**

	Birim	Kurulumdan önce	Kurulumdan sonra
Havalandırma akışı	Nm <sup>3</sup> /h	6820	3858
Zn içeriği	µg/Nm <sup>3</sup>	3311	264
Emisyon	g/h	22,6	1.0
Azaltım	%		95,5
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]			

2011 yılına ait emisyonlara dair tesise özgü veriler Tablo 6.26, Tablo 6.27 ve Tablo 6.28'de verilmiştir.

**Tablo 6.26: Özütleme tanklarının havalandırılmasından kaynaklanan emisyon verileri**

Tesis		A	A	B	D	E	F	G
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	12 266	17 921	42 831	11 440	17 400	40 000	12 500
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	6.0	4.5	0.6	NR	4.5
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.01–0.95	0.77	3.55	0.25	0.60	0.57	
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0.002	0.008	0.023	0.184	0.002	0.005	0.11
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0.03	0.031	0.168	0.194	0.025	0.030	0.009
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	0.03	NR	NR	NR
As	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	0.022	0.002	0.019	NR	NR	NR
Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	0.024	0.21	0.006	NR	NR
Ni	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	0.0004	0.17	NR	NR	NR
Uygulanan teknik		Buğu önleyici	Akış kontrolü için kontrol valfi	Yok	Gaz yıkayıcı	Yok	Gaz yıkayıcı	Yok
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	1.00	0.5	1	0.2–2	3	12	3
NB: Emisyon azaltma sistemi uygulanmadığında, bu, emisyon akışında herhangi bir azaltma olmadığı anlamına gelir. Bununla birlikte, çoğu durumda, emisyon akışlarını önlemek veya en aza indirmek için önlemler alınır. B ve E tesisleri için verilen emisyon verileri, saflaştırma bölümünden kaynaklanan emisyonları da içermektedir. NR = Bildirilmemiştir.								

Tablo 6.27: Direk özütlemeden kaynaklanan emisyon verileri

Akış	Nm <sup>3</sup> /h	9 640
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,61
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,024
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0,033
As	mg/Nm <sup>3</sup>	0,025
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,008
Uygulanan teknik		Gaz yıkayıcı
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0,5

Tablo 6.28: A Tesisinde bulunan Jarosit prosesinden kaynaklanan emisyon verileri

Akış	Nm <sup>3</sup> /h	8 614
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,25
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,023
As	mg/Nm <sup>3</sup>	0,029
Uygulanan teknik		Yok
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0,2

### Ortamlar arası etkiler

Elektrik tüketiminin artması (fanlar).

### Ekonomik veriler

Hava tarafında, bu tekniklerin kurulum maliyetleri nispeten düşüktür.

Su/sıvı tarafı için ise zemine dökülmeleri önlemek için kurulacak sistemler oldukça pahalıdır. Bu da yüzeyde akan suların toplanması için kapsamlı bir altyapı kurmak anlamına gelmektedir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Özütleme ve arıtma işlemlerinin iç mekanlarda gerçekleştirildiği tesisler için, sağlıklı bir çalışma ortamı yaratmak için buharların giderilmesi gerekmektedir. Bu durum genellikle kuzey Avrupa'daki tesislerde soğuk kış mevsimi için geçerlidir.
- Toprağa sızıntının önlenmesi.

### Örnek tesisler

Avrupa'da RLE prosesini kullanan tüm tesislerde genel olarak uygulanmaktadır.

### Referans literatür

Referans bilgisi sağlanamamıştır.

#### 6.3.3.4. Çinko tozu ve kimyasal ilaveler kullanılarak yapılan çözelti saflaştırma işleminden kaynaklanan emisyonların azaltılması ve önlenmesi için teknikler

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Reaksiyon tankları ve çöktürücülerden kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri,
- Islak gaz yıkayıcılar; sulu veya KMnO<sub>4</sub>/seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve ardından buğu önleyici ile,
- Santrifüj sistemleri,
- Buğu önleyiciler.

### Teknik açıklama

Saflaştırma reaksiyonları tanklarda/çöktürücülerde/filtrelerde gerçekleşir ve özütleme ile aynı tipte emisyon sorunlarına neden olur. Genel anlamda, özütlemeye kullanılan azaltım teknikleri de saflaştırmaya uygulanabilir, bununla birlikte H<sub>2</sub> gazı (hidrojen), SbH<sub>3</sub> (stiban) ve AsH<sub>3</sub> (arsin)'in ortaya çıkması ile ilgili problemlerle karşılaşmamak için özel önlemler alınmalıdır. Bunun için, reaksiyon tankları, hidrojeni LEL'in %4'ünün altına kadar seyreltmek amacıyla çıkış gazına yeterince hava girmesini sağlamak için iyi bir şekilde havalandırılmalıdır.

*Reaksiyon tankları ve çöktürücülerden kaynaklanan emisyonları önlemek için teknik setleri*  
Bu bağlamda, çöktürücüler ve reaksiyon tankları birlikte ele alınmaktadır. Reaksiyon tanklarından kaynaklanan emisyonları önlemek için aşağıdaki temel noktaların dikkate alınması gerekmektedir.

- Yayılı aerosol emisyonlarını önlemek için tank bir kapakla kapatılmalıdır.
- Tank havalandırılırsa, havalandırma borusu bir azaltım sistemine bağlanabilir.
- Merkezi mekanik çekmeli bir azaltım sisteminin kullanılması (çok sayıda tankın bağlanması durumunda yedekli olarak).
- Doğal veya mekanik çekmeli tek bir tank azaltım sistemi kullanılması.
- Proses sıvı girişi ve çıkış açıklıklarının kapatılması.
- Zemine dökülen sıvıların toprağa geçmesini önlemek için tankın sızdırmaz olması.
- Bir tankın kırılması durumunda dolu bir tankı tutmak için yeterli büyüklükte bir güvenlik alanı bulunmalıdır. Bir bataryada birkaç tank varsa, alan en az bir tankın hacmini tutabilmelidir.

*Islak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2), santrifüj sistemleri ve buğu önleyiciler*

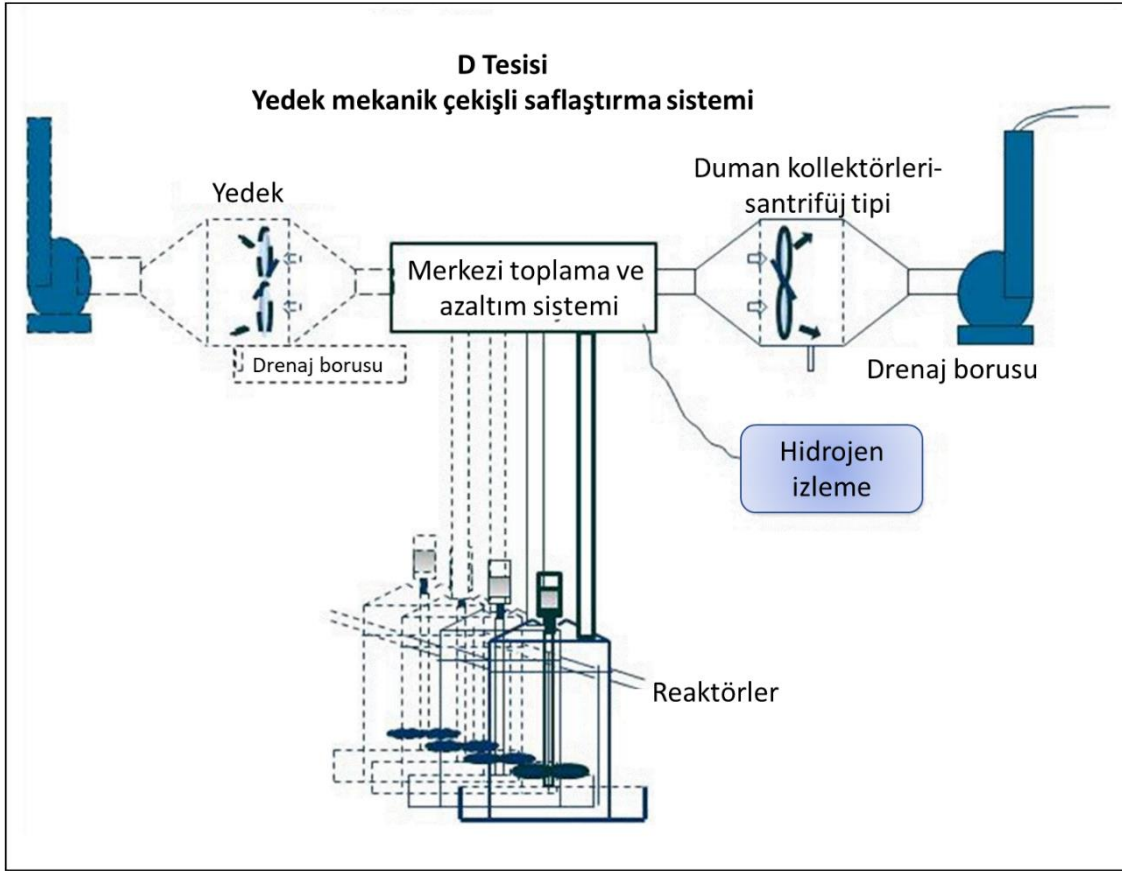
- Sulu veya KMnO<sub>4</sub>/seyreltik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ıslak gaz temizleme ve ardından duman kollektörü (buğu önleyici); temizleme suyu prosese geri gönderilir veya ayrı bir şekilde atılır.
- Havalandırma havası damlacıklarının, sıvıyı toplayan ve tekrar işleme sokan çift duvarlı bir reaktörde statik bir pervane tarafından dairesel bir harekete geçirildikten sonra duvara çarpmaya zorlandığı santrifüj sistemleri.
- Farklı türdeki buğu önleyicilerin kullanılması. Toplanan buğu ve kondens havalandırma duvarındaki tankın içine geri akar.

Yukarıda bahsedilen azaltım sistemlerinin tümü, deneyime göre normalde %95'in üzerinde bir verimliliğe sahiptir. Bu tiplerin ve kullanımlarının hepsinde ölçekleme ve tıkanma ile ilgili farklı problemler bulunmaktadır. Bu azaltım tesislerinin düzgün bir şekilde çalışmasını sağlamak için koruyucu bir bakım programı yapılması zorunludur.

Bakım sırasında yedekleme, H<sub>2</sub>'nin sürekli olarak kontrol altında tutulması açısından önemlidir. Ayrıca, fanlar bir acil durum güç kaynağına bağlanır, böylece bir elektrik kesintisi durumunda fanlar çalışmaya devam eder. Duman kollektörleri genellikle dalga çeşitliliğindedir.

Ayrıca, yeni azaltım sistemleri kurulurken, izleme ve iyi ve doğru örnekleme için örnekleme noktalarının yerleştirilmesi gereken yerlere (izokinetik örnekleme yapmak için) dikkat edilmelidir.

D tesisindeki saflaştırma bölümü, Şekil 6.24'te gösterildiği gibi, merkezi bir yedekli azaltım sistemi ile donatılmıştır.



Şekil 6.24: Santrifüj tipi duman kollektörlü merkezi azaltım sistemi

#### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

İşlemler çoğunlukla kontrollü olarak çinko tozu ilavesiyle 60-90 °C'de (kızartıcıdan gelen atık buhar kullanılarak) sürekli modda gerçekleştirilir.

Bu tesisler oldukça basittir ve çok fazla dikkat gerektirmezler, ancak düzgün çalışabilmeleri için düzenli aralıklarla temizlenmeleri gerekmektedir.

Merkezi toplama sistemleri, normalde fanlar ve motorlara sahip olduklarından daha karmaşık yapıdadır, ancak bunlar işletme bakımından çok az bakım gerektirmektedir.

Tesise özel emisyon verileri Tablo 6.29'da verilmiştir. D Tesisinde 2004 yılında en son teknoloji kullanılarak eksiksiz ve yeni bir arıtma prosesi kurulmuştur. Diğer tesislerde ise eski altyapılar kullanılmaktadır.

**Tablo 6.29: Saflaştırma prosesinden kaynaklanan emisyon verileri**

Tesis		A		A		D		F	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Ort.	Maks.	
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	5 488	NR	16 715	NR	13 850	31 000	NR	
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,07	0,52	0,1	2,78	0,12	0,81	3,1	
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,01	0,043	0,012	0,04	< 0,001	0,005	0,018	
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	0,177	NR	0,01	0,11	
As	mg/Nm <sup>3</sup>	0,015	0,043	0,01	0,3	NR	NR	NR	
As(ox)	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	NR	NR	0,002	0,004	
AsH <sub>3</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	NR	NR	0,23	0,48	
Uygulanan teknik		Buğu önleyici		Gaz yıkayıcı		Santrifüj sistemi		Gaz yıkayıcı	
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0,5		0,5		0,5		12	
Proses basamağı		Cu & Cd çöktürme		Co çöktürme		Co çöktürme		Tamamen saflaştırma prosesi	

NB: NR = Bildirilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Sadece B Tesis antimon için emisyon bildiriminde bulunmuştur. Bildirilen veriler (ortalama 0.0012 mg / Nm<sup>3</sup> ve maksimum 0.0020 mg/Nm<sup>3</sup>) karışık gaz akımlarına karşılık gelmektedir ve rapor edilen antimon konsantrasyonu sadece stibin değil, aynı zamanda saflaştırmada ilave edilen ince damlalı antimon tartarat tozunun ve ince damlacıklar çözeltinin bir karışımıdır. Toplam yıllık antimon emisyonu 0,44 kg'dır.

Atmosferik soğutuculardan elde edilen tesise özel emisyon verileri Tablo 6.30'da verilmiştir.

**Tablo 6.30: Saflaştırma prosesinde atmosferik soğutuculardan kaynaklanan emisyon verileri**

Tesis		A		A		B		E	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	1000 Nm <sup>3</sup> /h	392	220	NR	415	NR	752	NR	
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.07	0.05	0.11	0.38	1.89	0.61	1.53	
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0.01	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
Toplam tuzlar	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	0.93	4.66	1.5	3.75	
SO <sub>4</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NR	NR	NR	NR	NR	0.9	2.25	
Uygulanan teknik		Buğu önleyici							
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	0.33	0.2	1	1	1	1	1	

NR = Bildirilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

Elektrik tüketiminin artması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Hava tarafında, bu tekniklerin kurulum maliyetleri nispeten düşüktür.

Su/sıvı tarafı için ise zemine dökülmeleri önlemek için kurulacak sistemler oldukça pahalıdır. Bu da yüzeyde akan suların toplanması için kapsamlı bir altyapı kurmak anlamına gelmektedir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Yüksek H<sub>2</sub> konsantrasyonlarına bağlı olarak patlama tehlikelerinin önlenmesi.

### Örnek tesisler

- Buğu önleyici: A (As bazlı proses) ve D (Sb bazlı proses) Tesisleri.
- Gaz yıkayıcılar: A (As bazlı proses) ve F (As bazlı proses) Tesisleri.

### Referans literatür

[136, Fugleberg, S. 1999], [234, UBA (D) 2007], [274, COM 2008]

#### 6.3.3.5. Elektrolizden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

#### 6.3.3.6. Elektroliz soğutucularından kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir buğu önleyicinin kullanılmasıdır.

### Teknik açıklama

Elektrolitik işlem sırasında ısı üretilir, bu da çinko sülfat çözeltisinin sıcaklığının bir artmasına neden olur. Bu ısı, bir soğutma devresinde kısmen giderilmelidir. Bu işlem, aynı anda prosesin su dengesini optimize etmek için tasarlanabilir. Bu durumda, saflaştırılmış çözeltinin soğutulması ve suyun buharlaştırılması, genellikle atmosferik soğutma kuleleri vasıtasıyla birleştirilir. Bu işlemde kaynaklanan sis emisyonlarını azaltmak için, soğutma kuleleri, buğu önleyiciler ile donatılmıştır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya salınan metal (esas olarak çinko) ve sülfatın içeren sis emisyonlarının azaltılması.
- Yakalanan sisin tüm sıvılarının prosese geri dönüşümü.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Bir soğutma kulesinde bir buğu önleyicinin performansı, gaz akışının hızına, buğu boyut dağılımına, buğu önleyici pedin türüne (yapı ve malzeme), toplam kalınlığına (katman başına kalınlık ve katman sayısı), püskürtülen sıvının hacmi ve dağılımı ve pedin temizliğine (jips birikmesine bağlı tıkanma derecesi) bağlıdır.

Ayrıca, bu parametrelerin tasarımı ve seçimi, atmosferik soğutma kulesinin çalışma rejiminin iklim ve mevsimsel farklılıklar (hava sıcaklığı ve nem oranı) ve elektrolitik proses rejimine (örneğin uygulanan akım yoğunluğu) bağlı olarak soğutulan (30–40 °C) çinko sülfat çözeltisinin sıcaklığındaki değişikliklerden dolayı önemli ölçüde farklılıklar göstermesi nedeniyle karmaşıklaşmaktadır.

Tablo 6.31, 2011 yılından itibaren atmosferik soğutma yapılan tesise özgü emisyon verilerini göstermektedir.



Tablo 6.31: Elektrolitin atmosferik olarak soğutulmasından kaynaklanan emisyon verileri

Tesis		A		B		D	E		F		G
Akış (ortalama)	$10^3 \text{ N m}^3/\text{h}$	2 284		2 791		3 948	2 668		2 000		480
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	NA
Zn	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	0,050	0,52	0,034	0,678	0,086	0,210	0,53	0,030	0,05	NA
Uygulanan teknik		Buğu önleyici									
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0,5		1		0,2	1		12		0

NB: B ve E tesislerinde, atmosferik soğutucuların emisyonlarını ölçmek için farklı bir örnekleme tekniği kullanılmaktadır. Her iki tesis de benzer donanıma sahip olduğu için, farklılıklar örnekleme tekniği ile ilişkili olabilir.

Soğutma kulelerinden kaynaklanan emisyonların ölçülmesi oldukça karmaşıktır ve standartlaştırılmamıştır. Gaz akışı ölçümleri ve noktasal kaynaklar için örnekleme yöntemleri, soğutma kulesi emisyonları için kolay bir şekilde uygulanamaz, çünkü tanımlanmış emisyonlar için geçerli olan tipik mesafe kuralları, baca mevcut olmadığından kullanılamaz. Yayıllı emisyon, birkaç on metre karelik bir yüzeyden ortaya çıkar, bu da buğu önleyicinin üstündeki yerin işlevinde akış oranı ve buğu yoğunluğunda önemli değişikliklere yol açar. Temsili emisyon verilerinin elde edilmesi için en iyi uygulama, yerel gaz hızını ölçerek ve gaz numunelerini bölümün çeşitli noktalarında alarak bu akış oranlarını ve buğu konsantrasyonlarını tanımlamaktır.

NA = Mevcut değildir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Soğutma kulesinin içinde, buğu önleyiciler de dahil olmak üzere jips biriktiğinden dolayı, verimli soğutma ve buğu giderimini garanti etmek için kulelerin sık sık temizlenmesi gerekmektedir. Düzenli aralıklarla, kulelerden biri geçici olarak hizmet dışı bırakılır ve jips birikintileri yüksek basınçlı su jeti veya elle giderilir. Soğutma kulelerinin temizliğinden elde edilen jips-zengini atık malzemenin hacmi, tesisin besleme maddesinin kalsiyum içeriğine ve prosesin hidrometalurjik kısmında başka jips sızan basamakların olup olmadığına bağlıdır.

Düzgün korunmuş soğutma kuleleri ve iyi tasarlanmış buğu önleyicilerle, 1–3,5  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  aralığındaki buğular için emisyon seviyeleri elde edilebilir (yaklaşık olarak ve elektrolitlerden birine benzeyen bir buğu bileşimi varsayarak, toplam buğu çinko konsantrasyonunun yedi katıdır).

### Ortamlar arası etkiler

En önemli ortamlar arası etki enerji kullanımının artmasıdır. Genel olarak, buğu giderme performansı, buğu önleyicinin kalınlığı arttıkça ve yapısı daha az geçirgen hale geldikçe ve aynı zamanda buğu önleyici üzerindeki basınç düşüşü arttıkça (sabit bir akış için) artar. Daha yüksek bir basınç düşüşü, soğutma kulesi fanları için daha yüksek enerji tüketimi anlamına gelmektedir. Ayrıca, soğutma kulesinin yapısal stabilitesi ve yapı malzemesi, uygulanabilecek olan basınç için maksimum seviyeye zorlamasını sağlar.

Diğer ortamlar arası etkiler su tüketiminin artması, atık su ve katı atıkların ortaya çıkmasıdır. Kulelerin verimli bir şekilde soğutması ve buğunun giderimi sağlanması için sık sık temizlik yapılması gerekmektedir. Bu işlemler su kullanılmasını gerektirir ve atıksu ve katı atık (jips) ortaya çıkmasına neden olur. Atık suyun ana çinko sülfat devresine tamamen veya kısmen geri gönderilmesi veya merkezi atık su arıtma tesisine gönderilip gönderilmeyeceği, tesisin toplam su dengesine bağlıdır. Jips bakımından zengin materyal, elektroliz bölümünde yıkama suyundan bölgesel olarak ayrılır (örn., çökeltme, filtreleme) ve hattı ayrı bir atık akışı olarak terk eder veya bölgesel olarak ayrılmaz. Bu durumda, jips (bir kek veya bir çamur olarak) merkezi atıksu arıtma tesisine (AAT) gönderilir ve jips parçacıkları AAT çamurunun bir parçası olabilir veya eğer proste bir kalsiyum sızma adımı işleminde uygulanıyorsa özütleme bölümüne gönderilebilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Buğu önleyici tipinin değiştirilmesi veya mevcut bir soğutma kulesine katmanın eklenmesi, sınırlı yapısal kararlılık/sağlamlık, erişilebilirlik ve fan kapasitesi ile ilgili teknik kısıtlamalara

neden olabilir.

### Ekonomik veriler

Yeni soğutma kuleleri için, buğu önleyicilerin montajı standart uygulamadır ve maliyeti kulenin toplam yatırım maliyetine dahildir.

Buğu önleyicinin başka bir tip buğu önleyici ile değiştirilmesi veya mevcut atmosferik soğutma kulelerinde ek bir buğu önleyici tabakanın yerleştirilmesi:

- Yatırım maliyetleri,
- Yapısal, malzeme vb. modifikasyonlar, yeni/ek buğu önleyici pedlerin (büyük ölçüde yerel duruma bağlıdır) kurulumunu gerektirecektir,
- Fanların yükseltilmesi/yenilenmesi ihtiyacı (büyük ölçüde yerel duruma bağlıdır),
- Artan işletme maliyetleri (temel olarak artan basınç düşüşüne bağlı ek elektrik maliyeti) anlamına gelmektedir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Havaya salınan metal (esas olarak çinko) ve sülfat içeren buğu emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

RLE prosesini kullanan çinko üreticileri için atmosferik soğutucuların ve buğu önleyicilerin kullanılması dünya çapında yaygın bir uygulamadır.

### Referans literatür

Literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.3.7. Hücre evi içerisindeki elektrolitik çıkarma işleminden kaynaklanan buğuların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Hücre evinin düzenli olarak havalandırılması,
- Buğu oluşumunu minimize etmek için katkı maddelerinin özellikle köpürtücü maddelerin kullanılması.

#### Teknik açıklama

##### *Hücre evinin düzenli olarak havalandırılması*

Çalışma ortamı atmosferini daha fazla korumak için hücre binası havalandırılır. İki sistem bulunmaktadır ve genellikle elektrolitten kaynaklanan buğunun toplanması için uygulanır.

- Birleştirilmemiş: hücre evi elektrolit soğutmasından bağımsız olarak havalandırılır (güçlendirilmiş veya doğal hava çekimi); Soğutma kuleleri binanın dışından hava kullanmaktadır.
- Birleştirilmiş: Hücre, atmosferik soğutma kuleleri tarafından havalandırılır, binadaki hava soğutucularda bir soğutma maddesi olarak kullanılır. Havalandırma havası böylece soğutma kulelerinin buğu önleyicilerinden geçer ve asit buğusu geri kazanılır.

##### *Katkı maddelerinin özellikle köpürtücü maddelerin kullanılması*

Sis oluşumunu en aza indirmek için katkı maddeleri, özellikle köpürtücü maddeler, örn. meyankökü, kullanılır. Elektrolitik hücrelerdeki çözeltinin yüzeyinde nispeten stabil bir köpük tabakasının oluşturulması, anodlarda oluşan oksijen kabarcıklarının yüzeyde küçük sıvı partiküllerinin aşırı bir şekilde sıçramasıyla patlamasını önler.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Operatörlerin sınırlı miktarda buğuya maruz kalmasıyla bina içindeki çalışma atmosferinin korunması,

- Katkı maddelerinin, özellikle köpürtücü ajanların kullanılmasından dolayı elektrolitik hücrelerde asit buğusu oluşumunun önemli miktarda azaltılması.
- Buğu emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Hücre binasının havalandırılmasından kaynaklanan emisyon verileri Tablo 6.32'de verilmiştir.

**Tablo 6.32: Hücre binasının havalandırılmasından kaynaklanan emisyon verileri**

Tesis		A	B	D & E	F
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	1 600 000	1 200 000	Soğutucularla	803 439
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,2	0,04		0,04
SO <sub>3</sub>		NR	0,14		NR
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		NR	NR		0,29
Uygulanan teknik		Yok	Yok		None
Örnekleme sıklığı	Sayı/Yıl	0,5	1		12
NB: NR = Bildirilmemiştir Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]					

Meyan kökü gibi köpürtücü maddelerin kullanılması ve hücre evinin havalandırması çalışma ortamındaki atmosferde sülfürik asit buğusu konsantrasyonunun 0,5 mg/m<sup>3</sup>'ün altında (8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama) olmasını sağlar

### Ortamlar arası etkiler

*Hücre evinin düzenli olarak havalandırılması*

Elektrik tüketiminin artması.

*Katkı maddelerinin özellikle köpürtücü maddelerin kullanılması*

Katkı maddesi kullanımının artması (örn. meyan kökü). Bu artış oldukça düşüktür.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilirdir.

### Ekonomik veriler

Köpük stabilize edici katkı maddelerinin eklenmesi, daha yüksek yatırım maliyetleri (depolama, taşıma, hazırlama ve dozlama ekipmanı) ve işletme maliyetleri (esas olarak reaktif madde maliyetleri) anlamına gelmektedir.

### Uygulamannın seçilmesinin avantajları

- Havaya salınan metal (esas olarak çinko) ve sülfat içeren buğu emisyonlarının azaltılması.
- Asit buğusuna maruz kalan operatörlerin daha az maruz kalmalarının sağlanması.

### Örnek tesisler

Elektrolitik prosese köpük stabilizatörlerinin eklenmesi ve hücre evi havalandırması, dünya çapında RLE prosesini kullanan çinko üreticileri tarafından yaygın olarak uygulanmaktadır.

Bu teknikleri uygulayan tesisler: A, B (kombine olmayan havalandırma), C, D, E (kombine havalandırma), F, G ve H tesisleridir.

### Referans literatür

Referans bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.3.8. Hücre evinden ortaya çıkan atısuğun önlenmesi ve azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik ikincil bir önleme sisteminin kullanılmasıdır.

#### Teknik açıklama

Hücre evleri, temizleme işlemlerinden kaynaklanan tüm dökülmeleri ve sıvıları veya çamurları geri kazanmak için kapsamlı bir ikincil önleme sistemi ile donatılmıştır. Prensip olarak, toplanan tüm çözeltiler ve katılar özütleme aşamasına geri gönderilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Temizleme işlemlerinden kaynaklanan tüm dökülmeler ve sıvılar veya çamurlar bir ikincil muhafaza sisteminde toplanır ve özütleme adımıyla maksimum olarak geri gönderilir. Sadece istisnai durumlarda, örneğin önemli bakım çalışmaları veya genel su dengesinin toplanan tüm seyreltik çözeltinin ana çinko çözelti hattına girmesine izin vermediği dönemlerde, toplanan ve merkezi atıksu arıtma tesisine gönderilen çözeltinin bir parçasıdır.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Ekonomik veriler

Önleme sistemleri, ara depolama tankları ve geri dönüşüm hatları için yatırım yapılması gerekmektedir. Merkezi atık su arıtma tesisi ile ilgili maliyetler de bulunmaktadır, bkz. Bölüm 6.3.4.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Merkezi atık su arıtma tesisinde arıtılacak atık suyun azaltılması.
- Tesisin genel çinko verimi.

#### Örnek tesisler

Elektroliz yapan Almanya, Fransa, Belçika, Finlandiya, Bulgaristan, Hollanda ve Polonya'da bulunan tesisler.

#### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.3.9. Hidrometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan atıksuların önlenmesi için teknikler

#### Açıklama

Su zengini akıntıların maksimum dahili geri dönüşümün sağlandığı kapalı döngü sistemi.

#### Teknik açıklama

RLE prosesi esas olarak sülfat çözeltisine göre kapalı bir döngü sistemidir: elektroliz sırasında oluşan sülfürik asit, kalsinden çinko ve diğer elementleri çözmek için kullanılan özütleme aşamasına geri döndürülür; daha sonra çinko sülfat çözeltisi saflaştırılır ve elektrolitik prosese beslenir. Bu nedenle hidrometalurjik reaksiyonlarda sülfürler ve su tüketilmez, ancak sistematik olarak yeniden kullanılır. Bu kapalı döngü sistemi atık su akışlarını önlemenin en önemli yoludur.

Bununla birlikte uygulamada, tesisin su dengesi sürekli olarak korunmalıdır.

Bir yandan suyun bir kısmı, tanklardan, çöktürücülerden ve soğutma kulelerinde buharlaşma yoluyla kaybolurken diğer yandan yan ürünler ve atıklarda (örn. bakır sementi, kurşun ve gümüş içeren özütleme kalıntıları ve demir kalıntıları gibi filtre kekleri) bulunan nem içeriği ve muhtemelen özel sızdırma işlemlerinden su girişi olmaktadır. Öte yandan, su aynı zamanda yağmur suyu, filtre keki yıkama suyu, temizleme işlemleri suyu (örneğin periyodik anot ve katot temizliği) ve pompa sızdırmazlık suyu gibi yerlerden de hatta girer.

Metallerin ve sülfatların geri kazanılması ve atık su arıtma tesisinin yükünün azaltılması için, bir RLE tesisi için standart yaklaşım, temizleme işlemlerinden, filtre keki yıkamasından vb. gelen metal ve sülfat içeren suların genel proses çözeltisine geri dönüştürülmesidir:

- Tesisin su dengesinin izin verdiği maksimum ölçüde (hacimce);
- Suyun bileşiminin, hidrometalurjik proseste kabul edilemeyecek kimyasal problemlere veya risklere neden olmadığı sürece.

Bu bağlamda, organik bileşikler (örn. yağ ile kirlenmiş) içeren atık su akımlarının, geri dönüşüm için uygun olmadığı düşünülür, çünkü organik bileşikler, saflaştırma veya elektrolitik proses üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabilir. Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda halojenler (Cl, F, Br) veya (toprak) alkali metalleri (Na, K, Mg) içeren sular ana hatlara geri gönderilemez veya sadece sınırlı bir ölçüde gönderilebilir, çünkü bu safsızlıklar; Proses içinde birikme ve/veya elektrolitik işlemlerde (örn., alüminyum katotların kloro bağlı korozyonu, anotlarda toksik klor gazı oluşumu) kimyasal/teknik sorunlara veya hidrometalurjik prosesin diğer kısımlarında sorunlara neden olabilir. Bu atık sular doğrudan atıksu arıtma tesisine gönderilir.

Kavurma ve döküm bölümlerindeki (örn. kavurma besleme malzemesi, kalsin, baca tozu, cüruf) dökülme ve temizleme işlemlerinden gelen kuru katı maddeler, kavurma bölümünde geri dönüşümün mümkün olduğu durumlarda mümkünse kuru tutulur. Eğer özütleme ve arıtma bölümünde geri dönüştürülürse, su dengesi izin verdiği sürece su kullanılabilir.

Ana çinko sülfat hattı dışında, RLE prosesinden kaynaklanan ana sıvı atıklarının kullanımı aşağıdaki Tablo 6.33'te listelenmiştir.

Tablo 6.33: RLE prosesinden kaynaklanan sıvı atıkların kullanım opsiyonları

Proses	İşlem/kaynak	Kullanım opsiyonu
Kavurucu-Asit tesisi	Kavurucu gazlarının ıslak temizlenmesi	Atıksu arıtma tesisine (halojenleri içermektedir)
	Kazandan sızma ve kapalı su soğutma hatları	Islak gaz temizleme veya özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)
	Temizleme işlemleri/dökümler	Özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)
Özütleme-Saflaştırma	Temizleme işlemleri/dökümler	Özütleme ve/veya saflaştırmaya (ana çinko sülfat hattı)
	Filtre keki yıkama	Özütleme ve/veya saflaştırmaya (ana çinko sülfat hattı)
	Islak gaz temizleme	Alkali olmayan gaz temizleme yapılması durumunda Özütleme ve/veya saflaştırmaya (ana çinko sülfat hattı) Alkali gaz temizleme yapılması durumunda atıksu arıtma tesisine (alkali (toprak) metalleri içermektedir)
	Magnezyum sızma aşaması	Atıksu arıtma tesisine (alkali (toprak) metalleri içermektedir)
	Havuzlar	Özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)
Elektroliz	Anot ve katotların temizlenmesi	Özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)
	Diğer temizleme işlemleri	Özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)
Döküm	Temizleme işlemleri/dökümler	Özütlemeye (ana çinko sülfat hattı)

Kalitelere bağlı olarak, belirli işlemlerden gelen bazı sular başka bir amaç için kullanılabilir, bu nedenle daha fazla temiz su kullanılması önenebilir ve/veya atıksu arıtma tesisine giden net su miktarı azaltılabilir.

Beton uygulamalarına birkaç örnek verilebilir: dolaylı soğutma işlemlerinden gelen sular (örn. kalsin soğutma tamburu, döküm kalıpları) veya toplanan kirli yağmur suyu veya yeraltı suyu/toprak ıslahı işlemlerinden elde edilen sular, filtre keki yıkanmasında pompa sızdırmazlık suyu, kazan suyu olarak veya temizlik işlemleri için kullanılabilir. Bir su akışındaki (toprak) alkali metal konsantrasyonları (sertlik) ve halojen konsantrasyonları düşükse, bu sular soğutma amacıyla kullanılabilir.

Atık su arıtma tesisinin atık sularının yeniden kullanılması, yüksek seviyelerde halojen ve (toprak) alkali metaller bulunması nedeniyle genellikle sınırlı veya imkansızdır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Metallerin ve sülfatların geri kazanılması.
- Su kullanımının azaltılması.
- Atıksu arıtma tesisine gönderilen yükün azaltılması (atıksu oluşumunun azaltılması, enerji ve reaktif madde kullanımının azaltılması, emisyonların azaltılması).

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bir tesiste ortaya çıkan suların yeniden kullanabilme derecesi, tesisin teknik ve çevresel özellikleri özelliklerine bağlıdır ve yeniden kullanım için sadece durum bazında değerlendirme yapmak anlamlıdır. Bu konuda veri mevcut değildir.

#### Ortamlar arası etkiler

- Çinko kazanma prosesinde başarısızlık riskinin artması (muhtemel olumsuz çevresel ve/veya güvenlik sonuçları ile).
- Genel su dengesine bağlı olarak, su açısından zengin akımların ana işlem hattına

geri gönderilmesi, özellikle aşırı suyun buharlaştırılması gerekiyorsa, enerji tüketimini artırabilir.

- Özellikle, ör. mineralden arındırılmış suyun hazırlanması için temiz suyun yerine (az miktarda) kirli su kullanıldığında, bu işlem için kullanılan reaktif madde miktarı ve/veya enerji tüketimi artabilir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Tüm RLE bazlı tesisler sülfat çözeltilisine göre kapalı döngü sistemini kullanmaktadırlar.

Bazı su zengini akımların yeniden kullanılması için bir tesisin olanakları ve kısıtlamaları, tesise ve bölgeye özgüdür. Bunlar aşağıdaki koşullara bağlıdır:

- Genel su dengesi iklimsel ve mevsimsel koşullardan (büyük ölçüde buharlaşma ve soğutma performanslarına bağlı olan) ve proses ve piyasa koşullarından (örn. bir sızdırma aşamasının varlığı veya yokluğu gibi (örn. magnezyum sızdırma işlemi, arıtılmış çözeltilinin satılması)) etkilenir,
- Tesisin düzeni (örn., bir akımın, işlemin gerçekleştirilebildiği proses aşaması ile bu akımın potansiyel olarak kullanılabilceği yer arasındaki mesafe),
- Tesise beslenen malzemenin bileşimine (özellikle ikincil besleme malzemesinin nispi miktarı) ve özel sızdırma işlemlerinin (örn. jips giderim aşaması, klor giderme aşaması, magnezyum sızıntısı) varlığına/yokluğuna bağlı olarak, halojenler ve (toprak) alkali metaller gibi prosesdeki kirlilik seviyeleri.

### Ekonomik veriler

Bir tesisin teknik tasarımı kadar belirli su zengini akımlarının yeniden kullanılma olasılıkları, tesise özgü olduğundan, bir projenin ekonomisi detesis duruma göre değerlendirilmelidir. Bu konuda veri mevcut değildir.

### Uygulamannın seçilmesinin avantajları

- Metallerin ve sülfatların geri kazanım verimlerinin artırılması.
- Temiz su kullanımının azaltılması.
- Atıksu arıtma tesisine gönderilen yükün azaltılması (atıksu oluşumunun azaltılması, enerji ve reaktif madde kullanımının azaltılması, emisyonların azaltılması).

### Örnek tesisler

RLE prosesini kullanan tüm Avrupa tesisleri (A, B, C, D, E, F, G ve H Tesisleri).

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

#### 6.3.3.10. Hidrometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve minimize edilmesi için teknikler

##### Açıklama

Hidrometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan kalıntı ve atıkların geri kazanılması veya yeniden kullanılması

##### Teknik açıklama

Konsantreler, katı materyal (örn. toz), sıvı veya çamur formunda, başka proses adımlarında giderilmiş ve çöktürülmüş olan safsızlıklar içerir. Konsantre işleme, geri dönüştürülen ve konsantrelerle karıştırılmış bazı toz kalıntılarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Toz çok ince olduğunda, mikropoletleme gibi bir ön işlem yapılması gerekebilir. Bu işlemde üretilen kalıntıların hiçbiri özel işlem gerektirmez. Kavurma işlemi neredeyse tamamen kapalıdır. Muhafaza nedeniyle, işlem kalıntıları ve atık akımları en aza indirilir.

Cıva, kavurma gazından uzaklaştırılır ve cıva içeren bir kalıntı çökeltilir. Bu kalıntı, zayıf asit ile karıştırılır ve filtrasyon ile ayrılır. Ayrıldıktan sonra, bu kalıntı stabilize edilebilir ve bertaraf edilebilir. Alternatif olarak, bu kalıntı, saf metalik cıva üretmek amacıyla damıtma işlemi ile daha da arıtılabilir. Boliden-Norzink prosesinde, elektrolitik çıkarma işlemi gerçekleştirilirse, satılabilir metalik bir cıva üretilir. Elektrolitik çıkarma işlemi bulunmuyorsa, sabit cıva bileşikleri güvenli bertaraf yöntemiyle atılabilir. Boliden-Norzink prosesini kullanan AB-28 çinko dökümhanelerinin hiçbiri elektrolitik çıkarma işlemi ile metalik cıva üretmemektedir; NFM prosesinde üretilen cıva, atık olarak sınıflandırılır ve geçerli mevzuata göre stabilize edilmeli ve imha edilmelidir (örn., arazi dolgusu veya tuz madeni). Üretilen cıva içeren atığın hacmi, distilasyon ile önemli ölçüde azaltılabilir.

Giderilen cıva miktarı, tamamen hammaddedeki cıva konsantrasyon aralığına bağlıdır. Saf damıtılmış metalik cıvanın tipik aralığı 0,2–0,6 kg/t Zn (filtrasyon sonrası artığı) veya 0,05-0,2 kg/ton Zn olabilir.

Hidrometalurjik özütleme ve saflaştırma yolunda oluşan kalıntılar, farklı proses aşamalarında çökeltirilir. Çökeltilerin miktarı esas olarak konsantrelerin kalitesine ve çökeltme verimliliğine bağlıdır. Hidrometalurjik proses yolundaki ana kalıntı fraksiyonlarından biri demir artığıdır (jarosit veya götit formunda). Demir kalıntıları esas olarak geçerli mevzuata göre (depolama sahası yönetmeliği, çevre izni) depolama sahasına gömülerek bertaraf edilir. Üretilen demir artığı miktarı, kısmen çökelek türüne (götite veya jarosite) bağlıdır, fakat konsantrelerde bulunan demir konsantrasyonuna daha fazla bağlıdır. Bu miktarı azaltabilecek teknikler bulunmamaktadır. Demir artığını önlemek için düşük demir içeren konsantreler kullanılabilir, ancak bu tür konsantreler çok az miktarda bulunmaktadır. AB'de, yalnızca düşük demir içeren konsantreleri işleyen sadece bir tesis bulunmaktadır. Düşük demir içerikli konsantreler ile çalışabilmek için, düşük demir konsantreleri olan büyük bir maden ile uzun vadeli sözleşmeler imzalanmıştır: Avustralya'daki Century madeni. Century madeni tükenmeye yaklaştığında gelecekte düşük demir konsantreleri ile bir çinko rafinerisi işletmek oldukça zorlaşacaktır.

Saf bir çinko ürün elde etmek ve kapalı hidrometalurjik devrede bu tür elementlerin birikmesini önlemek için tesise beslenen malzeme içerisinde bulunan çinkonun dışındaki elementlerin ayrılması ve giderilmesi gerekmektedir. Ayrılan bu elementlerin bazıları, "yerinde izole edilmiş veya taşınan ara ürünler" olarak konsantre hale getirilerek REACH'e göre tescil edilmekte ve satılabilmektedir. Bu gibi ayrılan elementler veya yan ürünler şunlardır:

- Bir bakır sementi içerisindeki bakır (Cu),
- Bir Co-Ni sementi içerisindeki kobalt-nikel (Co-Ni),
- Kadmiyum kekindeki kadmiyum, bazen daha da rafine edilerek kadmiyum çubukları olarak satılır (bkz. Bölüm 6.1.4.1); alternatif olarak mevzuata uygun olarak Cd güvenli bir şekilde bertaraf edilebilir
- $PbSO_4$ -Ag ara ürünü veya Pb kalıntısı vb. 'de bulunan kurşun ve gümüş,
- Mn çamurunda bulunan mangan (tesis içi geri dönüşümden sonra),
- Çinko cürufu (tesis içi geri dönüşümden sonra),
- İzole edilmişse, germanyum, indiyum ve galyum gibi elementler için geri dönüşüm ve kıymetlendirme olanakları sunan diğer özel 'ara ürünler'.

Diğer proses kalıntılarının, dahili veya harici olarak en aza indirilmesi, inertleştirilmesi ve depolanması gerekir:

- Gaz temizleme çamuru, ör. bazı kurşun, selenyum ve cıva içeren,
- İsteğe bağlı olarak bir direk özütleme işlemi artığı içeren demir kalıntıları,
- Jips giderim aşaması artığı,
- Atık su arıtma tesisinden ortaya çıkan nötralizasyon çamuru.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Satılabilir "ara ürünlerin" arttırılması tesis içinde ve dışında işlenmesi ve kıymetlendirilmesi.
- İntert hale getirilmesi ve depolanması gereken atıkların en aza indirilmesi.



**Çevresel performans ve işletme verileri**

Hidrometalurjik çinko prosesi ve işlenmesinde ortaya çıkan tipik atık ve kalıntılar Tablo 6.34'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.34: Hidrometalurjik çinko prosesi ve işlenmesinde ortaya çıkan tipik atık ve kalıntılar**

Kalıntı/atık	Oluşan proses	Miktar (kg/t Zn)	İleri işleme seçenekleri
Konsantrelerin depolama ve taşınmasında ortaya çıkan toz	Konsantr taşıması	NR	Konsantr malzeme ile birlikte prosese geri gönderme
Kavurma prosesinde ortaya çıkan toz	Kavurma prosesi kuru gaz temizleme	NR	Bilyalı değirmenden geçer ve sonra kavurucudan kalsin taşmasıyla birlikte kalsiyum silolarına eklenir.
Cıva içeren kalıntı (filtrasyon sonrası)	Hg giderimi (gaz temizleme bölümü)	0,3–0,6	Düzenli depolama sahası mevzuatına göre depolama sahasında, güvenli bir depoda veya bir tuz madeninde stabilizasyon ve nihai bertaraf. EW bulunduran Boliden-Norzink prosesinde, satılabilir bir ürün üretilmektedir.
Saflaştırılmış metalik cıva (distilasyon)	Hg giderimi sonrası distilasyon	0,05–0,2	Düzenli depolama sahası mevzuatına göre depolama sahasında, güvenli bir depoda veya bir tuz madeninde stabilizasyon ve nihai bertaraf.
Kurşun ve gümüş içeren kalıntı	Özütleme	0,3–0,5	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri dönüştürülmüştür. Geçerli mevzuata göre çöp sahasına veya bir tuz madeninde de bertaraf edilebilir.
Cu artığı	Çözelti saflaştırma	9–13	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri kazanılır ve satılabilir yan ürün üretilir.
Co içeren kalıntı	Çözelti saflaştırma	3–7	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri kazanılır ve satılabilir yan ürün üretilir.
Cd artığı	Çözelti saflaştırma	2–4	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri kazanılır ve satılabilir yan ürün üretilir. Geçerli mevzuata göre çöp sahasında bertaraf edilebilir.
Mn çamuru	Elektrolitik çıkarma/ çözelti saflaştırma	3–6	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri kazanılır ve satılabilir yan ürün üretilir. Geçerli mevzuata göre çöp sahasında bertaraf edilebilir.
Jips çamuru	Elektrolitik çıkarma/ çözelti saflaştırma	2–6	REACH yönetmeliğine göre taşınan bir ara madde olarak kaydedilir. Harici bir tesis tarafından hammadde olarak geri kazanılır ve satılabilir yan ürün üretilir. Geçerli mevzuata göre çöp sahasında bertaraf edilebilir.

NB: NR=Bildirilmemiştir.

**Ortamlar arası etkiler**

- Çöktürme için kimyasal maddelerin kullanılması (örn. Zn tozu, Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH, Na<sub>2</sub>S, NaHS, CuSO<sub>4</sub>).
- Enerji kullanımının artması.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Prensip olarak, bu teknik her yerde uygulanabilir, ancak büyük ölçüde bölgesel koşullara (örn., deniz ortamı veya büyük bir nehre yerleştirilmiş bir tesis veya tesisi besleyen küçük bir dere anahtar rol oynar) bağlıdır.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Tesis faaliyetlerinin sürdürülebilirliği.
- Doğal kaynakların yeniden kullanımı.

**Örnek tesisler**

RLE prosesini kullanan tüm Avrupa tesisleri (A, B, C, D, E, F, G ve H Tesisleri).

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

**6.3.3.11. Hidrometalurjik çinko prosesinden kaynaklanan özütleme kalıntılarının geliştirilmesi ve bertarafı için teknikler****6.3.3.12. Hidrometalurjik çinko prosesinden kaynaklanan özütleme kalıntılarının geliştirilmesi ve bertarafı için pirometalurjik işleme****Açıklama**

Waelz fırınında pirometalurjik işleme. Bu tekniğin kullanılması, torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) ve ıslak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6) gibi tamamlayıcı hava emisyonları azaltım tekniklerinin uygulanmasını içermektedir.

**Teknik açıklama**

Özütleme kalıntılarının pirometalurjik geri kazanımı için uygulanan Waelz prosesi, çelik endüstrisindeki bir elektrikli ark fırınından kaynaklanan tozdan (EAF) çinko geri kazanımı uygulamasına benzerdir. Ana fark, gaz akışının farklı olmasıdır, çünkü besleme malzemesi farklıdır. Özütleme kalıntıları SO<sub>2</sub> gazı içinde ayrışan sülfatlar bulundurur. Bu nedenle, özütleme kalıntılarını işleyen Waelz fırınlarında, adapte edilmiş gaz temizliği uygulanmaktadır.

Polonyalı ZGH Bolesław şirketinde, nötr özütleme aşamasında çinkonun yaklaşık olarak %90'ı geri kazanılır. Kalan çinko, toplam kalsin kütlelerinin %20-25'ini oluşturan, hemen hemen çözünmeyen çinko ferritlere sabitlenir. Tablo 6.35'te özütleme artığının tipik bir bileşimi verilmiştir.

**Tablo 6.35: Özütleme artığının tipik bir bileşimi**

Element	Konsantrasyon (%)	Element	Konsantrasyon (%)
Zn	14,5–20,0	SiO <sub>2</sub>	1,8–2,5
Pb	7,5–11	S	6,5–9,0
Fe	20,0–30,0	S (as SO <sub>4</sub> )	3,5–6,5
Cd	0,25–0,35	H <sub>2</sub> O	18,0
As	0,2–0,3		
Mn	0,4–0,6		
Cu	0,15–0,25		

Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]

Çinko ferritler, üç bölgeyle çalışan iki Waelz fırınında (40 metre uzunluğunda ve 2,6 m iç çapında) işlenirler. Yüklene malzeme, maksimum %10 kum ve %40 kok veya antrasit içeren bir ferrit karışımından oluşur.

Fırın gazları, fırında üretilen çinko açısından zengin tozu, bir toz haznesi, daha sonra bir karıştırma haznesi ve güçlendirilmiş hava akışıyla bir borulu soğutucudan ve son olarak bir torba filtreden geçirir. Waelz oksit ürünü, soğutucu ve torba filtrenin çıkış bölümünde toplanır. tozsuzlaştırılan gazlar son olarak kireçtaşının SO<sub>2</sub> ve oksijen ile reaksiyona girerek jipsi oluşturduğu bir ıslak gaz yıkayıcıda desülfürize edilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Jarosit veya götün lagünlerde uzun süreli depolanması ihtiyacının ortadan kaldırılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Genellikle çinko geri kazanım verimi %85-87 arasında olan Waelz oksit, Tablo 6.36'da verilen tipik bir bileşim aralığına sahiptir.

**Tablo 6.36: Özütleme kalıntılarının işlenmesinden ortaya çıkan Waelz oksitin tipik bileşimi**

Element	Konsantrasyon (%)	Element	Konsantrasyon (%)
Zn	45-52	SiO <sub>2</sub>	0,3-1,0
Pb	15-21	S	1,5-4,5
Fe	2,0-5,0	F	0,10-0,12
Cd	0,6-1,2	Cl	0,5-1,5
As	0,15-0,25		
Mn	0,08-0,15		
Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]			

Waelz oksit daha sonra nötr özütleme işlemine geri döndürülür veya bir ISF'ye yönlendirilir.

Fırından ortaya çıkan cürufun tipik bileşim aralığı Tablo 6.37'de verilmiştir.

**Tablo 6.37: Özütleme kalıntılarının işlenmesinden ortaya çıkan Waelz cürufunun tipik bileşimi**

Element	Konsantrasyon (%)	Element	Konsantrasyon (%)
Zn	2,6-3,5	Cd	0,004-0,006
Fe	25-35	As	0,01-0,1
Pb	0,8-2,0	SiO <sub>2</sub>	10-14
Kaynak: [ 399, IZA 2012 ]			

Bu cüruf, ulusal gerekliliklere uygun olması kaydıyla, dolgu operasyonları için inert doldurma malzemeleri olarak kullanılabilir.

Waelz fırın prosesinde torba filtre ve gaz yıkayıcıdan sonra ortaya çıkan emisyonlar şunlardır:

- SO<sub>2</sub>: 1 kg/ton ürün,
- NO<sub>x</sub>: 2,5 kg/ton ürün,
- CO<sub>2</sub>: 40 kg/ton ürün,
- PM<sub>10</sub>: 0,3 kg/ton ürün,
- Cüruf: 2,5 t/ton ürün,
- FGD tesisinden gelen sentetik jips: 200 kg/ton ürün,
- Atık sular (cüruf soğutması): Her bir ton ürün için 0,007 m<sup>3</sup>, tesiste bulunan atık su arıtma tesisinde arıtılır.

Emisyon konsantrasyonları Tablo 6.38'de verilmiştir.

**Tablo 6.38: Waelz fırını prosesinden ortaya çıkan emisyonlar**

Yıl	Pb	Cd	Toz	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PCDD/F
	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>
2011	0.180	0.009	3.5	415.27	19.27	0.200
Kaynak: [ 400, IZA 2013 ]						

bir Waelz fırın tesisinde aşağıda verilen hidrometalurjik atıklar tüketilir [229, IZA tesis verileri 2008];

- İndirgeyici madde (kok, antrasit): 1.25 t/ton ürün,
- SiO<sub>2</sub>: 0,2 t/ton ürün,
- Doğal gaz: 85 Nm<sup>3</sup>/t ürün,
- Elektrik enerjisi: 270 kWh/t ürün,
- Basınçlı hava: 600 Nm<sup>3</sup>/t ürün.

#### **Ortamlar arası etkiler**

- Enerji kullanımının artması.
- Direk CO<sub>2</sub> emisyonları.
- Uygun olarak toplanması gereken potansiyel olarak daha fazla toz emisyonu.
- SO<sub>2</sub> gaz temizleme sisteminden ortaya çıkan sülfat/sülfür çamurları.
- Cu, Ni, Co ve Ag gibi Waelz prosesinde zayıf bir şekilde/dumanlaştırılmayan ve/veya kötü/kıymetlendirilememiş (cürufu kaybolan) elemanlar, cürufun özütlenilme karakteristikleri üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bu teknik, aşırı miktarlarda çinko ferrit içermeyen (nötr özütleme işleminden sonra çinko ferritlerde toplam çinkonun <%10'u ayrılmamış halde kalır) veya yüksek konsantrasyonda değerli metal içermeyen, hidrometalurjik çinko üretiminden ortaya çıkan nötr özütleme kalıntılarına uygulanabilir.

#### **Ekonomik veriler**

Ekonomik verilerin tahmin edilmesi zor olmakla birlikte, toplam çinko'nun %10'undan fazlasının hidrometalurjik yola yeniden enjekte edilmeden önce ve elektroliz için gönderilmeden önce pirometalurjik işlemde (dumanlama) geçmesi halinde, proses enerji-yoğun hale gelir ve ekonomik açıdan uygun olmaktan çıkar.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Tehlikeli atıkların (jarosite) depolanması.
- Artan çinko geri kazanım verimi.

#### **Örnek tesisler**

O Tesisi, G Tesisi ve Korea Zinc.

#### **Referans literatür**

[ 229, IZA plant data 2008 ], [ 305, Ausmelt 2009 ].

### 6.3.3.13. Hidrometalurjik çinko prosesinden kaynaklanan özütleme kalıntılarının geliştirilmesi için inertleştirme ve birleştirme teknikleri

#### 1.1.1.1.1.1 Jarofix prosesi

##### Açıklama

Jarofix prosesi, çinko ferritlerin özütlenmesi sırasında oluşan jarosit çökeltilerinin, Portland çimentosu, kireç ve suyun önceden ayarlanmış oranlarda karıştırılmasından oluşur.

##### Teknik açıklama

Jarosit çökeltilerinin  $[\text{NH}_4\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$  ve Portland çimentosu, kireç ve su ile reaksiyonu sonucunda kimyasal ve fiziksel olarak stabil bir malzeme üretilir, bu da beraberinde demir kalıntılarının bertarafı ile ilgili uzun vadeli proses avantajları getirir. Yaşlı Jarofix ürünleri üzerinde yapılan mineralojik çalışmalar, jarositin çimentonun alkali bileşenleri ile çinko ve diğer çözünebilir metalleri içeren çeşitli kararlı fazlar oluşturmak için reaksiyona girdiğini göstermektedir. Jarofix ürünündeki alkali fazların kalıcılığı, uzun vadeli çevresel kararlılığın sağlanmasına yardımcı olur [229, IZA plant data 2008], [289, USEPA 2008].

Prosesin, götit üzerinde eşit derecede etkili olduğu henüz kanıtlanmamıştır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Jarosit'in tehlikeli olmayan atık depolama alanlarına atılabilen bir atık olarak stabilizasyonu, böylece jarositin lagünlerde depolanma ihtiyacı ortadan kaldırılmış olur.
- Atıkların gömülmesi durumunda daha az yüzey gereklidir, çünkü lagünlerin aksine, atıkları tutmak için set çekilmesine gerek yoktur.
- Arazi ıslahı için kullanılabilirliği.

Arazi geri kazanımında Jarofix prosesi kullanılmasına örnek olarak, çakıl çıkarmak için bir dağa açılan bir ocağın restorasyonu gösterilebilir. Şekil 6.25'teki ilk fotoğraf Ağustos 1999'daki alanı göstermektedir (arazi doldurulmadan önce) ve ikinci resim Aralık 2014'teki alanı göstermektedir. Amaç, mümkün olduğunca dağın orijinal profilini geri kazanmasını sağlamaktır.



Ağustos 1999: arazi doldurulmadan önce



Aralık 2014: jarofix ile arazi restore edildikten sonra

*Kaynak:* [ 424, Asturiana de Zinc 2014 ]

### Şekil 6.25: Jarofix ile arazi restorasyonu

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Kalite kontrol amacıyla Jarofix, asidik veya tamponlu bir çözelti kullanılarak özütlenir. Elde edilen ekstrakt analiz edilir ve bir özütlenme kriterleri listesi ile karşılaştırılır. Ortaya çıkan konsantrasyon, ulusal şartnameye göre bu kirletici için belirtilen konsantrasyona eşit veya bu konsantrasyondan fazlaysa, malzeme toksik olarak kabul edilir ve geri kazanım için uygun olmayabilir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar, üretilen Jarofix'in çok düşük özütlenebilir metal içeriğine sahip olduğunu göstermektedir.

belirler. Kriterler, bir atık depolama tesisine kabul aşamasında, belirli bir atığın sudaki sızabilirliğine dayanmaktadır. Tablo 6.39, Avrupa'da bu tekniği uygulayan tesislerde (C ve F tesisleri) bu kriterlere göre test edilen Jarofix atığı için tipik sonuçları göstermektedir.

**Tablo 6.39: 2003/33/EC sayılı Konsey Kararı, depolama sahalarına atıkların kabulüne ilişkin kriterler ve tipik Jarofix atığı test sonuçları**

Parametre	Sızıntı suyu limit değeri sıvı/katı = 10 litre/kg	
	Tehlikesiz atıkların depolama sahalarına kabul kriterleri (mg/kg kuru madde)	Test edilen Jarofix (mg/kg kuru madde)
Antimon	0,7	< 0,05
Arsenik	2	0,059
Baryum	100	1,72
Kadmiyum	1	< 0,01
Krom (toplam)	10	0,414
Bakır	50	< 0,05
Cıva	0,2	< 0,0010
Kurşun	10	6,40
Molibden	10	2,41
Nikel	10	< 0,05
Selenyum	0,5	< 0,05
Çinko	50	0,613
Klor	15 000	89,0
Flor	150	11,0
Sülfat	20 000	13370
DOC	800	12
TDS	60 000	27 760
TVOC	*	2200
ANC (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	*	282
pH	*	> 10

\* Tehlikeli olmayan atıklar için düzenli depolamaya kabul edilebilir tehlikeli atıklar için, maksimum TVOC değeri 50 000 olmalı, ANC değerlendirilmeli ve pH ≥ 6 olmalıdır  
NB: DOC = Çözülmüş organik karbon

### Ortamlar arası etkiler

Üretilen artığın ağırlığında bir artışa neden olan (üretilen ton başına yaklaşık olarak 1,15 ton Jarofix) Portland çimentosunun reaktif madde olarak tüketilmesi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik çinko üretiminden ortaya çıkan jarosit demir kalıntılarına uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Hiçbir ekonomik veri bildirilmemiştir, ancak jarosit artığını stabilize etmek için mevcut proseslerin özel olarak incelemesi, Jarofix prosesinin yerel çevre mevzuatına uymanın en ekonomik yolu olduğunu göstermiştir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Özütlenebilir demir kalıntıları için birikintilerin azaltılması.
- Çevresel mevzuat gerekliliklerinin yerine getirilmesi.

## Örnek tesisler

C ve F tesisleri.

## Referans literatür

[229, IZA plant data 2008], [264, Seyer, Chen 1999]

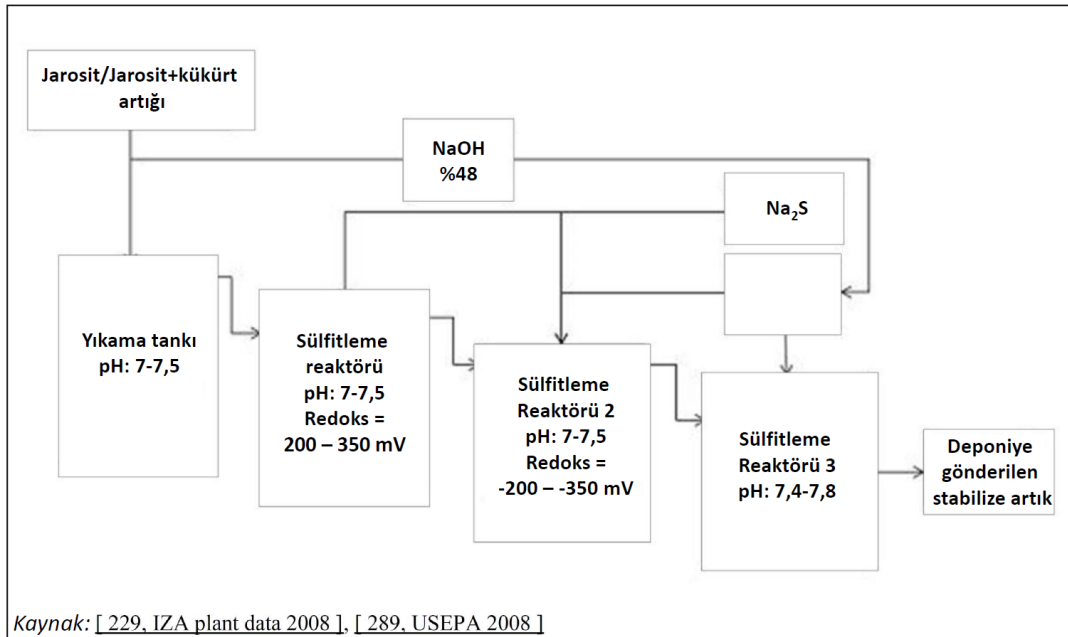
### 1.1.1.1.1.2 Sülfitleme prosesi

#### Açıklama

Sülfitleme prosesi, stabilize edilmiş bir form elde etmek için, jarosit çökeltilerine NaOH ve Na<sub>2</sub>S'nin ilave edilmesinden oluşur.

#### Teknik açıklama

Sülfitleme prosesinde, çinko ferritlerin özütlenmesi sırasında oluşan jarosit çökeltileri, atığın tehlikeli atık depolama sahasında bertaraf edilmesi ile ilgili özütlemeye karşı dayanıklılık kriterlerini karşılayan sabit bir form elde etmek için sülfitleme işleminden geçirilir. Sülfitleme prosesi, jarositin işlenmesi için uygun bir tekniktir fakat aynı zamanda direk özütlemeyi ortaya çıkan kükürt kalıntılarının jarosit ile birlikte veya ayrı olarak işlenmesi için de uygundur.



Şekil 6.26: Sülfitleme prosesinin akış şeması

Tesiste bertaraf edilmek üzere üretilen çamurların, 2003/33/EC sayılı Konsey Kararında belirtilen standartlara ulaşabilmesi için çinko veya diğer metallerden arındırılma ve mümkün olduğunca susuzlaştırma gibi ön işlemlerden geçirilmelidir. Bertaraf tesisleri tamamen kapalı ve sızdırmaz olmalıdır. Bu tesisler yerel kontrol ve yönetmeliklere tabidirler. Çamur tutma alanlarından gelen su, çinko üretim prosesine geri döndürülebilir.

Reaksiyon, demir artığının çözünürlüğü uzun süreli olarak azaltır ve kimyasal olarak stabil bir malzeme üretir.

Stabilize kalıntı, depolama alanına ıslak çamur şeklinde pompalanır.



### Elde edilen çevresel faydalar

- Jarositin, tehlikeli atık depolama alanlarında bertaraf edilebilecek bir tehlikeli atık olarak stabilize edilmesi.
- Jarofix prosesinden daha az depolama alanı gereklidir. Stabilize edilmiş atık, ıslak çamur şeklinde depolama alanına pompalanmış olmasına rağmen, taşıma suyu, çinko üretim prosesine geri gönderilmektedir, bu nedenle hacimde herhangi bir artış meydana gelmemektedir.
- Sülfütlü jarositin, depolama sahasındaki dolguların ve diğer yapıların yapımında kullanılmasına izin veren jeoteknik özelliklere sahip olması nedeniyle doğal kaynak tasarrufu sağlanması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

2003/33/EC sayılı Konsey Kararı, depolama sahaslarına atıkların kabulüne ilişkin kriterleri belirler. Kriterler, bir atık depolama tesisine kabul aşamasında, belirli bir atığın sudaki sızabilirliğine dayanmaktadır. Tablo 6.40, Avrupa'da bu tekniği uygulayan tesislerdeki sülfütleme ortak atıklar (jarosit ve kükürt artığı) için tipik sonuçları göstermektedir (A ve D Tesisleri). Çözülme testi ve analizi, depolama mevzuatında belirtilen EN 12457-3 ve diğer uygun standartlara göre gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 6.40: Depolama sahaslarına tehlikeli atıkların kabulüne ilişkin kriterler ve tipik sülfütleme ortak atık (jarosit ve kükürt artığı) test sonuçları**

Parametre	Tehlikesiz atıkların depolama sahaslarına kabul kriterleri	Sülfütleme ortak atık + Kükürt artığı
	L/S 10 (mg/kg kuru madde)	L/S 10 (mg/kg kuru madde)
Antimon	5	0,83
Arsenik	25	0,02
Baryum	300	0,3
Kadmiyum	5	0,29
Krom (toplam)	70	< 0,03
Bakır	100	0,08
Cıva	2	0,001
Kurşun	50	6,5
Molibden	30	0,08
Nikel	40	0,97
Selenyum	7	< 0,12
Çinko	200	21
Klor	25 000	43
Flor	500	< 16
Sülfat	50 000	21 000
DOC	1000	19
TDS	100 000	
TVOC	6 %	< 0,2 %
ANC (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	Değerlendirilmeli	
NB: DOC = Çözünmüş organik karbon L/S = sıvı/katı		

### Ortamlar arası etkiler

Su geri dönüşüm sistemi gerekmektedir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik çinko üretiminden ortaya çıkan jarosit demir kalıntıları için uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Özütlenebilir demir kalıntıları için birikintilerin azaltılması.
- Çevresel mevzuat gerekliliklerinin yerine getirilmesi.

### Örnek tesisler

A ve D Tesisleri

### Referans literatür

[ 229, IZA plant data 2008 ], [ 264, Seyer, Chen 1999 ], [ 289, USEPA 2008 ]

#### 1.1.1.1.1.3 Demir kalıntılarının birleştirilmesi

#### Açıklama

Demir kalıntılarının sıkıştırılması, yüksek basınçlı bir pres filtresi ile nem içeriğinin azaltılmasını ve kireç ya da diğer maddelerin eklenmesini içermektedir. Elde edilen filtre keki, bir havza içine yerleştirilir ve kekin her bir tabakası, özel ağır vasıtalarla daha da sıkıştırılır.

#### Teknik açıklama

Sıkıştırma işlemi demir artığı depolama alanının kapasitesini arttırmak için uygulanan bir tekniktir. Klasik goethit ve jarosit depolama yönteminde, çamur çökeltmesi için bir havza (taban ve duvarları kaplayan plastik bir astar bulunan) pompalanır ve daha sonra çökeltmiş katı malzeme havuz tabanında birikirken havuzun yüzeyinde bulunun temizlenmiş çözelti çinko geri kazanılmak üzere fabrikaya geri gönderilir. Havuz tamamen doluncaya kadar yavaş yavaş kek ile doldurulur. Çalışma süresi sonunda havuz kapatılır. Bu geleneksel depolama türü hidrolik depolama olarak adlandırılır.

Sıkıştırma tekniği, metallerin içsel sızıntılarını azaltmak için kireç veya diğer maddelerin eklenmesi ile birlikte yüksek basınçlı bir pres filtre (15-30 bar) vasıtasıyla götitin filtrelenmesinden oluşmaktadır. Filtre keki, klasik depolama (veya mevcut boş bir havuz) için kullanılabilecek bir havzaya taşınır ve kekin her bir tabakası daha sonra belirli bir ağır vasıta ile daha da sıkıştırılır. Depolanmış demir açısından zengin kalıntıların son nem içeriği klasik havuzdakine göre (yaklaşık %60-65'ten %35'e düşürülmüş; örn. Balen, Belçika'daki Nyrstar tesisi) ölçüde düşüktü ve kekin sert yapısı nedeniyle bir höyük haline getirilebilir ve böylece depolama kapasitesi, son yüksekliğe bağlı olarak iki ila dört kat arasında artırılabilir. Depolama, atık su arıtma tesisinde veya çinko prosesinde arıtılan yağmur suyu miktarını en aza indirmek için kademeli olarak kaplanır.

Bu teknik henüz jarosit kalıntıları için denenmemiştir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Daha yoğun bir demir artığı nedeniyle daha az depolama hacmi gerekmektedir.
- Depolanan malzemenin geçirgenliği son derece düşük olduğundan ve kil ile aynı sırada olduğu için kazara olabilecek sızıntı riskini azaltmaktadır. Metallerin sızabilirliği, kireç veya başka katkı maddeleri ekleyerek azaltılabilir.
- Katı malzemenin üstünde sulu çözelti bulunmamaktadır.
- Kalıntı nem içeriği çok daha düşük (-65%) olduğu için atılan demir artığı ile ilişkili çinko kaybının daha az olması sağlanmaktadır.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

- Özel geçirgenlik katsayısı (K değeri) yaklaşık  $<10^{-9}$  m/s'ye kadar düşürülebilmektedir.
- Götüt artı %5 CaO ve jips bakımından zengin atık su arıtma çamuru için bildirilen tipik sızıntı seviyeleri Tablo 6.41'de verilmiştir.

2003/33/EC sayılı Konsey Kararı, depolama sahalarına atıkların kabulüne ilişkin kriterleri belirler. Kriterler, bir atık depolama tesisine kabul aşamasında, belirli bir atığın sudaki sızabilirliğine dayanmaktadır. Tablo 6.41, götüt ve atık su arıtma tesisi çamurlarının sıkıştırılması için Avrupa'da bu tekniği uygulayan tesislerden elde edilen (E ve P Tesisleri) tipik sonuçları göstermektedir.

**Tablo 6.41: Birleştirilmiş demir kalıntıları için sızma testi kriterleri ve elde edilen sonuçlar**

Parametre	Sızma testi kriteri: NEN 12457-2- S4; L/S = 10 l/kg; pH 7; 24-saat	
	Tipik değerler: Test edilen götüt + 5 % CaO (mg/kg kuru madde)	Tipik değerler: Test edilen AAT çamuru (mg/kg kuru madde)
Antimon	0,21	0,24
Arsenik	< 0,04	< 0,04
Baryum	0,38	0,34
Kadmiyum	2,40	0,48
Krom (toplam)	0,02	0,02
Krom (VI)	< 0,20	< 0,20
Bakır	0,055	0,11
Cıva	0,0026	0,079
Kurşun	0,19	0,9
Molibden	0,25	0,31
Nikel	< 0,04	< 0,04
Selenyum	0,12	0,38
Çinko	11	2,2
Klor	257	384
Flor	91,5	80,2
Sülfat	17 600	16 000
DOC	14	34
TDS	24 000	24 000
TVOC	< 1,2 %	< 1,2 %
pH (KCl)	7,67	8,13
NB: DOC = Çözülmüş organik karbon		

#### Ortamlar arası etkiler

- Atık stabilizasyonu gerçekleşmez.
- Demir kalıntılarını sıkıştırmak için enerji tüketiminin artması.
- Kireç tüketimi (%0-5).

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik, çinko üretiminden elde edilen götüt kalıntılarının yanı sıra jips bakımından zengin olan AAT çamurlarına da uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Maliyetlerin hidrolik depolama ile karşılaştırılabilir olduğu bildirilmiştir (bir havuzda sıkıştırılmamış biriktirme için). İşletme maliyetlerinden sermaye maliyetlerine (daha az havuz alanı gereksinimi) bir geçiş söz konusudur (pres filtre, taşıma, artı sıkıştırma).

İşletme masrafı (insan gücü, bakım, enerji, katkı maddeleri vb.) yaklaşık 20–25 EUR t'dur.

Sermaye harcaması (bina, filtre, pompalar, kaplar, yerel altyapı, ancak arazinin maliyeti ve havuz inşaatı hariç) 100 kt/yıl kapasiteli bir tesis için yaklaşık 11 milyon €'dur [399, IZA 2012].

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Mevcut arazinin en iyi şekilde kullanılması.
- Mevcut havuzların ömrünün uzaması.

### Örnek tesisler

E ve P Tesisleri.

### Referans literatür

[ 274, COM 2008 ], [ 399, IZA 2012 ] based on 'How to substantially improve the life of a 30 Ha tailings pond at Umicore Zinc Plant', S. Foged and J. Vandekeybus, Environmental Services MWH, Mechelen

#### 6.3.3.14. Hidrometalurjik çinko üretiminden ısı geri kazanımı için teknikler

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Atık ısı kazanı,
- Türbin.

##### Teknik açıklama

Fırın gazları, fırın tepesine yakın kavurucu çıkışından, hemen bitişiğinde bulunan, yatay gaz akışı için tasarlanmış, büyük miktarda sürüklenen kalsin tozunun giderildiği ve gazların yaklaşık 1000 °C'den 350 °C'ye veya daha düşük sıcaklıklara soğutulduğu atık ısı kazanına gönderilir. SO<sub>2</sub> içeren ıslak gazın çiğlenme noktası, kazanın işleyişinde kesin bir alt sınır koymaktadır, çünkü prosesin bu bölümünde korozif buharların yoğunlaşması önlenmelidir.

Kazan, esasen birkaç buharlaştırıcıdan ve gaz akışında bir kızdırıcı tüp demeti ve bir harici buhar tamburundan oluşan güçlendirilmiş bir sirkülasyon ünitesidir (örneğin, La Mont).

Buhar, buhar tüketen birimlere gitmeden önce buhar kazanından kızdırıcıya doğru geçerken sıcak su fırın yatağı soğutma bobinlerinde olduğu gibi buhar kazanı ve buharlaştırıcı demeti arasında sürekli olarak dolaşır. Kalsin soğutma sistemi de atık ısı kazanına bağlanarak ek bir ısı geri kazanım sistemi olarak kullanılabilir.

Türbinler kullanılarak, 290-400 °C sıcaklık ve 4 MPa basınçta aşırı ısınan buhardan elde edilen enerji ya elektrik enerjisi ya da doğrudan mekanik enerji olarak geri kazanılır (örn., akışkan yataklı üfleyici fanını ya da gaz temizleme ve sülfürik asit tesislerindeki çeşitli ekstraksiyon fanlarını tahrik etmek için). Türbinlerden çıkan düşük basınçlı buhardan gelen ısı ise daha sonra çinko tesisi proses gereksinimleri ve ofis ısıtması için kullanılır. Bazı tesisler de elektrik üretmek amacıyla bir türbin alternatörü çalıştırmak için düşük basınçlı buhar kullanır. Seçim yerel enerji piyasası koşullarına bağlıdır.

Kazan ile ilgili yardımcı ekipman, yüksek verimli elektrikli besleme suyu ve buhar türbini bekleme birimleri tarafından desteklenen su sirkülasyon pompalarından oluşmaktadır. Son derece sofistike enstrüman kontrol sistemi, kazan işlemlerinin neredeyse tamamen kontrol edilmesini sağlar. Ek olarak, besleme suyunun son derece saf olması gerektiğinden, demineralizasyon tesisinin ve kazana kimyasal reaktif madde enjeksiyonu yapacak sistemlerin çalışması gerekmektedir.

Hem kavurma fırından hem de atık ısı kazanından elde edilen kalsin, ya döner bir soğutucunun içinde ya da bir akışkan yataklı soğutucunun içinde soğutulur. Bu amaçla, su kalsine temas etmeden soğutucudan geçer ve bir ısı değişimi gerçekleştirilir. Kalsinin soğutulmasından sonra, ortaya çıkan sıcak su hidrometalurjik prosesin diğer aşamalarında kullanılabilir (örn. buharlaştırma nedeniyle eksilen suyun tamamlanması, temizlik işlemleri). Genellikle, bu suyun yeniden kullanımı, ya hava-sıvı temasıyla (soğutma kuleleri) ya da ısı alışverişi yoluyla örn. deniz suyu

ile, ilave bir soğutma sistemi ile elde edilebilen bir ön bir soğutma aşaması kullanılmasını gerektirir. Bu durumlarda, çoğu zaman ısı geri kazanımı gerçekleşmez.

Değirmende kullanılan soğutma suyu, yüksek basınçlı buhar türbininin suyundan daha düşük bir kalitededir. Bu soğutma suyu çoğu zaman prosese geri gönderilir, örn. filtre keklerinin yıkanması için.

Atık ısı kazanı sistemine giren besleme suyunun ön ısıtmasının yapılması için sülfürik asit tesisinden bir ekonomizörden daha fazla ısı kaynağı gelecektir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Ekzotermik reaksiyon ısısının geri kazanımı, elektrik üretimi ve proses ve ofis ısıtması amacıyla kullanılan düşük basınçlı buhar haline dönüştürülmesi.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bir RLE tesisi için tipik enerji geri kazanım oranı: 3,5 MJ/t Zn'dir.

#### **Ortamlar arası etkiler**

Bildirilmemiştir.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle RLE tesislerine uygulanabilir.

#### **Ekonomik veriler**

Gazın soğutulması her türlü gerekli olduğu için, enerjinin geri kazanılması için ortaya çıkan ilave maliyet, esas olarak türbinde elektrik üretimi için yapılan yatırımla ilgilidir.

#### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Enerji geri kazanımı.

#### **Örnek tesisler**

Avrupa'da bulunan bütün RLE tesisleri.

#### **Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### **6.3.4. Pirometalurjik çinko üretimi**

#### **6.3.4.1. Pirometalurjik çinko üretiminden havaya salınan emisyonların azaltılması için teknikler**

##### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Venturi gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6),
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

### **Teknik açıklama**

*Venturi gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6)*

Pirometalurjik yöntem ile çinko üreten tek AB tesisinde, Venturi gaz yıkayıcılar prosesin takip eden aşamalarında uygulanmaktadır;

- Kok bölgesi,
- Sinterleme tesisinin şarj hazırlık ünitesi,
- Sinter kırma,
- ISF'nin şarj hazırlık ünitesi,
- Sprey yoğunlaştırıcı,
- Cüruf granülasyonu.

*Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4)*

Pirometalurjik yöntem çinko üreten tek AB tesisinde, torba filtreler prosesin takip eden aşamalarında uygulanmaktadır;

- Sinter tesisi,
- Sinter kırma alanı,
- ISF,
- New Jersey prosesi.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz ve uçucu metal (Zn, Pb ve Cd) emisyonlarının azaltılması.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

*Venturi gaz yıkayıcı*

O tesisinden gelen tesise özgü veriler Tablo 6.42'de verilmiştir.

**Tablo 6.42: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan Venturi gaz temizleme sisteminde azaltım sonrasındaki emisyonlar**

Kirlenici	Uygulanan teknik	Birim	Normal çalışma koşullarında elde edilen değerler			Veri toplama ile ilgili bilgiler
			Minimum	Ortalama	Maksimum	Metot
Emisyon kaynağı: kok alanı						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	8,2	10,7	13,2	PN-Z-04030-7:1994
Emisyon kaynağı: Sinterleme tesisinin şarj hazırlık ünitesi						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	5,7	8,3	10,9	PN-Z-04030-7:1994 A-METAXDG1
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	1,13	1,68	2,23	
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,52	0,65	0,77	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,006	0,032	0,058	
Emisyon kaynağı: Sinterleme tesisinin şarj hazırlık ünitesi						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	4,2	7,1	10	PN-Z-04030-7:1994 A-METAXDG1
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,85	1,04	1,23	
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,39	0,59	0,79	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,004	0,035	0,066	
Emisyon kaynağı: Sinter kırma alanı (gaz yıkayıcıdan ve bacadan bırakıldıktan sonra ölçüm yapılmıştır)						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	3,1	6,7	10,3	PN-Z-04030-7:1994 A-METAXDG1
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	1,5	2,5	3,5	
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,75	0,89	1,02	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,015	0,018	0,021	
Emisyon kaynağı: ISF'nin şarj hazırlık ünitesi,						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	6,6	9,6	12,5	PN-Z-04030-7:1994 A-METAXDG1
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	2	2,9	3,8	
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,32	0,76	1,2	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,009	0,013	0,016	
Emisyon kaynağı: Cüruf granülasyonu						
Toz	Islak gaz yıkayıcı	mg/Nm <sup>3</sup>	9,8	12,5	15,2	PN-Z-04030-7:1994 A-METAXDG1
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,2	0,8	1,3	
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,09	0,13	0,17	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,006	0,008	0,01	
NB: Veri elde etme yöntemi: Noktasal örnekleme sürekli olmayan ölçüm. Ortalama türü: Örnekleme periyodu boyunca alınan tüm verilerin ortalaması. Sefer & örnek sayısı: 2. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

*Torba filtre*

O tesisinden gelen tesise özgü veriler Tablo 6.43'de verilmiştir.

Tablo 6.43: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan torba filtre ile azaltım sonrasındaki emisyonlar

Kirlenici	Uygulanan teknik	Birim	Normal çalışma koşullarında elde edilen değerler			Veri toplama ile ilgili bilgiler
			Minimum	Ortalama	Maksimum	Metot
Emisyon kaynağı: Sinter tesisi						
Toz	Torba filtre	mg/Nm <sup>3</sup>	0,33	1,12	1,9	PN-Z-04030-7:1994
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,17	0,18	0,19	A-METAXDG1
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,01	0,05	0,08	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,002	0,005	0,007	
SO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	690	710	730	PN-ISO 10396:2001
CO		mg/Nm <sup>3</sup>	15	16	17	
Emisyon kaynağı: Sinter tesisi						
Toz	Torba filtre	mg/Nm <sup>3</sup>	0,63	0,78	0,92	PN-Z-04030-7:1994
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,34	0,39	0,43	A-METAXDG1
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,05	0,1	0,14	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,002	0,0026	0,0031	
SO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	1030	1055	1080	PN-ISO 10396:2001
CO		mg/Nm <sup>3</sup>	51	52	53	
NO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	220	230	240	
Emisyon kaynağı: Sinter kırma alanı						
Toz	Torba filtre	mg/Nm <sup>3</sup>	0,52	1,11	1,7	PN-Z-04030-7:1994
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,12	0,36	0,59	A-METAXDG1
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,22	0,27	0,31	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,0017	0,0024	0,003	
Emisyon kaynağı: ISF						
Toz	Torba filtre	mg/Nm <sup>3</sup>	0,7	1,3	1,8	PN-Z-04030-7:1994
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	0,2	0,45	0,69	A-METAXDG1
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,25	0,29	0,33	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,019	0,03	0,041	
SO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	6	10	14	
Emisyon kaynağı: NJ prosesi						
Toz	Torba filtre	mg/Nm <sup>3</sup>	4,4	4,9	5,4	PN-Z-04030-7:1994
Zn		mg/Nm <sup>3</sup>	2,37	2,94	3,5	A-METAXDG1
Pb		mg/Nm <sup>3</sup>	0,006	0,046	0,085	
Cd		mg/Nm <sup>3</sup>	0,006	0,009	0,012	
SO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	< LOD	< LOD	< LOD	PN-ISO 10396:2001
CO		mg/Nm <sup>3</sup>	< LOD	< LOD	< LOD	
NO <sub>2</sub>		mg/Nm <sup>3</sup>	12	13	14	
NB: Veri elde etme yöntemi: Noktasal örneklemeli sürekli olmayan ölçüm. Ortalama türü: Örnekleme periyodu boyunca alınan tüm verilerin ortalaması. Sefer & örnek sayısı: 2. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						



**Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımının artması.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Örnek tesisler**

O Tesisi.

**Referans literatür**

Literatür referans bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.4.2. Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan SO<sub>2</sub> ve dioksin emisyonları için azaltım teknikleri

**Açıklama**

SO<sub>2</sub> emisyonlarını (düşük-SO<sub>2</sub> atık gazlar) azaltmak için göz önünde bulundurulması gereken teknik, yarı kuru bir gaz yıkayıcının kullanılmasıdır.

**Teknik açıklama**

Bölüm 2.12.5.2.3'e bakınız.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Tablo 6.44, pirometalurjik çinko üretiminde yarı kuru bir gaz yıkayıcı ile azaltım sonrasında elde edilen SO<sub>2</sub> emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 6.44: Pirometalurjik çinko üretiminden ortaya çıkan düşük SO<sub>2</sub> içerikli atık gazın yarı kuru bir gaz yıkayıcı ile azaltımı sonrasındaki emisyonları**

Kirlenici	Uygulanan teknik	Birim	Normal çalışma koşullarında elde edilen değerler				Veri toplama ile ilgili bilgiler	
			Ortalama	Maksimum	Ortalama türü	Veri toplama yöntemi	Metot	Referans oksijen içeriği (%)
Emisyon kaynağı: sinter tesisi (torba filtreden ve bacadan bırakıldıktan sonra ölçüm yapılmıştır)								
SO <sub>2</sub>	Yarı kuru gaz yıkayıcı (kireç enjeksiyonu ile)	mg/Nm <sup>3</sup>	560	680	Günlük	Sürekli izleme	IR	6
Kaynak: [ 400, IZA 2013 ]								

O Tesisinde dioksinler için özel bir azaltım ekipmanı bulunmamaktadır. Sinterleme tesisinden ortaya çıktığı bildirilen emisyonlar 0,02 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>tür. Cıva için herhangi bir azaltım ekipmanı bulunmamaktadır, ancak besleme malzemesinde cıva bulunup bulunmadığı kontrol edilir.

### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Örnek tesisler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Referans literatür**

Bilgi sağlanamamıştır.

## **6.3.5. Geri dönüşüm yöntemi ile birincil ve ikincil çinko üretimi**

## **6.3.6. Metalik akımların geri dönüşümü**

Birincil ve ikincil hammaddelerin kabulü, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar MET referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006].

### **6.3.6.1. Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),

Aktif karbon filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.3) veya son yakıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

#### **Teknik açıklama**

##### *Torba filtre*

Fırından çıkan atık gazlar öncelikle tozun önlenmesi için bir torba filtreden geçirilir.

##### *Aktif karbon filtre veya son yakıcı*

Organik safsızlıklar içeren çinko hurdası kullanılırsa (boya, katran, vb.), gazdan TVOC'yi gidermek için torba filtreye ek olarak bir aktif karbon filtresi veya son yakıcı gerekli olabilir. Genellikle, organik miktarlar düşük olduğunda aktif karbon kullanılır. Son yakıcılar ise miktarlar yüksek olduğunda kullanılır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz, dioksin ve VOC emisyonlarının azaltılması.

## Çevresel performans ve işletme verileri

### Torba filtre

Tozu yakalamak için kumaş filtre ile filtrasyon sayesinde toz emisyonu  $<5 \text{ mg/m}^3$  ve sıklıkla  $<1 \text{ mg/m}^3$  seviyelerine ulaşır.

### Aktif karbon filtre veya son yakıcı

N Tesisinde kullanılan aktif karbon filtresinin performansı Tablo 6.45'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.45: N tesisinde bulunan aktif karbon filtresinden sonraki emisyon değerleri**

Bileşen	mg/Nm <sup>3</sup>
Benzen	< 5
TVOOC	< 50
Dioksinler	< 0.4 ng I-TEQ/m <sup>3</sup>
Kaynak : [ 378, Industrial NGOs 2012 ]	

### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Aktif karbon kullanılması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Operatörler için sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için toz emisyonlarının azaltılması.
- Çevresel mevzuat gereksinimlerinin karşılanması.

### Örnek tesisler

Belçika ve Almanya'da bulunan tesisler.

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

## 6.3.7. Oksidik hammaddelerin geri dönüşümü

### 6.3.7.1. Dumanlaştırma fırınlarından ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

### 6.3.7.2. Plazma ark dumanlaştırma prosesinden ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

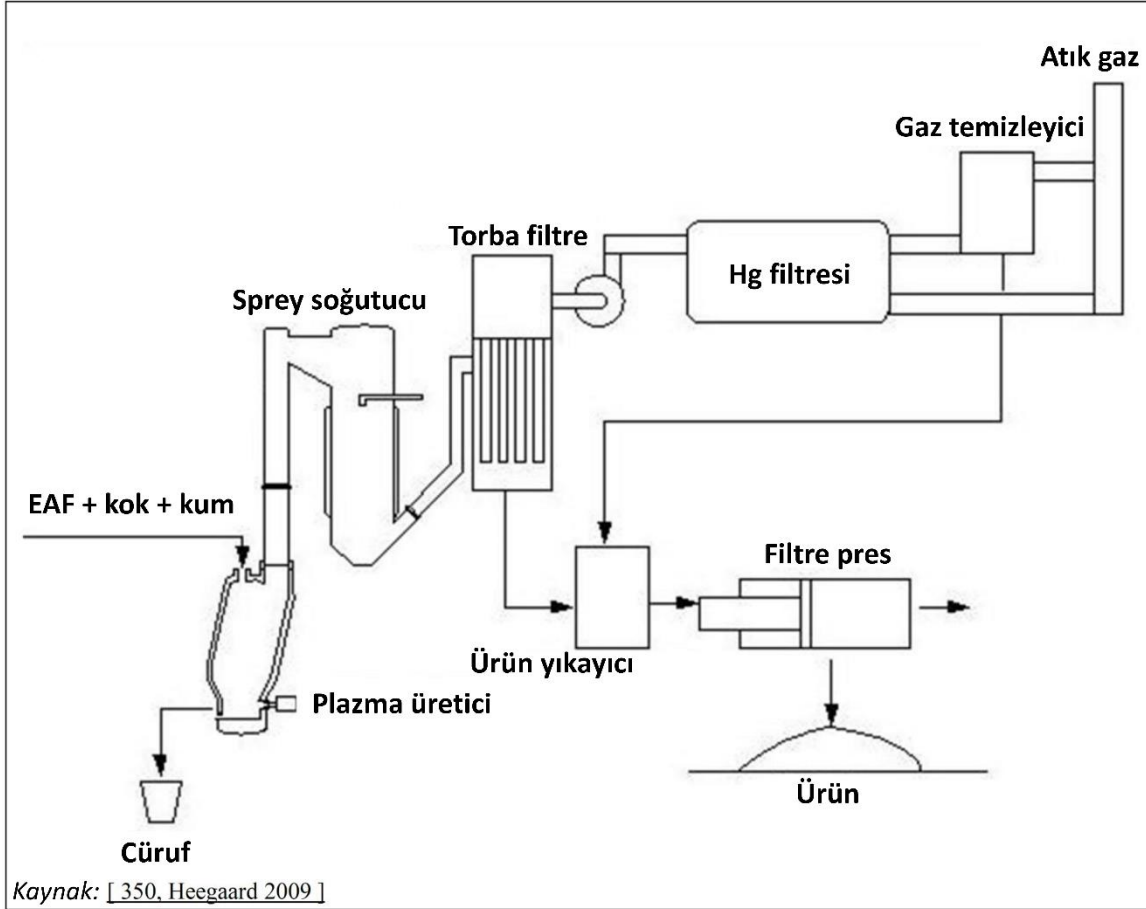
### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Cıva filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.5),
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

### Teknik açıklama

Şekil 2.27, plazma ark dumanlaştırma işleminin bir akış şemasını göstermektedir.



Şekil 6.27: Plazma ark dumanlaştırma prosesi akış şeması

Proseste üretilen atık gazlar soğutulmalı ve temizlenmelidir. Sprey soğutucuya ve gaz yıkayıcıya NaOH enjekte edilerek flor ve klor gibi elementler sıyrılır. Cıva bir aktif karbon filtrede giderilir. Daha sonra yıkamak üzere toplanan, yeniden oksitlenmiş çinko ve kurşun, atık gazlardan torba filtrelerde giderilir. Nihai ürünlerdeki klor ve flor miktarını azaltmak için ürünlerin yıkanmasında  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  katkılı su kullanılır. Yıkama suyunda kadmiyum, kurşun ve çinko gibi metaller bulunur ve bu metallerin yoğunluğunu en aza indirmek için yıkama tanklarındaki pH değeri 9.5 ile 11 arasında ayarlanır. Yıkama suyu izlenir ve deşarj edilmeden önce  $\text{Na}_2\text{S}$  ilave edilerek artırılır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz, cıva ve asit gaz emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Temizlenen atık gazlar esas olarak  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ve  $\text{N}_2$ 'den oluşur. Tablo 6.46 atık gazlarda bulunan ana gaz bileşenlerini göstermektedir. Toz, HCl, HF veya Hg emisyonları için veri sağlanmamıştır.

**Tablo 6.46: Plazma ark dumanlaştırma prosesindeki ana gaz bileşenleri**

Bileşen	(%)	(kg)
CO <sub>2</sub>	4,0	300
H <sub>2</sub> O	29,4	2207
N <sub>2</sub>	56,4	4233
O <sub>2</sub>	10,1	758
Diğer	0,1	8
Kaynak: [ 350, Heegaard 2009 ]		

Flor ve klor içeriği %0,2'nin altındadır.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Azaltım maddesi tüketiminin artması.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

#### Örnek tesisler

Høyanger (NO), Hofors (SE), ve Calais (FR).

#### Referans literatür

[ 350, Heegaard 2009 ]

### 6.3.7.3. Bakır izabesinden ikincil ZnO üretimi için bir proste dumanlaştırma fırınından kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

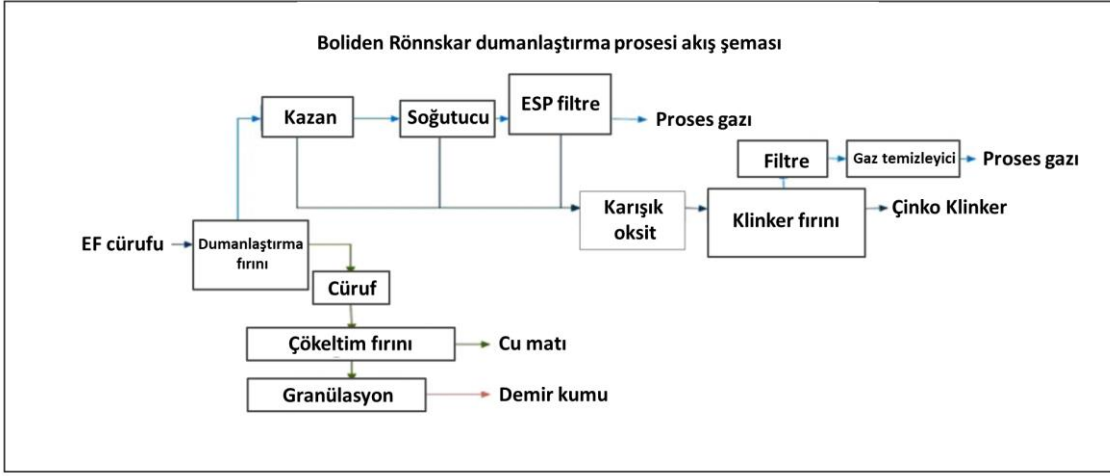
#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Aktif karbon enjeksiyonu (bkz. Bölüm 2.12.5.3),
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

#### Teknik açıklama

Şekil 6.28, bir bakır izabe prosesinde bir klinker fırını ile entegre edilmiş bir dumanlaştırma fırınının akış şemasını göstermektedir.



**Şekil 6.28. Bir bakır izabe prosesinde bir klinker fırını ile entegre edilmiş bir dumanlaştırma fırının akış şeması**

Dumanlaştırma fırınından çıkan gaz, havaya salınmadan önce üç adımdan geçer: Isı geri kazanımı ile elektrik üretimi amacıyla atık ısı kazanı ve bölgesel ısıtma, bir soğutma kulesi ve son olarak bir ESP.

Dioksin emisyonlarını azaltmak için klinker fırından atık gaz içine aktif karbon enjekte edilir ve bunu bir torba filtre ve bir gaz yıkayıcı takip eder (gaz temizleme suyuna alkali eklenerek  $SO_2$  emisyonları azaltılabilir).

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz, cıva ve asit gaz emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Temizlenen atık gazlar esas olarak  $CO_2$ ,  $H_2O$  ve  $N_2$ 'den oluşur. Tablo 6.47, atık gazlarda bulunan ana gaz bileşenlerini göstermektedir. Toz, HCl, HF veya Hg emisyonları için veri sağlanmamıştır.

**Tablo 6.47: Çinko dumanlaştırma prosesindeki ana gaz bileşenleri**

Bileşen	(%)
$CO_2$	5,5–7
$H_2O$	20–25
$N_2$	45–70
$O_2$	5–10
$SO_2$	300 ppm

Flor ve klor içeriği %0,05'in altındadır.

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- İndirgeyici madde olarak kömür kullanılması  $CO_2$  emisyonu ortaya çıkmasına neden olur.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir. Uçucu maddeler içeren pirometalurjik eriyikler için dumanlaştırma teknolojisi iyi bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

**Örnek tesisler**

Boliden Rönnskär (SE).

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

**6.3.7.4. Odalı fırınlardan kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler**

Avrupa’da mevcut durumda kullanılan odalı fırın bulunmamaktadır.

Prensip olarak, bu teknik Bölüm 6.3.2.2.1.1’de tarif edilene çok benzer, dolayısıyla aynı azaltım tekniklerinin uygulanması düşünülebilir.

**6.3.7.5. Döner Waelz fırını prosesinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****6.3.7.6. Peletleme süresince kullanılan ikincil malzemelerden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) kullanılmasıdır.

**Teknik açıklama**

Waelz fırınında kullanılan farklı besleme malzemeleri, depolama sahalarında veya silolarda depolanır. Malzeme, pelet haline getirildiği ve Waelz fırınına gönderildiği karıştırma cihazlarına konveyörler ile taşınır. Toz emisyonlarını en aza indirmek için konveyörler, helezonik taşıyıcılar ve karıştırma cihazları tamamen kapatılabilir, böylece toz kaçıışı önlenir. Kapalı olmayan karıştırma cihazları ve konveyörler tarafından yayılan tozlar, mevcut atık sistemindeki torba filtrelerde uzaklaştırılır ve arıtılır. Tamamen kapalı olmayan taşıma sistemlerinde, malzemenin ıslanmasıyla da toz önlenir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Sağlıklı ve iyi bir çalışma ortamı sağlanması.
- Çok düşük miktarda kaçak emisyon ortaya çıkması.
- Peletler ile yüksek proses verimleri sağlanması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Torba filtreler genellikle  $<5\text{mg}/\text{Nm}^3$  seviyelerinde çıkış emisyonu sağlar.

**Ortamlar arası etkiler**

Bildirilmemiştir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler,**

Waelz fırını için tüm tozlu besleme malzemelerine uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Çevresel mevzuat şartlarının sağlanması.
- Çalışma ortamı hava şartlarının geliştirilmiştir.
- Proses veriminin geliştirilmesi.

**Örnek tesisler**

İspanya, İtalya, Fransa ve Almanya’da bulunan tesisler.

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

**6.3.7.7. Döner Waelz fırınında ergitmeden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Toz odası,
- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Adsorban ilavesi (bkz. Bölüm 2.12.5.3),
- RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

**Teknik açıklama**

Gaz akışı ve besleme malzemesi fırında ters yönde konumlandırılır, böylece çinko içeren atık gaz, beslemenin yüklemesi sırasında Waelz fırınına terk eder. Daha kaba toz parçacıklarının ilk ayırma işlemi, gaz hızının azaldığı ve toz parçacıklarının çöktüğü bir toz odasında gerçekleşir. Burada, atık gaz içerisinde hava veya su enjekte edilerek atık gazın ilk soğutulması gerçekleştirilebilir. İkinci aşamada ise atık gazın ESP'ye (isteğe bağlı olarak) ve torba filtreye girebilmesi için gerekli olan sıcaklığa kadar soğutulur. Bu soğutma işlemi bir ısı değiştirici veya hava ve/veya su enjekte edilerek gerçekleştirilebilir. ESP ve ardından torba filtreden geçen çıkış gazından, kalan toz partikülleri ayrılır. ESP ve torba filtresini geçtikten sonra, hammaddenin cıva içeriğine bağlı olarak, cıva ve organik maddeyi uzaklaştırmak için bir adsorban (linyit kömürü ile kireçtaşı/kireç hidrati karışımı) enjekte edilebilir. Bu malzeme ikinci bir torba filtrede çöktürülür (filsorption). Tesis konfigürasyonuna ve yerel koşullara bağlı olarak, atık gaz içindeki organik bileşikler bir son yakıcı kullanılarak da giderilebilir.

SO<sub>2</sub> emisyonları, büyük ölçüde beslenen malzemedeki kükürt bileşiklerinin tipine bağlıdır. Kaktan gelen kükürt, cüruf ile fırını terk ise nötr özütleme (ZnSO<sub>4</sub>) kalıntılarında bulunan kükürt bileşikleri, uçucu hale gelir ve atık gaz ile Waelz fırınına terkeder. Dolayısıyla, sadece beslenen malzeme içerisinde uçucu kükürt bileşikleri bulunuyorsa atık gazda bulunan SO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için özel bir adım gerekmektedir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Toz, metal, dioksinler ve VOC emisyonlarının azaltılması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

EAF tozunu işleyen bir Waelz tesisinden 2011 yılında elde edilen, tesise özel emisyonlara yönelik veriler Tablo 6.48'de verilmiştir. J, K, L ve M tesislerinde SDHL prosesi yürütülmektedir. L tesisindeki gaz akışı diğer tesislerden daha yüksektir. Bu durum, gaz soğutma işleminin gaz akışına taze hava üflenmesinden kaynaklanmaktadır.



Tablo 6.48: Waelz fırınlarından havaya salınan tesise özel baca emizyon verileri

Tesis		I		J		K		L		M	
Akış (ortalama)	Nm <sup>3</sup> /h	64 000		66 500		88 100		166 146		73 110	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	0,35	1,54	0,5	1,1	< 0,3	< 0,3	0,832	2,2	2,54	5,6
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		0,138	0,692	NA	
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,002	0,005	0,003	0,005	0,008	NA	0,001	0,004	0,002	0,004
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		0,009	0,01	0,008	NA	0,017	0,087	0,091	0,383
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,009	0,01	0,05	0,1	0,002	0,003	0,004	0,019	0,091	0,164
As	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		0,002	0,008	< 0,0002	< 0,0002
Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		NA		0,024	0,096
Cr	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		NA		0,008	0,027
Ni	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		NA		0,012	0,042
Pb+Mn +Cu+Cr +V+Sn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,039	0,047	NA		NA		0,08		0,224	NA
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	7,6	NA	5,70	9,8	28,69	76,2	39,05	96	0,01	0,04
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	3,23	NA	0,30	0,6	0,38	0,64	0,11	0,2	0,85	1,07
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	< 0,23	NA	0,20	0,20	0,11	0,2	0,06	0,1	NA	
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	133,73	143,2	85	107	42,55	43,8	3,63	5,2	44,90	52,4
TVOC	mg/Nm <sup>3</sup>	2,69	13,55	0,7	2	12,6	19,9	NA		NR	NR
VOCs	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		50	73	243	260
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	26,04	31,6	NA		NA		NA		12331	14178
PCDD/F	ng/Nm <sup>3</sup>	0,090	NA	0,004	0,004	0,001	0,0016	NA		NA	
Dioksinler	ng/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		0,003	0,014	0,03	0,03
Örnekleme sıklığı	sayı/yıl	Toz ve TVOC için sürekli (CO ve NO <sub>x</sub> için 5, PCDD, PAH, HF, HCl, SO <sub>x</sub> ve NH <sub>3</sub> için 1)		10 (PCDD/F, C <sub>org</sub> , Hg ve NO <sub>x</sub> için 2)		10 (PCDD/F, C <sub>org</sub> , Hg ve NO <sub>x</sub> için 2)		5 (dioksinler, SO <sub>2</sub> ve NO <sub>x</sub> için 4)		9 (NO <sub>x</sub> , HCl ve VOCs için 3, ve Dioksinler için 1)	
NB: Uygulanan azaltım teknikleri: I: Torba filtre + Rejeneratif termal oksitleyici (RTO). J: Torba filtre + adsorban (aktif karbon) + Rejeneratif termal oksitleyici (RTO). K: Torba filtre + adsorban (linyit kömürü) L: Torba filtre + adsorban M: ESP + torba filtre + adsorban NA = Mevcut değil NR = Temsilci değil Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]											

Fransa'da faaliyet gösteren bir tesis, SDHL prosesinin uygulanmasından önce ve sonraki emisyonlarını bildirmiştir. Tablo 6.49, bu süreden önce faaliyet gösteren geleneksel Waelz fırın prosesi ile SDHL prosesinin (prosesin devreye alındığı 2004 ortasından itibaren) karşılaştırmasını vermektedir.

Tablo 6.49: SDHL prosesi ile ilgili dönüşüm öncesi ve sonrasındaki havaya salınan emisyonlar

Bileşen	Birim	Önce*		Sonra*		
		2003	2004	2005	2006	2007
SO <sub>2</sub>	kg/h	22148	7,390	0,584	0,424	0,199
NO <sub>x</sub>	kg/h	2,140	1,143	0,946	2,467	1,407
VOCs - metansız	kg/h	2,000	4,237	3,057	2,104	7,711
Toz	kg/h	0,070	0,129	0,204	0,181	0,193
HCl	kg/h	0,069	0,123	0,261	0,070	0,051
HF	kg/h	NA	0,124	0,027	0,346	0,065
Metallerin toplamı	kg/h	0,0491	0,0317	0,0177	0,0257	0,0327
Pb	kg/h	0,0054	0,0133	0,0076	0,0102	0,0204
Zn	kg/h	0,0372	0,1191	0,0730	0,1065	0,2446
Hg	kg/h	NA	0,00445	0,00079	0,00148	0,00608
As	kg/h	NA	0,00053	0,00076	0,00089	0,00129
Cd	kg/h	0,0013	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007
PCDD/F**	µg I-TEQ/h	9,653	7,235	1,141	2,567	1,292
Hava akışı	Nm <sup>3</sup> /h	113706	133977	131056	140781	148329
NA = mevcut değildir. * Yıllık ortalama değer ** Ek bir PCDD / F çöktürme işlemi yapmadan önce. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

**Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle Waelz fırınlarına uygulanabilir. RTO kullanımı güvenlik gerekçesiyle kısıtlanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- EAF tozundan ek bileşenlerin geri kazanılması.
- Daha az kok ve gaz tüketimi.
- Daha yüksek verim ve daha yüksek çinko geri kazanımı.
- CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması (yani kaynak verimliliği).

**Örnek tesisler**

Freiberg ve Duisburg'da bulunan Befesa tesisleri (DE), Asua-Erandio (ES), Fouquières les Lens (FR), ve IT.

**Referans literatür**

[ 234, UBA (D) 2007 ], [ 246, France 2008 ], [ 351, COM 2009 ], [ 399, IZA 2012 ]

**6.3.7.8. Cüruf işlemeden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) kullanılmasıdır.

**Teknik açıklama**

Waelz fırınına geçen ince taneli cüruf, fırın kafasından fırını terk eder ve bir ızgaradan su banyosuna veya su verme için su püskürtmeli hazne içine düşer. Soğutulmuş olan cüruf, su banyosundan çıkarılarak cüruf depolama alanına, zincir konveyörler veya ekskavatör vasıtası ile taşınır. Cürufun fırından çıkması sırasında ve soğutma sırasında oluşan emisyonlar, fırın tepesindeki egzoz sistemi veya ek bir emme sistemi ile yakalanır. Yakalanan bu atık gazlar,

fırından çıkan atık gaz arıtımına yönlendirilir veya ayrı olarak bir kumaş filtrede temizlenir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Havaya salınan toz emisyonlarının azaltılması.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Torba filtreler genellikle  $<5\text{mg/Nm}^3$  seviyelerinde çıkış emisyonu sağlar.

**Ortamlar arası etkiler**

Enerji kullanımının artması.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- Çalışma ortamı sağlığı.

**Örnek tesisler**

Avrupa'da bulunan tesislerde uygulanmaktadır.

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

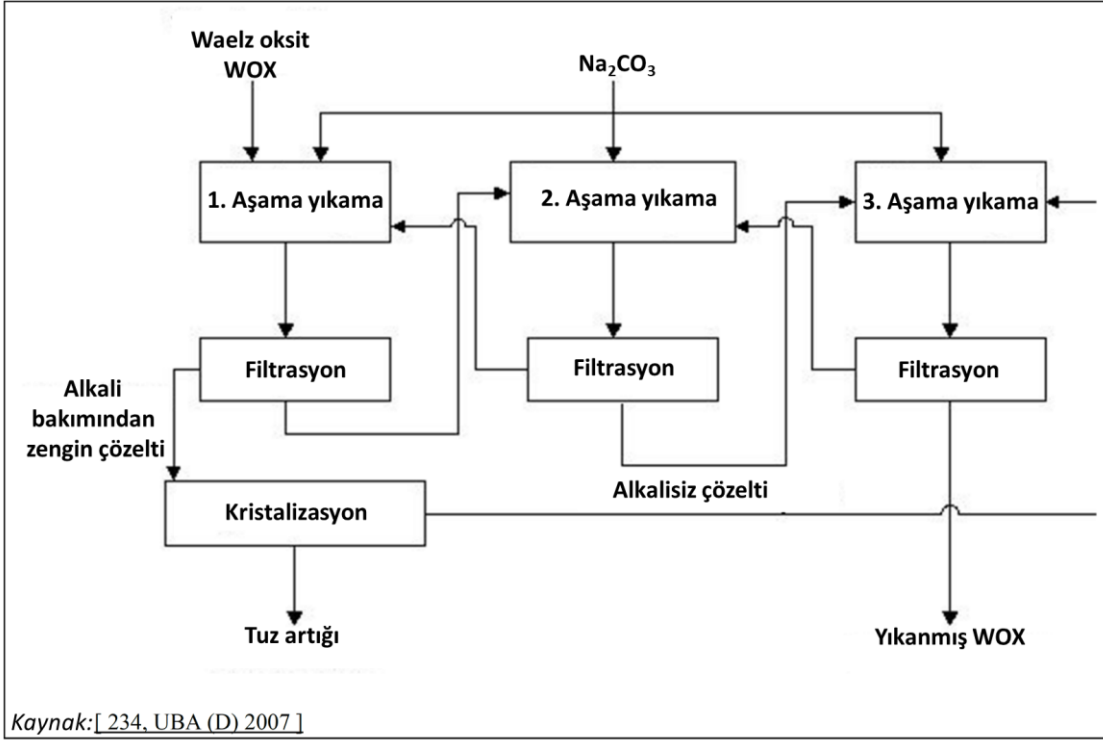
**6.3.7.9. Waelz fırını prosesinden kaynaklanan atıksuların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik karşıt akımlı yıkamadır (iki veya üç aşamalı).

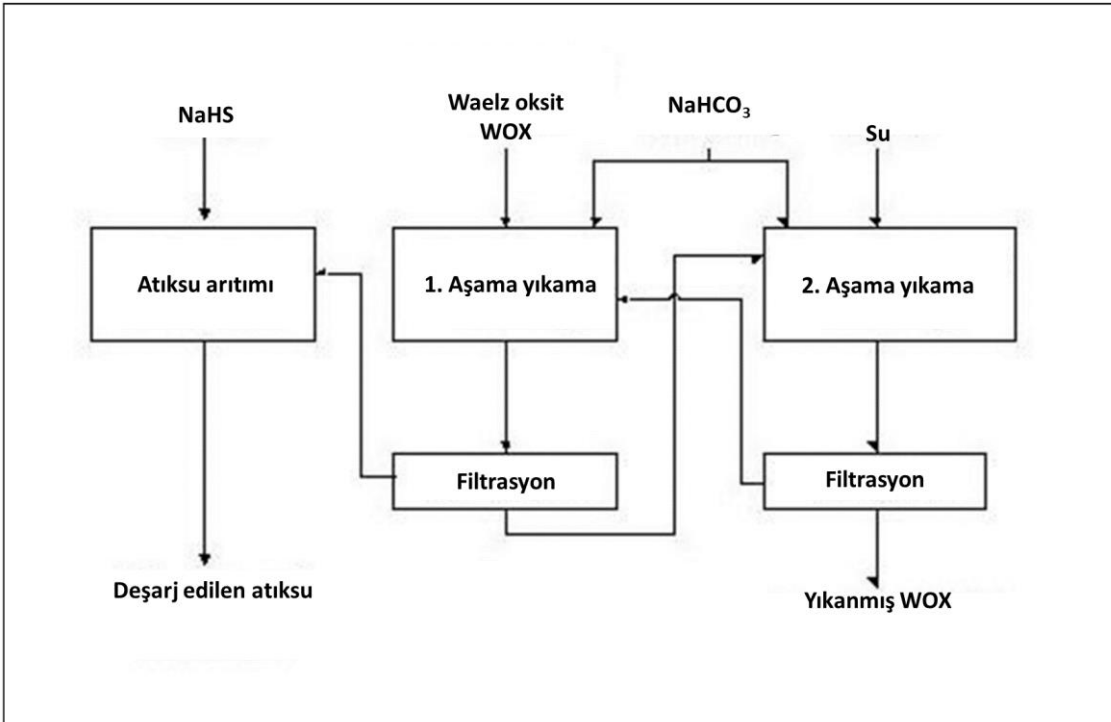
**Teknik açıklama**

Waelz fırını prosesindeki ana atık su kaynağı, Waelz oksitin içindeki halojenleri yıkamak için kullanılan yıkama suyudur. Waelz oksit yıkamadan çıkan atık su miktarı, çok adımlı karşıt akımlı yıkama işlemi uygulanarak azaltılır.

Şekil 6.29 ve Şekil 6.30, genel Waelz oksit yıkama proseslerini göstermektedir. [234, UBA (D) 2007].



Şekil 6.29: Üç aşamalı karşıt akımlı Waelz oksit yıkama hattı diyagramı



Şekil 6.30: İki aşamalı karşıt akımlı Waelz oksit yıkama hattı diyagramı

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Karşıt akımlı yıkama ile üç kata kadar daha az atık su üretilir.
- Yıkamadan işleminden sonra kristalizasyon proses uygulandığında atık su oluşturmeyen bir proses işletmek mümkündür.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Teknik açıklamayı okuyunuz.

#### Ortamlar arası etkiler

Kristalizasyon prosesi uygulandığında enerji kullanımının artması.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle Waelz fırınlarında uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

- Atıksu oluşumunun azaltılması.
- Waelz oksitten halojenlerin uzaklaştırılması.

**Örnek tesisler**

I, J, K, L ve M tesisleri.

**Referans literatür**

[ 93, García-Agocheaga, B. 1998 ], [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 399, IZA 2012 ]

**6.3.7.10. Waelz fırını prosesinde atıksu arıtımı****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Kristalizasyon,
- Çöktürme,
- Birleştirilmiş proses (kristalizasyon ve çöktürme).

**Teknik açıklama**

Atık suyun çoğunluğu Waelz oksitin yıkanmasıyla üretildiğinden, atık su arıtma sistemi bu suları arıtmak için özel olarak tasarlanmıştır. Bu amaçla kullanılan atık su arıtma tesisine diğer küçük atık su akıntıları da eklenir.

*Kristalizasyon*

Birinci yıkama aşamasından gelen zengin yıkama çözeltisinin alkali ve halojenlerini giderme ihtimali, bir tuz artığı ve bir alkali içermeyen kondensat elde etmek üzere bir kristalizasyon aşaması uygulamaktır. Kristalizasyon aşamasında, toplam halojen miktarının %30-35'i giderilir. Proses sonrasında ortaya çıkan tuz artığı çevreye bırakılır veya yeraltında geri doldurulur ve arıtılmış atık su, yıkama tesisine geri gönderilebilir. Kristalizasyon aşamasından elde edilen kondensat, yeni bir yıkama aşaması için geri dönüştürülür. Sonuç olarak prosesin tamamı atıksu üretilmeden çalıştırılabilir. [234, UBA (D) 2007].

*Çöktürme*

Atıksuların bünyesinde bulunan halojen konsantrasyonu, alıcı ortama deşarj edilebilir olduğunda, başka bir atıksu arıtma işlemi uygulanabilir. Çözünmüş metalleri çöktürmek için kükürt içeren katkı maddeleri, koagülantlar ve flokülantlar ilave edilir. Arıtılmış olan atıksu bir filtrasyon ve nötralizasyon aşamasından sonra, kanalizasyon sistemine veya nehir/denize deşarj edilir. E Tesisi için tesise özel veriler Tablo 6.52'de verilmiştir.

*Birleştirilmiş proses*

Sınırlı miktarda halojen deşarj edilebildiğinde, bazı halojenleri gidermek için kısmi bir kristalleştirme adımı uygulanabilir. Atık suyun geri kalanı ise daha sonra bir çökeltme işlemi ile arıtılır. I Tesisi iki aşamalı atık su arıtma işlemi uyguladığını bildirmiştir. İlk adım klasik hidroksit çökeltim işlemidir. İkinci aşamada ise metal iyonlarının çökeltilmesi için NaHS'den daha verimli fakat aynı zamanda daha pahalı olan özel bir sıvı reaktif madde eklenir. I Tesisi için tesise özel veriler Tablo 6.52'de verilmiştir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

*Kristalizasyon*

- Atıksu oluşumunun önlenmesi.
- Halojenlerin kısmen giderilmesi.

**Çöktürme**

Atıksudan metallerin giderilmesi (kükürt çöktürme).

**Birleştirilmiş proses**

- Atıksu oluşumunun kısmen önlenmesi.
- Halojenlerin kısmen giderilmesi.
- Metallerin giderilmesi.

**Çevresel performans ve işletme verileri**

Yıkamanın etkisi ve yıkama prosesinden ortaya çıkan atık suyun tipik bileşimi Tablo 6.50, Tablo 6.51 ve Tablo 6.52'de verilmiştir.

**Tablo 6.50: Waelz oksit yıkama işleminin etkisi**

Bileşen (%)	Yıkanmamış Waelz oksit	Yıkanmamış Waelz oksit (iki veya üç aşamalı yıkama)
Çinko	58–63	63–68
Kurşun	7–10	9–11
Kükürt	0,5–1	< 0,15
Flor	0,4–0,7	0,08–0,15
Klor	4–8	0,05–0,15
K <sub>2</sub> O	1,5–2	0,1–0,2

*Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]*

**Tablo 6.51 Waelz oksit yıkama prosesinden kaynaklanan atıksu**

Bileşen (mg/l)	NaHS ile arıtım sonrası atıksu
Çinko	0,01–1,0
Kurşun	0,01–0,20
Kadmiyum	0,01–0,10

*Kaynak: [ 234, UBA (D) 2007 ]*

Tablo 6.52: Waelz oksit yıkama prosesinden kaynaklanan atıksular

Tesis		Q		I		M	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	m <sup>3</sup> /h	195	NA	330	NA	28.2	NA
Zn	mg/l	0.04	0.46	0.03	0.06	1.43	5.28
Cd	mg/l	0.0020	0.024	0.0007	0.006	0.05	0.25
Pb	mg/l	0.0031	0.105	0.0067	0.019	0.68	2.76
As	mg/l	0.0123	0.2	< 0.001	< 0.001	0.17	0.64
Cu	mg/l	0.0003	0.0015	< 0.01	< 0.01	0.03	0.19
Fe	mg/l	0.06	0.18	< 0.05	< 0.05	0.3	0.46
Cr	mg/l	0.0015	0.0034	< 0.001	< 0.001	< 0.01	0.1
Cl-	mg/l	2780	5300	635	993	NA	NA
F-	mg/l	3.89	7	0.68	0.93	NA	NA
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	996	1600	155	269	1994	2945

NB:  
NA = Mevcut değildir.  
Plant Q: Çöktürme prosesi.  
Plant I: halojen giderimi için kısmi kristalizasyon + çöktürme prosesi.  
Plant M: çöktürme + flokülasyon + koagülasyon + filtrasyon (Emisyonlar doğrudan deşarja karşılık gelmemektedir).  
Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

#### Kristalizasyon

Enerji kullanımının artması (buharlaştırma) ve katı atık veya yoğun tuz çözeltisi ortaya çıkması.

#### Çöktürme

Metal iyonlarının çöktürülmesi için kimyasal maddelerin kullanılması.

#### Birleştirilmiş proses

- Enerji kullanımının artması (buharlaştırma) ve katı atık veya yoğun tuz çözeltisi ortaya çıkması
- Metal iyonlarının çöktürülmesi için kimyasal maddelerin kullanılması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kristalleşme miktarı yerel koşullara bağlıdır. Klorürlerin deşarj edilmesine izin verilmediğinde %100 kristalizasyon yapılır. Freiberg'deki Befesa tesisi örnek olarak verilebilir.

İtalya'daki Pontenossa tesisinde olduğu gibi, sınırlı miktarda klorür deşarjına izin verildiği zaman, kısmi kristalleştirme işlemi uygulanır, burada bir kristalizasyon tesisinde Waelz oksit içinde bulunan toplam halojen miktarının yaklaşık üçte biri giderilir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır ancak proses halihazırda kullanılmakta ve ekonomik olarak uygulanabilmektedir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Metallerin giderilmesi (çevresel mevzuatlara göre).
- Ürün optimizasyonu.
- Alıcı ortama (yerel çevre mevzuatına göre) florin, klorin ve alkali salımlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

- Kristalizasyon: K Tesisi.

- Çöktürme Q ve M tesisleri
- Birleştirilmiş proses: I Tesisi.

**Referans literatür**

[ 93, García-Agocheaga, B. 1998 ] [ 234, UBA (D) 2007 ], [ 399, IZA 2012 ]

**6.3.7.11. Waelz fırını prosesinden ortaya çıkan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler**

İlave proses veya ekipmana ihtiyaç yoktur sadece iyi proses yönetimi yeterli olmaktadır.

**6.3.8. Çinko ingotların ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümü (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler)****6.3.9. Ergitme, yeniden ergitme, alaşımlama, bekletme ve döküm fırınlarından ve çinko tozu üretiminden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Ekipmanların negatif basınç altında çalıştırılması,
- Torba filtre (bkz Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama***Ekipmanların negatif basınç altında çalıştırılması*

Akı eklerken veya fırının temizleme işlemleri sırasında, yayılı toz ve duman emisyonları ortaya çıkabilir. Bu yayılı emisyonlar önemli değildir ve aynı zamanda doğrudan emisyonları kontrol etmek ve en aza indirmek için fırında negatif bir basınç sağlamak suretiyle kontrol edilebilir.

*Torba filtre (bkz Bölüm 2.12.5.1.4)*

Torba filtreleri, bu işlemlerden çıkan atık gazdaki partiküllerini gidermek için en iyi araç olarak kabul edilir.

Tablo 6.53, bu işlemlerde meydana gelebilecek yayılı ve kontrollü emisyonları göstermektedir.

**Tablo 6.53: Hidrometalurjik çinko proseslerinden ortaya çıkan yayılı ve kontrollü emisyonlar**

Emisyon	Fiziksel durum	Asıl kirletici
Toz	Partikül madde	Çinko oksit Çinko metal Çinko klorür
Dumanlar	Aerosol	Çinko oksit Çinko klorür Amonyum klorür

Çinko katotları ergitmek için tasarlanan elektrikli fırınlar, 25 ton/saat çinko ingot üretim kapasitesine sahip bir fırın için aşağıdaki tipik özelliklere sahip bir gaz akışını çeken bir cebri çekme sistemi ile donatılmıştır:

- Gaz akışı : 29 100 Nm<sup>3</sup>/h,
- Sıcaklık : 50 °C,
- Toz : 1 g/Nm<sup>3</sup>,
- Tozun spesifik ağırlığı : 1,19 kg/l.

Ekstrakte edilen tozun tipik bileşimi (ve üretilen cüruf):



- ZnO : %62–67 ağırlıkça,
- ZnCl<sub>2</sub> : %15–17 ağırlıkça,
- Zn (metal) : %19–22 ağırlıkça.

Ayrıca, birçok çinko tesisi ince çinko tozları üretmek için küçük bir ünite işletmektedir. Bu tozlar, saflaştırma işleminde Cu, Cd, Ni ve Co gibi daha elektropozitif metalleri çöktürmek için kullanılır (bkz. Bölüm 6.3.1.2.4).

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

#### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Tablo 6.54, çinko dökümhanelerinde ergitme ve dökümden kaynaklanan emisyonlar için tesise özgü verileri göstermektedir.

Tablo 6.54: Çinko dökümhanelerinde çinko ergitilmesi ve dökümünden kaynaklanan emisyonlar (Bölüm 1)

Tesis		A		A		A		B		C (F1)		C (F2)		C (F3)	
		Ergitme fırını		Döküm hattı		Çalışma alanı havalandırması									
Akış (ortalama)	10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h	98		66		296		64		14		29		26	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		1,3	3,2	1,3	2,6	0,3	0,5	0,3	0,3
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0,57	2,2	0,07	0,12	0,22	0,25	0,9	2,1	1,1	NA	0,2	NA	0,2	NA
NH <sub>4</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NA		NA		NA		3	7.4	NA		NA		NA	
Uygulanan teknik		Torba filtre				Yok		Torba filtre							
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	1		0,2		0,2		1		365		365		365	

NB: Bazı çinko dökümhaneleri Zn-Ni alaşımları (tipik olarak %0,5-1,0 Ni) üretir ve emisyonlarda Ni'yi izlemektedir. C Tesisi sürekli toz ölçümleri gerçekleştirir; Veriler günlük ortalama olarak verilmiştir.  
NA = Mevcut değildir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 6.55: Çinko dökümhanelerinde çinko ergitilmesi ve dökümünden kaynaklanan emisyonlar (Bölüm 2)

Tesis		D	E	F		G		H		N	Z	
Akış (ortalama)	10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> /h	112	104	35		30		45		NA	50	54
		Avg.	Avg.	Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Avg.	Max.
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	0.18	0.419	0.25	1.1	3.9	4.5	2.66	NR	2.6	1.3	3.5
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.37	0.293	0.17	0.74	NA		2	12	0.83	NA	
Ni	mg/Nm <sup>3</sup>	0.0017	< LOD	NA		NA		N		NA	0.009	0.02
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	0.92	NA	NA		NA		NA		NA	NA	
Uygulanan teknik		Torba filtre										
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	2	3	12		12		2		1	2	

NB: Bazı çinko dökümhaneleri Zn-Ni alaşımları (tipik olarak %0,5-1,0 Ni) üretir ve emisyonlarda Ni'yi izlemektedir.  
NA = Mevcut değildir.  
NR = Temsil edici değildir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Yukarıdaki tablolarda raporlanan veriler, torba filtrelerin, 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki toz değerlerinin elde edilmesini sağladığını ve raporlanan tesislerinin yarısının, ortalama değerleri 0,2 ila 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında rapor ettiğini göstermektedir. Genellikle emisyon faktörü üretilen çinko başına < 7,5 g Zn/t'dur.

Tablo 6.56, çinko tozu üretimi ile ilgili tesise özel emisyon verilerini göstermektedir.

**Tablo 6.56: Çinko tozu üretiminden kaynaklanan emisyonlar**

	Tesis	B		C (F1)	C (F2)	C (F3)	C (F4)	F	
		Ort.	Maks.	Ort.	Ort.	Ort.	Ort.	Ort.	Maks.
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	10 644		19 006	19 463	18 368	16 740	7 277	
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	1,8	4,45	9,5	20,0	13,7	14,0	2,4	4,0
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	1,43	3,57	9,5	19,9	13,6	13,9	2,3	4,0
Uygulanan teknik		Torba filtre							
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	1		365	365	365	365	12	
NB: C Tesisi sürekli toz ölçümleri gerçekleştirmektedir; veriler günlük ortalama olarak verilmiştir. Kaynak: [ 278, Hunsiger et al 2007 ]									

### Ortamlar arası etkiler

Enerji kullanımının artması (elektrik tüketimi).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel mevzuat gerekliliklerinin karşılanması.
- Çalışma ortamı sağlığı.

### Örnek tesisler

B, C ve F Tesisleri.

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

## 6.3.10. Ergitme prosesinden ortaya çıkan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler

### Açıklama

Ergitme işleminde oluşan kalıntıların ve atıkların tesis içinde ve dışında geri dönüşümü ve çinko cürufunun işlenmesinden kaynaklanan emisyonları azaltmak için bir torba filtrenin uygulanmasıdır.

### Teknik açıklama

*Ergitme işleminde oluşan kalıntıların ve atıkların tesis içinde ve dışında geri dönüşümü*

Aşağıda ergitme prosesleri sırasında üretilen atıkların (çinko cürufu, çinko içeren toz dumanları ve katot dökümden ortaya çıkan metalik cürufklar) arıtılmasına yönelik bir proses örneği açıklanmaktadır.

Çinko cürufu, konteynerler içerisinde arıtma tesisine taşınır. Konteynerler haznenin yükleme deliğine kadar kaldırılırlar. Haznede büyük parçacıkları (metal) tutmak için bir eleme ızgarası bulunmaktadır. Cürufun geri kalanı, titreşimli bir boru besleme sistemi vasıtasıyla bir bilyalı

## Bölüm 6

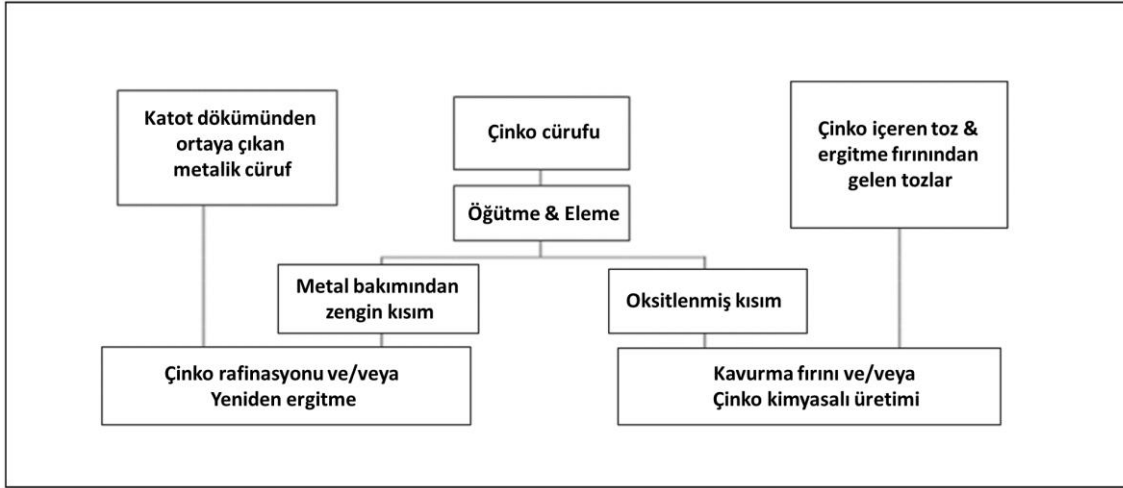
değirmene gönderilir. Cürufun metal açısından zengin kısmı, bir elek değirmeni vasıtasıyla oksitlenmiş kısımdan ayrılır. Bu metalik partiküllerin kimyasal bileşimi uygun ise, bu metal açısından zengin kısım izabe fırınında yeniden ergitilir. Alternatif olarak, bu metalik malzeme çinko tozu veya çinko oksit elde etmek için bir çinko rafinasyon tesisine (örn. New Jersey kolon çeşidi) gönderilebilir.

Bilyalı değirmenden geçirildikten sonra, oksitlenmiş kısım bir bantlı konveyör vasıtasıyla bir kaba taşınmaktadır. Konteyner kamyonla, çinko konsantreleri ile karıştırıldıktan sonra fabrikanın süzdürme özütleme bölümünde kullanılmak üzere hazırlandığı kavurma tesisine gönderilir.

Çinko içeren toz ve dumanların yanı sıra, kumaş filtrede izole edilen tozlar, bilyalı değirmende izole edilmiş oksitlenmiş kısım ile benzer özelliklere ve bileşime sahiptir ve bu nedenle, kavurma fırınına gönderilir veya çinko kimyasallarının (çinko oksit, çinko klorür vb.) üretiminde kullanılabilir.

Katot dökümünden elde edilen metalik cüruflar, bilyalı değirmendeki metal açısından zengin kısımlara benzer özelliklere ve bileşime sahiptir ve sonuç olarak, daha önce tarif edildiği gibi bunlarla birlikte işlem görür.

Şekil 6.31 çinko ergitme işlemleri sırasında üretilen atık/kalıntılara uygulanan işlemleri özetlemektedir.



Şekil 6.31: Çinko ergitme prosesi sırasında üretilen atık/kalıntılar için genel bir arıtma işlemi akış şeması

### Torba filtre

Bilyalı değirmen, hazne ve tüm nakliye ekipmanları, işlem sırasında oluşabilecek toz/dumanları gidermek için bir torba filtreye bağlanır.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Ergitme işleminde oluşan kalıntıların ve atıkların tesis içinde ve dışında geri dönüşümü*

Üretilen atığın yeniden kullanılması.

### Torba filtre

Çinko cürufu işlenmesi sırasında havaya salınan yayılı emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

#### Torba filtre

Tablo 6.57, çinko cürufun mekanik olarak işlenmesi sırasında ortaya çıkan emisyonlara ilişkin tesise özel verileri göstermektedir.

Tablo 6.57: Çinko dökümhanelerinde çinko cürufu öğütülmesinden ortaya çıkan emisyonlar

	Tesis	B		C		Q		F		H	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	16 310		30 369		9 507		9 371		35 000	
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	0.45	1.11	1.25		0.42	1.05	0.53	2.6	4.5	4.65
Zn	mg/Nm <sup>3</sup>	0.36	0.89	1.00	1.6	0.293	0.73	0.32	1.8	0.78	2.38
Uygulana teknik		Torba filtre									
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	1		1		3		12		2	
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]											

**Ortamlar arası etkiler**

Bildirilmemiştir.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genellikle uygulanabilir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Örnek tesisler**

B, C, F, H ve Q Tesisleri.

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

**6.3.11. Atıksu oluşumunu önlemek için teknikler****Açıklama**

Proses suyunun soğutma kulelerinde veya diğer ısı değişim sistemlerinde yeniden kullanılması.

**Teknik açıklama****Çinko ergitme ve döküm ünitelerinde aşağıdaki amaçlar için su kullanılır:**

- Döküm kalıpları ve külçelerin soğutulması,
- Temizlik işlemleri.

Döküm kalıplarının ve külçelerin soğutulması, suyun, erimiş metale temas etmeden dolaştığı soğutma suyu ceketleri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu soğutma cihazları, kalıbın ve kalıbın tabanının bir parçasıdır. Bu amaçla kullanılan su, kayıpları en aza indirmek için daha sonra açıklanacak olan kapalı bir hatta dolaşır. Ek olarak, büyük külçelerin yüzeyleri, genellikle üst yüzeyleri üzerine su püskürtülerek soğutulur. Bu püskürtülmüş su buharlaşır ve bu nedenle geri kazanılmaz.

Su kullanımını ve dolayısıyla atık su hacmini en aza indirmek için, kullanılmış su döküm hattından çıktıktan sonra, çoğu durumda cebri soğutma kulelerinden oluşan bir ısı değişim sistemine gönderilir. Hava ve su ters yönde sirküle edilir ve su sıcaklığı azalır, bu da suyun soğutma ve/veya başka amaçlar için yeniden kullanılmasına izin verir. Bu prosesin bir sonucu olarak, meydana gelen tek su kaybı soğutma kulesinde, buharlaşmaya bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bahsedilen kayıpların miktarı, yerel atmosfer koşullarına bağlı olacaktır ve bu nedenle genel olarak değerlendirilemez. Diğer ısı değişim sistemleri, yağmur suyu

göletlerinden su kullanan ısı eşanjörleri gibi yerel koşullara bağlı olarak kullanılabilir, ancak bu özel durum için soğutma kuleleri, suyun döküm hatlarında kullanıldıktan sonra geri dönüşümü için en ekonomik prosedürdür. Döküm hattını soğutmak için kullanılan su temiz ve sıcaktır ve hidrometalurjik işlemlerde de yeniden kullanılabilir.

Temizlik amacıyla kullanılan sular kirlenebilir. Bu suların toplam hacmi kullanılabilir değildir ve deşarj edilmeden önce, fabrikanın genel atık su arıtma tesisinde arıtılmalıdır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Kalıp soğutma işleminden atıksu ortaya çıkmaması.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Örnek tesisler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

## **6.3.12.Çinko üretim tesislerinden (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler) ortaya çıkan atıksuların arıtılması**

Daha önce de tarif edildiği gibi, çok sayıda tesiste, soğutma suyu ve yağmur sularını da içeren arıtılmış atık sular, depolama sahası kontrol suyu ve toprak iyileştirme suyu vb. sular proseste yeniden kullanılır veya proses içerisinde geri dönüştürülür. Bazı atık su akımları, deşarj edilmeden önce, çözünmüş metalleri ve katıları gidermek için işlem görmeye ve arıtmaya ihtiyaç duyabilir. Geleneksel olarak bir hidroksit/karbonat çökeltme işlemi gerçekleştirilir. Bazı durumlarda, bir hidroksit aşaması ve ardından bir sülfür aşaması ile birleştirilmiş veya iki aşamalı bir çökeltme işlemi kullanılır. İlave olarak kükürt aşaması kullanılarak, metallerin, hidroksit çökeltme işlemine göre daha düşük bir konsantrasyona indirilmesini sağlar [168, Steil, H.U. ve diğ. 1999]. Dikkate alınması gereken teknikler Bölüm 2.12.6.2'de listelenen tekniklerdir.

## **6.3.13.Hidrometalurjik ve pirometalurjik çinko üretiminden ortaya çıkan atıksuların arıtılması**

### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Atık su arıtma tesisine gönderilmeden önce, belirli atık su akımlarının (örn. kavurucunun ıslak gazının temizlenmesinden kaynaklanan zayıf asit sızıntısı) ön arıtımı,
- İnorganik bir proses dayalı atıksu arıtma tesisi (gerekliyse hidroksit çökeltmesini takiben kükürt çökeltmesi) (bkz. Bölüm 2.12.6.2),
- Biyolojik bir prosese dayalı atıksu arıtma tesisi (bkz. Bölüm 2.12.6.2).

### Teknik açıklama

Genellikle çinko tesislerinde, metalleri, sülfatları ve/veya proseste yeniden kullanılmaya uygun olmayan diğer elementleri içeren atık sular (bkz. Bölüm 6.3.1.2.6) toplanırlar ve bir merkezi atı su arıtma tesisinde (AAT) arıtılırlar.

#### Ön arıtım

Ön arıtım işlemi için, kavurucudan çıkan ıslak gazın temizlenmesinden kaynaklanan zayıf asitin sızdırma işlemi örnek olarak verilebilir. Bu su havalandırılır ve böylece çözünmüş SO<sub>2</sub>'nin bir kısmı uzaklaştırılır. Bu SO<sub>2</sub> akışı, kavurucudan gelen ana gaz akışına eklenir, böylece bu SO<sub>2</sub> de geri kazanılmış olur, aynı zamanda, AAT'de arıtılması gereken sülfür/sülfat miktarı da azalır. Ayrıca, zayıf asit sızıntısında kendiliğinden oluşan cıva- ve/veya selenyum içeren katı bileşikler de bulunabilir. Bu çamurun, akışın merkezi AAT'ye gönderilmeden önce uzaklaştırılması (bir çöktürücü veya filtrede), AAT'nin yükünü azaltmanın bir diğer yoludur.

Belirli atıksuların ön işlemden geçirilmesinin arıtım için en iyi yöntem olup olmadığının değerlendirilmesi, tesise ya da bölgeye özgü belirleyici parametrelere (örneğin atıksu deşarj şartları, atık depolama veya işleme için atık bileşimi kısıtlamaları) göre ayrı ayrı yapılabilir.

Ayrıca, çökeltme iki veya daha fazla aşamada uygulandığında (aşağıya bakınız), bazen tüm atıksuların tek bir hatta toplanması yerine, iki (veya daha fazla) 'aileye', örneğin ağır kirletici yüküne sahip olan sular (örn. kavurucudan ortaya çıkan ıslak gaz temizleme sızıntıları) ve hafif kirletici yüküne sahip olan sular (örn. yağmur suyu akıntısı) olarak toplanması daha faydalı olabilir. Bu durumda, bahsedilen ikinci sular proseste ilk aşamadan geçtikten sonra girebilir, bu da genel performans ve işletme maliyetleri açısından yararlı olabilir. Yine, bu durum da tesis bazında değerlendirilmelidir (örn. çift kanalizasyon sisteminin maliyeti büyük ölçüde tesisin yerleşimine bağlıdır).

#### Atıksu arıtma tesisi

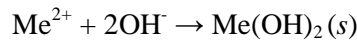
Yıllık üretim kapasitesi 250 kt olan bir çinko tesisi için, merkezi AAT'de arıtılacak toplam akış miktarı 100–300 m<sup>3</sup>/s seviyesindedir. Sadece teknik ve harcama açısından, yüksek akışların işlenmesini sağlayan teknikler uygulanır.

İnorganik prosesin yanı sıra biyolojik proseste de esas amaç, bir veya daha fazla aşamada, metalleri ve diğer bileşikleri, çözünmeyen veya zaruri olarak çözünebilen bileşikler olarak çöktürmektir. Katı maddeler bir veya daha fazla aşamada çöktürülerek ve/veya filtrelenerek su akışından ayrılır.

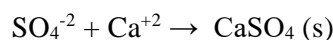
#### İnorganik bir proseste dayalı atık su arıtma tesisi

Genellikle hidroksit çöktürme işlemi uygulanır. Ortaya çıkan atıksuların çoğu asidiktir, bu nedenle genellikle kireç veya sodyum hidroksit gibi alkali reaktifler eklenerek pH 9 ila 10,5 arasındaki bir değere ayarlanır ve metaller hidroksitler olarak çöktülür. Genellikle bu nötralizasyon ve çöktürme adımı bir pH değerinde gerçekleştirilir; bazı durumlarda ise farklı pH değerlerinin uygulanabileceği iki veya daha fazla aşama uygulanır.

Hidroksitin çöktürülmesi için genel denklem:



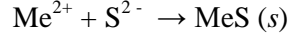
Çinko tesisinden ortaya çıkan atıksuların neredeyse tamamı önemli miktarda sülfat içerir ve düşük bir pH'a sahiptir (sülfürik asit içerdiklerinden). Nötralize etmek ve hidroksitleri çöktürmek için kireç (kireç, kostik kireç) eklenir ve aynı zamanda sülfatlar da eşzamanlı olarak jips olarak sudan giderilir (denge seviyesi 1,6 g/l sülfat civarında oluncaya kadar):



## Bölüm 6

Bazı durumlarda, hidroksit çökeltimi, örneğin NaHS veya Na<sub>2</sub>S ilavesiyle kükürt çökeltimi ile birleştirilir veya hidroksit çökeltmesinin ardından kükürt çökeltimi gerçekleştirilir (aynı reaktörde aynı anda çökeltim, çok aşamalı çökeltim gibi). Metal sülfürlerin çözünürlüğü, metal hidroksitten daha düşük olduğundan, kükürt aşamasındaki metal giderimi hidroksit çökeltim aşamasındakine göre daha düşük bir konsantrasyonda gerçekleşebilir.

Kükürt çökeltimi için genel denklem:



Hidroksit ve/veya kükürt çökeltimi atıksu arıtma işlemlerinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Ancak, bazı özel durumlarda, yeterince giderilememiş elementleri gidermek için ek adımlar eklenir. Bunun gerekli olup olmadığı, tesise özgü duruma bağlıdır (örn., tipik elenemlerin bulunması, sıkı emisyon standartları). Belirtilen bazı örnekler: flor, pH 9,5'te kireç veya başka bir kalsiyum kaynağı ilavesiyle CaF<sub>2</sub> olarak kısmen çökeltilebilir ve arsenik, demir (III) tuzlarının ilavesiyle birlikte eş çökeltme yoluyla kısmen giderilebilir.

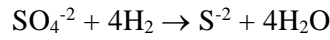
Katı-sıvı ayrımı, normalde, bir silindirik çöktürücüde, katmanlı çöktürücüde veya başka bir çöktürücü (yani yoğunlaştırıcı, dekantör, arıtıcı, çökeltim tankı) içinde çökeltme yoluyla yapılır. Bazı durumlarda işlem, bir filtreleme işlemi (örn. kum filtresi) ile tamamlanır. Çökeltim ve/veya filtreleme özelliklerini iyileştirmek için flokülant-koagülant katkı maddeleri kullanılabilir.

AB hidrometalurjik çinko üretim tesislerinde en yaygın kullanılan proses inorganik prostestir. AB'de faaliyet gösteren sadece bir pirometalurjik çinko üretim tesisinde bu proses uygulanmaktadır.

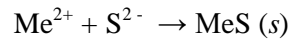
Biyolojik bir prosese dayalı atık su arıtma tesisi Bir Avrupa fabrikası, yerinde sülfür iyonları üretmek için biyolojik bir süreç kullanır. Islak gaz temizlemesinden çıkan zayıf asit, yüksek sülfat konsantrasyonuna (10–25 mg / l) sahiptir ve ilk olarak tedavi edilir. Sülfat iyonları, biyolojik atık su arıtma tesisinde hidrojen gazı ve sülfat indirgeyen bakterilerle sülfür iyonlarına (S<sup>2-</sup>, HS<sup>-</sup>) indirgenir:

*Biyolojik bir prosese dayalı atıksu arıtma tesisi*

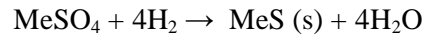
Avrupa'da bulunan bir tesis, tesiste sülfür iyonları üretmek için biyolojik bir proses kullanmaktadır. Islak gaz temizlemesinden sızan zayıf asit, yüksek sülfat konsantrasyonuna (10–25 mg/l) sahiptir ve ilk olarak o arıtılır. Sülfat iyonları, bir biyolojik atıksu arıtma tesisinde hidrojen gazı ve sülfat indirgeyen bakterilerle sülfür iyonlarına (S<sup>2-</sup>, HS<sup>-</sup>) indirgenir:



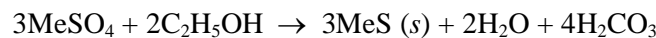
Hidrojen, bir reformer ünitesinde doğal gaz ve buhardan üretilir. Çinko ve diğer metaller kükürt iyonları ile reaksiyona girer ve bir metal sülfid olarak çöker:



Yani genel denklem:



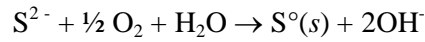
Bu işlemde sonra sülfat ve metal konsantrasyonları hala doğrudan deşarj edilemeyecek kadar yüksektir ve su üretimden gelen diğer atıksular (iyileştirme faaliyetlerinden elde edilen yeraltı suyu) ile birlikte başka bir aşamada arıtılmaktadır. Bu işlemde ayrıca kükürt ile metalleri çökeltmek için sülfat indirgeyen bakteriler de kullanılır, ancak bu durumda etanol hidrojen yerine elektron verici olarak kullanılır. Bu durumda genel denklem:



Atık su akımlarındaki yüksek miktarda serbest metal konsantrasyonu sülfat indirgeyen bakteriler



için zehirli olduğundan, reaktörde fazladan kükürt üretilmelidir. Deşarj edilen suyun serbest kükürt konsantrasyonunun düşük olması gerektiğinden, kalan kükürt iyonlarını elementel kükürt haline dönüştürmek için aerobik biyolojik reaktör kullanılır:



Çinko üretim bölümlerindeki metalleri ve kükürtü sülfürik asit olarak geri kazanmak için tüm metal sülfidler ve biyokütle çamurları, kavurma aşamasına geri gönderilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Suya verilen metal emisyonlarının azaltılması.
- Metal bulunduran atıksuyun biyolojik ve inorganik kükürt ilavesi (NaHS, Na<sub>2</sub>S) ile arıtılmaları sonucunda ortaya çıkan temiz su, arıtım kimyaları aynı sonuca dayandığı için (metal sülfürlerin düşük çözünürlüklerine dayanır) benzer ve en iyi atıksu arıtım yöntemleridir.
- Suya verilen sülfat emisyonlarının azaltılması. Biyolojik proseste arıtılmış suyun sülfat içeriği de azaltıldığı için ek bir pozitif etkiye sahiptir. Klasik inorganik AAT prosesinde yaklaşık 600 mg/l civarında olan sülfat konsantrasyonu yaklaşık 1600 mg/l'lik konsantrasyonlara ulaşabilir.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Tablo 6.58, RLE tesislerinden ortaya çıkan ve suya verilen emisyonlarına (spesifik olarak bir yıl içinde elde edilen örneklerin ortalamaları ve bir yıl içinde maksimum günlük ortalamalar) ilişkin tesise özel veriler gösterilmektedir.

Tablo 6.58: RLE tesislerinden suya verilen emisyonlar (Bölüm 1)

Tesis		A		B		C		D Özütleme + Mg & Mn giderimi		D Özütleme+ yağmur suyu		D H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi	
Akış	m <sup>3</sup> /h	110–145		248		257,4		84,6		81,4		5,8	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Zn	mg/l	0,02–0,25	0,25	0,17	0,34	2,3	3,5	0,8	1,66	0,39	0,92	0,18	0,37
Cd	mg/l	< 0,004	0,004	0,0018	0,005	0,013	0,13	0,01	0,027	0,02	0,0352	0,01	0,0065
Pb	mg/l	NR	NR	0,002	0,015	0,035	0,107	0,022	0,031	0,029	0,05	0,033	0,064
Hg	mg/l	< 0,00025	NR	0,0001	NR	0,001	0,0026	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,001	0,0017
As	mg/l	0,005–0,01	0,01	0,0011	0,003	0,008	0,012	0,002	0,002	0,002	0,002	3,6	11,51
Cu	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,0004	NR	0,006	0,01	0,005	0,012	0,006	0,013	0,009	0,024
Ni	mg/l	0,1–0,4	0,4	0,002	0,017	0,005	0,005	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Fe	mg/l	1,2–2,9	2,9	0,85	1,9	0,2	0,2	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Co	mg/l	0,1–0,3	0,3	0,0001	0,002	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Cr	mg/l	NR	NR	0,003	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SO <sub>4</sub> --	mg/l	NR	NR	574	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NB: Uygulanan azaltım teknikleri:  
Tesis A: Ca(OH)<sub>2</sub> Çöktürme ile pH kontrolü, Na<sub>2</sub>S kükürt çöktürme, filtre (bitişikteki Co-Ni-Cu tesisi ile ortak Atıksu Arıtma Tesisi).  
Tesis B: Ca(OH)<sub>2</sub> Çöktürme ile pH kontrolü, sülfatın sülfite biyolojik olarak indirgenmesi, çöktürücü.  
Tesis C: Ca(OH)<sub>2</sub> Çöktürme ile pH kontrolü çöktürücü, flokülasyon, kum filtresi.  
Tesis D: Ca(OH)<sub>2</sub> Çöktürme ile pH kontrolü Na<sub>2</sub>S ile sülfid çöktürme, kum filtresi.  
Tesis D: Ca(OH)<sub>2</sub> Çöktürme ile pH kontrolü Na<sub>2</sub>S ile sülfid çöktürme, kum filtresi.  
Tesis D: Na<sub>2</sub>S + CuSO<sub>4</sub> ile sülfid çöktürme, NaOH + Na<sub>2</sub>S ile pH kontrolü, filtrasyon.  
NR = Bildirilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 6.59: RLE tesisinden suya verilen emisyonlar (Bölüm 2)

Tesis		E	F		G		H	I	
Akış	m <sup>3</sup> /h	195	42		350		NR	330	
		Ort.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Ort.	Maks.
Zn	mg/l	0,04	0,04	0,1	0,56	2,5	0,39	0,03	0,06
Cd	mg/l	0,002	0,0012	0,0024	0,066	0,1	0,02	0,0007	0,006
Pb	mg/l	0,0031	0,013	0,029	0,091	0,3	0,02	0,0067	0,019
Hg	mg/l	NR	0,0006	0,0017	< 0,001	NR	NR	0,0002	0,00032
As	mg/l	0,0123	0,019	0,093	< 0,001	0,001	NR	< 0,001	< 0,001
Cu	mg/l	0,0003	0,005	0,005	0,02	0,05	0,05	< 0,01	< 0,01
Ni	mg/l	NR	0,005	0,005	NR	NR	NR	< 0,001	0,002
Fe	mg/l	0,06	0,04	0,077	0,04	0,2	0,09	< 0,05	< 0,05
Cr	mg/l	0,0015	0,005	0,005	NR	NR	NR	< 0,001	< 0,001
SO <sub>4</sub> --	mg/l	996	NR	NR	650	1200	650	155	269
Sb	mg/l	0,002	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NB: Uygulanan azaltım teknikleri:  
Plant E: Ca(OH)<sub>2</sub> ile pH kontrolü, Na<sub>2</sub>S ile sülfid çöktürme, çöktürme, filtrasyon.  
Plant F: Na(OH) ile pH kontrolü, Na<sub>2</sub>S ile sülfid çöktürme, çöktürme, filtrasyon.  
Plant G: Na(OH) ile pH kontrolü, Na<sub>2</sub>S ile sülfid çöktürme, çöktürme, filtrasyon.  
Plant H: Atıksu ortak arıtma tesisine gönderilir.  
Plant I: Ca(OH)<sub>2</sub> veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile pH kontrolü, özel (açıklanmamış) kimyasal çöktürme, flokülasyon çöktürme.  
E ve I tesisleri Waelz oksit yıkamadan gelen atık su nedeniyle daha yüksek bir Cl içeriğine sahiptir.  
Yağmur suyu miktarı tesisler arasında çok değişebilir. Örneğin, D Tesisin'deki yıllık yağışlar 2000 mm iken, F Tesisin'deki yağışlar 600 mm'ye kadardır.  
Çöktürme kapasitesi çok düşük olduğunda, çökeltilem katı maddeler AAT'nin deşarjı ile birlikte bırakılabilir. Yağış dönemlerinde, atık su akışı daha yüksektir ve çökeltme süresi daha kısadır.  
NR = Bildirilmemiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 6.60 Avrupa'daki sadece ISF tesisinden suya verilen tesise özel emisyon verilerini göstermektedir.

Tablo 6.60: Bir ISF tesisinden suya verilen emisyonlar

	Birim	O Tesisi
Zn	mg/l	0,70
Cd	mg/l	0,12
Pb	mg/l	0,12
Tl	mg/l	0,68
Cl-	mg/l	970
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	770

NB: Uygulanan azaltım teknikleri Ca(OH)<sub>2</sub> çöktürme ile pH kontrolü, Na<sub>2</sub>S ile kükürt çöktürme.  
Atık su akışları, proses atık sularından, yağmur suyundan ve boşaltım alanından gelen suları kapsamaktadır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Ayrıca Japonya'da bulunan çözücü ekstraksiyonu prosesi ile ikincil çinko üreten bir tesisin emisyonları bildirilmiştir (bkz. Tablo 6.61).

Tablo 6.61: Çözelti ekstraksiyonu ile ikincil çinko üretiminden ortaya çıkan atıksular

Çözelti ekstraksiyonundan ortaya çıkan atıksular		
	Birim	Japonya'daki tesis
Zn	mg/l	< 0,2
Pb	mg/l	< 0,02
Cu	mg/l	< 0,5
Cd	mg/l	< 0,05
F	mg/l	3,3
COD	mg/l	4,7
TSS	mg/l	3,7
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

### Ortamlar arası etkiler

#### İnorganik bir prosese dayalı atık su arıtma tesisi

- Nötralize edici maddelerin (kireç, sodyum hidroksit), silfit kaynaklarının (NaHS, Na<sub>2</sub>S) ve flokülantların kullanılması.
- Atık üretilmesi.

#### Biyolojik bir prosese dayalı atıksu arıtma tesisi

- Nötralize edici maddelerin (kireç, sodyum hidroksit), ve flokülantların kullanılması. İnorganik prosese göre daha az nötralize edici madde ihtiyacı bulunmaktadır.
- Doğalgaz, etanol veya diğer karbon kaynaklarının kullanılması.
- Enerji kullanımının artması (minimum 30 °C'lik bir sıcaklık sağlanmalıdır).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

#### İnorganik bir prosese dayalı atık su arıtma tesisi

Yaygın olarak kullanıldığından kullanımı ile ilgili bilgilere ulaşmak oldukça kolaydır.

#### Biyolojik bir prosese dayalı atıksu arıtma tesisi

Bu proses inorganik prosese göre daha hassas ve karmaşık bir prosestir. Bu durum ve yaklaşık 30 °C'lik bir minimum sıcaklık sağlanması gerekliliği, bu tekniğin genel uygulanabilirliğini düşürmektedir; bu nedenle tesise özgü bir değerlendirme yapılması gerekmektedir.

### Ekonomik veriler

#### İnorganik bir prosese dayalı atık su arıtma tesisi

Bilgi sağlanamamıştır ancak bu teknik endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### Biyolojik bir prosese dayalı atıksu arıtma tesisi

Bilgi sağlanamamıştır. Yatırım maliyetleri ve doğrudan işletme maliyetleri benzer inorganik proseslere göre daha yüksektir, ancak AB'deki bir tesis bu prosesi uygun bir şekilde çalıştırmaktadır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Su verilen metal ve diğer kirletici emisyonların azaltılması.

### Örnek tesisler

- Biyolojik proses: Nyrstar Budel (NL).
- İnorganik proses: Diğer tüm Avrupa çinko üretim tesisleri.
- Özel (açıklanmayan) bir kimyasal ile çöktürme: I Tesisi.

### Referans literatür

[ 319, Boonstra 2003 ], [ 320, Huisman 2004 ], [ 401, Houten et al. 2009 ], [ 402, Buisman et al. 1999 ]

### 6.3.14. Kadmiyum üretimi ve geri kazanım yöntemleri

### 6.3.15. Hidrometalurjik kadmiyum üretimi

#### 6.3.15.1. Özütleme ve katı-sıvı ayrımı işlemlerinden ortaya çıkan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

Merkezi emme sistemi,

Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

##### Teknik açıklama

Kadmiyumun üretilmesine adanmış özel bir bölümün bulunması durumunda, tüm ekipman merkezi bir emme sistemine bağlanır ve egzoz gazı ıslak bir gaz yıkayıcı ile arıtılır. Gaz temizleme çözültisi sızıntısı, çinko özütleme bölümüne geri döndürülür [234, UBA (D) 2007].

##### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya salınan emisyonların önlenmesi ve azaltılması.

##### Çevresel performans ve işletme verileri

F Tesisi için veriler Tablo 6.29'da gösterilmiştir. Bu durumda hidrometalurjik tesis reaktörleri çinko çözültisi saflaştırma reaktörleri, kadmiyum tesisi reaktörleri, kadmiyum sementasyonu ve peletleme işlemleri ve bakır artığı işleme reaktörü, merkezi bir gaz yıkayıcıya bağlanmıştır.

##### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

##### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Özel kadmiyum özütleme bölümlerine uygulanabilir.

##### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

##### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Havaya salınan emisyonların azaltılması.
- İş sağlığı.

##### Örnek tesisler

Belçika, Bulgaristan, Almanya, Hollanda ve Polonya'da bulunan tesisler.

##### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

#### 6.3.15.2. Elektrolizden kaynaklanan emisyonların önlenmesi için teknikler

##### Açıklama

Hücrelerin plastik bir branda veya tek tek şeritler ile örtülmesi.

##### Teknik açıklama

Elektrolitik çinko prosesinde olduğu gibi, ancak daha küçük ölçekte, kadmiyum, saflaştırılmış kadmiyum sülfat çözültisinden alüminyum başlangıç katotlarına tortu şeklinde biriktirilir ve anotlarda oksijen ortaya çıkar. Yüzeyde patlayan oksijen kabarcıkları bir asit dumanı (aerosol) oluşturabilir. Bu duman emisyonlarını azaltmak için, hücreler plastik bir branda ile kaplanabilir veya elektrotların üzerine/arasına ayrı plastik kapak şeritleri yerleştirilebilir.

Yayıllı toz emisyonları, iyi bir temizlik ile azaltılabilir, örn. kadmiyum içeren sıvı ve katı madde dökülmeleri gecikmeden hemen temizlenmeli, zemin alanı (bir kısmı) ıslak tutulmalı.

### Elde edilen çevresel faydalar

Asit dumanı emisyonları ve yayıllı emisyonların önlenmesi.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Belirtilen tekniklerin özel katkısı hakkında bilgi verilmemiştir.

### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genellikle herhangi bir kadmiyum hücre evinde uygulanabilir.

### Ekonomik veriler

Plastik örtülerin yatırım maliyeti nispeten sınırlıdır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Havaya salınan emisyonların önlenmesi.
- İş sağlığı.

### Örnek tesisler

Nyrstar Budel (NL).

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.15.3. Hidrometalurjik kadmiyum üretiminden ortaya çıkan atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler

#### Açıklama

Hidrometalurjik çinko üretiminden gelen, kadmiyum bakımından zengin sementatın geri kazanımı veya çöktürülmesi.

#### Teknik açıklama

##### *Geri kazanım*

Bu proses, çinko prosesinden, kadmiyumun saflaştırma bölümünde kadmiyum bakımından zengin bir sement olarak ayrılmasını, daha sonra konsantre edilmesini, (elektroliz veya pirometalurjik proses) rafine edilmesini ve son olarak da pazarlanabilir kadmiyum metali veya kadmiyum bileşiklerine dönüştürülmesini içerir.

##### *Çöktürme*

Bu proses, çinko prosesinden, kadmiyumun saflaştırma bölümünde kadmiyum bakımından zengin bir sement olarak ayrılmasını, kadmiyumun hidrometalurjik işlemler ile sıkı kontrol şartlarında gömülen kadmiyum bakımından zengin bir çökeltiye (örn. sement (Cd Metali), Cd(OH)<sub>2</sub>) dönüştürülmesini içerir.

### Elde edilen çevresel faydalar

#### *Geri kazanım*

Atık oluşumu gerçekleşmeyen bir proses.

#### *Çöktürme*

Toprağa gömmek için hedeflenen kadmiyum atığı dışında, proseste atık oluşmamaktadır: tüm proses akışları kadmiyum bölümünde veya çinko tesis akışında geri dönüştürülür. Toprağa gömülecek kalıntı hacmi nispeten sınırlıdır, çünkü proses kadmiyum konsantrasyonu yüksek (en az %20) olacak şekilde uygulanır. Toprağa gömme şartları ilgili mevzuata uymalıdır. Bu,

genellikle, fiziksel özelliklerini (örneğin, sızdırmazlığı) geliştirmek için yerinde ya da gömme tesislerinde artığın (örn. kireç ilave edilmesi) stabilize edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Gömülme üzere gönderilen kadmiyum bakımından zengin çökeltinin oranı, piyasadaki talebe bağlıdır.

### Ortamlar arası etkiler

#### Geri kazanım

- Reaktif maddelerin kullanılması. Saflaştırma veya kadmiyum bölümünde kadmiyumun sementasyonu için çinko tozu gerekmektedir ( $Cd^{++} + Zn \rightarrow Cd + Zn^{++}$  reaksiyonuna göre stokiyometrik miktarın 1,1-1,6 katı).
- Enerji kullanımının artması (Kadmiyumun metalik formuna dönüştürülmesi için elektroliz ve ergitme/döküm aşamalarında elektrik kullanılması gerekmektedir).

#### Çöktürme

- Reaktif maddelerin kullanılması. Saflaştırma veya kadmiyum bölümünde kadmiyumun sementasyonu için çinko tozu gerekmektedir ( $Cd^{++} + Zn \rightarrow Cd + Zn^{++}$  reaksiyonuna göre stokiyometrik miktarın 1,1-1,6 katı). Ayrıca, kadmiyumun metalik olmayan bir formda (ör., bir hidroksit olarak) çökmesi için ilave kireç veya NaOH kullanılması gerekmektedir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Proses açısından bakıldığında, geri kazanım prosesi çöktürme prosesinden daha karmaşık ve daha az dayanıklı bir prosestir: Bir atık artığının çökeltimi ile elde edilen kadmiyum sülfat çözeltisi için kalite şartları daha düşük olduğundan, kadmiyum sülfat çözeltisinin elektroliz bölümünde işlenmeden önce saflaştırılması gerekmektedir.

Geri kazanım işleminde gerekli olan ekipmanlar (reaksiyon tankları, çökelticiler, elektrolitik hücreler, ergitme ocağı, döküm ekipmanı) çöktürücülere göre (reaksiyon tankları, çökelticiler, filtre) daha kapsamlıdır.

Bir tesisin bu iki seçenektan hangisini tercih edeceği büyük ölçüde pazar koşullarına (örn., kadmiyum piyasası teorik olarak üretilebilen tüm kadmiyumları kullanmak için çok küçüktür), gömme olanaklarına/koşullarına ve gerekli ekipman ve uzmanlığın kullanılabilirliğine vb. bağlıdır. Bu koşullar, tesis veya bölgeye özgü olabilir ve zaman içinde değişebilir.

### Ekonomik veriler

Sayısal bakımdan veriler bulunmamaktadır, ancak her iki seçeneğin maliyeti ve faydaları, piyasa koşullarına (kadmiyumun fiyatı, kısa süreliye karşı uzun süreli piyasa), gömme olanaklarına/koşullarına (fiyat, gömme alanına uzaklık), yatırım maliyetlerine ve işletme maliyetlerine (insan gücü, enerji, reaktifler) bağlıdır. Bu koşullar, tesis veya bölgeye özgü olabilir ve zaman içinde değişebilir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Bu iki seçenektan birini uygulanmasının avantajları:

- Kısa ve uzun vadede karlılık/maliyet,
- Çevresel etki (atık oluşumu/önlenmesi, elektrik ve reaktif madde kullanımı),
- Çevresel ve insan sağlığı mevzuatına uyum kabiliyeti.

### Örnek tesisler

- Geri kazanım: B, D ve F Tesisleri.
- Çöktürme: A Tesisi (beton bunkerinde depolama), E Tesisi (kadmiyum hidroksitin gömülmesi) ve P Tesisi (kadmiyum bakımından zengin atıkların gömülmesi).

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.16. Pirometalurjik kadmiyum üretimi

#### 6.3.16.1. Pirometalurjik kadmiyum üretiminde (ISP) kadmiyum tesisinden ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

B, D ve F tesislerinden elde edilen veriler Bölüm 6.3.5.3'te verilmiştir.

#### 6.3.16.2. Metalik kadmiyum sementlerinin briketlenmesi ve peletlenmesi sırasında ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Merkezi emme sistemi,
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6).

##### Teknik açıklama

Kadmiyum sülfat çözeltisi, kadmiyum çökeltim tankına pompalanır. Çinko tozu eklenir ve kadmiyum küçük peletler halinde çökeltilir. Peletler bir Nutsche filtresinde çözeltiden ayrılır, yıkanır ve bir hidrolik preste briket olarak preslenir. Briketler, kadmiyum rafinerisine taşınmak üzere kapalı kaplarda toplanır. Briketlerdeki kadmiyum içeriği %98'den fazladır. Kullanılmış olan çözelti, çinko özütleme bölümüne geri dönüştürülür.

Ekipman bir merkezi emme sistemine bağlanmıştır ve egzoz gazı bir ıslak gaz yıkayıcıda arıtılır. Temizleme çözeltisi sızıntısı çinko özütleme bölümünde kullanılır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

##### Çevresel performans ve işletme verileri

F Tesisi için veriler Tablo 6.29'da gösterilmiştir. Bu durumda hidrometalurjik tesis reaktörleri çinko çözeltisi saflaştırma reaktörleri, kadmiyum tesisi reaktörleri, kadmiyum sementasyonu ve peletleme işlemleri ve bakır artığı işleme reaktörü, merkezi bir gaz yıkayıcıya bağlanmıştır.

##### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

##### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi sağlanamamıştır.

##### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

##### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Uygun bir maliyetle çalıştırılabilecek, çevresel açıdan güvenli bir prosestir.

##### Örnek tesisler

F Tesisi.

##### Referans literatür

Referans literatür bilgi sağlanamamıştır.



### 6.3.16.3. Dumanlaştırma/yoğuşturma ile kadmiyum geri kazanımından ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6).

#### Teknik açıklama

Düşük sıcaklıklı yöntemde, kadmiyum briketler (Bölüm 6.3.5.2.2'de tarif edilen bir işlemde üretilen) bir fırın içinde kostik soda ceketli altında ergitilir. Cüruf giderilir ve küçük külçeler halinde dökülür. Sıvı kadmiyum rafinasyon fırınına aktarılır.

Rafinasyon fırınında, çinkoyu gidermek için erimiş kadmiyum kostik soda ile işlenir. Karışım birkaç saat karıştırılır. Daha sonra karıştırıcı kapatılır, cüruf uzaklaştırılır ve kadmiyum küçük külçeler halinde dökülür. Bu durumda metal %99,5'den daha fazla oranda kadmiyum içerir ve vakumlu distilasyon işlemine aktarılır.

Vakumlu distilasyonda kadmiyum, daha düşük buhar basıncına sahip olan bileşenlerden ayrılır. Distilasyon ünitesi vakum altında tutulur ve metal erime noktasına yakın bir sıcaklıkta buharlaştırılır. Daha az uçucu olan bileşenler yoğunlaşır ve fırına geri akar. Yüksek dereceli kadmiyum kondensat olarak toplanır ve külçeler halinde dökülür.

Kadmiyum rafinasyonunda kullanılan tüm ekipmanlar, merkezi bir emme sistemine bağlanmıştır. F Tesisin'de, egzoz gazı çevreye salınmadan önce bir ESP'de arıtılır. ESP'de toplanan toz, periyodik olarak su yardımıyla yıkanır. Atık su, çinko özütleme bölümünde kullanılır. B Tesisinde bir gaz yıkayıcı ve D Tesisinde ise bir torba filtre kullanılmaktadır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya salınan emisyonların azaltılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Her iki atık gaz da aynı azaltım sistemi ile arıtıldığından, B, D ve F tesislerinden elde edilen veriler Bölüm 6.3.5.3'te verilmiştir.

Tablo 6.62, B, E Tesisleri (E Tesisinden elde edilen kadmiyumun son rafinasyonu B Tesisinde gerçekleşir) ve F Tesisleri (hidrometalurjik/vakumlu distilasyon yöntemi ile kadmiyum üretimi) için kadmiyum çıkış dağılımını göstermektedir.

**Tablo 6.62: Avrupa'da bulunan çinko rafinasyon tesislerindeki kadmiyum çıkış dağılımları**

Giriş (%)	B Tesisi	E Tesisi	F Tesisi
Geri kazanılan kadmiyum metali	90,4	14	Yaklaşık 70
Yan ürünlerdeki kirletici madde olarak kadmiyum (Cu ve Pb-Ag konsantreleri)	9,4	41	20–25
Kadmiyum bertarafı	Bildirilmemiştir	35 (Cd atığı) + 5 (götüt)	5–10 (Jarofix)
AAT çamuru ile birlikte bertaraf edilen kadmiyum	0,1	5	Approx, 0,1
Havaya salınan emisyonlardaki kadmiyum	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Suya verilen emisyonlardaki kadmiyum	< 0,01	< 0,01	< 0,01

**Ortamlar arası etkiler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

- Teknik sadece pirometalurjik olarak rafine edilmiş olan kadmiyum için bir talep olduğunda geçerlidir.
- Atık oluşturmadan çalışmak için, proses bir hidrometalurjik çinko rafinerisine entegre edilmelidir.

**Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Bilgi sağlanamamıştır.

**Örnek tesisler**

B, E ve F Tesisleri.

**Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

**6.3.16.4. Pirometalurjik kadmiyum üretiminden ortaya çıkan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler**

Ortaya çıkan bütün kalıntılar tesis içinde veya dışında geri dönüştürülmekte/geri kazanılmaktadır.

**6.3.17. Kadmiyum ingotların (birincil veya ikincil döngüler) ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümü****6.3.17.1. Ergitme, yeniden ergitme, alaşımlama ve bekletme ve döküm fırınlarından ortaya çıkan emisyonların önlenmesi ve azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6).

### Teknik açıklama

Yüksek dereceli kadmiyum, rafine kadmiyum için fırından manuel olarak top, çubuk veya diğer biçimlerde dökülür. Dökümler plastik kaplı karton kutulara veya büyük torbalara kesilir ve paketlenir. Döküm ve kesme hurdaları özel bir fırında ergitilir ve yeniden dökülür.

Fırınlardan merkezi bir emme sistemine bağlanır. Egzoz gazı çevreye salınmadan önce bir gaz yıkayıcıda veya ESP'de arıtılır. ESP'de toplanan toz, periyodik olarak su ile yıkanır. Atık su, çinko özütleme bölümünde kullanılır. Benzer şekilde, gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan sızıntı, çinko tesisinde işlenebilir.

Ergitme fırınlarından gelen cüruf çinko tesisine geri gönderilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Ortaya atık çıkmaması.
- Bir ESP ile çok düşük emisyon seviyeleri elde edilebilmesi.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Farklı kadmiyum proseslerinden elde edilen tesise özel veriler Tablo 6.61'de verilmiştir.

**Tablo 6.63: Ergitme, yeniden ergitme, alaşımlama ve bekletme ve döküm fırınlarından ortaya çıkan emisyonları**

Tesis		B		D		F	
		Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Akış	Nm <sup>3</sup> /h	4 950	NR	10 087	NR	7 500	NR
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	0,106	0,264	1,5	2,5	0,06	0,19
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0,093	0,232	0,090	0,16	0,001	0,006
Uygulanan Teknik		Gaz yıkayıcı		Torba filtre		ESP	
Örnekleme sıklığı	Sayı/yıl	1		1		12	
Cd prosesi		Katot ergitme		Soda izabesi		Soda izabesi & Vakumlu distilasyon	
NB: NR = Bildirilmemiştir Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]							

### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevresel mevzuat şartlarının sağlanması.

### Örnek tesisler

B, D ve F Tesisleri

### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.17.2. Ergitme prosesinden ortaya çıkan kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi için teknikler

Ergitme prosesinde atık ürün ortaya çıkmamaktadır. Ortaya çıkan bütün kalıntı ara ürünler proses içerisinde yeniden kullanılmaktadır.

### 6.3.17.3. Atıksu oluşumunu önlemek için teknikler

#### Açıklama

Kadmiyum dökümünden ortaya çıkan atıksuların önlenmesi.

#### Teknik açıklama

Bu üretim yönteminden atıksu ortaya çıkmamaktadır.

Bütün çözeltiler kapalı hatlarda taşınmaktadır. Islak gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan atıksu çinko özütleme işleminde yeniden kullanılmaktadır.

Soğutma suyu kullanılmamaktadır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Atıksu ortaya çıkmamaktadır.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Atıksu ortaya çıkmamaktadır.

#### Ortamlar arası etkiler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

Çevreye verilen kadmiyum emisyonlarının azaltılması.

#### Örnek tesisler

B, D ve F Tesisleri.

#### Referans literatür

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

### 6.3.18. Kadmiyum üretim tesislerinden ortaya çıkan atıksuların artırılması (birincil, ikincil hidrometalurjik ve pirometalurjik prosesler)

#### Açıklama

Kadmiyum üretim tesislerinden ortaya çıkan atıksuyun artırılması.

#### Teknik açıklama

Metalurjik kadmiyum tesisi bir metalurjik çinko tesisi ile entegre edildiğinde, kadmiyum bölümünden ortaya çıkan bütün atıksular ortak bir atıksu arıtma tesisinde arıtılırlar (bkz. Bölüm 6.3.4 ve 2.12.6.2).

Kadmiyum bölümü, bir çinko üretim birimine entegre edilmediğinde ve proses, alıcı su ortamına deşarj edilecek şekilde tasarlandığında, yukarıda bahsedilen tekniklere, ilave olarak absorpsiyon kolonları (toplam akış uygun olduğunda) uygulanabilir.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Alıcı ortama düşük kadmiyum salınımı.

### **Çevresel performans ve işletme verileri**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Ortamlar arası etkiler**

- Reaktif maddelerin kullanılması.
- Nihai kalıntılar inertleşmiştir ve gömülmelidir.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Uygulanabilirlik yerel şartlar tarafından belirlenir.

### **Ekonomik veriler**

Bilgi sağlanamamıştır.

### **Uygulamanın seçilmesinin avantajları**

Su Çerçeve Direktifi ve ulusal mevzuatlara uygunluk.

### **Örnek tesisler**

Belçika, Hollanda, Fransa, Almanya, Bulgaristan, Polonya, İsviçre ve Norveç'te bulunan tesisler.

### **Referans literatür**

Referans literatür bilgisi sağlanamamıştır.

## 6.4. Gelişen teknikler

### *Waelz cürufundan metal geri kazanımını artırma prosesi (i-Meltor™)*

Waelz cürufundan, metalleri ve pik demiri ayırmak için uyarlanmış, Waelz cürufunun bir AC elektrik ark ocağında işlenmesinden oluşmaktadır. İşlem, çelik endüstrisindeki elektrik ark ocağı tozundan çinko geri kazanım yöntemine benzemektedir.

Bu proses şimdiye kadar, Avrupa'da bulunan birkaç Waelz fırınında test edilmiştir, ancak artan enerji maliyetleri nedeniyle hala ekonomik olarak rekabetçi değildir.

Bu işlemin kullanımı, son yakıcı odası, kuru gaz yıkayıcı ve tozsuzlaştırma sistemleri gibi tamamlayıcı hava arıtım tekniklerinin uygulanmasını içermektedir.

### *EAF tozundan çinko geri kazanımı için SX-EW sistemi*

EAF tozundan çinko geri kazanımı için bir SX-EW sistemi kullanıldığı bildirilmiştir.

### *Çinko ve kurşun geri kazanımı için klor bazlı özütleme prosesleri*

Çinko ve kurşun geri kazanımı için klorür bazlı özütleme işlemleri kullanılması hala gösteri aşamasındadır [ 202, Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente 1999 ].

### *İkincil çinko malzemeler için bir plama yakıcı kullanılması*

İkincil çinko malzemeler için bir plama yakıcı kullanıldığı bildirilmiştir.

### *Jarosit ve götütün termal olarak işlenmesi*

Outotec prosesinde, jarosit ve goetitin termal olarak işlenmesi gösterilmiştir [98, Lijftogt, J.A. ve arkadaşları 1998]. Çinko ve diğer uçucu metaller dumanlaştırılır ve geri kazanılır. Üretilen cüruf ise yapı malzemesi olarak kullanmak için uygun olabilir. Bununla birlikte, genel bir kalıntı işleme yöntemi olarak bu proseslerin ekonomik olarak uygulanabilir olduğu gösterilmemiştir.

İnce malzemenin bir yüksek fırının hava deliğinden, enjekte edilmesi başarılı bir şekilde kullanılmış ve tozlu malzemenin işlenmesini ve ince malzemelerin sinter tesisine geri gönderilmesinde kullanılan enerjiyi azaltmıştır.

EZINEX® prosesi, amonyak/amonyum klorür özütleme ve ardından sementasyon ve elektroliz işlemlerinin gerçekleştirilmesine dayanmaktadır. EAF tozlarının doğrudan işlenmesi için geliştirilmiş ve bu prosesi kullanan bir tesis faaliyete geçmiştir. Ayrıca bu proses daha zengin ikincil çinko içeren besleme malzemeleri için de kullanılabilir [117, Krüger, J. 1999].

Kapalı bir geri dönüşüm döngüsünde sadece belirli pil parçalarını işleyerek pillerin geri dönüşümünü optimize etmek için de prosesler geliştirilmektedir. Bilinen prosesler hala geliştirme aşamasındadır.

Çinko ve kurşunun geri kazanımı ve kullanılabilir ve çevre dostu bir cürufun geri kazanımı için daldırılmış ark ocağı içinde pirometalurjik çinko ve kurşun üretiminden kaynaklanan cürufların işlenmesi de incelenmektedir.

Elektrik ark ocağı tozunun, kumaş filtrede yeniden sirkülasyonu tozın toplanması sağlar. Bu da torba filtrelerde toplanan tozun çinko içeriğinin artmasına neden olur.

## 7. DEĞERLİ METALLER ÜRETMEK İÇİN YÖNTEMLER

### 7.1. Uygulanan yöntemler ve teknikler

Kıymetli metaller uygun şekilde üç gruba ayrılabilir; gümüş, altın ve platin grubu metaller (sonuncusu, PGM'ler, platin, paladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyum içerir). En önemli kaynaklar değerli metal cevherleri, diğer demir dışı metallerin işlenmesinden elde edilen yan ürünlerdir (özellikle bakır üretiminden anot çamurları, liç kalıntıları ve çinko ve kurşun üretiminden ham metal) ve geri dönüştürülmüş malzemelerdir. Birçok ham madde Tehlikeli Atık Direktifine tabidir ve bunun nakliye, kullanma ve bildirim sistemleri üzerinde bir etkisi vardır.

Üretim süreçleri birincil ve ikincil hammaddeler için geneldir ve bunlar bundan dolayı birlikte tanımlanmıştır. Belirli bir rafineri için, operasyon ölçeği mevcut her metalin bağlı miktarlarını yansıtır. Tipik olarak PGM'lerden çok daha fazla gümüş ve altın var.

Bu metallerin kimyasal özelliklerini kullanan çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Nispeten etkisiz olmalarına rağmen, bunların reaktiviteleri değişir ve bileşiklerindeki metalin çeşitli oksitlenme durumları, çeşitli ayırma tekniklerinin kullanılmasına olanak sağlar [5, B R Lerwill et al. 1993], [18, HMIP (İngiltere) 1994]. Örneğin, rutenyum ve osmiyum tetroksitleri uçucudur ve damıtma yoluyla kolayca ayrılabilir. Süreçlerin birçoğu çok reaktif reaktifler kullanır veya toksik ürünler üretir ve bu faktörler kayıpları en aza indirmek için önleme, arıza emniyetli sistemleri ve kapalı drenaj alanları kullanılarak dikkate alınır. Bu ayrıca metallerin yüksek değeri tarafından yönlendirilir.

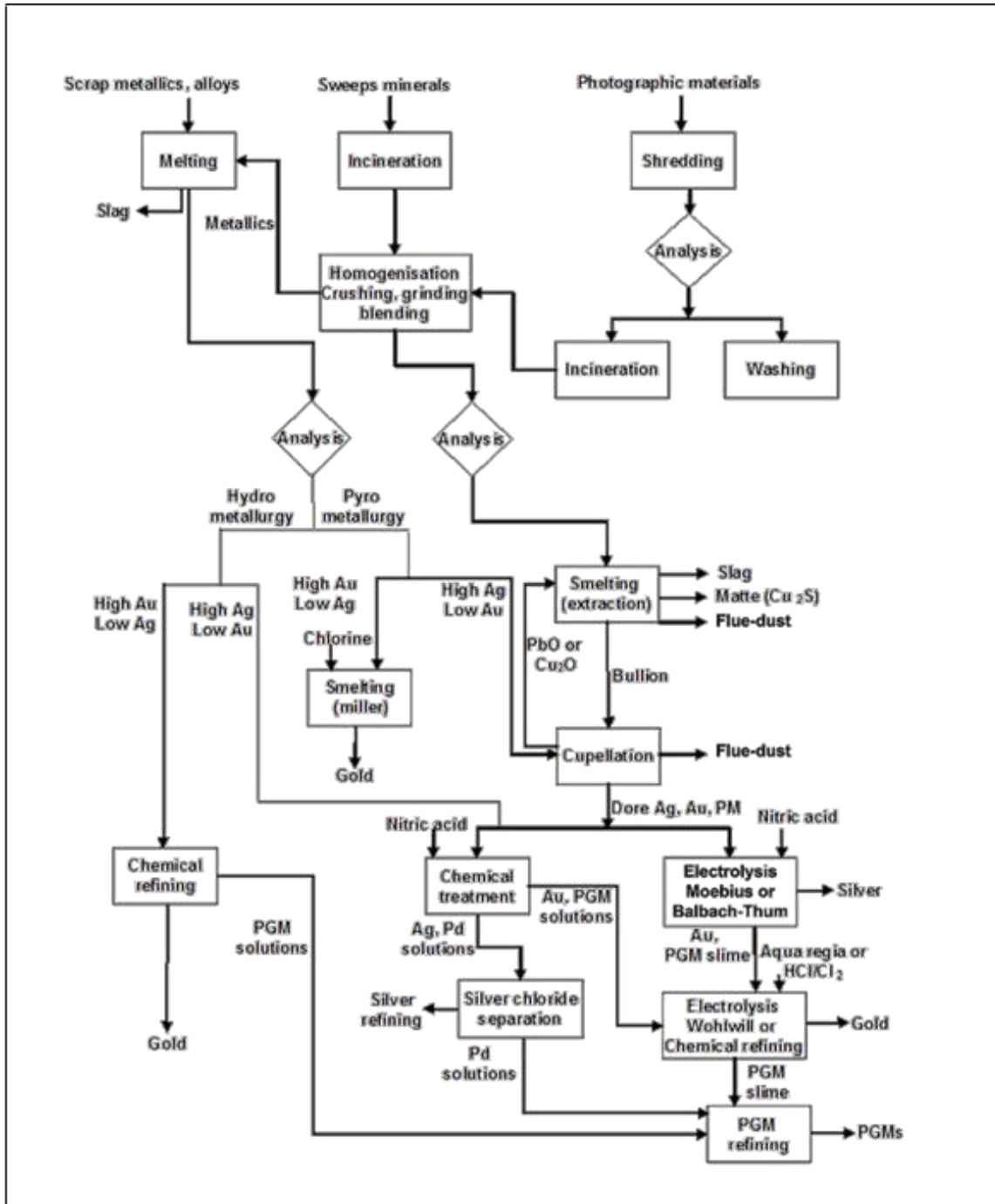
Süreçlerin çoğu ticari olarak gizlidir ve sadece anahat açıklamaları mevcuttur. Üretim süreçleri genellikle belirli bir hammaddede bulunan değerli metalleri geri kazanmak için çeşitli kombinasyonlarda gerçekleştirilir. Endüstrinin diğer özelliği, genellikle, değerli metallerin metalin değerinden bağımsız olan bir ücret esasına göre geri kazanılmasıdır. Bu nedenle, Yöntemlerin çoğu, materyali doğru şekilde örneklemek ve analiz etmek ve geri kazanmak için tasarlanmıştır. Örnekleme, malzeme normal işlem sırasında yan akışlardan veya fiziksel olarak işlendikten sonra gerçekleştirilir. Sektörde 200'ün üzerinde hammadde bulunmaktadır ve bunlar normal olarak Tablo 7.1'de gösterildiği gibi beş homojenizasyon kategorisine ayrılır.

**Tablo 7.1: Ham maddelerin homojenizasyon kategorileri**

Homojenizasyon kategorisi	Ham madde türü	Açıklam
Orijinal	Katalizörler, hazırlanan kırıntılar, çözümler	Doğrudan proses
Kırıntı	Mineral + metal, yanmaz karbon katalizörler	Yakma, kavurma ve ön zenginleştirme
Hurda	Eriyebilir malzemeler	
Parçalanacak malzeme	Fotoğrafik materyal, elektronik hurda	
Ayrıştırma için malzeme	Asit içerisinde çözünen malzeme, CN, NaOH, gibi.	

*Kaynak: [ 18, HMIP (UK) 1994 ].*

Hammadde karakterizasyonu en uygun proses akış şeması giriş noktasına (bkz. Şekil 7.1) dayanmaktadır ve büyük ölçüde malzemenin içerdiği değerli metallere bağımsızdır. Hammaddeler genellikle bu karakterizasyona göre örneklenir ve çoğu şirketin bu planı kullandığı rapor edilir. Örnekler, değerli metal içeriğini çözmek veya analiz yapabilen bir tür üretmek için işleme tabi tutulur. Bazen bu, gerçek geri kazanım sürecinin tamamını veya bir kısmını da içerebilir ve böylece örnekleme işlemi sırasında azaltma sistemleri kullanılır.

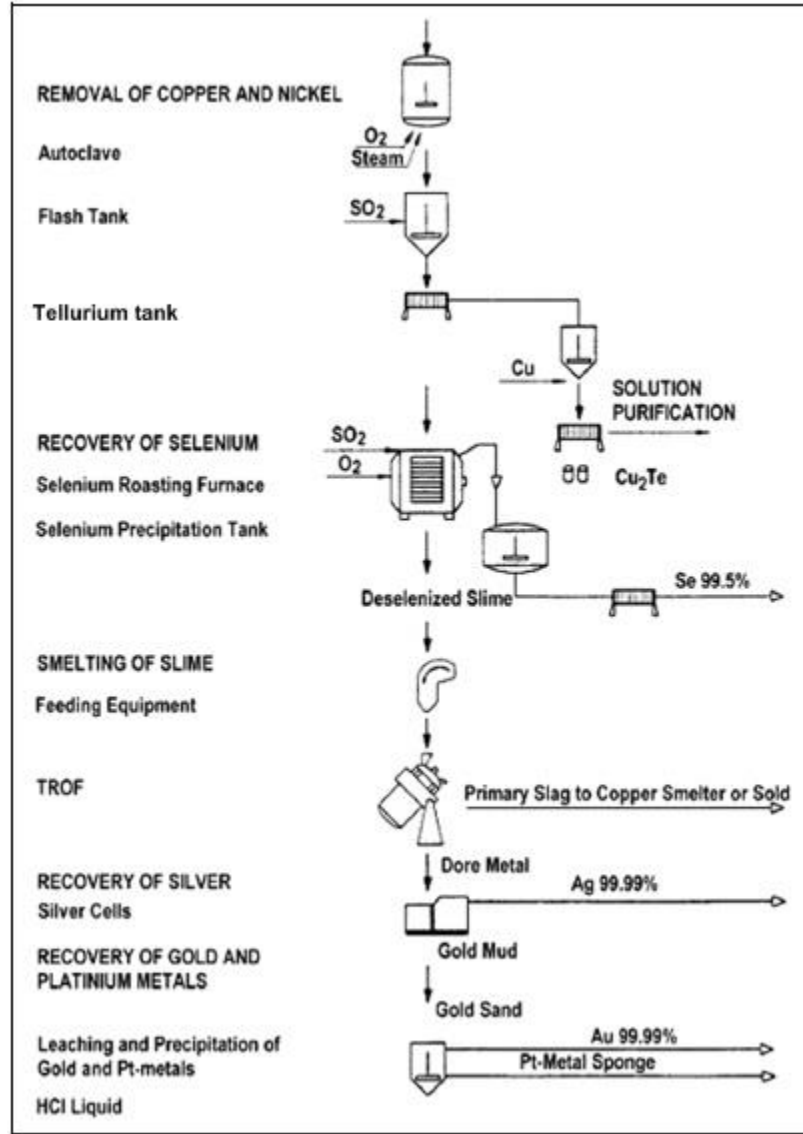


Şekil 7.1: Değerli metal geri kazanımı için genel bir akış şeması örneği

Bu materyalleri ayrıca hızlı bir şekilde işlemeye ihtiyaç vardır ve bu, bu sektördeki üretimin bilinçli fazla kapasitesine yansımaktadır. Kapsamlı örnekleme ve analiz, aynı zamanda yapılacak işlem kombinasyonlarının optimum seçimine de izin verir.

Elektrolitik bakır rafinasyonundan elde edilen anotlar, değerli metallerin önemli bir kaynağıdır ve değerli metalleri selenyum ve tellür gibi diğer metallerle birlikte ayırmak ve geri kazanmak için işlenirler. Proses detayları mevcut metallerin oranına bağlıdır. Pirometalurjik veya hidrometalurjik yöntemler kullanılır ve bazı durumlarda çözücü ayırma aşamaları da dahil edilmiştir. Şekil 7.2 anot çamur işlemesi için bir akış diyagramının genel bir örneğini vermektedir.





Şekil 7.2: Anot balçık uygulaması için örnek akış tablosu

### 7.1.1. Gümüş

2012 Yılında küresel hurda arzı % 12 oranında artarak tüm zamanların en yükseğine, 7985 tona, yükseldi. İki binli yılların sonuna kadar toplam hurdadaki etkin payı olan fotografik hurda arzındaki yapısal düşüş, endüstriyel geri dönüşümde önemli bir artış ve mücevher ve gümüş eşyaların fiyatla ilgili hurdasıyla dengelenmiştir. Elektronik hurda akışları sadece daha sıkı çevre mevzuatından değil, aynı zamanda gümüş fiyatlarındaki keskin artıştan da yararlanmıştır. Ancak, dünya hurda tedarikindeki % 12'lik artışın büyük bölümünü oluşturan eski gümüş eşya ve mücevherlerden elde edilen gümüşün kazanılmasıydı. Ayrıca madeni paralarda da artış oldu. Genel toplamın temelini oluşturan, endüstrileşmiş pazar koleksiyonunda (özellikle ABD ve Avrupa'da), fiyat duyarlı gelişmekte olan dünya pazarlarında (Hindistan gibi) geri dönüşümün artışını rahatça aşan bir sıçrama oldu [426, GFMS 2012].

Maden üretimi gümüş arzının en büyük bileşeni olmaya devam etmektedir, normalde toplamın yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadır (2011'de bu oran daha yüksekti, % 73). Maden tedarikinin büyük kısmı gümüşün çıkartıldığı diğer metallere (genellikle kurşun) bir empürite olarak içerecektir. Oysaki, maden üretimi yegane kaynak değildir, diğerlerinin hurda olması, yatırım azalması, devlet satışları ve üreticilerin korunmasıdır. Hurda veya daha doğru bir şekilde "eski hurda", üretilen ürünlerden geri kazanıldığında piyasaya dönen gümüşür. Bu, eski mücevherleri, fotoğraf kimyasallarını, hatta atılmış bilgisayarları içerebilir. Eski hurda normal olarak toplam arzın beşte birini oluşturur [426, GFMS 2012].

**7.1.2. Fotoğrafik malzemeler**

Fotoğrafik film, kâğıtlar ve çamurlar tek ocaklı fırınlarda ya da döner fırınlarda sürekli olarak gümüş zengin bir kül elde etmek için toplu olarak yakılır. Daha küçük geri dönüştürücüler kutu fırınları kullanır. Beslemenin kalorifik değeri, yakıtın sadece başlangıç sırasında gerekli olduğu şekildedir. Ayrı bir haznede bulunan bir son yakıcı, atık gazın yanısıra, filtre ve kostik yakıcı sistemlerindeki kısmen yanmış ürünleri yakmak için kullanılır. Kül geri kazanılır ve diğer gümüş-taşıyan malzeme ile birlikte işlenir, gazlar filitre edilir ve toplanan toz gümüşü geri kazanmak için işlenir.

Gümüş tuzların emülsiyon tabakasından ayrıldığı kimyasal bir ayırma işlemi de kullanılır. Bu proses enzimler de içerebilen bir tiyosülfat çözeltisiyle atık fotoğrafik filmi ele alır. Gümüş elektro kazanım yoluyla liç çözeltisinde geri kazanılır ve tükenmiş elektrolit liç aşamasına geri dönüştürülür. Fotoğrafik filmin plastik desteğinin teoride geri kazanımı mümkündür, ancak besleme malzemesi genellikle zarflar gibi bir miktar kağıt içerir ve bu geri kazanımı engelleyebilir ve bir atık akışıyla sonuçlanabilir [5, B R Lerwill et al. 1993]. Gümüş aynı zamanda fotoğraf endüstrisinden ve diğerlerinden gelen atık çözeltilerden, kurutulmuş, eritilmiş ve rafine edilmiş bir toz oluşturmak için sülfid gibi kimyasal çökteltme ile geri kazanılmaktadır.

**7.1.3. Küller, kırıntılar, vb.**

Bakır ve değerli metaller içeren küller, kırıntılar, baskılı devre kartları, aglomere edilmiş ince tozlar, çamurlar ve diğer malzemeler karıştırılır ve Ausmelt / ISASMELT, elektrikli, yüksek fırın, döner ve yansılmalı fırınlar veya üst-üflemlerli döner konvertörler (TBRCs) içinde eritilir. Kurşun veya bakır, gümüş ve diğer değerli metaller için bir toplayıcı olarak kullanılır; indirgeyici bir atmosfer yaratmak için elektrik enerjisi veya kok, gaz veya yağ gibi bir yakıt kullanılır. Bazı durumlarda, plastik atıklar yakıt olarak veya indirgeyici bir madde olarak kullanılabilir ve bu durumlarda VOCs ve PCDD/F gibi organik bileşiklerin emisyonunu önlemek için uygun ikincil yakma kullanılır. Besleme malzemelerinin metalik olmayan bileşenlerini toplamak ve bir cüruf gibi almak için akışkanlar eklenir. Periyodik olarak, cürufta bulunan kıymetli metallere herhangi birini geri kazanmak için o granül haline getirilmeden veya bertaraf öncesi döküm, tükenme veya kullanımdan önce bir cüruf sarjı ile çalıştırılır.

Eritme fırını içinde üretilen gümüş ve diğer değerli metaller, erimiş kurşun veya bakır içine toplanır. Kurşun alaşımı, hava veya oksijen kullanılarak kurşunun oksitlendiği (kurşun oksit) bir küpelyasyon fırınına aktarılır. Bakır alaşımına bakır oksit üretmek için kullanılabenzer bir şekilde muamele edilir. Bazı arıtmalar okside etmez, ancak doğrudan değerli metalleri geri kazanmak için kurşun alaşımını işleyebilir.

Bu kıymetli metal taşıyıcı malzemeler, baz metal eritmelerden de işlenebilir. Metaller daha sonra kurşun, bakır veya nikel proseslerinden geri kazanılır.

**7.1.4. Küller, kırıntılar, vb.**

Bakır anotların elektrolitik rafine edilmesi, bileşimin, besleme malzemelerine ve bakır eritme makinesinde kullanılan işlemlere bağlı olarak anot atıkları üretir. Anot atıkları genellikle önemli miktarlarda gümüş, altın ve PGM içerir ve onlar/anot atıkları içerdikleri değerli metaller için satılırlar [46, Guindy, M 1996], [47, Järvinen, O 1995], [48, Järvinen, O 1994], [49], Hyvärinen, O. ve diğ. 1989] veya eriticinin bulunduğu yerde geri kazanılır [90, Traulsen, H. 1998].

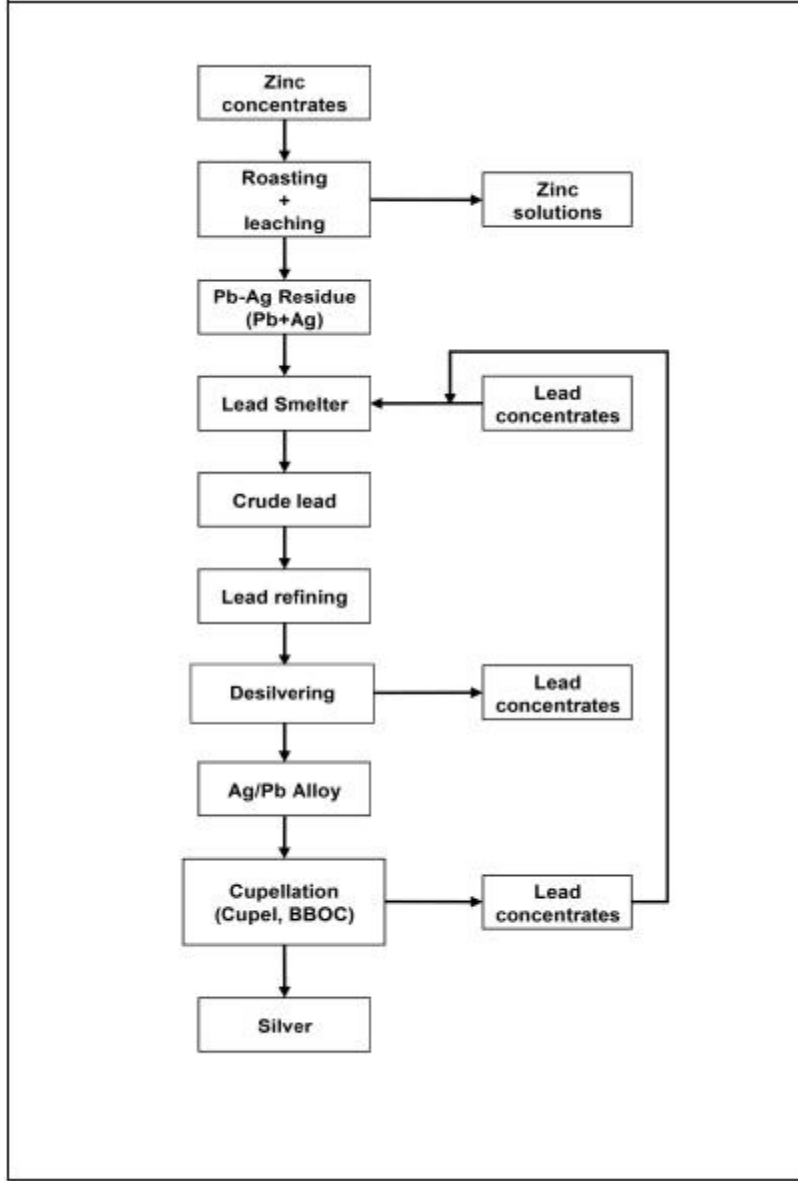
Proses işlemleri, atıkların bileşimine göre değişir. Selenyumun geri kazanılmasını içeren bir örnek yukarıda Şekil 7.2'de gösterilmiştir. Aşamalar, asit liç yöntemiyle (atmosferik veya O<sub>2</sub> kullanılarak basınç altında) bakır veya nikelin (ve tellurumun büyük bir kısmının) çıkarılması veya ergitme sırasında volatilizasyon ile uzaklaştırılmadıkça selenyumun kavurma yöntemiyle çıkarılması işlemlerini içerebilir. Bazı durumlarda, özel kurşun işlemlerinde geri kazanılan kurşun kalıntıları üretilir.

Doré (gümüş veya altın), belirli saflıklarda % 25-99,55 gümüş ve % 0-99 oranında altın içeren

bir formda konsantre edilmiş bir metaldir. Doré metal, bakırın elektrolitik arıtılmasından gelen anot atıklarının, kurşun rafinasyondan gelen değerli metal ile zenginleştirilmiş alaşımlardan, çinko ve kurşun üretiminden elde edilen ham metal ve liç kalıntılarının, gümüş üretiminden geri dönenler ve kırpıntılar (torba filitrelerden gelen tozlar, ıslak tozsuzlaştırma sistemlerinden gelen atıklar, harcanan gümüş elektrolitten elde edilen gümüş çimento, cürufklar, öğütülmüş refrakter gibi) ve diğer gümüşçe zengin malzemeler ve/veya gümüş hurdasının arıtılması ve eritilmesiyle üretilir. Arıtma, uçucu metal bileşiklerinin oluşumunu kontrol ederken diğer metallerden ayırmayı en üst düzeye çıkarmak için kok, silika, kireç ve sodyum karbonat gibi saflaştırıcılar ile gerçekleştirilir. Yerel koşullar ve hammadde bileşimine bağlı olarak, toplu iş proseslerinin farklı kombinasyonları kullanılabilir. Genel olarak, aşağıdaki süreç adımları yer almaktadır:

- dolaylı olarak ısıtılmış buhar kurutucularında bakırsızlaştırılmış artıkların kurutulması;
- safsızlıkları gidermek ve ham PM alaşımını korumak için bir fırında eritme ve dönüştürme (örn., Kaldo, üst üflemlili döner veya eğimli döner oksi-yakıt (TROF) fırını);
- elektrikle ısıtılan bir fırında ayrı kavurma yoluyla erime sırasında veya öncesinde fırından çıkan gazdan selenyumun buharlaştırılması ve geri kazanılması;
- PM alaşımı/ham gümüş veya altının aynı fırında nihai olarak rafine edilmesi veya ayrı bir ocakta (örneğin, TBRC, TROF, BBOC) kurşun ve bakır hatlarından değerli metalle zenginleştirilmiş alaşımların küpelasyonu;
- Dore anotların, külçelerin ve barların dökümü.

Hidrometalurjik ve çözücü ekstraksiyon aşamaları ayrıca anot atıklarından değerli metallerin geri kazanımı için de kullanılır, örnek olarak Kennecott ve Phelps Dodge prosesleri verilebilir. Çinkonun hidrometalurjik üretiminde, konsantrede mevcut olan değerli metaller kurşun-gümüş liç kalıntısında zenginleştirilir, bu da bir kurşun eritici içerisinde daha fazla işlenebilir. Kurşun ergitme ve arıtma sırasında değerli metaller bir Pb-Zn-Ag alaşımında konsantre edilir (bkz. Şekil 7.3).



Şekil 7.3: Çinko ve kurşun üretiminden gümüş geri kazanımı

Daha ileri uygulama hacimsel kurşun ve çinkonun sıvılaştırılması ve vakumla damıtılması ve nihayetinde yansı fırınında, TBRC, TROF, potada veya alttan üflemeli bir oksijen potasında (BBOC) küpelasyon ile çıkarılmasını içerir. Kurşun, hava ve oksijen kullanarak mürdesenke oksitlenir. Bakır ve kurşun rafinerileri işleten bazı tesisler, kupelleştirme aşaması sırasında değerli metalle zenginleştirilmiş fazları kurşun ve bakır hatlarından birleştirir.

Nikelin rafine edilmesinde, kıymetli metaller bakır yan ürününden geri kazanılmaktadır. Çinko-kurşun şaft fırınında çinko arıtılmasında, kıymetli metaller kurşun üründen geri kazanılabilir. Değerli metal geri kazanım prosesleri, istenilen metallerin ve mevcut selenyum gibi diğer ilişkili metallerin miktarına göre değişir.

### 7.1.5. Arıtma

Anotlar, bir asitleştirilmiş gümüş nitrat elektrolitinde titanyum veya paslanmaz çelik katotlar kullanılarak Moebius veya Balbach-Thum elektrolitik hücrelerinde rafine edilir. Elektrotlar arasında uygulanan doğru akım, anoddan çözünen gümüş iyonlarının göç etmesine ve katotlarda gümüş kristalleri olarak birikmesine neden olur. Kristaller sürekli olarak katotlardan sıyrılır, hücrelerden çıkarılır, filtre edilir ve yıkanır. Elektrolitik hücrelerden gelen çamurlar altın ve PGM içeriği için işlenir.

Gümüş kristaller, bir pota fırınında eritilebilir ve parti döküm, haddeleme için pazar külçelerine veya tanelere dönüştürülür. Sac ve şerit haddelemek için sürekli olarak pazar çubuklarına dökülebilirler. Gümüş ayrıca ekstrüzyon ile çubuk üretimi için kütüklere dökülür ve sonrasında çubuklardan tel çekilir.

Eritme ve üretim süreçlerinden gelen yüksek kaliteli gümüş kalıntılarından üretilen gümüş, nitrik asit içinde çözünerek daha da arıtılabilir. Elde edilen çözelti, ya fotografik endüstrisinde kullanılmak üzere uygun olan gümüş nitrat olarak yeniden kristalleştirme ya da eritmek ve külçe çubuklarına dökmek için elektroliz ile saflaştırılır.

### 7.1.6. Altın

Başlıca altın kaynakları maden işletmeleri, endüstriyel süreçler, mücevherler, kırıntılar ve dış hurdalarıdır. Altın, bakırın elektrolitik arıtılması aşamasındaki anot tabakalarından gümüş ile birlikte ve yukarıda tarif edilen prosesler kullanılarak diğer malzemelerden geri kazanılır. Altın, gümüş elektroliz aşamasından gelen anot tabakalarında bulunur ve elde edilen çözeltiden çökeltilmeden önce tabakalar sıcak hidroklorik asit ve klor gazı ile liç edilerek geri kazanılır [282, KGHM 2008]. Hurda malzemeler önemli oranda çinko, bakır ve kalay içerebilir.

### 7.1.7. Miller Prosesi

Malzemenin ön işleminde Miller prosesi kullanılabilir. Bu işlemde, besleme materyalleri, dolaylı olarak ısıtılmış bir pota veya elektrikli indüksiyon ocağı içinde eritilirken, klor gazı eriyiğe enjekte edilir. Yaklaşık 1000 °C'lik çalışma sıcaklığında, altın, kararlı bir eriyik veya uçucu klorür oluşturmak için reaksiyona girmeyen tek metaldir. Erimiş gümüş klorür eriyiğin yüzeyine yükselir. Metal klorürlerin toplanmasına ve üstten alınmasına yardımcı olmak için bir boraks tozu kullanılır. Beslemedeki çinko, çinko klorüre dönüştürülür, uçucu metal klorürlerle birlikte bir gaz temizleme sistemine atılır [5, B R Lerwill et al. 1993] [102, Hasenpusch, W. 1998] [5, B R Lerwill ve diğ. 1993], [102, Hasenpusch, W. 1998].

Miller prosesi, ya elektrolitik arıtma için anolara dökülen % 98 altın ya da külçe çubuklarına dökülen % 99.5 altını üretmek için kullanılır.

### 7.1.8. Elektrolitik arıtma

Altın anotlar, altın folyo veya titanyum katotlar içeren Wohlwill hücrelerinde arıtılır. Kullanılan elektrolit, yaklaşık 70 ° C'de tutulan bir asidik altın klorür çözeltisidir. Elektrotlar arasında uygulanan bir DC elektrik akımı anodlardan çözünen altın iyonlarının göç etmesine ve katotlarda birikmesine, % 99,99 oranında altın içeren bir ürün elde etmesine neden olur. Klor anotta gelişir ve entegre bir muhafaza içinde toplanır.

### 7.1.9. Altının geri kazanılması için diğer prosesler

Altın ayrıca besleme malzemelerinin altın suyu veya hidroklorik asit/klor çözeltisi içinde çözerek geri kazanılabilir ve arıtılabilir. Bunu erime ve döküm için uygun yüksek saflıkta altının çöktürmesi izler. Besleme materyali önemli miktarda metalik emüriteler içerdiğinde, altın çökeltilme aşamasından önce bir çözücü ekstraksiyon aşaması eklenebilir. Çözücü ekstraksiyon prosesleri ve çökeltiler de platin üretimi sırasında ortaya çıkan likörlerden altın elde etmek için kullanılır.

Altın ayrıca kaplama banyoları gibi katı ve sıvı siyanür çözeltilerinden de çıkartılır. Sodyum veya potasyum siyanür çözeltileri, elektronik kontaklar veya kaplanmış malzemeler gibi yüzeyi kaplanmış malzemedeki altının çıkarılması için kullanılabilir. Altın, siyanür çözeltilerinden elektroliz ile geri kazanılır. Siyanürler, hidrojen siyanür (HCN) oluşturmak için asitlerle reaksiyona girer ve bu nedenle bu malzemelerin ayrımı dikkatli bir şekilde yapılır. Hidrojen peroksit veya sodyum hipoklorit gibi oksitleyici maddelerle birlikte yüksek sıcaklıkta hidroliz, siyanürleri yok etmek için kullanılır.

### 7.1.10. Platin grubu metaller (PGM'ler)

PGM'ler platin, paladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyum içerir. Başlıca hammaddeler, cevherlerden, matlardan ve nikel ve bakır proseslerinden gelen çamurlardan elde edilen konsantrelerdir. Harcanan kimyasallar ve otomotiv egzoz katalizörleri ve elektronik ve elektrikli bileşen hurdaları gibi ikincil malzemeler de önemli kaynaklardır. PGM'ler yukarıda tarif edilen anot çamurlarından mevcut olabilir ve çeşitli hidrometalurjik proseslerle altın ve gümüşten ayrılır. Düşük kaliteli hammaddeler ezilebilir ve karıştırılabilir, metalik besleme materyalleri ise genellikle örnekleme için homojen bir ürün sağlamak üzere eritilir.

PGM'lerin geri kazanılmasındaki temel aşamalar [ 102, Hasenpusch, W. 1998 ], [ 5, B R Lerwill et al. 1993 ], [ 18, HMIP (UK) 1994 ]:

- hammaddenin ön işlemden geçirilmesi, örnekleme ve tahlil;
- PGM'lerin kimyasal çökeltme, kimyasal çözünme, sıvı-sıvı ekstraksiyonu, tetroksidlerin damıtılması, iyon değişimi ve elektrolitik prosesler gibi pirometalurjik ve hidrometalurjik tekniklerle konsantrasyonu ve ayrılması;
- Metal klorür bileşiklerinin saf metal süngerlere pirolizi veya indirgenmesi.

Çözünme aşamasından önce yakma kullanılarak karbon esaslı katalizörler için özel prosesler geliştirilmiştir. Toz bazlı katalizörler ve tortular, çoğunlukla kutu fırınlarında partiler halinde işlenir. Kurutmak için direkt alevle ısıtma uygulanır ve daha sonra doğal olarak yanmasına izin verilen katalizör tutuşturur. Yanma koşullarını değiştirmek için fırına hava girişi kontrol edilir ve bir son yakıcı kullanılır.

Düzenleme veya hidrojenleme katalizörleri, seramik bazın sodyum hidroksit veya sülfürik asit içinde çözülmesiyle işlenebilir. Liç öncesi fazla karbon ve hidrokarbonlar yakılır. Otomotiv egzoz katalizörlerinden gelen PGM'ler, plazma, elektrik veya konvertör fırınlarında bakır veya nikel olarak ayrı toplanabilir [102, Hasenpusch, W. 1998]. Küçük operatörler, kendiliğinden tutuşma veya kavurma ile katalizörleri yakmak için açık tepsiler kullanır. Bu süreçler tehlikeli olabilir ve duman toplama ve son yakma, duman ve gazları işlemek için kullanılabilir.

Organik bazlı homojen harcanmış katalizörler, örn. kimyasal veya farmasötik endüstrilerden, damıtma ve çökeltme ile işlenebilir. Gaz emisyonları bir son yakıcıda işlenir.

PGM arıtımı karmaşıktır ve gerekli saflığı elde etmek için bireysel işlem aşamalarının tekrar edilmesi gerekebilir. Aşamaların sayısı ve sırası ayrıca, uzaklaştırılacak olan kirletici maddelere ve herhangi bir besleme stoğundan ayrılacak PGM'lerin spesifik karışımına da bağlıdır. Harcanan kimyasallar ve otomotiv egzoz katalizörleri gibi ikincil malzemelerin işlenmesi, baz metal eriticilerindeki elektrikli ve elektronik hurdalar veya spesifik ekipman, nihai olarak PGM bakımından zengin kalıntılar veya çöktümler üretir.

### 7.2. Mevcut emisyon ve tüketim değerleri

Değerli metal (PM) rafinerileri, ana ve yan süreçlerin karmaşık ağlarıdır. Kullanılan hammaddeler, nitelik ve nicelik bakımından büyük ölçüde değişir ve bu nedenle kullanılan ekipmanın çeşitli kapasiteleri ve kullanımları vardır. Çok amaçlı reaktörler ve fırınlar yaygın olarak kullanılır ve işleme adımları sıklıkla tekrarlanır. Bu nedenle, tek süreç adımlarını ve bunların emisyonlara ve tüketime katkısını tanımlamak mümkün değildir.

Bu sektörün emisyonları ve tüketimi için bazı genel prensipler geçerlidir.

- Kıymetli metalleri ayırmak için, ortalama on kat daha fazla malzemenin üzerinde işlem görmesi gerekir. Konsantrasyonlar < % 1'den neredeyse saf metale kadar değişir.
- Yüksek enerji teknikleri kullanılır, örneğin elektrik fırınları. Uygun olması halinde enerji geri kazanılır.
- Ana metal içeren kalıntılar geri kazanmak için satılır.

- Birçok kimyasal işlem, siyanür, klor, hidroklorik asit ve nitrik asit kullanımını içerir. Bu reaktifler prosesler içinde yeniden kullanılırlar, ancak en sonunda kostik soda ve kireç ile oksitlenme veya nötralizasyon gerektirirler. Atık su arıtma çamurları metaller için yakından izlenir, bunlar mümkünse geri kazanılır.
- Sıvı-sıvı ekstraksiyonu için çeşitli organik solventler kullanılır.
- Çeşitli oksitleyici ve redükleyici maddeler kullanılır.
- Yeniden kullanılmak üzere klor veya azot oksitler gibi asitli gazlar geri kazanılır.
- Gaz hacimleri döngüler arasında büyük farklılıklar gösterir. Süreçlerin küçük ölçeği genellikle iyi bir muhafazaya izin verir. Yerel egzoz havalandırması kullanılır.

### 7.2.1. Değerli metal geri dönüşüm endüstrisinde malzeme döngüleri

PM endüstrisinin özelliklerinden biri, kıymetli metallerin veya bunların bileşiklerinin kayıplarını azaltmak için çözelti hacimlerini küçük tutmaktır. Sonuç olarak, malzemeleri geri almak için birkaç kapalı çevrim vardır ve bunlar aşağıda gösterilmiştir.

### 7.2.2. Altının geri kazanılması için diğer prosesler

Hidroklorik asit ve nitrik asit çoğunlukla metallerin çözünmesi için kullanılır. Sülfürik asit, amonyak emilimi için yıkayıcı çözeltilerinin bir parçası olarak ve gümüş tozu banyolarında bir elektrolit olarak daha az bir alanda kullanılır. Diğer malzemeler, reaktifler olarak kullanılır veya besleme malzemelerinde bulunur [102, Hasenpusch, W. 1998].

- **Hidroklorik asit döngüsü:** Çözünmeyi içeren prosesler için, hidroklorik asit (HCl) fazla klor ile kombinasyon halinde kullanılır. Suda buharlaşma ve biriktirme kullanılarak, bir azeotropik asit (ağırlıkça yaklaşık % 20'lik konsantrasyonlarda) elde edilir. Bu rafinerinin farklı bölümlerinde kullanılır.
- **Nitrik asit döngüsü:** Gümüş ve paladyum genellikle nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) içinde çözülür. Önemli miktarda azot oksit egzoz gazları (NO ve NO<sub>2</sub>), özel gaz yıkama kaskadlarında oksijen veya hidrojen peroksit ile yakalanabilir. Küçük miktarlarda NO'u okside etmek için gereken uzun bekleme süresi ve egzotermik reaksiyonlarla gaz emiliminin azaltılması problemlere sebep olabilir. Bu nedenle, sınır değerlere ulaşmak ve yığından kahverengi dumanları önlemek için soğutma ve karma yıkayıcılar gereklidir. Birinci yıkayıcıdan elde edilen sonuçtaki nitrik asit genellikle ağırlıkça yaklaşık % 45'lik konsantrasyonlara sahiptir ve çeşitli işlemlerde yeniden kullanılabilir.
- **Klor döngüsü:** Klor, metalleri çözmek için yaş proseslerde ve onları arıtmak için yüksek sıcaklıklardaki kuru klorlama aşamalarında kullanılır. Her iki durumda da, kapalı sistemler kullanılır, örn. hipoklorit çözeltileri üretmek için su ile U-tüpleri kullanılması gibi. Hipoklorit, çeşitli rafinasyon işlemleri için yıkayıcı solüsyonlarında oksitleyici bir madde olarak da kullanılır.
- **Amonyum, sodyum veya potasyum klorür döngüsü:** Amonyak ve amonyum, sodyum veya potasyum klorür, PGM'lerin geri kazanımında kullanılır. Oda sıcaklığında buharlaştırılmış çözeltilerdeki amonyum klorürün (NH<sub>4</sub>Cl) nispeten düşük çözünürlüğü, bu tuzun kristalin çökeltilerinin yeniden kullanılmasını mümkün kılar.
- **Alümina döngüsü:** Alümina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bazlı heterojen katalizörler, büyük miktarlarda PM rafinerilerinde işlenir, örneğin petrol rafinaj endüstrisinden katalizörlerin düzenlenmesi. Katalizatörler 200 ° C'nin üzerindeki kostik soda içinde basınç altında eritilir ve nihai alüminat çözeltisi PM'nin su arıtımında bir çökeltme yardımcı maddesi olarak ayrılmasından sonra satılır. Alternatif olarak, alumina endüstrisine Bayer prosesi (boksitin çözünmesi) yoluyla geri gönderilebilir. Katalizörler sülfürik asit içinde çözüldüğünde ortaya çıkan benzer alüminyum sülfat çözeltileri ile benzer dış çevrimler mümkündür.

### 7.2.3. PM olmayan döngüler

PM rafinerileri, bakır, kurşun, kalay, tungsten, renyum, kadmiyum, cıva ve diğer özel metalleri içeren birçok malzemeyi işler. Bu metallerin hepsinin ayrıştırılması için, harici PM dışı metalürjik tesisler için konsantreler üreten özel prosesler belirlenmiştir [102, Hasenpusch, W. 1998].

**Bakır:** Kıymetli metaller için taşıyıcı malzeme olarak bakırın kullanılması daha önemli hale gelmektedir ve sonuç olarak bakır oksitler genellikle ergitme işlemlerinden sonra kalmaktadır. Hidrometalürjik aşamalarda, bakır kostik soda (NaOH) ve/veya kireç (CaO) ile çökeltilir. Bakır kalıntıları bir bakır rafinerisinde geri kazanılabilir veya sülfata dönüştürülebilir ve yeterli hacimde olması halinde elektrolitik çıkartılır.

Bakırın kalıntıları çıkarılmak için, özellikle amonyak gibi şelatların varlığında, sülfürler veya merkaptan bileşikleriyle çöktürme (ör., TMT 15, ağırlıkça % 15 trimerkaptotriazin çözeltisi) gereklidir.

**Kurşun:** Kurşun döngülerinin gümüşün arıtılmasında Orta Çağlardan beri kullanıldığı bilinmektedir. Proses, sıyırma çıkarma işleminde hala kullanılmaktadır. Sıvı kurşun PM'ler için iyi bir çözücüdür özellikle gümüş fazlalığı için. PM ile zenginleştirilmiş kurşun, fırınlarda veya konvertörlerde oksijen ile oksitlenir ve kurşun ile diğer PM olmayanların neredeyse niceliksel olarak ayrıştırılmasını sağlar. Elde edilen oksitler karbon ile indirgenir, örneğin, bir yüksek fırında, ve kurşun üretilir ve proste tekrar kullanılır. Fazla kurşun, kurşun rafinerilerine satılır. Bazı rafineriler, kurşun alaşımını oksitlemezler, fakat doğrudan işlerler ve kurşunu liç çözeltilerinden geri dönüştürürler.

**Kalay:** Kalay çözeltiden metal veya bir hidroksit çökeltisi olarak ayrılır.

**Tungsten ve diğer metaller:** Galvanik işlemlerden bazı metaller için, nikel alaşımları, tungsten ve molibden gibi bazı metaller siyanür sıyırma ile geri dönüştürülebilir.

**Renyum:** Renyum için iyonik eşanjörler kullanılır. Saflaştırma ve çökelmeden sonra bir amonyum tuzu ( $\text{NH}_4\text{ReO}_4$ ) üretilir.

**Kadmiyum:** Özel alaşımların kadmiyum konsantrasyonu, örn. lehim ve lehimler son yıllarda azalmıştır. Kadmiyum, özel kampanyaların baca tozlarında zenginleştirilir ve dış metalürjik tesislere gönderilir.

**Merkür:** Cıva, bazı özel malzemelerin bir kısmını küçük konsantrasyonlarda oluşturabilir, örn. dış amalgamı, tozlar veya tabakalar, batarya tesislerinden gelen artıklar ve özel Polaroid filmler gibi. Bu tür bir malzeme için, belki de düşük bir vakumla birlikte yüksek sıcaklıkta damıtma, geri kazanımın ilk adımındır. Damıtılmış hurdaların ve kırıntıların ortalama konsantrasyonları ağırlıkça % 0.1'den az cıva konsantrasyonu limitleridir.

Bu döngüler ve PM dışı bileşiklerin ayrılması, kirliliğin önlenmesine ve karlılığın optimizasyonuna katkıda bulunur.

### 7.2.4. Kıymetli metal üretim süreçleri için çevre sorunları

Değerli metal üretim prosesleri öncelikle parçacık ve havaya gaz emisyonları ve suya emisyonların bir kaynağıdır. Genel olarak, Bölüm 7.2.2.1'den 7.2.2.3'e kadar aşağıda verilen bilgiler, değerli metal üretimi için en ilgili çevresel konuları açıklamaktadır.

### 7.2.5. Havaya emisyonlar

Emisyon kaynakları aşağıdakiler gibidir:

- Yakma.



- Diğer ön işlem.
- Ergitme ve eritme fırınları. Toz ve duman üretmekten sorumlu tipik arıtma ve eritme işlemleri şunlardır:
  - bir üst-üflemlili döner konvertör (TBRC), plazma ark fırını veya diğer fırında ergitme;
  - külçelerin vedeğerli metaller içeren metalik hurdaların ve diğer değerli metal külçelerin indüksiyonla eritmeyi içeren bir pota fırınında ergitilmesi/granül hale getirilmesi;
  - bir fırında gümüş klorür ve diğer potansiyel olarak gümüş tozu taşıyan metallerin arıtılması/eritilmesi;
- bir fırından gümüş metali eritmek ve dökmek.
- Liç ve saflaştırma/arıtma.
- Solvent ekstraksiyonu.
- Elektroliz.

Nihai geri kazanım veya dönüşüm aşaması.

Değerli metal üretiminden kaynaklanan başlıca emisyonlar şunlardır:

kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve diğer asit gazları (HCl);

azot oksitleri (NOX) ve diğer azot bileşikleri;

metaller ve onların bileşikleri;

toz;

klor;

amonyak ve amonyum klorür;

VOC'ler ve PCDD/F.

Koku yukarıda listelenen bazı bileşiklerin bir sonucu olarak mevcut olabilir. Potansiyel emisyonların kıymetli metal üretiminde ana kaynaklardan gelen havaya ilgisi Tablo 7.2'de verilmiştir.

**Tablo 7.2: Değerli metal üretiminde önemli kaynaklardan havaya potansiyel emisyonların uygunluğu**

Component	Yakma veya eritme	Liç ve Arıtma	Elektroliz	Solvent ekstraksiyonu	Damıtma
SO <sub>2</sub> ve HCl	••	•	•	NR	NR
VOC'ler	•	•••	NR	•••	•••
PCDD/F	••	NR	NR	NR	NR
Klor	•	•••	••	NR	NR
Azot oksitler	••	••	NR	NR	NR
Toz ve metaller	••• <sup>(1)</sup>	•	•	•	•

<sup>(1)</sup> Bu kaynaklar için yaygın veya kapsamayan emisyonlar da geçerlidir.  
 NB: ••• Daha çok önemli – • Daha az önemli.  
 NR = İlgili değil.  
 Kaynak: [ 374, COM 2001 ]

### 7.2.5.1. Toz ve metaller

Toz ve metaller genellikle yakma fırınları, maden eritme, eritme ve küpelasyon fırınları gibi herhangi bir pirometalürjik prosesten dağınmış veya toplanmış ve azaltılmış emisyonlar olarak yayılabilir. Fırın yalıtımı ve yıkamalardan ikincil toplama, yaygın emisyonların önlenmesinde önemli bir faktördür. Gelişmiş fırın sızdırmazlığı sağlamak için bazı elektrikli fırınlar, malzeme ilaveleri için içi boş elektrotlar kullanır. Yakma fırınlarından gelen kül genellikle söndürülür ve su sızdırmazlığının bakımı, yaygın emisyonların azaltılmasında önemli bir faktördür. Açık tepsiler veya kutular kullanan toplu yakma fırınları toz ve kül tutma problemleri ortaya çıkarır. Toplanan emisyonlar genellikle seramik veya kumaş filtreler, ESP'ler veya yağ temizleyiciler ile işlenir [161, Bobeth, A. 1999].

- Toz, aşağıdaki gibi uygulama işlemlerinden kaynaklanabilir:

- eritme öncesi eritme malzemelerinin ve flaksların, vb. Toz karıştırıcı içerisinde karıştırılması;
- örnekleme veya eritme işleminden önce cüruf kalıntılarını çıkarmak için PM ve diğer metal içeren külçelerin dökülmesi;
- cürufun, harcanan potaların ve refrakter malzemelerin bir kırıcıda öğütülmesi;
- PM ve diğer değerli metalleri içeren besleme materyallerinin toz şeklinde öğütülmesi/elekten geçirilmesi/karıştırılması/örneklenmesi;
- kurutma ve kalsinasyon işlemlerinden toz haline getirme (ezme) ve işlem ara ürünlerinin bertarafı.

### 7.2.5.2. Kükürt dioksit

Sülfür dioksit, kükürt içeren ham madde veya yakıtın yanmasından veya asit parçalama aşamalarından üretilir. Emisyonların en aza indirmek için besleme stoğunun kontrolü kullanılabilir; konsantrasyonlar bunu doğruladığında yaş veya yarı kuru temizleyiciler yıkayıcılar kullanılır. Elektro kazanım esnasında elektrot dumanları ve gazları üretilebilir. Gazlar toplanabilir ve tekrar kullanılabilir ve dumanlar duman gidericiler tarafından giderilebilir ve prosese geri döndürülebilir. Bazı tesisler birincil bir ericinin yerleşkesinde çalışır ve çıkan gazlar sülfürik asit tesisinde işlenir [238, ECI 2012], [282, KGHM 2008]

### 7.2.5.3. Klor ve HCl

Bu gazlar bir dizi parçalanma, elektrolitik ve arıtma işlemleri sırasında oluşturulabilir. Klor, Miller işleminde ve hidroklorik asit ve klor karışımları kullanılarak ayrışma aşamalarında yaygın olarak kullanılır. Mümkün olan her yerde klor yeniden geri kazanılır, örn. altın ve PGM'ler için sızdırmaz elektrolitik hücrelerin kullanılması gibi. Yıkayıcılar artık miktarlarda klor ve HCl çıkarmak için kullanılır.

Atık su karışımında solvent vb. mevcut olması halinde, atık sudaki klorin varlığı organik klor bileşiklerinin oluşmasına sebep olabilir.

### 7.2.5.4. Azot oksitler

Azot oksitler, yanma işlemleri sırasında belli bir dereceye kadar ve nitrik asit kullanılarak asit parçalanması sırasında önemli miktarlarda üretilir. Yüksek konsantrasyonlu azot oksitler nitrik asitin geri kazanılması için yıkayıcılarda işlenir; nitrik asit olarak dönüşüm teşvik etmek ve geri kazanmak için çeşitli oksitleyici maddeler kullanılır.

Fırın egzoz gazlarındaki artık azot oksitler, çok yüksek NO<sub>x</sub> konsantrasyonların sürekli oluşması halinde, seçici veya seçici olmayan katalitik indirgeme gibi katalitik yollarla giderilebilir [161, Bobeth, A. 1999].

Azaltma sisteminin seçimi esas olarak NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun değişimine bağlıdır.

### 7.2.5.5. VOC'ler ve PCDD/F

Çözücü ekstraksiyon işlemlerinden VOC'ler çıkabilir. Küçük ölçekli prosesler genellikle reaktörlerin sızdırmazlığını veya muhafazasını ve kondenserler kullanarak iyi toplama ve geri kazanım sağlar. Toplanan çözücüler tekrar kullanılır [102, Hasenpusch, W. 1998].

Eritme aşamaları sırasında üretilen sıcak gazlar hızlı bir şekilde soğutulmazsa, çıkan organik karbon bileşikleri, besleme materyalindeki yağ ve plastiğin zayıf yanmasından ve de novo sentezinden kaynaklanan PCDD/F'yi içerebilir. Organik kontaminasyonu gidermek için hurda işlenmesi uygulanabilir, fakat genellikle son yakıcılar, üretilen ve ardından hızlı soğutulan gazları işlemek için kullanılır. Gazların bir son yakıcıdaki fırınlardan işlemek mümkün olmadığında, eritme bölgesinin üzerinde oksijen eklenerek oksitlenebilir. Ayrıca, ikincil hammaddelerin organik kontaminasyonunu tanımlamak mümkündür, böylece en uygun fırın ve azaltma kombinasyonu, duman ve gaz emisyonlarını ve ilgili PCDD/F'yi önlemek için kullanılabilir. PCDD/F içeren organik bileşikler, sıklıkla ortak reaktörlerde katalitik oksidasyon ile ayrışabilir.

### 7.2.5.6. Havaya emisyonların özeti

Tablo 7.3, üç büyük kirletici için spesifik emisyonları vermektedir ve Tablo 7.4, değerli metal

üretiminde üç farklı proses için emisyon konsantrasyonlarını göstermektedir.

**Tablo 7.3: Bir çok değerli metal üretim prosesinden kaynaklanan havaya özel emisyonlar**

Parametre	Birim	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 4	Tesis 5
Üretim	t/yıl	2155	1200	2500	1110	102
Toz	kg/t	58	4.5	2	18	127
NO <sub>x</sub>		154	68	7	NR	21
SO <sub>2</sub>		232	3.1	9	NR	NR
NB: NR = rapor edilmemiş Kaynak: [ 374, COM 2001 ]						

**Tablo 7.4: Kıymetli metal üretiminde üç farklı prosesten havaya yayılan emisyon konsantrasyonları**

Parametre	Birim	Yakma prosesi	Pirometalurjik proses	Hidrometalurjik proses
Üretim aralığı	t/yr	73–365	150–1200	20–600
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	2–10	4–10	
Azot oksitler		50–150	~ 200	1–370
Kükürt dioksit		1–25	10–100	0.1–35
CO		10–50	80–100	
Klorid		2–5	< 30	0.4–5
Cl <sub>2</sub>			< 5	2–5
Florid		0.03–1.5	2–4	
TVOC		2–5	2–20	
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	< 0.1	< 0.1	
HCN	mg/Nm <sup>3</sup>			0.01–2
NH <sub>3</sub>				0.2–4
Kaynak: [ 161, Bobeth, A. 1999 ]				

Tablo 7.5'de özetlendiği gibi, iki tesis farklı proses aşamaları için havaya emisyonlara ilişkin elde edilen verileri rapor etmiştir.

Tablo 7.5: Farklı proses adımları için iki PM tesisinden gelen havaya emisyonlar

Kirlenici	Birim	Tesis 1						Tesis 2		
		Sülfürik asit tesisi olmadan	Sülfürik asit tesisi ile	Fırın salonu (işletimdeki fırın)	Fırın salonu (şarj bekleyen)	Rafineri	Cüruf kırma	Ag, Au proses basamağı	Pt yıkayıcı	Pt Rh, Pd yıkayıcı
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	2.9	NR	0.5	0.3	1.1	1.1	0.097	NA	NA
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	520	230	NA	3	3	NA	17.1	NA	92
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	9400	280	NA	6	2	NA	NA	NA	NA
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	830	NA	NA	21	1	NA	NA	NA	NA
Cl <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NR	NA	NA	NA	NA	N	NA	0.134
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NR	NA	NA	NA	NA	NA	3.12	0.926
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	NA	NR	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.02
Cu	mg/Nm <sup>3</sup>	0.24	NR	0.0005	NA	NA	0.022	NA	NA	NA
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	0.2	NR	0.029	NA	NA	0.43	NA	NA	NA
As	mg/Nm <sup>3</sup>	0.011	NR	0.0005	NA	NA	0.003	NA	NA	NA
Cd	mg/Nm <sup>3</sup>	0.001	NR	0.00001	NA	NA	0.0002	NA	NA	NA

NB: Günlük ortalamalar.  
NA = Mevcut değil. NR = ilgili değil.  
Kaynak: [ 282, KGHM 2008 ] [ 403, EPMF 2008 ]

### 7.2.6. Suya emisyonlar

Bir çok metal işleme tesislerinde, suya emisyonları yönetmek için sık sık ortak tesisler kullanılmaktadır. Aşağıda belirtilen teknikler sadece değerli metallerle ilgili olmayabilir.

Pirometalurjik ve hidrometalurjik prosesler önemli miktarlarda soğutma suyu kullanır. Liç döngülerinden gelen sıvı çözeltiler normalde yalıtılmış sistemlerde yeniden sirküle edilir. Değerli metal üretiminden kaynaklanan suya yönelik potansiyel emisyon kaynakları aşağıdaki Tablo 7.6'da gösterilmiştir. Asılı katı maddeler, metal bileşikler ve yağlar bu kaynaklardan suya yayılabilir.

Tüm atık su çözülmüş metalleri ve katıları çıkarmak için işlenir. Kullanılan teknikler, hidroksitler veya sülfürler olarak metal iyonlarının çöktürülmesini veya iki aşamalı bir çöktürmeyi içerir. İyon değişimi, metal iyonlarının düşük konsantrasyonları ve miktarları için uygundur. Bazı tesislerde, yağmur suyu da dahil olmak üzere, soğutma suyu ve işlenmiş atık sular, süreçler içerisinde yeniden kullanılır veya geri dönüştürülür.

Değerli metal prosesleri için nitratin bir indirgeme prosesi ile detoksifiye edilmesi ve atık suda hidroliz ile siyanürün geliştirilmesi için özel teknikler geliştirilmiştir [161, Bobeth, A. 1999].

**Tablo 7.6: Değerli metal üretiminden suya potansiyel emisyon kaynakları**

Emisyon kaynakları	Asılı katılar	Metal bileşikler	Yağ
Yüzey drenajı	•••	••	•••
Doğrudan soğutma için soğutma suyu	•••	•••	•
Dolaylı soğutma için soğutma suyu	•	•	NR
Söndürme suyu	•••	••	NR
Liç (kapalı devre değilse)	•••	•••	•
Elektro kazanım (kapalı devre değilse)	NR	•••	NR
Yıkama sistemleri	•••	•••	NR

NB: ••• Daha çok önemli – • Daha az önemli.  
NR = İlgili değil.  
Kaynak: [ 374, COM 2001 ]

Yedi tesisden suya emisyonlar Tablo 7.7 ve Tablo 7.8'de verilmiştir.

**Tablo 7.7: Beş büyük tesisten suya emisyonlar**

Tesis	Üretim (t/yıl)	Atık su (m <sup>3</sup> /h)	Temel bileşenler (mg/l)					
			Ag	Pb	Hg	Cu	Ni	COD
1	2155	10	0.1	0.5	0.05	0.3	0.5	400
2	1200	2	NR	< 1	< 0.05	< 2	< 5	NR
3	2500	100	0.02	< 0.05	< 0.05	< 0.3	< 0.02	250
4	1110	NR	NR	3.9 kg/yr	0.05 kg/yr	194 kg/yr	24 kg/yr	NR
5	102	NR	NR	1260 kg/yr	NR	2750 kg/yr	1640 kg/yr	NR

NB: NR = rapor edilmemiş.  
Kaynak: [ 374, COM 2001 ]

**Tablo 7.8: İki PM tesisinden suya emisyonlar**

	Birim	Tesis 1	Tesis 2	
Su tüketimi	m <sup>3</sup> /yıl	111 829	111 829	
Su tahliyesi (yağmur suyu, soğutma suyu, proses suyu dahil)	m <sup>3</sup> /yıl	61 093	61 093	
Suya yayılan bileşenler				
As	kg/yıl	1.73	9.5	
Pb		0.25	3.6	
Hg		0.04	0.01	
Zn		0.80	10.7	
Cd		0.002	0.1	
Cu		3.88	7.9	
Ni		7.03	6.1	
Cr		0.044	0.7	
Fe			21.3	
Se			31.7	
Ag			9.5	
Se			31.7	
Siyanür			126.22	
COD			37 850	11 500
Klorürler (toplam Cl)			408 066	
Azot (N gibi toplam)			3240	
Sudaki katılar			4.313	

Kaynak: [ 403, EPMF 2008 ]

Suya diğer potansiyel emisyonlar, özgün proses aşamalarına bağlı olarak amonyum, klorür ve

siyanür iyonları içerebilir. Bu bileşenleri ölçmek için hiçbir veri sunulmamıştır.

### 7.2.7. Proses kalıntıları

Metallerin üretimi, Avrupa Atık Kataloğunda da listelenen birkaç yan ürün, kalıntılar ve atıkların üretilmesi ile ilgilidir. Proses kalıntılarının çoğu proses içerisinde geri dönüştürülür veya değerli metalleri geri kazanmak için diğer uzmanlara gönderilir. Bakır gibi diğer metalleri içeren kalıntılar, geri kazanım için diğer üreticilere satılır. Sulu atık sıvılardan gelen nihai kalıntılar genellikle hidroksit filtre kekleri içerir. Bazı tipik örnekler Tablo 7.9'da verilmiştir.

**Tablo 7.9: Filtre keki atık miktarları örneği**

Bertaraf için yıllık atık (ton)	Atık karakterizasyonu
1000	Demir hidroksit, % 60 su, (Cat. 1 Endüstriyel Atık)
1000	Atık filtre keki
350	Atık filtre keki
<i>Kaynak: [102, Hasenpusch, W. 1998]</i>	

## 7.3.BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler

Bu dokümanın “BAT'ın belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümleri, genel olarak, belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevre korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için bir dizi teknik sunmaktadır. Hepsi ticari olarak mevcuttur. İyi bir çevresel performansı gösteren teknikleri göstermek için örnekler verilmektedir. Örnek olarak verilen teknikler endüstri, Avrupa Üye Devletleri ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak süreçler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki süreçlere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili süreçlerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

Birincil ve ikincil hammaddelerin alımı, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yaygın emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF'de ele alınmıştır [290, COM 2006].

### 7.3.1. PM malzeme ön işlem ve kullanma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını önlemek ve azaltmak için teknikler (örneğin, kırma, eleme ve karıştırma)

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Tozlu materyaller için ön işlem ve kullanma işlemlerini toz toplayıcılara veya aspiratörlere davlumbazlar ve bir kanal sistemi üzerinden bağlamak (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Torba filtreli (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya kartuş filtreli özel veya bağımsız tesislerde toplanan veya çıkan tozların filtrelenmesi;
- Bir toz toplayıcı veya çıkarıcı ile elektriksel olarak birbirine bağlı ön arıtma

ve taşıma ekipmanları (örneğin karıştırıcılar, kırıcılar).

Bazı yerlerde, büyüklüklerine ve genel organizasyona bağlı olarak (örneğin, tek veya diğer metal arıtma operasyonlarına eklenmiş), ön arıtma ve kullanma işlemlerinden elde edilen tozun geri kazanımı ve işlenmesi, eritme ve diğer toz üreten işlemlerle üretilen tozun (ve dumanın) merkezi bir şekilde yakalanması, işlenmesi ve kontrol edilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu Bölüm 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 ve 7.3.8'de açıklanan teknikler arasındaki benzerlikleri açıklar.

### Teknik Açıklama

Kapalı binalar, uygun ekstraksiyon cihazlarına (örneğin bina tozsuzlaştırma sistemleri) veya transfer ve devrilme noktalarındaki ekstraktörlere veya eşdeğer ölçütlere (yani, malzemenin buğulanmasına) sahip olabilir. Su spreyleri veya sis sistemleri gibi toz bastırma sistemleri uygulanabilir. Tozlu malzemelerin karıştırılması, kapalı bir bina veya kapalı kutular/karıştırıcılar içinde gerçekleştirilebilir.

Hacimsel toz karıştırma, sıvama ve kırma işlemleri, davlumbazlar ve bir kanal sistemi ile bir torba filtresine veya mutlak bir filtreye bağlanır. Bağımsız üniteler için, fanlar filtrelenmiş havanın bir istifle atmosfere salınmasından önce toz ve dumanı ekipmandan ve toz toplayıcısından ayırır. Tipik bir toz toplayıcı, küçük ya da orta ölçekli bir arıtma tesisinde (örneğin, gümüşten önemli ölçüde daha küçük hacimlerde rafine edilmiş bir PGM rafine etme sahası gibi), toprağın değerli olduğu yerde, kartuş filtre elemanlarını içerecektir. Alternatif olarak, daha fazla yer kapasitesine sahip bazı sahalar torba filtre sistemleri kullanan toz toplayıcı üniteleri kullanır. Kartuş veya torba filtrelerin kullanıldığı durumlarda, ters aralıklı jet hava darbesi, tozları birimlerden çıkarır ve tozlar bir hazne ve toplama sistemine düşer. Tüm karıştırma ekipmanı, temizleme kabinleri ve kırıcılar normalde toz toplayıcı ile elektriksel olarak birbirine bağlıdır, böylece toz toplayıcı ve filtreleme sistemi çalışmadığı sürece hiçbir ekipman çalıştırılmaz. Torba filtrelerinin kullanıldığı yerlerde, toplanan toz bileşimine bağlı olarak en uygun metal arıtma işlemine hammadde olarak beslenir.

Bağımsız toz toplayıcı üniteleri veya genel ekstraktör tesisleri için, istifler rutin olarak parçacık-darbeleri toz ölçüm problemleri (veya benzer ekipman) ve aletler ile donatılabilir, bunlar veri kaydı yapan bir bilgisayara bağlanır ve yerel bir işletme alanına ve/veya merkezi kontrol odasına aktarılır. Yığınlar için on-line emisyon verilerinin yanı sıra, bu ekipman toz toplayıcı veya ekstraksiyon ünitesindeki filtre elemanlarının tek tek sıralarının durumunun sofistike bir teşhis kaydını sağlayabilir. Problar, bir filtre elemanının potansiyel arızasına işletme veya kontrol odası personelini uyararak ve toz/duman üretme işlemlerini kapatmak için önceden alarm verecek bir şekilde (tipik olarak 5-10 mg/m<sup>3</sup> toz) ayarlanmıştır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Bertaraf için katı atık üretiminin azaltılması. Toz toplayıcısından geri kazanılan baca-tozu ve filtreler rafineride veya PM ve diğer değerli metallerin geri kazanımı için ya doğrudan ergitme ile ya da ön arıtma işleminden sonra peletleme ya da hidrometalurjik yükseltmeyle (işleme ve ön işlemden kaynaklanan katı atık olmadan) geri dönüştürülür.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis 221, ağırlıklı olarak PGM'lerin rafine edilmesinde rol oynar. Bu, yüksek dereceli beslemelerin ayrıştırılması ve eritilmesi ile düşük kaliteli beslemelerin yükseltilmesini ve PGM'lerin solvent ekstraksiyonu ve iyon değişimi ile ardışık olarak çıkarılmasını içerir.

Rafinerideki toz toplayıcıları, 0,5 mikronluk partiküller için % 99,99'lük bir yakalama verimliliğine sahip olan kartuş filtre elemanlarını içerir. Tükenmiş kartuş filtreler, bir yüklenici tarafından saha dışında yakılır. PM içeren kül geri dönüşüm için rafineriye iade edilir. Onsekiz filtre içeren küçük ila orta ölçekli bir üniteden gelen tipik emisyonlar, Tablo 7.10'da gösterildiği gibi olacaktır.

Tablo 7.10: PM 221 Tesisinden Toz Emisyonları

Tesis 221	Azaltma tekniği	Elde edilen değerler	Toz (mg/m <sup>3</sup> )	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
	Kartuş filtre	Ortalama	1.12	Sürekli izleme	Aylık
		Yüzde 95	3.5		
		Maksimum	4.38		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Doré metalinin üretildiği Tesis 117'nin Kaldı fırınında iki tip cüruf oluşur. İlk aşamadaki cüruf öğütülür ve sahadaki kurşun tesisine aktarılır. Konvertör cürufu olarak bilinen ikinci aşamadaki cüruf öğütülür ve Kaldı fırına geri gönderilir. Her iki tip cüruf iki aşamada öğütülür. Ön kırma işlemi ana salonda gerçekleşir. Kırma alanı, tesisin merkezi havalandırma sistemine bağlı yerel bir başlık ile donatılmıştır. Bir torba filtre sistemindeki işlemden sonra hava, bir istif ile atmosfere boşaltılır (bu emisyonlar, Bölüm 7.3.3'te rapor edilmektedir).

Daha sonra, ön öğütülmüş cüruf, ayrı bir binada bulunan cüruf kırma istasyonuna aktarılır. Cüruf kırma istasyonu kendi havalandırma sistemi ile donatılmıştır ve torba filtrede işlemden geçirildikten sonra hava bir istif ile atmosfere boşaltılır (bkz. Tablo 7.11).

Tablo 7.11: PM Tesis 117'deki cüruf kırma istasyonundan toz emisyonları

Tesis 117 (Cüruf kırma istasyonu)	Azaltma tekniği	Elde edilen	Toz (mg/m <sup>3</sup> )	Veri elde etme	Ortalama türü
	Torba filtre	Minimum	0.4	Periyodik izleme (Yılda 4 kez)	Örnekleme döneminde
		Ortalama	1.3		
		Maksimum	2.6		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Kırma sonra cüruf bir forklift kamyonu ile konteynırlarda bir kurşun tesisine veya Kaldı fırınına aktarılır.

Tesis 121'de, değerli metallerin rafine edilmesine yönelik tüm malzemeler kapalı bir binada saklanır. Tozlu malzemeler kapalı kaplarda/büyük torbalarda depolanır ve bir egzoz sistemi ile donatılmış kapalı konteynerler ve kapalı konveyörler aracılığıyla taşınır. Tozsuz veya büyük malzemeler, sızdırmaz bir zemin üzerinde kapalı binalardaki mekanik yükleyiciler veya vinçler tarafından taşınır. Atık gazlar torbalı filtrelerde işlenir (bu tesis için emisyonlar, Bölüm 7.3.3'te rapor edilmektedir, çünkü ön arıtma işlemlerinden çıkan gazlar, Doré metal üretiminden çıkan gazlarla birlikte arıtılır).

### Çapraz medya etkileri,

Ekstraksiyon ve tozsuzlaştırma sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış. Çatı ekstraksiyon sistemleri özellikle enerji yoğun bir tekniktir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik hususlar

Ön arıtma ve sonraki azaltma tekniklerinin seçimi, fırın tipi ve eritme işleminin türüne ve bunun yanı sıra besleme olarak kullanılan hammaddelerin tipine ve partikül boyutuna bağlıdır.

Bina havalandırması, partiküllerin boyutu, depolama alanının boyutu ve kullanımı ve özgün emisyon durumu gibi farklı faktörlere bağlı olarak kurulabilir.

Toz ya da tozlu malzemelerin taşındığı yeni tes için merkezi bir kartuş filtre toz toplama sistemi uygulanacaktır, ancak mevcut tesislerde uygulanabilmesi için büyük bir iyileştirme gerekli



olacaktır.

Torba filtreli bir sistemin bakımı daha kolaydır, kartuşlardaki katlanma nedeniyle perdeleme olasılığı daha düşüktür ve filtrasyon ortamı daha uzun süre dayanır. Kartuş filtre sistemlerinin genellikle otomatikleştirilmesi daha kolaydır ve sahalar çok daha az yer kapladığından, toprağın değerli olduğu yerlerde tercih edilir.

### **Ekonomi**

Küçük ila orta ölçekli kartuş filtre toz toplayıcı, ör. 18 kartuşlu filtreler ve 7500 m<sup>3</sup>/saat'lik bir fan oranına sahip olan tesis, şu andaki fiyatlarda 0.25 milyon EUR tutarında bir sermaye ve kurulum maliyetine sahip olacaktır [404, EPMF 2012].

### **Uygulama için gerekçeler**

- Emisyonların azaltılması.
- Çevresel düzenleme şartları.
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.

### **Örnek tesisler**

Diğerleri içerisindeki tesisler 112, 113, 117, 121, 205, 221, 318 ve 2113.

### **Referans literatür**

[ 404, EPMF 2012 ].

## **7.3.2. PM ergitme ve eritme işlemlerinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler (Doré metal üretimi ile ilgili olanlar hariç)**

### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Tozlu malzemeler için kapalı transfer sistemleri (bkz. Bölüm 2.12.4);
- kapalı binalar ve/veya eritme ocağı alanları (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Negatif basınç altında çalışma;
- Fırın operasyonlarını toz toplayıcılara veya aspiratörlere davlumbazlar ve bir kanal sistemi aracılığıyla bağlamak (bkz. Bölüm 2.12.4);
- Torba filtreli (bazen siklonlar ile kombine edilmiş) veya kartuş filtrelerle donatılmış bağımsız veya bireysel tesislerde toplanan veya çıkarılan tozun filtrelenmesi;
- Fırın ekipmanlarını ile toz toplayıcı veya çıkarıcınının elektriksel olarak birbirine bağlanması.

Bazı sahalarda, büyüklüklerine ve genel organizasyonuna bağlı olarak (örneğin, bireysel veya diğer metal arıtma operasyonlarına eklenmiş gibi), eritme gibi pirometalurjik işlemlerden kaynaklanan tozların geri kazanımı ve arıtma ön işleminden kaynaklanan toz (ve duman) şeklinde gerçekleştirilir ve eritme gibi işleme ve diğer toz üreten işlemler, merkezi bir şekilde ele geçirilir, işlenir ve kontrol edilir. Bu, Bölüm 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 ve 7.3.8'de açıklanan teknikler arasındaki benzerlikleri açıklar.

### **Teknik açıklamalar**

*Tozlu malzemeler için kapalı transfer sistemleri*

Tozlu giriş malzemeleri fırına kapalı sistemlerle (konveyörler, konteynerler, yalıtılmış paketlerle) yüklenir; tozsuz malzemeler, kapalı koşullar altında açık tekneler/tanklar vasıtasıyla doğrudan fırına yüklenebilir.

*Kapalı binalar ve / veya eritme ocağı alanları*

Kapalı binalar, uygun ekstraksiyon cihazlarına (bina tozsuzlaştırma sistemleri gibi) veya transfer ve devrilme noktalarındaki ekstraktörler veya eşdeğer ölçütlere (yani, malzemenin

buğuluğuna) sahip olabilir.

*Davlumbaz sistemlerini toz toplayıcılara veya aspiratörlere davlumbazlar ve bir kanal sistemi üzerinden bağlamak*

Fırınlr kapsülendir ve bir davlumbaza bağlanır. Alıcı potaya cüruf/metal dökme/akıtma sırasında muhafaza veya çevreleme uygulanabilir. Potalar malzeme katılaşına kadar muhafaza içinde tutulur.

Fırınlr, aynı zamanda proses gazları için bir başlık olarak kullanılabilen, suyla soğutulmuş bir kapak ile kaplanabilir. Ek olarak, fırından yayılan yaygın emisyonları yakalamak için, fırın bir mmuhafaza içine yerleştirilebilir.

Davlumbazlar/muhafazalar, toz ve duman toplamalarına izin veren bir egzoz sistemine bağlanır. Egzoz havalandırma sistemi, şarj/kılavuz çekme alanlarında ve döküm alanlarında bulunan bir gaz azaltma sistemine bağlanabilir.

*Toplanan veya çıkan tozları filtre etme*

Torba filtreler ve kartuş filtreler kullanılır. Toplanan toz prosese geri döndürülür.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Toz toplayıcısından geri kazanılan baca tozu ve filtreler rafineride veya PM ve diğer değerli metallerin geri kazanımı için üçüncü rafineriler tarafından ya doğrudan eritme ile ya da ön arıtma işleminden sonra peletleme ya da hidrometalurjik yükseltmeyle (işleme ve ön işlemden kaynaklanan katı atık olmadan) geri dönüştürülür.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis 221'den elde edilen veriler (Kısım 7.3.1'deki Tesis 221'in açıklamasına bakınız), seksen tane filtre içeren ve 30.000 m<sup>3</sup>/saat'lik bir fan oranına sahip orta büyüklükte bir kartuş filtre ünitesinden kaynaklanan tipik emisyonların aşağıdaki gibi olacağını göstermektedir.

**Tablo 7.12: PM Tesis 221'den toz emisyonları**

Azaltma tekniği	Elde edilen değerler	Dust	Veri elde etme Yöntemi	Ortalama Türü
		mg/Nm <sup>3</sup>		
Kartuş filtre	Ortalama	1.12	Sürekli izleme	Aylık
	Yüzde 95	3.5		
	Maximum	4.38		

*Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]*

Tesis 2426'da, eritme işlemi gümüş içerebilen tüm kurşunlu atıkları eriten döner bir fırından oluşur. Eriticiden salınımlar özellikle kurşun için önemli, fakat gümüş için önemsizdir, çünkü bunlar esas olarak kurşun bileşikleri ve kurşun metal gazlarından oluşur, gümüş ise küçük bir kirlilik olarak bulunur. Bununla birlikte, tüm katı malzemeler (besleme artıkları ve iç proses ara ürünleri), toksik olan başka maddeler içerebileceğinden, kurşun veya gümüş içerdiğine inanıp inanmasalarda, potansiyel olarak tehlikeli olarak değerlendirilirler.

Tesis 2426'da toz ve duman üretmekten sorumlu tipik ergitme ve eritme işlemleri aşağıda özetlenmiştir:

- bir katışkı olarak gümüş içeren kurşunlu atıkların döner bir fırında eritilmesi;
- cürufun bloklara dökülmesi;
- gümüş katışkıları içeren geri kazanılmış kurşunun dökülmesi.

Döner fırın, davlumbazlarla ön ve arkaya ve bir torba filtre ekstraksiyon ünitesine bir kanal

sistemi ile bağlanır. Ekstraksiyon ünitesi 160.000 m<sup>3</sup>/sa'lık bir çıktı kapasitesine sahiptir. Buna ek olarak, kapı alanından ve döküm alanından çeken büyük ön davlumbaz, her biri 34.000 m<sup>3</sup>/sa kapasiteli iki ilave torba filtreleme ünitesine bağlanır. Toz ve duman, filtrelenmiş hava bir baca aracılığıyla atmosfere salınmadan önce, proseslerden ve toz toplayıcılarından uzaklaştırılır. Torba filtreleri, 0.5 mikrona kadar olan parçacıklar için % 99.99'luk bir yakalama verimliliğine sahiptir.

**Tablo 7.13: PM tesis 2426'dan toz emisyonları**

Azaltma tekniği	Elde edilen değerler	Toz	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		mg/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtre	Minimum	0.15	Sürekli izleme	Aylık ortalama
	Ortalama	0.3		
	Maksimum	1.1		

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

Kurşunlu baca tozu, kurşun ve gümüşün geri kazanımı için döner fırın içinden rafineride geri dönüştürülür. Bacalar, bir arıza oluşması durumunda bir alarm tetikleyen parçacık-darbeleri toz ölçüm problemleri ile donatılmıştır. Bu, 24 saatlik saha güvenlik bürosuna iletilir ve bu da uygun eylemin yapılmasını sağlar. Problemler önceden belirlenmiş bir şekilde saat başı ortalama olarak 5 mg/m<sup>3</sup> toz alarmı vermek üzere ayarlanmıştır.

Gümüş üreten tüm prosesler ortak bir torba filtreleme ünitesine ekstraksiyon edilir. Tipik gümüş içeriği toplam kütle için ~% 1'i ve tipik kurşun içeriğinin % 1,6'sıdır.

Tesis 112 ayrıca Tablo 7.14'te gösterilen döner bir fırından çıkan emisyonları da rapor eder.

**Tablo 7.14: PM 112 tesisinde bir döner fırın emisyonları**

Azaltma tekniği	Akış	Kirlenici	Değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
	Nm <sup>3</sup> /sa			mg/Nm <sup>3</sup>		
		Toz	Ortalama	0.30	Periyodik izleme (yılda 6 defa)	Örnekleme döneminde
			Maksimum	0.30		
		Toplam C	Minimum	0.6	Sürekli izleme	Yarım saatlik
			Ortalama	6.7		
			Maksimum	37.7		
		HCl	Ortalama	0.13		
		Cl <sub>2</sub>	Ortalama	0.02		
			Maksimum	0.04		
		PCDD/F	Ortalama	0.024 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		
		Hg	Minimum	0.0001		
			Ortalama	0.0032		
			Maksimum	0.0095		
		Tl	Minimum	0.00002		
			Ortalama	0.00003		
			Maksimum	0.00003		
		Pb	Minimum	0.001		
Ortalama	0.0016					
Maksimum	0.0028					
	Minimum	0.00002				

## Bölüm 7

Cyclone, gas cooler, bag filter	36 090	Co	Ortalama	0.0001	Periyodik izleme (yılda 6 defa)	Örnekleme döneminde
			Maksimum	0.0004		
		Ni	Minimum	0.0008		
			Ortalama	0.002		
		Se	Maksimum	0.0046		
			Minimum	0.0407		
		Te	Ortalama	0.0469		
			Maksimum	0.0572		
		Sb	Minimum	0.00001		
			Ortalama	0.0001		
		Cr	Maksimum	0.0001		
			Minimum	0.0001		
		Cu	Ortalama	0.0001		
			Maksimum	0.0001		
		Mn	Minimum	0.0006		
			Ortalama	0.0025		
		V	Maksimum	0.0092		
			Minimum	0.0098		
		Sn	Ortalama	0.0162		
			Maksimum	0.026		
			Minimum	0.0004	Periyodik izleme	Örnekleme döneminde
			Ortalama	0.0007		
		As	Maksimum	0.0018		
			Minimum	0.00003		
		Cd	Ortalama	0.00005		
			Maksimum	0.00011		
		Cr(VI)	Minimum	0.0001		
			Ortalama	0.0007		
		Be	Maksimum	0.0026		
			Minimum	0.0002		
			Ortalama	0.0002		
			Maksimum	0.0003		
			Minimum	0.00001		
			Ortalama	0.000015		
			Maksimum	0.00003		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz medya etkileri,

- Ekstraksiyon ve tozsuzlaştırma sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.
- Uçucu metal bileşiklerinin oluşumunu önlemek için eritme reaksiyonlarının verimliliğini stabilize ve maksimize etmek için hammadde/flaks kullanımı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik hususlar

Bu tip toz toplayıcı yeni kurulumlar ve mevcut kurulumların büyük güncellemeleri için geçerlidir.

### Ekonomi

Orta büyüklükte bir kartuş filtre toz toplayıcısına (80 filtre), mevcut fiyatlarda 1-1,5 milyon EUR tutarında bir sermaye ve kurulum maliyeti olacaktır.

### Uygulama için gerekçeler

- Emisyonların azaltılması.
- Çevresel düzenleme şartları.
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.

### Örnek tesisler

Diğerleri arasında tesis 112, 121, 205, 221, 318, 2113 ve 2426.

### Referans literatür

[ 404, EPMF 2012 ]

## 7.3.3. Doré metal üretimi için pirometalurjik proseslerden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapsüllenmiş fırınlar, uygun muhafaza / davlumbazlar, muhafazalar ve kapalı yıkayıcılar; verimli ekstraksiyon ve sonraki gaz temizleme sistemleri ile (bkz. Bölüm 2.12.4);
- ıslak tozsuzlaştırma sistemleri (söndürme, Venturi yıkayıcılar, ıslak ESP);
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- Sülfürik asit fabrikasında SO<sub>2</sub> geri kazanımı (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2) veya SO<sub>2</sub> yıkayıcısı (peroksit prosesi);
- sulu gazdan toplanan selenyumun geri kazanımı ve sulu çözeltiden çöktürme.

Bazı yerlerde, büyüklüklerine ve genel organizasyonlarına bağlı olarak (örneğin, bireysel veya diğer metal arıtma operasyonlarına eklenen), Doré metal üretimi için pirometalurjik işlemlerden kaynaklanan tozların işlenmesi ve geri kazanımı, ön arıtma ve işleme ile oluşan toz (ve duman) gibi bir şekilde gerçekleştirilir ve erime gibi diğer toz üreten işlemler, merkezi bir şekilde yakalanır, işlenir ve kontrol edilir. Bu, Bölüm 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 ve 7.3.8'de açıklanan teknikler arasındaki benzerlikleri açıklar.

### Teknik açıklama

*Verimli ekstraksiyon ve sonraki gaz temizleme sistemleri ile kapsüllenmiş fırınlar, uygun muhafaza/davlumbazlar, muhafazalar, ve kapalı yıkayıcılar;*

Anot plakaları gibi giriş malzemeleri kapalı ve egzozlu şarj kutuları ve konveyörler ile kurutucuya yüklenir. Tozlu malzemeler kapalı büyük torbalarda saklanır ve tamamen kapalı bir sistemde bir egzoz sistemi ile kapalı kutular üzerinden Kaldo/TBRC fırına yüklenir.

Tozsuz ve büyük malzemeler, kapalı ortamlarda açık tekneler/tanklar vasıtasıyla doğrudan fırına yüklenebilir. Uygulama bir davlumbazın altında gerçekleşir.

Operasyon negatif basınç altında gerçekleşir. Kaldo/TBRC fırını kapsülendir ve bir davlumbaza bağlanır. Metal dökümü/cürufur/akıtma sırasında alıcı pota çerçeveselenir veya muhafaza edilir. Potalar malzeme katılaşana kadar muhafaza içinde tutulur. Bakır/kurşun hatlarından değerli metal ile zenginleştirilmiş alaşımların rafine edilmesi için kükürt ve selenyum içermeyen büyük malzemeler küpelyasyon fırınına (TBRC/TROF/BBOC) doldurulur. Fırın, aynı zamanda işlem gazı çıkışı için bir başlık olarak kullanılan, suyla soğutulmuş bir kapak ile kapatılır. Ek olarak, fırın yaygın emisyonları yakalamak için bir muhafazanın içine yerleştirilir. Sodyum karbonat ve rafine etme işlemi için diğer flakslar kapalı kutularda saklanır ve kapalı bir sistem aracılığıyla yüklenir.

Doré metali, aynı zamanda, bir vakumlu otoklav (VR) içerisinde vakum altında çinkonun buharlaştırılması sonucunda da üretilebilir. Flakslar gerekli değildir. Bu kapalı bir süreçtir. Çubuklara kalıplama, bir ekstraksiyon başlığı altında gerçekleştirilir ve ekstrakte edilen hava, torba filtreler yoluyla filtrelendir.

## Bölüm 7

Davumbazlar/muhafazalar duman tahliyesine izin veren bir egzoz havalandırma sistemine bağlanır. Egzoz havalandırma sistemi, yükleme/akıtma alanlarında ve ayrıca Doré / gümüş anotları için döküm alanlarında bulunan gaz azaltma sistemine bağlanır.

*Bir sülfürik asit fabrikasında veya SO<sub>2</sub> yıkayıcıda (peroksit prosesi) ıslak toz giderme sistemleri, torba filtreler ve SO<sub>2</sub> geri kazanımı*

Fırınlardan çıkan proses gazları (uçucu selenyum içeren erime/dönüştürme aşaması) soğutulur/söndürülür ve bir Venturi yıkayıcıda, bir ıslak siklonda ve/veya bir ıslak elektrostatik çökelticide işlenir. Gerekirse SO<sub>2</sub> çıkarılması, bir çift kontak/çift emilim asitli tesis veya bir SO<sub>2</sub> yıkama kulesi veya bir SO<sub>2</sub> yıkayıcı ile elde edilir. Selenyumun ayrı kavrulmasından çıkan gazlar, tüm tozları uzaklaştırmayı amaçlayan tozsuzlaştırma sistemleriyle yakalanır.

Fırınlardan kuru proses gazları (uçucu hale getirilmemiş selenyum içermeyen ön kavurma işleminden sonra erime ve Doré/nihai arıtma aşaması eritme için küpelasyon fırını) torba filtrelerde işlenebilir.

Çeşitli kaynaklardan ikincil gazlar genellikle karıştırılır ve torba filtrelerde işlenir.

*Selenyum ve değerli metallerin geri kazanımı*

Selenyum, bir Venturi gaz yıkayıcısı ve/veya ıslak bir ESP kullanılarak eritme fırını egzoz gazından buharlaştırılır ve geri kazanılır. Islak toz giderme sistemlerinde elde edilen süspansiyon, sodyum hidroksit ile işlenir ve/veya bir (dolaylı buharla ısıtılmış) filtre presi ile süzülür. Filtrelenmiş çamurlar prosese geri döndürülür. Selenyumu çökeltmek için çözelti ayrıca ısıtılır ve gazlı sülfür dioksit ile işlenir. Kalan atık, bir atık su arıtma tesisinde (fiziksel ve kimyasal arıtma) işlenmektedir veya asit tesislerinde geri dönüştürülmektedir.

Selenyum içeren çamurlar, eritme işleminden önce de kavrulabilir. Selenyum, elektrikle ısıtılan bir fırında reaktif oksijen ve kükürt dioksit kullanılarak selenyum dioksit gazı olarak buharlaştırılır. Çıkan gazdan selenyum bir sulu çözeltiye alınır ve elementer selenuma indirgenir.

Rafinasyon işleminin farklı aşamalarındaki cürufur, torba filtrelerinde ayrılmış tozlar, ıslak tozsuzlaştırma sisteminin kalıntıları vb. gibi proses artıkları, metal geri kazanımı için dahili veya harici olarak geri dönüştürülür.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz, metal ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Sülfürik asit tesislerine eklenen salar için SO<sub>2</sub> emisyonları, sahada yeniden kullanım ve/veya üçüncü taraflara satış için sülfürik asit üretmek üzere geri kazanılır.
- Selenyum fırın gazı çıkışından geri kazanılır.
- Değerli metalleri (filtrelenmiş balçık) içermesi muhtemel olan yaş tozsuzlaştırma sistemlerinde üretilen tüm artıklar arıtma işlemine geri döndürülür. Torba filtrelerinde toplanan baca tozu rafineri içinde veya PM ve diğer değerli metallerin geri kazanımı için üçüncü bir tarafça geri dönüştürülmekte, dolayısıyla hammadde tasarrufunu ve atık en aza indirilmesini teşvik etmektedir.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis 117'de, değerli metallerin rafine etme aktivitesi bir bakır arıtma tesisine eklenir ve bu nedenle, Doré üretim işlemine beslenen ana hammadde, kurutulmuş bakır anot taneleri ve aynı zamanda değerli metal üretim işlemlerinden geri dönen malzemelerdir. Balçıklar ilk önce dolaylı buharla ısıtılan kurutucuda kurutulur. Kurutulmuş materyal, Kaldo fırınının yük bölmesine hava geçirmez bir şekilde ve daha sonra fırının kendisi içerisine (gene hava sızdırmaz bir şekilde) aktarılır. Geri dönen öğütülmüş cürufur veya gümüş çimentosu gibi diğer bazı şarj malzemeleri (kuruma olmaksızın), hava sızdırmaz bir şekilde Kaldo fırınına yüklendikleri yerlerden, şarj kutusuna doğrudan beslenirler. Yardımcı malzemeler, boğazından doğrudan Kaldo fırına

beslenir. Tüm şarj alanları havalandırma sistemleri ile donatılmıştır. Kaldo fırını tamamen bir davlumbaz ile kaplıdır.

Kaldo fırından çıkan gazlar, bir Venturi yıkayıcıda parçalanır ve bakır eriticisinde bulunan bir çift temaslı/çift emişli sülfürik asit tesisine (bir gaz akışı olarak) gönderilir. 1.5–12 g/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> içeren Kaldo baca gazının akışı, sülfürik asit tesisine giren toplam akışın yaklaşık% 4'ünü oluşturur.

**Tablo 7.15: PM 117 numaralı tesisten Emisyonlar**

Azaltma tekniği	Kirlenici	Elde edilen değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
			mg/Nm <sup>3</sup>		
Venturi yıkayıcı ve çift kontaklı/çift emişli sülfürik asit tesisi ve ardından buğu çözücü	SO <sub>2</sub>	Minimum	140	Sürekli izleme	Saatlik
		Ortalama	186		
		Maksimum	800		
	NO <sub>x</sub>	Minimum	280		
		Ortalama	299		
		Maksimum	640		
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Minimum	37	Periyodik izleme (yılda 12 kez)	Örnekleme döneminde
		Ortalama	77		
		Maksimum	200		

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

İki torba filtre ve iki istif ile donatılmış değerli metaller tesisinde merkezi havalandırma sistemi bulunmaktadır. Sistem, aşağıdakilerden emisyonları toplar:

- kurutucudan çıkan gaz;
- hammadde dağıtım holü/salonu;
- kaldo fırın kapağı/başlığı/davlumbazı ve anot fırın koridoru;
- kurutucu şarj alanından ve şarj haznesinden havalandırma havası;
- ön cüruf kırma alanı;
- değerli metaller fabrikasının diğer tesisleri.

**Tablo 7.16: PM 117 numaralı tesiste merkezi havalandırma sisteminden emisyonlar**

Azaltma tekniği	Kirlenici	Elde edilen değer	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortlama türü
			mg/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtre	Toz	Minimum	0.1	Periyodik izleme (Yılda 4 kez)	Örnekleme döneminde
		Ortalama	0.23		
		Maksimum	0.3		
	SO <sub>2</sub>	Minimum	14.6		
		Ortalama	40.15		
		Maksimum	64.24		

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

Islak toz giderme sisteminde elde edilen süspansiyon, sodyum hidroksit ile nötralize edilir. Kurşun ve diğer kalıntı metalleri çökeler. Öz filtre presinde filtrelenir. Filtrelenmiş çamur kurutucuya geri döndürülür. Çözelti ısıtılır ve gaz halindeki sülfür dioksit ile işlenirken, selenyum çökeler. Selenyum daha sonra bir filtre presinde süzülür ve durulanır ve hava üflenerek kurutulur. Atık su, kireç sütü ile nötrleştirildiği ve filtreleneceği yerel atık su ön arıtma tesisine deşarj edilir. Balçık, briketlenecek bakır konsantresi hattına geri döndürülür ve bakır eritme için şaft fırınlarına yüklenir. Süzülen çözelti, nihai nötralizasyon ve topaklaşma için bakır eriticinin asit atık su kanalizasyonuna boşaltılır.

Kaldo fırından Doré metal bir potaiçerisinde havadaki bir vinçle anot fırınına aktarılır. Ham gümüş ısıtılır ve gümüş anotlara dökülür. Anot döküm alanı LEV (lokal egzoz havalandırması) ile donatılmıştır. Anot fırın koridorundan çıkan havalandırma gazlarının yanı sıra fırındaki işlem gazları bir torba filtresinde ayrılır. Torba filtresinden gelen toz, kapalı bir boru sistemiyle Kaldo fırına geri gönderilir.

Tesis 121'de, değerli metal rafinerisi hem bakır üretiminden gelen değerli metalle zenginleştirilmiş anot balçıklarını hem de kurşun rafinasyonundan gelen değerli metalle zenginleştirilmiş alaşımı arıtmak için tasarlanmıştır. Bakırdan arındırılmış balçık kurutulur. Kurutulmuş balçık, baz metalleri cüruftan ayırmak ve ham PM alaşımını kazanmak için bir Kaldo/TBRC fırında eritilir. Selenyum buharlaştırılır, gaz yıkaması sırasında toplanır ve daha fazla rafinasyon için satılan ham selenyum olarak çökeltilir. Farklı üretim hatlarından (kurşun, bakır, piyasa) gelen değerli metal içeren alaşımlar, ikinci bir fırında (TROF, TBRC) karıştırılır ve eritilir. Bu fırında sonunda PM alaşımı/zengin Doré metal/ham gümüş rafine edilir ve gümüş anotlara dökülür.

Anot balçıklar kapalı şarj kutuları ve kapalı konveyörler ile kurutucuya yüklenir. Dönüştürücüler ve kutular boşaltılır. Tozlu malzemeler büyük torbalarda depolanır ve büyük torbalardan boşaltılmış olan kapalı kutulara yüklenir. Tozsuz/büyük materyaller tekne/varil ile yüklenir. TBRC fırını tamamen kapalı bir sistem üzerinden şarj edilir.

Kurutucu, bir buhar kurutucusu ile dolaylı olarak ısıtılır ve kapalı bir şarj konveyörü (egzoz sistemi) ile yüklenir. Gaz, Kaldo fırından (TBRC 1) ve bir torba filtrede kurşun rafinerisinden gelen ikincil atık gaz ile birlikte işlenir. Kapalı kutular, kurutulmuş malzemeyi depolamak ve şarj etmek için kullanılır.

Kaldo fırını (TBRC 1) kapsülendir ve bir davlumbaza bağlanır. Birincil işlem gazları, bir söndürme sırasında (600 ° C'den 80 ° C'ye) hızla soğutulur, daha sonra bir Venturi yıkayıcı, ıslak siklon ve ıslak ESP'den geçirilir. Gaz, bir çift kontak / çift absorpsiyon asit tesisindeki veya bir SO<sub>2</sub> yıkayıcıda SO<sub>2</sub> geri kazanımı için işlenir. Söndürme ve Venturi yıkayıcıdan gelen toz süspansiyonu, (dolaylı buharla ısıtılmış) bir filtre presi ile filtrelenir ve balçık tekrar TBRC'ye geri verilir. Sulu çözelti, selenyumu konsantr etmek için ıslak gaz temizliğinde yeniden kullanılır ve ayrıca ham selenyumun çökeltilmesi için kullanılır. Sülfürik asit tesisinden boşaltılan gazdaki SO<sub>2</sub> içeriği yaklaşık 270–1080 mg/m<sup>3</sup>'tür (günlük ortalama).

Çeşitli kaynaklardan (örn. Kaldo fırını (TBRC 1) ve kurşun rafinerisi) gelen ikincil gazlar birlikte karıştırılır ve iki torba filtrede temizlenir.

**Tablo 7.17: PM tesis 121'de ikincil gazlardan toz emisyonu**

Azaltma tekniği	Maksimum akış	Elde edilen değer	Toz	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
	Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtre	40 000	Minimum	< 0.5	Sürekli izleme	Günlük
		Maksimum	2.0		
		Minimum	< 0.5		Her yarım saatte
		Maksimum	8.0		

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

Küpelasyon fırını (TBRC 2) geniş bir muhafazanın içine yerleştirilmiştir. Kükürt ve selenyum içermeyen büyük katı maddeler şarj edilir. Sodyum karbonat ve rafine etme işlemi için diğer flukslar kapalı kutularda saklanır ve kapalı bir sistem aracılığıyla yüklenir. Fırın, aynı zamanda proses gazları için bir başlık olarak kullanılan, su soğutmalı bir kapak ile kapatılır. Ayrıca, kaçak emisyonları yakalamak için fırın bir muhafaza içine yerleştirilir. Her iki davlumbaz egzoz havalandırmasına bağlanır. İkincil gazlarla birlikte küpelasyon fırınının (TBRC 2) çıkış gazı ayrı bir torba filtresinde temizlenir.



**Tablo 7.18: PM tesis 121'de çeşitli kaynaklardan (cupellation fırın ve sekonder gazlar) kaynaklanan toz emisyonları**

Azaltma tekniği	Maksimum akış	Elde edilen değer	Toz	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
	Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtre	50 000	Minimum	< 0.5	Sürekli izleme	Günlük
		Maksimum	2.0		
		Minimum	< 0.5		Her yarım saatte
		Maksimum	4.0		

*Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]*

Tesis 27'de, selenyumun ayrılması ve geri kazanımı, bakırdan arındırılmış anot balçığının kavrulması ve reaktifler olarak oksijen ve kükürt dioksit kullanılarak elektrikle ısıtılan bir fırında selenyum dioksit gazının buharlaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Selenyum daha sonra çıkan gazdan sulu bir çözeltiye alınır ve elementel selenyumuna indirgenir. Toz çökteltme çözeltisi tanklarında yakalanır. Selenyum çökteltmesinden sonra çıkış gazındaki ortalama toz içeriği <25 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Selenyumsuz balçık daha sonra eritilir, indirgenir ve bir TROF dönüştürücüsünde Doré metal olarak rafine edilir ve anotlar halinde dökülür. Çıkan gazlar, biri işlem gazı için ve biri de havalandırma gazı olmak üzere iki torba filtresine yönlendirilir. Torba filtresinden sonraki toplam çıkış gazı akışındaki (18 000 Nm<sup>3</sup>/h) toz içeriği Tablo 7.19'da gösterilmiştir.

**Tablo 7.19: PM tesis 27'de toz emisyonları**

Azaltma tekniği	Elde edilen değer	Toz	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		mg/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtre	Ortalama	10	Periyodik izleme (yılda 4 kez)	Örnekleme döneminde

*Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]*

Tesis 219'da, liçlenmiş anot balçığının kurutulması ve cüruf flakslarının (örneğin, Sodyum karbonat ve kok) karıştırılması uygulanmakta, bunu takiben empürileri gidermek için bir TBRC içinde eritme ve arıtma yapılır ve anot formunda Doré metalinin üretimi gerçekleştirilir. Selenyum buharlaştırma ile ayrıştırılır ve sonunda bir nihaî ham selenyum olarak çökteltilmeden önce bir Venturi yıkayıcı ve bir ıslak ESP ile gaz fazından geri kazanılır. Gazlar ayrıca bir ESP'de ve bir yıkama kulesinde sülfür dioksit için temizlenir. İkincil davlumbaz ve konsantre kurutucudan çıkan gaz, bir torba filtresinde temizlenir. Tablo 7.20 toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 7.20: PM Tesis 219'da toz emisyonları**

Azaltma tekniği	Akış	Elde edilen değer	Toz	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
	Nm <sup>3</sup> /h		mg/Nm <sup>3</sup>		
ESP + yıkayıcı	7 000	Minimum	< 0.5	Periyodik izleme (yılda 4 kez)	Örnekleme döneminde

*Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]*

Tesis 2113'te, Doré metal yüksek konsantrasyonlarda PM içeren çeşitli ara maddelerden üretilir. Aynı zamanda tozun çıkarıldığı, bir torba filtre ile SO<sub>2</sub>'yi fırın gazlarından çıkarmak için kireç enjekte edilir. Bina havalandırma havası bir torba filtre ile temizlenir. Tablo 7.21 proses gazlarından ve Tablo 7.22 bina havalandırma tozundan kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir.

Tablo 7.21: PM Tesis 2113'de proses gazlarından emisyonlar

Azaltma Tekniği	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Kirletici	Elde edilen değerler	Birim (mg/Nm <sup>3</sup> )	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
Kireç enjeksiyonlu torba filtre (proses gazları)	18 500	Toz	Minimum	0.02	Periyodik izleme (yılda 5 kez)	Örnekleme döneminde
			Ortalama	0.10		
			Maksimum	0.14		
		SO <sub>2</sub>	Minimum	62	Periyodik izleme (yılda 15 kez)	
			Ortalama	248		
			Maksimum	620 <sup>(1)</sup>		

<sup>(1)</sup> Değerler 1–2 saatlik örneklere karşılık gelir. Tüm döngünün süresi boyunca (yaklaşık 12 saat), rapor edilen değerler 250 mg / Nm<sup>3</sup> ile 480 mg / Nm<sup>3</sup> arasında değişmiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 7.22: PM Tesis 2113'de bina havalandırma havasından emisyonlar

Azaltma tekniği	Akış (Nm <sup>3</sup> /h)	Kirletici	Elde edilen değer	Birim (mg/Nm <sup>3</sup> )	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
Torba filtresi (bina havalandırma)	115 000	Toz	Ortalama	0.05	Periyodik izleme	Örnekleme döneminde
			% 90	0.06		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tesis 2426'de, Doré metal, kurşun arıtma sırasında kurşundan çıkan gümüş empüritelerinden üretilir. Kapsüllü fırınlar ve uygun muhafaza/davlumbazlar gibi hava emisyonları önleme tedbirleri mevcuttur. Blokların dökümü sırasında, proses gazı gümüş döngü proseslerine hizmet eden 160 000 m<sup>3</sup>/saat kapasiteli bir torba filtresine bağlı bir ekstraksiyon başlığı vasıtasıyla çıkartılır. Filtre tozu metallerin geri kazanımı için gümüş döner fırına yüklenir. 2426 numaralı tesisde, Doré metal gümüş rafinasyonu sırasında çinkonun gümüşten uzaklaştırılmasından kaynaklanan saf olmayan gümüş içerir. Çinkonun çıkarılması, bir vakum kazanı kullanılarak vakum altında buharlaştırma ile çinko çıkartılır. Gümüş döngü proseslerine hizmet eden kurşun ve bakır empüriteler içeren katı gümüş çubuklar oluşturmak için, yukarıda tarif edilen torba filtresine bağlı bir ekstraksiyon başlığı altında, Doré metal prosten kalıplara dökülür ve gümüş içeriği % 80'in altına düşebilir.

Tesis 2426'da, tüm gümüş üretim işlemlerden çıkan gazlar ortak bir torba filtresine çıkartılır. Tipik gümüş içeriği toplam kütle için ~% 1'i ve tipik kurşun içeriğin % 1,6'sıdır.

#### Çapraz medya etkileri

- Ekstraksiyon, filtrasyon, tozsuzlaştırma ve yıkayıcı sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.
- Eritme reaksiyonlarının verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve uçucu metal bileşiklerinin oluşumunu önlemek için akışkanların kullanılması.
- SO<sub>2</sub>'nin çıkarılması, reaktifler gerektirir (örneğin, torba filtrelerinde yıkayıcılar veya kireç enjeksiyonu için H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

#### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik değerlendirme

- Teknikler yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.
- Islak tozsuzlaştırma sistemleri ve selenyum geri kazanımı, uçucu selenyum içeren egzoz

- gazları için uygulanabilir.
- Torba filtreleri genellikle kuru gazlar (uçucu madde içermeyen selenyum içermeyen) ve havalandırma gazları için geçerlidir.
- Çift temaslı/çift emişli asitli bir tesiste SO<sub>2</sub>'nin geri kazanımı, esas olarak, primer bakır üretim sahalarına yerleştirilmiş olan ve sülfürik asit üretim üniteleri ile donatılmış olan değerli metal rafinerileri için uygulanır. Alternatif olarak bir SO<sub>2</sub> yıkayıcısı uygulanır.

#### Uygulama için gerekçeler

- Emisyonların azaltılması ve önlenmesi.
- Çevresel düzenleme şartları.
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanma.

#### Örnek tesisler

Diğerleri arasında, 27, 117, 121, 318, 2113 ve 2426 tesisler.

#### Referans literatür

[ 404, EPMF 2012 ]

### 7.3.4. Gümüş ve altın (elektrolitik) arıtımından emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

- Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:
- proses-kontrol-entegre önlemler;
- çözeltilerin transferi için kapalı tanklar/tekneler ve kapalı borular (bkz. Bölüm 2.12.4);
- ilgili olduğunda elektrolitik hücreler için davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri (örneğin, altın elektroliz) (bkz. Bölüm 2.12.4);
- su perdesi;
- yeniden kullanım için çözeltilerin sirkülasyonu;
- değerli metallerin geri kazanımı için yan ürünlerin geri dönüşümü;
- yüksek konsantrasyonlu NO<sub>x</sub> gazlarından nitrik asidin geri kazanımı;
- altın elektroliz egzoz gazı için kostik soda çözeltisi ile alkali yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).

#### Teknik açıklama

Gümüş elektrolitik arıtma işlemi, titanyum veya paslanmaz çelik katotlar ve Doré'den dökülen gümüş anotlar kullanılarak elektrolitik hücrelerde gerçekleştirilir. Onlar asitik gümüş nitrat elektrolite daldırılır. Elektrotlar arasında uygulanan bir doğru akım, anodlardan çözünen gümüş iyonlarının göçmesine ve katotlarda gümüş kristaller olarak birikmesine neden olur. Kristaller katotlardan kazanır, hücrelerin altında biriktirilir ve çıkartılır, yıkanır, filtre edilir ve kurutulur. Elektrolitin bir kısmı periyodik olarak sementasyon yoluyla gümüşün saflaştırılması ve geri kazanılması için sistemden çıkarılır.

Anot filtrasyon torbalarında toplanan elektrolitik hücrelerden gelen balçıklar yıkanır, süzülür ve daha sonra altın ve PGM içeriği için işlenir. Altın, altın elektrolizi veya anot balçıklarının nitrik asitle liç edilmesini takip eden hidrometalurjik prosesler ile üretilir. Liç sonrasında, altın kum anotlara dökülür. Kullanılan elektrolit, bir hidroklorik asit ve tetrakloroaurik asit çözeltisidir. Elektrotlar arasında uygulanan bir doğru elektrik akımı, anodlardan çözünen altın iyonlarının katotlara göç etmesine ve birikmesine neden olur.

Altın ayrıca balçıkların/altın kumunun oksidanlar (HNO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, vb.) içeren hidroklorik asit ile yıkanması, ardından çözeltilen seçici indirgeme ve çökeltme ile geri kazanılabilir.

### *Proses-kontrol-entegre önlemler*

Elektrolitik arıtma prosesleri enerji tüketimini düşürmek ve yüksek verim elde etmek için hücre tasarımı, anot katot aralığı, akım yoğunluğu, elektrolit bileşimi, sıcaklık ve akış hızı açısından optimize edilmektedir.

### *Çözelti transferi için kapalı tanklar/kaplar ve kapalı borular*

Tüketilen elektrolit saflaştırma ve gümüşün sementasyonu için reaktiflerin (bakır tozu, soda) ilavesi için kapalı kaplar ve elektrolitler için kapalı kaplar/depolama tankları kullanılır. Depolama tankları/kapları çift duvarlı tanklardır veya dayanıklı bacalar içine yerleştirilir. Zemin suya ve aside dayanıklıdır. Çözelti/elektrolitlerin transferi için kapalı boru hatları kullanılır.

Gümüş kristaller kapalı konveyörler yoluyla toplayıcı tanklara aktarılır veya hücre tabanından toplama tepsileri ile kaldırılır.

Anot balçıklarının nitrik asitle (altın elektrolizinden önce) liç edilmesi kapalı kaplarda gerçekleşir.

Egzoz havalandırılmalı kapalı reaksiyon kapları ayrıca anot balçıklarının hidroklorik asit veya diğer çözücüler veya çözücü karışımları ile liç edilmesi için ve sonraki aşamalarda altının indirgemesi ve çökeltilmesi için kullanılır.

Sıvı sızdırmazlığını sağlamak ve sızıntıları önlemek için hücrelerin, tankların, boruların, pompaların ve temizleme sistemlerinin düzenli denetimi ve önleyici bakımı uygulanır.

### *Uygun olduğunda elektrolitik hücreler için davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri (örneğin altın elektrolizi)*

Balçık yıkama konut veya bir muhafaza içinde gerçekleşir.

Altın elektroliz için elektrolitik hücreler, anotta üretilen kloru yakalamak için davlumbazlar/entegre muhafazalar ve egzoz havalandırması ile donatılmıştır.

### *Su perdesi*

Bu, anot balçıklarının hidroklorik asit veya diğer çözücülerle liç edilmesi sırasında klor gazı emisyonlarını önlemek için kullanılabilir.

### *Yeniden kullanım için çözeltilerin sirkülasyonu;*

Drenaj sistemleri yalıtılır ve tüm toplanan çözeltiler tekrar sirküle edilir.

### *Değerli metallerin geri kazanımı için yan ürünlerin geri dönüşümü*

- Gümüş elektrolizden harcanan elektrolit ve harcanan balçık yıkama solüsyonları gümüş elde etmek için saflaştırılır. Tüketilen anotlar metal geri kazanımı için tekrar eritilir. Elektrolit saflaştırma (gümüş çimento, bakır-karbonat bazlı kalıntı) kalıntıları metal geri kazanımı için dahili olarak geri dönüştürülür.
- Altın elektrolizinden elektrolit altın elde etmek için saflaştırılır. Tüketilen anotlar metal geri kazanımı için tekrar eritilir. Altın ve diğer PGM'leri içeren balçıklar geri kazanılır ve daha fazla arıtılır.
- Altın liç proseslerinden elde edilen çözeltiler altın ve PGM'leri geri kazanmak için saflaştırılır.
- PGM zenginleştirilmiş çözeltiler PGM'lerin dahili veya harici geri kazanımı için kullanılır.

### *Yüksek konsantrasyonlu NO<sub>x</sub> gazlarından nitrik asit geri kazanımı*

Anot balçıklarının nitric asitle liç edilmesinden kaynaklanan NO<sub>x</sub> içeren gazlar bir kanal sistemi vasıtasıyla toplanır ve nitrik asidin geri kazanımı için yıkayıcılarda yıkanır ve/veya işlenir.

### *Altın elektroliz egzoz gazı için kostik soda çözeltisi ile alkali yıkayıcı*

Altın elektrolitik hücrelerden çıkan egzoz gazı sulu kostik soda çözeltisi içeren bir alkalın

yıkayıcıda temizlenir ve toplanır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Yaygın emisyonların önlenmesi.
- Verimli enerji kullanımı.
- Metallerin ve hammadde tasarruflarının geri kazanımı.
- Proseslerden atık üretilmez.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis 117'de, gümüş elektrolitik arıtma ve gümüş semantasyonunun yapıldığı oda, havadaki emisyonların ihmal edilebilir olmasına rağmen, çatıdaki egzoz kümesine bağlı bir egzoz havalandırma sistemi ile donatılmıştır.

Gümüş kristalleri hücrelerin altından toplanır, (kloruz) sıcak su ile yıkanır, süzülür ve üflenen sıcak hava ile kurutulur. Tüketilen anotlar anot fırına geri döndürülür. Tüketilen elektrolit geri çekilir ve bakır tozu ile çimentolanır. Süzülükten sonra, gümüş çimento Kaldo fırına geri döndürülürken, çözelti, kireç sütü ile nötralize edilen ve filtrelenen yerel atık su ön arıtma tesisine boşaltılır. Su ön arıtma tesisinin balçığı briketleştirilecek bakır konsantresine geri dönüştürülür ve bakır eritme için şaft fırınlarına yüklenir. Süzülen çözelti, nihai nötralizasyon ve topaklaşma için bakır eriticinin asit atık su kanalizasyonuna boşaltılır.

Gümüş elektrolitik arıtma prosesinden çıkan anot balçık kloruz su ile durulanır, süzülür ve altın ve diğer değerli metallerin geri kazanımı için toplanır. Altınlar, balçıkların sıcak hidroklorik asit ve klor gazı ile liç edilmesi ile geri kazanılır ve daha sonra solüsyondan çökeltilir. Altın liçi için reaksiyon kapları kapatılır. Su perdesi, klor gazının çıkmasını önler. Liç prosesi bittiğinde, tüm artık gazlar işlemek için sülfürik asit tesisine yönlendirilir. Altın tozu NaHSO<sub>3</sub> ve NaOH kullanılarak çökeltilir ve daha sonra süzülür ve çubuklara eritilir. Ön-liç işleminden ve çökeltiden kalan çözeltiler, platinin geri kazanımı için harici olarak kullanılır. Liç işleminden çökelti demir tozu ile çimentolanır ve filtrelemeden sonra, Kaldo fırına geri gönderilir. Süzülen sıvı yerel atık su ön arıtma tesisine boşaltılır.

Bertaraf için hiçbir katı atık proseslerden üretilmemektedir.

Tesis 121'de, yüksek saflıkta gümüş kristallerin üretmek ve anot balçıklarında altın ve PGM'leri ayırmak için gümüş elektrolizi uygulanır. Balçık konut içerisinde su ile yıkanır ve çözelti tekrar sirküle edilir. Tüketilen yıkama solüsyonu ile birlikte kullanılmış elektrolit, gümüşün çökeltilmesi için bakır tozu ile işlenir ve daha sonra safsızlıkların giderilmesi için soda ile işlenir. Gümüş çimento TBRC fırında geri dönüştürülür. Bakır-karbonat içeren artık, birincil bakır eriticide geri dönüştürülür. Bakır tozu ve soda ilavesi için tanklar kapatılır. Elektrolit için kapalı bir kap/depolama tankı kullanılır. Hücrelerin altından gelen gümüş kristaller, kapalı bir taşıyıcı vasıtasıyla toplama tanklarına pompalanır ve daha sonra kalan elektroliti çıkarmak için su ile yıkanır.

Altın elektroliz için anot balçığı anotlara dökülmeden önce nitrik asit ile yıkanır. Liç, kapalı, ısıtılmış bir kapta gerçekleşir. NO<sub>x</sub> gazları yıkanır ve bir nitrik asit çözeltisi geri kazanılır. Yıkayıcıdan çıkan gaz maksimum 20.000 Nm<sup>3</sup>/saat akış hızına sahiptir; ölçümler yılda bir kez NO<sub>x</sub> için yapılır (üç tane 30 dakikalık ölçümler): ölçülen seviyeler 80-110 mg/Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Geri kalan PGM içeren çözelti, PGM'lerin geri kazanımı için harici olarak kullanılır.

Altın, bir altın elektrolitik prosesinde yüksek kaliteli altın katotlar veya liç prosesinden yüksek oranda saflaştırılmış altın çökeltisi olarak üretilebilir. Altın elektrolitik hücreler ve reaktörler davlumbazlara bağlanır ve egzoz gazları sulu kostik soda çözeltisi içeren bir yıkayıcıda temizlenir. Çıkış gazı akış hızı 5000 Nm<sup>3</sup>/saate kadar çıkar; ölçümler yılda bir kez Cl (HCl) için yapılır (üç tane 30 dakikalık ölçümler): Ölçülen değerler 2-12 mg / Nm<sup>3</sup> aralığındadır. Kullanılmış elektrolit altın geri kazanımı için temizlenir ve kalan çözelti platin grubu metallerin geri kazanımı için harici olarak kullanılır. Balçık altın/PGM'lerin geri kazanımı için yeniden kullanılır.

Tesis 27'de, gümüş elektrolitik arıtma odası, tavandaki egzoz kümesine bağlı bir besleme-egzoz havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Tüklenen anotlar TROF'a döndürülür. Harcana elektrolit ve katot gümüş yıkamadan çıkan atık su ve harcanan anotlar bakır tozuyla sementasyona tabi tutulur. Gümüş de gümüş elektro-rafinerisi anot balçığından çıkan altın liçinden elde edilen AgCl balçıktan çıkan toz demir ile çimentolanır. Sementasyondan sonra, filtrelenmiş gümüş çimentosu TROF'a geri döndürülürken, çözelti PM prosesine geri döndürülür. Bertaraf için süreçten hiçbir katı atık üretilmemektedir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Proses-kontrol-entegre önlemler, kapalı tanklar/kaplar ve çözeltilerin aktarılması için kapalı borular ve tekrar kullanım için çözeltilerin sirkülasyonu genel olarak uygulanabilir.

Değerli metallerin geri kazanımı için yan ürünlerin/çözeltilerin geri dönüşümü, genellikle belirli bir akışa ve değerli metal içeriğine (altın, gümüş veya platin grubu metaller) bağlı olarak uygulanabilir; eğer hiçbiri yoksa, geri dönüşüm yapılmayacaktır.

Davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri altın elektrolitik hücreler için uygulanabilir.

Su perdesi, liç işlemlerinde (örn. altın üretimi sırasında) klor gazının serbest kalmasını önlemek için uygulanabilir.

Nitrik asidin geri kazanımı, yüksek NO<sub>x</sub> konsantrasyonuna sahip gazlar için geçerlidir, örn. nitrik asit ile anot balçıklarının liçini içeren proseslerden.

Kostik soda çözeltili alkali yıkayıcı, altın elektroliz egzoz gazı için uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi

### Uygulama için gerekçeler

- Emisyonların önlenmesi ve azaltılması.
- Çevresel düzenleme şartları.
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.

### Örnek tesisler

Diğerleri arasında 27, 112, 117, 121, 205 ve 318 numaralı tesisler

### Referans literatür

[ 404, EPMF 2012 ]

### 7.3.5. PM hidrometalurjik operasyonlardan kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Yalıtılmış veya kapalı reaksiyon kapları, depolama tankları, solvent ekstraksiyon ekipmanı ve filtreleri, seviye kontrolü ile donatılmış tekne ve tanklar, kapalı borular, kapalı drenaj sistemleri ve planlı bakım programları gibi çevresel önlemler (bkz. Bölüm 2.12.4).
- Çıkış gazı ekstraksiyonlu ortak bir kanal sistemine bağlı reaksiyon kapları ve tanklar (arıza durumunda otomatik bekleme/yedekleme ünitesi) (bkz. Bölüm 2.12.4).
- Amonyak işleme için sülfürik asit yıkayıcı sistemi (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).
- Hidroklorik asit, klor ve NO<sub>x</sub> gibi baca gazını işlemek için sulu kostik soda içeren ıslak alkali yıkayıcı sistemi (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2).
- Hidrojen peroksit ve nitrik asitin sulu bir karışımını içeren NO<sub>x</sub> yıkayıcıları (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2). Bu yıkayıcılar yüksek, lokalize NO<sub>x</sub> konsantrasyonları üretmek için potansiyele sahip olan belirli kaplar üzerinde bulunur. Bu mini yıkayıcıların amacı ana sistemin yükünü azaltmaktır.
- Kontrol sistemleri, güç kesintisi durumunda ve açma ve kapamaları çalıştırmak için bir besleme jeneratörü tarafından öncelikli olarak yıkayıcıları elektrik devresine bağlamak gibi; bir otomatik kontrol sistemi ile yıkayıcılardan harcanmış asit bertarafı ve taze asit oluşturma, pompa arızası durumunda her bir yıkayıcı deposundan bir geri yıkama-sıvı sirkülasyon pompasının bulunmasını garantileme.

#### Teknik Açıklama

PM ve gümüş içeren malzemelerin ayrıştırılması ve saflaştırılması için, hidroklorik asit, hidroklorik asit ve klor, nitrik asit, altın suyu (nitrik asit ve hidroklorik asit), damıtma, ayrıştırma/liç etme, filtrasyon işlemleri ve seçici ekstraksiyon işlemleri (solvent ekstraksiyonu ve iyon değişimi dahil) dahil olmak üzere çeşitli hidrometalurjik teknikler kullanılır.

Bu operasyonlarda karmaşık bir PM hidrometalurjik operasyonda kullanılan kimya, atmosfere salınmadan önce kabul edilebilir düşük konsantrasyonlara indirgenmesi için iyileştirme gerektiren bir dizi toksik ve potansiyel olarak çevreye zararlı gaz çıkmasına neden olur.

Reaksiyonların büyük çoğunluğu asidik baca gazları ile sonuçlanır, bunların arasında en önemlileri hidroklorik asit, klor ve NO<sub>x</sub>'dir. Bunların yanında, bazı reaksiyonlar küçük miktarlarda SO<sub>2</sub>, brom ve sülfürik asit buharının emisyonuna neden olur.

PM rafinerisinde ayrıca, amonyakın reaksiyon kaplarından üretilen birincil çıkış gazı olduğu bir dizi işlem bulunmaktadır. Bu, herhangi bir PM arıtma işleminden olabilir, ancak bu genellikle amonyakın bir reaktif olarak kullanıldığı ve amonyum açığa çıkaran amonyum klorür içeren PM likörlerin kostik soda ile işlenmesinde, çözücü ekstraksiyonu ve ilgili operasyonlar ile paladyumun rafine edilmesi ile ilişkilidir.

#### Önleme Tedbirleri

PM'leri rafine etmek için hidrometalurjik prosesler kullanan tüm rafineriler, karmaşık bir sulu likörler yelpazesini ve sıklıkla organik çözücülerini kullanır. Sulu likörlerin çoğu ya yüksek oranda asidik ya da alkali olacak ve eğer kazara çevreye bırakılmışsa önemli hasara neden olma potansiyeline sahip olacaktır. Ek olarak, malzemelerin çoğu, yükseltilmiş sıcaklıklarda ele alındığından, zehirli gazların salınması için potansiyel de vardır. Bu nedenle, hem yaygın emisyonlar hem de kaza sonucu açığa çıkma risklerini en aza indirmek için bir dizi önleme tedbirinin uygulamaya konması gereklidir.

Tüm reaksiyon kapları çalışma sırasında genellikle şarj giriş kapağını sıkarak kapatılır. Normalde sadece bir prosesin başında, şarj sırasında veya bazen örnekleme amacıyla açılırlar. Kapalı

tepkime kaplarının kullanımı ayrıca, havalandırmalı reaktörlere kıyasla baca gazı arıtma tesisinin görevini önemli ölçüde azaltır, dolayısıyla kimyasalların, enerjinin ve suyun tüketimini azaltır. Tekneler her zaman negatif basınç altındadır ve operasyonlar/işlemler sırasında oluşan tüm dumanlar özel bir gaz yıkama tesisine çıkarılır.

Hem iç hem de dış depolama tankları kapatılır ve genellikle kapatılabilir bir kontrol kapağı veya portu ile donatılmıştır. Bunlar sadece bakım amacıyla tanklar boşken açılır. Depolama tankları ayrıca yerel egzoz havalandırma (LEV) sistemine ve duman uygun gaz yıkama tesisine yönlendirilir.

Çözücü ekstraksiyon ekipmanı ve filtreleri normal olarak LEV veya ekstraksiyon davlumbazları altında amaca uygun olarak hazırlanmış muhafaza içerisinde bulunur. Muhafaza tipik olarak şeffaf perspeks veya başka bir plastikten yapılır, böylece operasyonlar işçiler maruz kalmadan veya işyeri veya çevreye duman, vb. açığa çıkmadan görülebilir. Plastik paneller bakım amacıyla çıkarılabilir.

Çoğu reaksiyon kabı ve depolama tankı otomatik seviye kontrolü ile donatılmıştır. Bu, bir tankı veya kabı doldururken, istenen seviyeye ulaşıldığında bir transfer pompasının otomatik olarak kesileceği anlamına gelir. Ayrıca, bu seviye ihlal edilmişse operatörleri uyaracak yüksek seviyeli alarmlar takılmıştır. Bu kontroller, tankların ve teknelerin aşırı doldurulma riskini ve dökülme riskini en aza indirir.

Tüm sulu çözeltiler ve çözücüler, operatörler ile herhangi bir teması önlemek için tekneler, tanklar vb. Arasında kapalı borularla taşınır. Yapı malzemeleri aktarılan sıvının türü ile uyumlu olmalıdır. Birçok durumda, dış borular ikincil şeffaf plastik gövde içine yerleştirilir, bu da herhangi bir dökülmeyi önlerken sızıntıların hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlar.

Reaktif ve ara depolama tankları, likör sıvısıyla uyumlu malzemelerden yapılır. Tipik olarak, birçok PM rafinerisinde bunlar, korozyona dayanıklı olan yüksek spesifikasyonlu takviyeli plastik malzemeleri içerir. Harici depolama tankları her zaman kazara dökülmenin tutulabileceği ve geri kazanılabileceği etrafı setle çevrilmiş alanlarda bulunur. Bu çevrili alanlar, aside dayanıklı malzemelerden veya zemine sızıntıyı ortadan kaldırmaya benzerdir. Tüm iç döşemeler genellikle zeminde herhangi bir sızıntıyı önlemek için döşenir ve kazara dökülmeyi önlemek için toplayıcılarla donatılır. Aynı zamanda, büyük bir tekne veya tank arızası durumunda herhangi bir akışın önlenmesi için, kat girişlerinde zemin tümsekleri oluşturarak bireysel binaları set etmekte iyi bir uygulamadır.

Tüm drenaj sistemlerinin sızdırmazlığı için standart bir uygulamadır, böylece, dökülme ihtimalinin az olduğu durumlarda, drenaj sistemine sıvı giremez ve kamu kanalizasyonuna veya doğal ortama bırakılamaz. Drenaj sistemleri de normalde önleme tankları ile donatılmıştır, böylece herhangi bir likör sisteme girerse, bu korunurdu. Önleme tankları ve çıkış noktaları ayrıca herhangi bir salınım konusunda uyarıda bulunacak ve kanalizasyona herhangi bir deşarjı otomatik olarak kapatacak pH alarmları ile donatılabilir.

Tüm PM rafinerileri, tüm ekipmanı incelemek ve onarmak ve emisyonları, sızıntıları veya dökülmeleri en aza indirmek ve önlemek için titiz ve planlı bakım programlarını benimsemektedir.

*Baca gazı ekstraksiyonu ortak bir kanal sistemine bağlı reaksiyon kapları ve tanklar (arıza durumunda otomatik bekleme / yedekleme ünitesi mevcut)*

Amonyak gazı veya asidik gazlar yayma potansiyeline sahip tüm reaksiyon kapları ve tanklar vb. ortak bir kanal sistemine (normalde bir cam su soğutmalı kondansatör aracılığıyla) bağlanır ve burada bir fan tekneden çıkan gazları çeker. Kanal çıkan gazı yıkayıcı tesisine taşır.

*Sülfürik asit çözeltisi içeren yıkayıcı sistemi*

Yıkama tesisi tipik olarak yıkama kulesi çevresinde sirküle edilen bir sülfürik asit çözeltisi (yani ağırlıkça% 15) haznesi içeren bir veya daha fazla gaz yıkama kulesinden oluşur. Birden fazla kulenin çalıştığı gaz yıkama sisteminde, amonyak çıkış gazının büyük bir çoğunluğu ilk yıkama ünitesinde emilirken, diğeri ikinci bir kademe ve/veya ilkilinin



arızalanması halinde bir yedek ünite olarak görev yapar.

Çalışma pratiği açısından temel parametre, yıkama sıvı haznesi (leri) içindeki asitliğin izlenmesi ve kontrolüdür. Yıkama sıvısı rezervuarının (ları) pH'ı sürekli olarak izlenir ve ayarlanır.

Yıkama tesislerinden çıkan baca gazı, özel bir baca ile atmosfere bırakılır.

#### *Sulu kostik soda içeren ıslak alkali yıkayıcı sistemi*

Yıkayıcı bitkileri tipik olarak yıkama kulesi çevresinde sirküle edilen bir sulu kostik soda çözeltisi haznesi olan bir veya daha fazla gaz yıkama kulesinden oluşur. Gaz yıkama sisteminde birden fazla kule çalıştığında, asidik gazların büyük bir çoğunluğu ilk yıkama ünitesinde emilirken, diğeri ikinci bir kademe ve/veya ilkilinin arızalanması halinde bir yedek ünite olarak görev yapar.

Çalışma pratiği açısından temel parametre, yıkama sıvı haznesi (leri) içindeki alkalitenin izlenmesi ve kontrolüdür. Bir diğeri anahtar parametre  $\text{NO}_x$  ve diğeri asidik gazların iyi şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak için ayar noktasının altında kontrol edilmesi gereken yıkama sıvısının sıcaklığıdır.

Yıkama tesislerinden çıkan baca gazları bir baca ile atmosfere bırakılır, bu bir PM rafinerisinden gaz çıkış noktalarında ana kontrollerden biri olacaktır.  $\text{NO}_x$ 'in atmosferik bir kirletici olarak potansiyel önemi nedeniyle, bacalar sürekli olarak çalıştırılan özel bir  $\text{NO}_x$  monitörüne bağlı bir örnek prob ve gaz transfer hattı ile donatılabilir. Buna ek olarak, gerçek zamanlı  $\text{NO}_x$  seviyeleri otomatik kontrol sistemi aracılığıyla bir yerel panele veya merkezi kontrol odasına sürekli olarak iletilir, bilinen  $\text{NO}_x$  üreten reaksiyonları yürütmekten sorumluları uyarmak için 'uyarı' ve 'eylem' seviyelerindeki alarmlar aktive edilir, böylece onun kaynağında üretimini sınırlandırmak/kontrol etmek için tedbirler alınabilir.

#### *Hidrojen peroksit ve nitrik asitin sulu bir karışımını içeren $\text{NO}_x$ yıkayıcıları*

Atmosferik bir kirletici olarak potansiyel önemi nedeniyle, bir PM rafinerisinden  $\text{NO}_x$  salınımının izlenmesi ve kontrol edilmesine özel önem verilmektedir. İzleme, sürekli ölçümler ya da baca çıkışının çıkışının düzenli aralıklarla örnekleme ve analizi ile yapılabilir.

$\text{NO}_x$  emisyon sınır değerlerini elde etmek ve tesis bacasında kahverengi dumanları önlemek için yıkama yapılır.  $\text{NO}_x$  yıkayıcıları (ana yıkama sistemine ek olarak), yüksek  $\text{NO}_x$  lokal konsantrasyonları üretme potansiyeline sahip belirli tekneler için kullanılır. Bu mini yıkayıcıların amacı, ana sistemin yükünü azaltmaktır. Bir yandan oksidasyon maddeleri olarak oksijen veya hidrojen peroksit ve diğeri taraftan nitrik asit veya üre (indirgeyici maddeler olarak) kullanılarak azot oksit gazlar ( $\text{NO}$  ve  $\text{NO}_2$ ) yakalanabilir. En uygun gaz emilimini elde etmek ve  $\text{NO}_x$  emisyon sınırlarına ulaşmak için sirküle edilen yıkama sıvısının soğuması ve kalma süresi önemlidir.  $\text{NO}_x$  yıkayıcıdan çıkan gazlar atmosfere salınmadan önce kostik temizleyicilere (yukarıda açıklandığı gibi) yönlendirilir.

Sirküle edilen yıkama sıvısı ya asidik (seyreltilmiş nitrik asit ve hidrojen peroksit) ya da alkalik (hidrojen peroksitli kostik soda)'dir. Kapalı rafinasyon işlemlerinden elde edilen konsantre  $\text{NO}_x$  akımlarında, asidik yıkama tercih edilir, çünkü absorbe edilen  $\text{NO}_x$  dönüştürülebilir ve ağırlıkça% 50'ye kadar nitrik aside konsantre edilebilir ve asidin rafine etme işlemlerine geri dönüşümü sağlanır.

#### *Kontrol sistemleri*

Bir elektrik kesintisi durumunda yedek jeneratör tarafından sunulan önceliği elektrik devresinde yıkayıcı tesisine sahip olmak iyi bir uygulamadır.

Ayrıca, her yıkayıcı rezervuarından yıkama sıvısı sirkülasyon pompasının, bir pompa arızası durumunda otomatik olarak başlayan bir yedeği olmalıdır. Ve gazları sistemden çekecek fan da hazırda bekleyen bir yedek üniteye sahip olmalıdır.

Seyreltileri en aza indirmek ve yıkayıcılarda kalma süresini en üst düzeye çıkarmak için, yıkayıcı besleme ve yönetim sistemleri PLC veya DCS gibi otomatik bir kontrol sistemine bağlanır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Hava ve suya emisyonların azaltılması ve önlenmesi.
- Liç ve diğer PM arıtma işlemlerinde kullanılmış/geri kazanılmış yıkama sıvıları ve diğer hidrometalurjik reaktiflerin geri dönüşümü/kullanımı. Gaz halindeki amonyak emisyonlarının (sulu amonyum sülfat) indirgenmesi için kullanılan harcanan yıkama sıvısı WWTP'ye gönderilebilir, bir reaktif olarak dahili olarak kullanılabilir ya da bir yüklenici tarafından (gübre olarak kullanılmak üzere amonyum sülfatın kristalleştirilmesi için bir yan ürün olarak kullanabilir) çıkarılabilir. NO<sub>x</sub> yıkayıcılarından (nitrik asit) gelen kullanılmış yıkama sıvısı, rafinasyon işlemlerinde dahili olarak geri dönüştürülebilir. Asidik gaz emisyonlarının azaltılması için kullanılan harcanmış yıkama sıvısı, esas olarak kostik soda ile hidroklorik asitin nötralizasyonundan oluşan sodyum klorürdür, ancak artık alkali, bazı hipoklorit ve gazların emilmesinden diğer ürünler içerir, Atıksu arıtma tesisine gönderilen ya da lisanslı atık yüklenicisi tarafından sahadan uzaklaştırılan sulu atıkların önemli bir kaynağıdır. Yüklenici baz metal işleme çökeltme proseslerinde sıvıyı alkali/oksidan olarak kullanabilir.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis 221'de, amonyak ve asit yıkayıcı salımları, denk gelen bacalar vasıtasıyla atmosfere salınmadan önce izlenir.

**Tablo 7.23: PM Tesis 221'de yıkama prosesinden emisyonlar**

Azaltma tekniği	Kirlenici	Elde edilen değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama Türü
			mg/Nm <sup>3</sup>		
Amonyak yıkayıcı (yıkama ortamı sülfürik asit)	NH <sub>3</sub>	Maksimum	< 1	Periyodik izleme (yılda 12 kez)	Örnekleme dönemi boyunca ortalama
Alkalin yıkayıcı	NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> gibi	Ortalama	3.07	Sürekli izleme	Saatlik ortalama
		95th percentile	22.54		
		Maksimum	70.71		
	Klor	Maksimum	< 3	Periyodik izleme (yılda 52 kez)	
Klorür gazlar (HCl gibi)	Maksimum	< 1.5			
Alkalin yıkayıcı	NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> gibi	Ortalama	0.76	Sürekli izleme	
		% 95	3.69		
		Maksimum	25.82		
	Klor	Maksimum	< 3	Periyodik izleme (yılda 52 kez)	
	Klorür gazlar (HCl gibi)	Maksimum	< 1.5		

Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]

Tesis 1019 ters akışlı asidik yıkayıcılar kullanarak ve ortalama değer olarak 2.72 mg / Nm<sup>3</sup> NH<sub>3</sub> emisyonuna sahip olduğunu bildirmiştir (rapor edilen maksimum, rapor edilen ELV'den yüksektir). Bu tesis aynı zamanda HCl için 16.4 mg/Nm<sup>3</sup> (maksimum 50 mg/Nm<sup>3</sup> değeri) ve Cl<sub>2</sub> için 1.8 mg/Nm<sup>3</sup> ortalama değerlerini (maksimum 5.9 mg/Nm<sup>3</sup> değerleri) rapor etmiştir [378, Endüstriyel Sivil Toplum Kuruluşları 2012].

Tesis 1315 bakır ve diğer değerli metallere hurda bakır ve bakır içeren diğer ikincil malzemelerden geri kazanılmasında uzmanlaşmıştır. Bu tesis tarafından bakır anot balçığından yüksek dereceli altın, gümüş ve platin/paladyum üretimi için geliştirilen prosedür tamamen hidrometalurjik bir işlemdir. Havaya emisyon yoktur.

Ortaya çıkan herhangi bir anot balçık çoğunlukla sülfürik asit içinde liç ile bakır ve nikelden temizlenir. Bu çamur, gümüş ve altın hatlarında çözelti reaktörlerinde ayrı işlenir. Seçici semantasyon saf gümüş, saf altın ve diğer iki adımda bir paladyum/platin sementat ve bir ham selenyum sementatının üretilmesine yol açar. Ortaya çıkan herhangi bir gümüş ve altın tozu pota fırınlarında gümüş ve altın granüllere dökülür ve satılır. Paladyum/platin sementat ve ham selenyum ham ürünler olarak satılmaktadır.

Nikel sülfat tesisinin, değerli metal tesisinin ve oksiklorürlü panterin üretim hatlarında ve aynı zamanda laboratuvar kanalizasyonlarında meydana gelen herhangi bir proses atığı, yetkililerin öngördüğü kanalizasyon limitlerine güvenli bir şekilde uyulmasını sağlayacak şekilde temizlenir.

Bunun için, kanalizasyon atığı metallerinin sülfidik olarak çöktüğü ve ayrıldığı iki aşamalı bir çöktürme işlemine tabi tutulur. Sülfidik çöktürme seçildi, çünkü oluşan metal sülfidler, örneğin ilgili hidroksitlerden daha az çözünür. Daha sonra, atık su salımdan önce nötralize edilir. Kanalizasyon temizleme tesisi 150 m<sup>3</sup>/d atık su için tasarlanmıştır ve günde 24 saat çalışır.

Tesis 2113'ün operasyonlarının çoğu kapalı tanklarda gerçekleştirilir, bu da özel yıkayıcılarda işlenen düşük egzoz hava akışlarına neden olur. Rafineri reaktörlerinden ve pirometalurjik işlemlerden çıkan gazlar alkali yıkama ile işlenir. Akışın bir kısmından, dioksinler aktif kömür filtrasyonu ile giderilir.

**Tablo 7.24: PM Tesis 2113'de emisyonlar**

Azaltma tekniği	Kirlenici	Elde edilen değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama Türü
			mg/Nm <sup>3</sup>		
Alkali yıkayıcı (PGM rafinerisinin toplam egzoz gazı için)	NO <sub>x</sub> olarak NO <sub>2</sub>	Minimum	109	Periyodik izleme (yılıda 4 kez)	Örnekleme dönemi boyunca ortalama
		Ortalma	193		
		Maksimum	254		
	HCl	Minimum	< 0.04	Periyodik izleme (yılıda 3 kez)	
		Ortalma	0.52		
		Maksimum	1.12		
	Cl <sub>2</sub>	Minimum	< 0.04	Periyodik izleme (yılıda 4 kez)	
		Ortalma	0.25		
		Maksimum	0.45		
Aktif kömür filtresi (akışın bir kısmı için)	PCDD/F	Minimum	0.0046 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	Periyodik izleme (yılıda 3 kez)	
		Ortalma	0.0056 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		
		Maksimum	0.0074 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		
Torba filtreleri ve yıkayıcı (gümüş rafinerisinin birleşik emisyon noktası için)	Toz	Minimum	0.14	Periyodik izleme (yılıda 3 kez)	
		Ortalma	0.30		
		Maksimum	0.45		
	NO <sub>x</sub> olarak NO <sub>2</sub>	Minimum	8	Periyodik izleme (yılıda 4 kez)	
		Ortalma	35		
		Maksimum	60		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Bu tesisdeki tüm işlemler ve atık gaz işlemler tamamen otomatik hale getirilmiştir. PGM rafinerisinin toplam çıkış gazı, hidroklorik asit (HCl) için 0.98 mg/Nm<sup>3</sup>'ün 90. persentil konsantrasyonları, NO<sub>x</sub> için 251 mg / Nm<sup>3</sup>, klor (Cl<sub>2</sub>) için 0.43 mg/Nm<sup>3</sup> ve 0.0069 ng ile 12 100

## Bölüm 7

Nm<sup>3</sup>/saat'dir. Dioksinler için I- TEQ/Nm<sup>3</sup>.

Gümüş rafinerisinin toplam çıkış gazı, 2200 Nm<sup>3</sup>/saat akış hızına sahiptir, 90'lık persentil tozları için 0.42 mg/Nm<sup>3</sup> ve NOX için 59 mg/Nm<sup>3</sup>'dür.

Tesis 113, ağırlıklı olarak gümüş tuzlarının üretiminde rol oynamaktadır. Bu yüksek saflıkta gümüş külçe ve aynı zamanda çok özel sektörlerden gelen yüksek gümüş içeren atıkların ayrıştırılmasını içerir. İzlenen emisyon sonuçları Tablo 7.25'te bulunabilir.

Tablo 7.25: PM Tesis 113'de yıkama proseslerinden emisyonlar

Azaltma tekniği	Elde edilen değerler	NO <sub>x</sub>	Veri elde etmeyöntemi	Ortalama Türü
		ppm		
Islak gaz yıkayıcı ve oksijen enjeksiyonu	Minimum	0.4	Sürekli izleme	Saatlik
	Ortalama	17		
	Maksimum	78		

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 7.26'da Tesis 112, birleştirilmiş altın ve PGM rafinerisi ve birleştirilmiş gümüş ve PGM rafinerisi için emisyonları rapor etmektedir.

Tablo 7.26: PM Tesis 112'de yıkama proseslerinden emisyonlar

Azaltma tekniği	Kirlenici	Elde edilen değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama Türü
			mg/Nm <sup>3</sup>		
Altın ve PGM rafinerisinin birleşik emisyon noktası için alkali gaz yıkayıcı (alkalin solüsyon ve hidrojen peroksit içeren altı kolon)	NO <sub>x</sub> olarak NO <sub>2</sub>	Ortalama	138	Periyodik izleme (yılda 11 kez)	Örnekleme dönemi boyunca ortalama
		HCl	Ortalama		
	Maksimum		2.0		
	Cl <sub>2</sub>	Ortalama	0.1		
		Maksimum	2.0		
	SO <sub>x</sub>	Ortalama	0.1		
		Maksimum	2.0		
	Bir gümüş ve PGM rafinerisinin birleşik emisyon noktası için alkali gaz yıkayıcı (üçü nitrik asit için ve biri alkalin çözeltisi için olan dört bölme)	NO <sub>x</sub> olarak NO <sub>2</sub>	Ortalama		
HCl			Ortalama	6.0	
		Maksimum	11.8		
Cl <sub>2</sub>		Ortalama	0.9		
		Maksimum	2.4		
SO <sub>x</sub>		Ortalama	0.6		
		Maksimum	0.9		

Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012]

### Çapraz medya etkileri

- Reaktifler ve diğer ham maddeleri (örneğin kostik soda) bir yıkama ortamı olarak gerektirir; Bununla birlikte, bu hammaddelerin bazıları, yerinde işlemlerden geri kazanılabilir, bu da belirli asit ve alkali çözeltilerinin üretilmesine ve dolayısıyla bunun yerine taze reaktiflerin kullanımının azaltılmasına veya en aza indirilmesine neden olur.

- Yıkayıcılar ve ekstraksiyon / havalandırma ve kontrol sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.
- Kullandıktan sonra tekneleri, tankları ve diğer reaksiyon ekipmanlarını yıkamak için su kullanımındaki artış.
- Proses akışını, dökülmeleri ve harcanan sıvıları içeren atık su atıklarının üretilmesi.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Açıklanan teknikler yeni kurulumlar için geçerlidir, ancak mevcut kurulumların büyük ölçüde iyileştirilmesini gerektirir.

#### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

#### **Uygulama için gerekçeler**

Uygulamanın ana itici gücü, yasal gerekliliklere uygun olarak emisyonların önlenmesi ve azaltılması, değerli (kıymetli) metallerin kaybının en aza indirilmesi ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddelerin saklanması ve geri kazanılmasıdır.

#### **Örnek Tesisler**

- Çevresel önlemler: Diğerleri arasında 113, 205, 221 ve 2113 tesisleri.
- Sülfürik asit yıkayıcı: Diğerleri arasında 221, 318, 13515 ve 2113 tesisleri.
- Alkali yıkayıcı: Diğerleri arasında 112, 113, 205, 221, 318 ve 2113 tesisleri.
- NO<sub>x</sub> yıkayıcı: Diğerleri arasında 113, 205, 221, 318 ve 2113 tesisleri.

#### **Referans literatür**

[ 404, EPMF 2012 ]

### **7.3.6. PM Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemlerinden emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler şunlardır:

- Tüm kalsine fırınlarını, yakma fırınlarını ve kurutma fırınlarını proses egzoz gazlarını çeken bir kanal sistemine bağlama.
- Su yıkama, ardından kostik (alkali) yıkama (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2). Su yıkama, hidroklorik asit buharı, amonyum klorür ve klor gibi gazları emmek için kullanılabilir. Su yıkama işlemiyle azaltılmayan gaz akışını işlemek için kostik (alkali) yıkama eklenebilir.
- Bir elektrik kesintisi ve çalıştırma başlatması ve kapatılması durumunda, otomatik bir kontrol sistemi aracılığıyla yıkayıcıların kullanılmış asit bertarafı ve temiz asit üretimi halinde, yedekleme jeneratörü tarafından sunulan önceliği elektrik devresinde tüm yıkayıcı tesisi olması gibi kontrol sistemleri.
- Art yakıcı (Bölüm 2.12.5.2.1'e bakınız), siklon (Bölüm 2.12.5.1.3'e bakınız), gaz soğutucu, torba filtre (Bölüm 2.12.5.1.4'e bakınız) ve aktif kömür adsorberi (Bölüm 2.12.5.5'e bakınız).

#### **Teknik açıklama**

Gaz emisyonları açısından PM prosesinde çevre açısından en önemli işlemlerinden biri, saf tuzların ve siyahların metallere ve özellikle de dekompozisyon ürünleri hidroklorik asit buharı, amonyum klorür ve klor olan tuzlarına (platin, rutenyum ve iridyumun) kalsinasyonudur. Ayrıca, bu gazlar yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 350-900 °C) üretilir, bu da bunların elleçlenmesi ve yıkanması için daha fazla zorluk oluşturur. Bundan dolayı, 'saf tuzlar' kalsinasyon fırınları normal olarak özel bir 'saf tuzlar' yıkayıcıya bağlanır ve bu yıkayıcıdan gelen gazlar kostik (alkali) yıkayıcıya yönlendirilir. 'Saf tuzlar' yıkayıcısı, gazları söndürmek (soğutmak) ve amonyum klorit ve hidroklorik asidi emmek için iki aşamalı su yıkama aşamasından oluşur; klor ve su ile

## Bölüm 7

temizlenmemiş herhangi bir asit kalıntısı, müteakip alkali yıkayıcıda etkili bir şekilde temizlenir.

Benzeri sıcaklıkların söz konusu olduğu, 'saf olmayan tuzlar' kalsine edici fırınları, yakma fırınları ve kurutma fırınlarından egzoz gazlarını işlemek için benzer bir yıkama ünitesi sağlanmaktadır. Bu operasyonların gazlı ürünleri, genellikle platin tuzunun tutuşmasından daha az önemlidir, fakat düşük konsantrasyonlarda hidroklorik asit ve muhtemelen eser miktarda sülfür, selenyum dioksit ve NOX gibi diğer asidik gazları içerir. 'Saf tuzlar' işleminde olduğu gibi, 'saf olmayan tuzlar' yıkayıcıdan çıkan gazlar, bir baca vasıtasıyla atmosfere bırakılmadan önce bir alkali yıkayıcı vasıtasıyla yönlendirilir.

Bu 'saf tuzlar' ve 'saf olmayan tuzlar' üniteleri için yıkama verimliliği, alkali yıkayıcıdan önce >%99 olabilir. Tüm yıkayıcı tesisinin bir elektrik kesintisi durumunda yedek jeneratör tarafından sunulan öncelikli bir elektrik devresine sahip olması normal uygulamadır.

Başlama ve kapama, kullanılmış asit bertarafı ve taze asit üretimi de dahil olmak üzere normal operasyonlar otomatik bir kontrol sistemi (PLC veya DCS) ile gerçekleştirilir. Tüm süreç değişkenleri, uygulanabilir olduğunda yerel kontrol paneline ve merkezi kontrol odasına aktarılır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya emisyonların azaltılması
- Geri kazanılmış asitin geri dönüşümü; "saf tuzlar" ve "saf olmayan tuzlar" yıkayıcı birimlerinden (seyreltik hidroklorik asit) yıkama sıvısı geri kazanılır ve atık sıvı ve atık arıtma tesisi de dahil olmak üzere diğer rafine etme işlemlerinde asit üretme için kullanılır.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis 221'deki 'saf tuzlar' ve 'saf olmayan tuzlar' yıkayıcı birimlerinden gelen gazlar, atmosfere bırakılmadan önce kostik bir yıkayıcıya beslenir. Tipik emisyon verileri Bölüm 7.3.5'te verilmiştir.

Tesis 112, süpürme yakma verileri rapor etmiştir. PAH'ı ve özellikle PCDD/F'yi azaltmak için bir art yakıcı kullanıldı. Torba filtresine girmeden önce, egzoz gazı doku sıcaklığı sınırını aşmayacak şekilde soğutulmak zorundaydı. İşlemin son aşaması, cıva ve PCDD/F'nin son kalıntılarını gidermek için aktif kömür adsorberidir.

**Tablo 7.27: PM Tesis 112'de süpürme yakmadan emisyonlar**

Azaltma tekniği	Akış Nm <sup>3</sup> /h	Kirlenici	Değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü				
				mg/Nm <sup>3</sup>						
		Toz	Minimum	0.10	Periyodik izleme (yılda 18 kez)	Örnekleme döneminde				
			Ortalama	0.60						
			Maksimum	1.95						
		SO <sub>2</sub>	Minimum	0.462						
			Ortalama	2.3						
			Maksimum	7.1						
		HCl	Minimum	0.46						
			Ortalama	1.29						
			Maksimum	3.60						
		HF	Minimum	< 0.5						
			Ortalama	0.53						
			Maksimum	< 0.6						
		PAH	Minimum	< 0.00002						
			Ortalama	< 0.00002						
			Maksimum	< 0.00002						
							Minimum	0.028 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		



## Bölüm 7

				Maksimum	0.0202		
			Ni	Minimum	0.0022		
				Ortalama	0.0038		
				Maksimum	0.0049		
			V	Minimum	0.0005		
				Ortalama	0.0009		
				Maksimum	0.0012		
			Sn	Minimum	0.0044		
				Ortalama	0.0074		
				Maksimum	0.0098		
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]							

Tesis 102, Tablo 7.28'de gösterildiği gibi kullanılmış katalizörlü yakma fırını için verileri rapor etmiştir.

**Tablo 7.28: PM Tesis 102’de kullanılmış katalizör yakmadan oluşan emisyonlar**

	Azaltma tekniği	Akış	Kirlenici	Elde edilen değerler	Birim	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü		
		Nm <sup>3</sup> /h			mg/Nm <sup>3</sup>				
Plant 102	Torba filtre		Toz	Ortalama	9.2	Sürekli izleme	Günlük ortalama		
	Kostik yıkayıcı		NO <sub>x</sub>	Maksimum	88.1	Sürekli izleme			
			Ag	Ortalama	0.14	Periyodik izleme	Ortalama, örneklem dönemi boyunca		
			Art yakıcı	TVOC	Maksimum	11.4	Sürekli izleme	Günlük ortalama	
	CO			Maksimum	67.5				
	PCDD/F			Ortalama	0.0008 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	Periyodik izleme (yılıda 2 kez)	Ortalama, örneklem e dönemi boyunca		
	Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]								

### Çapraz media etkileri

- Yıkama ortamı olarak reaktifler ve diğer ham maddeleri (örneğin kostik soda) gerektirir; bununla birlikte, bu hammaddelerin bazıları yerinde proselerden geri kazanılabilir, bu da belirli asit ve alkali çözeltilerinin üretilmesine ve dolayısıyla bunun yerine taze reaktiflerin kullanımının azaltılmasına veya en aza indirilmesine neden olur.
- Ekstraksiyon, yıkayıcı ve kontrol sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu tip ıslak temizleyici yeni kurulumlar ve mevcut kurulumların büyük güncellemeleri için geçerlidir.

#### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

#### Uygulama için gerekçeler

Emisyonların azaltılması.



Çevresel düzenleme şartları.

Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.

#### Örnek tesisler

Diğerleri arasında 102, 112, 121, 205, 221 ve 318 numaralı tesisler.

#### Referans literatür

[ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### 7.3.7. PM rafinaj işlemlerinden gelen atık suları önlemek, arıtmak ve serbest bırakmak için teknikler

#### Açıklama

Salıverilmeden veya geri kazanılmadan önce atık suları önlemek ve işlemek için teknikler şunları içerir:

- proses son sularını tutmak için özel çerçevelenmiş depolama tankları;
- proses sonundaki suları işlemek için kimyasal/metal indirgeme, çökeltme veya hidroliz;
- sülfürik veya hidroklorik asit içeren yıkayıcı sistemi (daha sürdürülebilir bir işlem için amonyum klorürün arıtma prosesine geri döndürülmesi mümkündür) (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2);
- sonuçtaki likörde çözünebilir (kıymetli) metallerin kalıntılarını geri kazanmak için bir süpürücü kenetleme reçinesini içeren iyon değiştirme kolonu;
- hidrojen üreten reaksiyonlar için, patlayıcı karışımları önlemek için büyük hacimlerde hava ile seyreltme;
- depolama tankına transfer edilmeden önce reaksiyon filtrelerini (yeniden) filtrelemek için ultra ince mum filtrelerin kullanılması.

#### Teknik açıklama

PM rafinerileri metallerin kanalizasyon sistemine ve diğer suyollarına salınımını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle, atık yönetim sistemi proseslerden, proses saçımlarından, bakımdan vb. akışı toplar. İşlem sonundaki sular, işlemden önce özel depolama tanklarında tutulur. Bu tankların tümü, herhangi bir sızıntı veya dökülme ortamına salınım riski olmadan geri kazanılabilmeleri için etrafı setle çevrelenmiştir. Proses sonu suları genellikle kimyasal/metal indirgeme, kimyasal çökeltme ve/veya hidroliz veya iyon değişimi kombinasyonu ile işlenmiştir. Belirli likörler, örneğin amonyak taşıyan atık su akımları, indirgeme sementasyonundan önce amonyak sıyırma işlemi ve çözelti içinde amonyaklanmış komplekslenmiş türleri çıkarmak için kimyasal çökeltme işlemi için ayrılır. Bazı durumlarda, çözelti analizi yerel regülatör tarafından belirlenen limitler dahilinde ise, bu sular doğrudan kanalizasyona deşarj edilebilir. Birkaç durumda, kanalizasyona boşaltılan sıvı aynı zamanda, çözünebilir gümüşün ve diğer kıymetli metallerin son kalıntılarını ayıklayan bir süpürücü çelatlama reçinesini içeren bir iyon değiştirme kolonundan geçirilir. Tükendiğinde, iyon değiştirme reçinesi gümüş ve değerli metalleri geri kazanmak için geri dönüştürülür.

PM rafinerilerin, herhangi bir sıvının kanalizasyona veya başka bir su yoluna (örneğin deniz ağzı) tahliye edilmesinden önce analitik verileri kontrol etmek ve imzalamak için kıdemli personel için prosedürler olmalıdır. Atık sıvının analizi boşaltma sınırlarının üzerindeyse, atık likör yeniden işlenecektir. Kanalizasyona boşaltılan atık su ile ilgili son kontrol, normalde proses suları, kazan suyu, soğutma suyu ve yağmur suyu karışımıdır, kamu kanalizasyonuna veya başka bir su yoluna girmeden hemen önce gerçekleştirilir. Sıvının pH'ının sürekli olarak izlenmesine ek olarak, atık su, bir kompozit numune üreten özel bir ekipman kullanılarak sürekli örneklenir. Bu kompozit örnek, normal olarak deşarjın onaylanmasını sağlamak için günlük olarak metal içeriği için analiz edilir.

Kimyasal/metal indirgeme, elektrokimyasal indirgeme, kimyasal çökeltme ya da hidroliz ve iyon değişimi (ya da bu işlemlerin bir kombinasyonu) ile işlenen bu sular için, uygun bir parti örneklendiği ve tahlil edildiği bir karıştırma tankına aktarılır ve asitliği uygun şekilde aşağı veya yukarı ayarlanır (hidroklorik asit veya kostik soda çözeltisi kullanarak). Bazı durumlarda, başlangıç alkali çözeltisi işlemden önce amonyaklı uzaklaştırmak için buharla damıtılır ve amonyak gazı özel amonyak yıkayıcıda toplanır (bkz. Bölüm 7.3.5). Karışık çözelti daha sonra

bir karıştırma tankına aktarılır ve uygun yöntem kullanılarak işlenir. Likör demir metali ile işleme tabi tutulduğu zaman (mümkün olduğunda, geri dönüştürülmüş hurda demir çoğu zaman kullanılır), çinko veya bir kimyasal indirgeyici, PM'yi ve baz metalini çözeltiden 'indirgeme artığı' olarak indirger. Demir ve çinko indirgemeleri hidrojeni oluşturur ve patlayıcı hidrojen-hava karışımları oluşturma riskini ortadan kaldırmak için, bu reaksiyonların yüzeyinde büyük miktarlarda hava çekilir ve bacalar aracılığı ile hızlıca tahliye edilir. Asitliğin ve sıcaklığın dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi sadece hidrojen üretimini kontrol etmekle kalmaz, aynı zamanda hidrojen klorürün havaya asgari düzeyde salınmasını da sağlar.

İşleme prosesi tamamlandığında (solüsyonda PM yok), ortaya çıkan karışım filtrelendir. Kalıntı, ya doğrudan hidrometalurjik işleme ya da daha düşük dereceli kalsinasyon ve ergitme işlemleriyle, rafine etme işlemine geri dönüştürülür. Normal olarak rafineride üretilen en önemli sulu atık kaynağı olan PM içermeyen filtrat, bir dizi ultra ince mum filtresi ile yeniden rafine edilir ve bir depolama tankına aktarılır. Çözelti daha sonra karıştırılır, örneklenir ve PM'ler, baz metaller ve amonyak/amonyum içeriği için analiz edilir. Eğer sıvılar gerekli deşarj kriterlerini karşılamıyorsa, genellikle karayolu tankerleri kullanan bir lisanslı yüklenici tarafından toplanır ve işleme için sahalarına götürülür. Yüklenici, rafineri sıvılarını diğer endüstriyel kaynaklardan gelenlerle karıştırır ve bunları bir depolama sahasında bertaraf edilen bir inert filtre keki üretecek şekilde çökeltir. Bazı AB Üye Ülkelerinde, düzenli depolama kabul edilen bir uygulama değildir ve kalıntıların herhangi bir baz metalin geri kazanımı için yeniden işlenmesi gerekmektedir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Suya emisyonların azaltılması.
- Kanalizasyona, toprağa ya da diğer su yollarına yönelik kontrolsüz sıvı sızıntısı olmamasını sağlarken, arıtma işlemlerine geri gönderilen PM ve baz metal kalıntılarının geri dönüşümünü en üst seviyeye çıkartılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Kanalizasyona Tesis 221'den (bkz. Bölüm 7.3.1, 7.3.2, 7.3.5 ve 7.3.6'daki Tesis 221'in açıklamasına bakınız) Tablo 7.29'da gösterilmektedir. Sıvının pH'sının 6 ila 11 arasında olması ve normal olarak 9 civarında olması gerekmektedir. Deşarj hacimleri tipik olarak 40 m<sup>3</sup>/gün olacaktır. Bu sıvıyı alan kanalizasyon arıtma tesisinin (STP) maksimum günlük deşarj hacmi 1 344 000 m<sup>3</sup>/gün'dür.

**Tablo 7.29: PM Tesis 221'den suya emisyonlar**

Azaltma tekniği	Metal	Konsantrasyon	Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		µg/l		
Hidroliz, ardından çöktürme, filtrasyon ve iyon değişimi, daha sonra drenaj / kanalizasyona deşarj edilmeden önce brülör suyu, soğutma suyu ve yağmur suyu vb. ile karıştırma.	Arsenik	4.0	Sürekli kompozit örnekleme	Günlük ortalama
	Kadmiyum	< 10		
	Krom	< 100		
	Bakır	175		
	Kurşun	< 1000		
	Civa	0.050		
	Nikel	< 1000		
	Gümüş	500		
Çinko	325			
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]				

Son filtrat likörü, lisanslı bir yüklenici tarafından (depolama sahasına) yönetilir ve tipik metal konsantrasyonu, Tablo 7.30'da gösterildiği gibi olacaktır.

**Tablo 7.30: PM Tesis 221'de üretilen son filtrat sıvısının konsantrasyonu**

Metal	Konsantrasyon
	µg/l
Arsenik	25
Bakır	475
Kurşun	200
Nikel	140
Demir	2000
Çinko	600
<i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</i>	

Hacimler günde 15–40 m<sup>3</sup> aralığında olacaktır.

Tesis 113, ağırlıklı olarak gümüş tuzlarının üretiminde rol oynamaktadır. Bu, yüksek saflıkta gümüş külçe ve aynı zamanda çok özel sektörlerden gelen yüksek gümüş içeren atıkların ayrıştırılmasını içerir. Suya emisyonlar Tablo 7.31'de verilmiştir.

**Tablo 7.31: PM Tesis 113'den suya emisyonlar**

Azaltma tekniği	Metal	Konsantrasyon		Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		mg/l			
		Ortalama	Maksimum		
Yerleşim çukurları, çökeltme ve indirgeme reaksiyonları, pH ayarlama	Gümüş	0.363	2	Sürekli kompozit örneklem	Günlük ortalama
<i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</i>					

Tesis 117'de, gümüş elektrolizinden kullanılmış elektrolit önce bakır tozu ile çimentolanır. Altın üretiminde kalıntı gümüş, gümüş klorür şeklinde çökeltilir ve daha sonra demir tozu ile çimentolanır. Süzülükten sonra her iki çözelti, selenyum filtrasyonundan gelen süzütünün de yönlendirildiği tanklarda toplanır. Daha sonra atık su karışımı, yerel atık su arıtma tesisinde kireç sütü ile nötralize edilir. Süzülükten sonra, balçık bakır eritme tesisine geri döndürülürken, filtrelenmiş çözelti, nihai olarak nötralizasyon ve pıhtılaşma için bakır eriticinin asit atık su kanalizasyonuna boşaltılır ve en sonunda nehre boşaltılır.

**Tablo 7.32: PM 117 Tesisinden suya emisyonlar**

Azaltma tekniği	Metal	Yerel ön işlemden sonra konsantrasyon			Son işlemden sonra, boşaltılmadan önce konsantrasyon		
		mg/l			mg/l		
		Minimum	Ortalama	Maksimum	Minimum	Ortalama	Maksimum
Kireç sütü ile ön işlem	Cu	< 1	< 1	6	0.024	0.031	0.357
	Ag	< 5	< 5	< 5	< 0.02	< 0.02	< 0.02
	As	1	21.35	88	0.003	0.022	0.098
	Pb	< 1	< 1	6	0.071	0.148	0.22
	Se	1	22.25	202	NA	NA	NA
<i>Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]</i>							

Tablo 7.33: PM 1019 Tesisinden suya emisyonlar

Azaltma tekniği	Metal	Konsantrasyon			Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		mg/l				
		Minimum	Ortalama	Maksimum		
Demir sementasyonu veya hidrazin redüksiyonu & PGM sıvılarının filtrasyonu, kireç ve filtrasyon ile pH ayarı (pres)	Arsenik	0	0	0.11	Sürekli kompozit örnekleme	Günlük ortalama
	Kadmiyum	0	0	0		
	Krom	0	0	0.06		
	Bakır	0	0.04	0.31		
	Kurşun	0	0	0.05		
	Civa	0.0002	0.0003	0.0008		Haftalık ortalama
	Nikel	0	0.08	0.46		Günlük ortalama
	Gümüş	0	0.01	0.09		
	Çinko	0	0.01	0.28		
	Talyum	0.0001	0.0001	0.00015		
	Kobalt	0	0	0.01		
	Kalay	0	0	0.17		
	Vanadyum	0	0	0.12		
	Bizmut	0	0.01	0.18		
	Platin	0	0	0.19		
	Rutenyum	0	0	0.07		
	İridyum	0	0.01	0.18		
	Altın	0	0	0.09		
	Selenyum	0	0	0.17		
	Fe	0	0.27	3.54		
	Cl <sup>-</sup>	0	5850	NR		
	NH <sub>3</sub>	0	4	48		
	COD	190	595	1300		
SO <sub>4</sub>	30	140	700			
Askıda katılar	20	82	270	Haftalık ortalama		
Sülfürler	< 1	< 1	< 1			

NB: NR = Temsili yok.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

PM tesisinden ön arıtılmış atık su, bakır eriticisinin asit atık su kanalizasyonuna boşaltılır. PM tesisinin birleştirilmiş akıntısı ve bakır eriticinin atık suyu kanalizasyon sistemi ile bakır eritme tesisinin merkezi atık su arıtma tesisine aktarılır, burada nötralizasyon ve topaklaşmadan sonra nehre boşaltılır. PM tesislerinden ön arıtılmış atık su, atık su arıtma tesisine yönlendirilen asit atık su kanalizasyon akımının yaklaşık % 2'sini oluşturur.

Tablo 7.34: PM 205 Tesisinden suya emisyonlar

Azaltma tekniği	Metal	Konsantrasyon			Veri elde etme yöntemi	Ortalama türü
		mg/l				
		Minimum	Ortalama	Maksimum		
Zn tozu ve reçineler filtrasyonunun eklenmesi (Au rafinasyondan gelen atık sular için). Kireç süütünün eklenmesi, filtre presinde filtrelenmesi ve HCl ile nötrleştirilmesi (tüm işlenmiş atık sular için)	Arsenik	< 0.005	< 0.005	< 0.005	kompozit Sürekli örnekleme	Günlük ortalama
	Kadmiyum	0.05	0.05	0.05		
	Krom	< 0.3	< 0.3	< 0.3		
	Bakır	< 0.1	< 0.1	< 0.1		
	Kurşun	< 0.25	< 0.25	0.25		
	Nikel	< 0.2	< 0.2	< 0.2		
	Çinko	< 0.3	< 0.3	< 0.3		
	Kalay	< 1	< 1	< 1		
	Demir	< 0.2	< 0.2	< 0.2		
	AOX	0.1	0.12	0.15		

Kaynak: [ 404, EPMF 2012 ]

### Çapraz media etkileri

- Metalleri geri kazanmak için reaktifler ve diğer ham maddeleri (örneğin kostik soda, reçine) gerektirir; Bununla birlikte, bu hammaddelerin bazıları, yerinde işlemlerden geri kazanılabilir, bu da belirli asit ve alkali çözeltilerinin üretilmesine ve dolayısıyla bunun yerine taze reaktiflerin kullanımının azaltılmasına veya en aza indirilmesine neden olur.
- Yıkayıcıyı, izleme ve kontrol sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.
- Kanalizasyona giren atık akımların üretilmesi veya toprak doldurulması/landfilled.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Tarif edilen teknikler yeni tesisler için geçerlidir, ancak atık işleme alanlarında kullanılabilir alan olduğu varsayılarak mevcut kurulumların büyük ölçüde iyileştirilmesini gerektirir.

Güvenilirlik sorunları, bazı sahaların atık sularıyla iyon değişimi ve ultra ince filtrelemeyi (örneğin membranlar) etkileyebilir. Denemeler, reçinelerin, prosesin bir yan ürünü olan çözülmüş türler tarafından zehirlenebileceğini ve kireç/kostik çökeltme işleminden sonra herhangi bir işlemin ölçekleme sorunlarından muzdarip olacağını, ve bu tekniklerin prosesin son aşamalarında uygulanamayacağını göstermektedir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için gerekçeler

- Toz emisyonlarının azaltılması ve önlenmesi
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.

### Örnek tesisler

Diğerleri arasında 112, 113, 117, 205, 221, 1019 ve 318 numaralı tesisler.

### Referans literatür

[404, EPMF 2012 ]

### **7.3.8 PM rafinasyonunda son metal ürünlerin eritilmesinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- negatif basınçlı kapalı fırın (Bölüm 2.12.4'e bakınız);
- uygun mesken, korunaklar, verimli ekstraksiyon / havalandırma ile yakalama davlumbazları (bkz. Bölüm 2.12.4);
- torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

Bazı yerlerde, büyüklüklerine ve genel organizasyonuna bağlı olarak (örneğin, bireysel veya diğer metal arıtma operasyonlarına eklenmiş), ön arıtma ve elleçleme işlemlerinden kaynaklanan tozların geri kazanımı ve işlenmesi toz (ve duman) olacak şekilde gerçekleştirilir ve diğer toz üreten operasyonlar merkezi bir şekilde yakalanır, işlenir ve kontrol edilir. Bu, Bölüm 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3 ve 7.3.8'de açıklanan teknikler arasındaki benzerlikleri açıklar.

#### **Teknik açıklama**

Gümüş kristaller, altın katotlar ve altın çökeltisi gibi nihai ürünlerin eritilmesi küçük partilerde çalışan eritme fırınlarında gerçekleştirilir. Elektrikli indüksiyon pota fırınları veya gaz/petrol yakıtlı fırınlar kullanılabilir. Erime metal farklı şekillerde (çubuklar, külçeler) veya granüle edilmiş halde dökülebilir. İndüksiyon fırınları, yanma gazlarının üretimini ve azaltma tesisinin ilişkili büyüklüğünü en aza indirir.

Eritme fırını egzoz gazı ve havalandırma gazı, torba/mikro-kaset filtrelerinde soğutulur ve tozsuzlaştırılır.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.

#### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis 121'de, gümüş kristalleri eritmek için doğal gazla ısıtılan bir fırın kullanılır. Gümüş granule edilir veya gümüş çubuklara dökülür. Altın katodu veya altın çökeltiyi eritmek için bir indüksiyon ocağı kullanılır. Altın farklı ağırlıktaki çubuklarda dökülür. Altın elektroliz için anotların dökülmesi de gerçekleşir. Fırınlar kapalıdır. Döküm alanı bir yakalama davlumbazının altındadır. Çıkan gaz ve ikincil gazlar torba/mikro-kaset filtrelerinde temizlenir. Çıkış gazı 4000 Nm<sup>3</sup>/saate kadar bir akış hızına sahiptir; ölçümler yılda bir kez (üç 30 dakikalık ölçümler) yapılır ve ölçülen toz seviyeleri 1 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.

Tesis 2426'da, nihai rafinasyon için kullanılan Küçük Tava prosesi aynı zamanda spesifikasyon dışı bir ürünün (ör. spesifikasyon dışı bir fiziksel görünüş için reddedilen bir ürünü) yeniden eritilmesinde de kullanılabilir. Yeniden eritilmiş malzeme genellikle gümüş çubuklardan oluşur. Torba filtre % 99,99'luk bir verime sahiptir ve tüm gümüş çevrimi proseslerine hizmet eden ekstraksiyon hızı kapasitesi 160 000 m<sup>3</sup>/saattir.

#### **Çapraz medya etkileri**

Ekstraksiyon, havalandırma ve toz giderme sistemlerini çalıştırmak için enerji kullanımında artış.

#### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

#### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

#### **Uygulama için gerekçeler**

- Toz emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Değerli (kıymetli) metallerin kaybını en aza indirmek ve PM ve diğer değerli metalleri içeren hammaddeleri kurtarmak ve geri kazanmak.







## 8. FERRO-ALAŞIMLARININ ÜRETİLMESİNE YÖNELİK SÜREÇLER

Demir (ferro) alaşımları demir, dökümhane ve çelik endüstrisinde ana alaşım olarak kullanılır, çünkü alaşım elementini çelik eriyiğine yerleştirmenin en ekonomik yolu budur. Bunun yanı sıra, alüminyum alaşımlarının üretimi için ve özel kimyasal reaksiyonlarda başlangıç malzemesi olarak özel ferro alaşımlar da gereklidir.

Çelik üretiminde bir katkı maddesi olarak, demir-alaşımlar, özellikle çekme mukavemeti, aşınma ve korozyon direnci gibi özellikleri artırır. Çeliğin, alaşım elementleri olarak ferro alaşımlar kullanılarak geliştirilmiş özelliklerinin etkisi, aşağıdaki etkilere az çok bağlıdır [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]:

- çeliğin kimyasal bileşimindeki bir değişiklik;
- oksijen, azot, kükürt veya hidrojen gibi zararlı yabancı maddelerin uzaklaştırılması veya bağlanması;
- katılaşmanın doğasında, örneğin aşılama üzerine bir değişiklik.

Kullanılan hammaddeye (birincil veya ikincil hammadde) bağlı olarak, ferro-alaşımların üretimi birincil veya ikincil bir işlem olarak gerçekleştirilebilir. Her iki sürecin ana kimyası aşağıdaki gibi gösterilebilir:

### Birincil süreçler:

Oksitli metal cevheri + demir cevheri/hurdası + indirgeyici madde → ferro-alaşım + indirgeyici ajan oksit + cüruf

### İkincil süreçler:

Metal hurdası + demir hurdası → ferro alaşım

Birincil ferro-alaşımlar, esas olarak, oksidik cevherlerin veya konsantrelerin karbotermik veya metalotermik indirgenmesi ile üretilir. En önemli süreç, kömürün (metalürjik kok), kömür veya odun kömürü şeklindeki karbonun normalde bir indirgeyici madde olarak kullanıldığı karbotermik indirgemedir. Bir yüksek fırın kullanıldığında, bir enerji kaynağı olarak koka da ihtiyaç duyulur. [255, VDI 2010].

Metalotermik indirgeme esas olarak indirgeyici madde olarak silikon veya alüminyum ile gerçekleştirilir. Aşağıdaki kimyasal denklemler, karbotermik ve metalotermik üretim yollarının temel prensiplerini göstermektedir.

Karbotermik indirgeme: metal oksit + karbon → metal + karbon monoksit

Siliko-terim azaltma: metal oksit + silikon → metal + silikon oksit

Alüminermik indirgeme: metal oksit + alüminyum → metal + alüminyum oksit

## 8.1. Uygulanan süreçler ve teknikler

Üretim hızına bağlı olarak, ferro alaşımlar iki ana kategoriye ayrılabilir: dökme alaşımlar ve özel alaşımlar. Toplu ferro alaşımlar (ferro-krom, ferro-silisyum, ferro-manganez, siliko-manganez ve ferro-nikel), Avrupa Birliği'ndeki toplam ferro alaşımların yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır.

Dökme demir alaşımlarına kıyasla, özel ferro alaşımların üretim oranı azdır. Demir, çelik ve dökme demir endüstrisinde çoğunlukla özel ferro alaşımlar (ferro-vanadyum, ferro-molibden, ferro-tungsten, ferro-titanyum, ferro-bor ve ferro-niobyum) kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, bazı özel ferro alaşımlar, diğer sanayi sektörlerinde kullanılmaktadır, örneğin; alüminyum ve kimya endüstrileri.

### 8.1.1. Ferro-krom

Ferro-krom, nikel (ferro-nikel) ile birlikte paslanmaz çelik üretiminde en önemli alaşım elementidir. Paslanmaz çelik, çatal bıçak takımlarından uçak motor türbin kanatlarına kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Ferro kromun krom içeriği normal olarak %45 ila %75 arasında değişir ve ayrıca çeşitli miktarlarda demir, karbon ve diğer alaşım elementleri içerir. Ferro krom kullanımı esas olarak karbon içeriğine bağlıdır. Ferro-krom aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- %2–12 C (ferro-krom karbür) içeren yüksek karbonlu ferro krom (HC FeCr);
- %0,5–4 C (ferro-krom akin) içeren orta karbonlu ferro krom (MC FeCr);
- %0,01–0,5 C (ferro-krom surafin) içeren düşük karbonlu ferro-krom (LC FeCr).

#### 8.1.1.1. Hammaddeler

Ferro krom üretmek için ana hammadde, demir ve krom oksitleri içeren bir mineral olan kromit cevheridir. Kromit cevherinde Cr ve Fe arasındaki oran, üretilen alaşımın krom içeriğini belirler, örn. yüksek bir Cr-Fe oranının, yüksek krom içeriğine sahip bir ferro-alaşımın üretimi için avantajlıdır. Kromit cevheri sert veya yükseltilmiş topak çeşitleri, gevrek topaklar veya ince konsantre olarak kullanılır.

Farklı cevherlerin indirgenebilirliği oldukça farklıdır. Genel olarak, FeCr üretimi için, podiform cevherler yüksek bir kaliteye sahip olup yüksek-Cr alaşımı ile sonuçlanırken stratiform cevherleri daha düşük bir kromit içeriğine ve düşük Cr-Fe oranına sahiptir, bu da bir şarj krom alaşımına neden olur. Bu nedenle, podiform cevherler çoğu zaman %90'ı aşan bir krom geri kazanımı verirken, stratiform cevherler için geleneksel üretim yollarında geri kazanım %70'in altındadır. Güney Afrika cevherleri için durum böyle. DC plazma prosesi ile, iyileşmenin %90'ın üzerinde olduğu bildiriliyor. Bu, daha hızlı bir düşüş sağlamak için işlem sıcaklığını arttırmak için gerekli olan daha yüksek elektrik enerjisi tüketimini telafi eder. Sinterlenmiş peletlerin (taşlama, peletleme ve sinterleme) yaygın olarak kullanıldığı teknolojide, stratiform cevherlerinin artan redüksiyon oranı, artan reaksiyon yüzeyine dayanır, peletlerle geri kazanım %87'ye yakındır. Podiform cevherler için, bu alternatif işlem yollarının geri kazanım faydaları aynı büyüklükte olmayacaktır.

Farklı üretim yollarına ve ferro kromun istenen karbon içeriğine bağlı olarak, bir redüksiyon maddesi olarak karbon veya silikon kullanılır [255, VDI 2010]. HC FeCr üretimi için karbon, metalürjik kok, kömür veya odun kömürü şeklinde bir indirgeme maddesi olarak sürece eklenir. Metalürjik kok en yaygın indirgeyici maddedir. Düşük fosfor ve sülfür içeriğine sahip bir kok kömürünün kullanılması önemlidir, çünkü fosforun %60-90'ı ve sülfürün %15-35'i metale aktarılır. LC FeCr üretimi için, ferro siliko-krom ve ferro-silisyum, indirgeyici ajanlar ve hammadde olarak silicothermic redüksiyonda kullanılır. İndirgeyici maddenin (esas olarak kömür) yeterli saflığını elde etmek için bir kömür yıkama aşaması gerçekleştirilebilir. Bu, ağır ortam ayırımı ile yapılabilir ve kömür madenlerinde veya kömür atma noktalarında gerçekleşir, ancak ferro-alaşım tesislerinde gerçekleşmez.

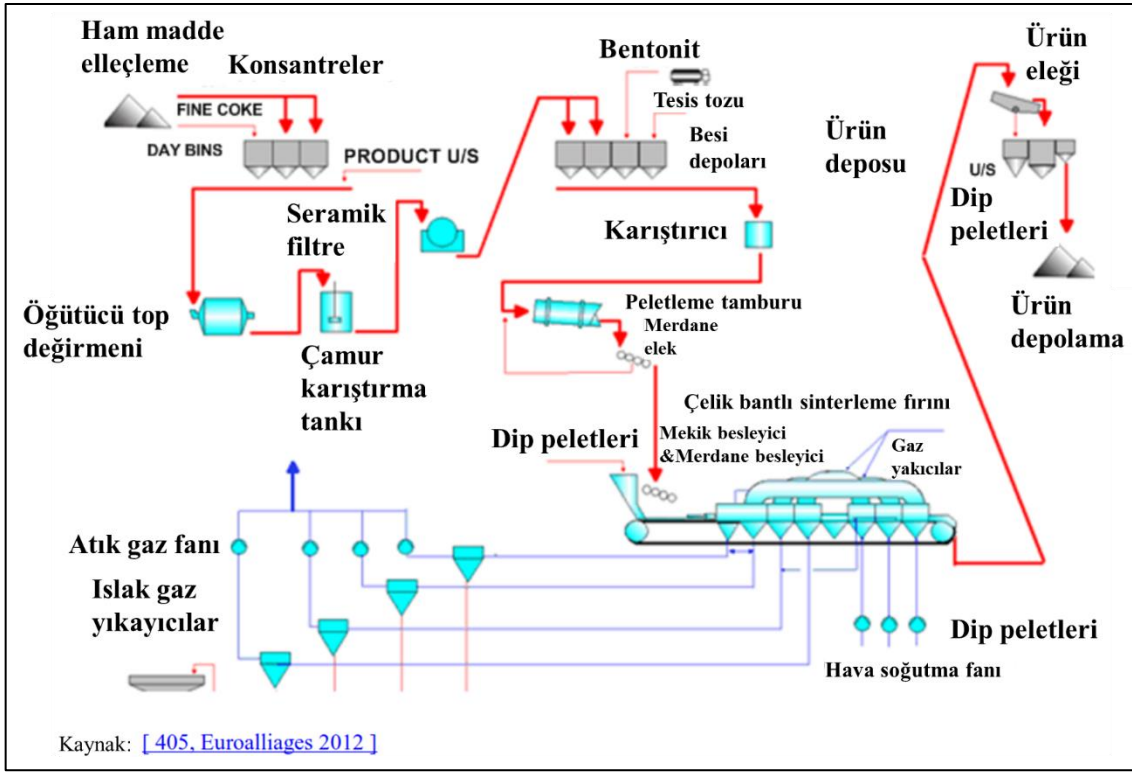
Bazı işlemler için, kok kömürü veya ikincil hammaddeler gibi birincil hammaddelerin, işlemden kullanılmadan önce kurutulması gerekir. Bazı durumlarda, kok kurutma, ıklime, kar ve buza bağlı olarak nemi çıkarmak için önemlidir.

Doğru metal analizi, iyi bir metal geri kazanımı ve tatminkâr bir fırın çalışması için, kuvarsit, boksit, korundum, kireç ve olivin gibi yardımcı maddeler, akıtma ajanları olarak yüke eklenebilir.

#### 8.1.1.2. Ön arıtma teknikleri

Kromit, esas olarak ince konsantre (<1 mm) olmasına rağmen, topaklı cevher, ince taneler ve konsantreler şeklinde ferro-krom üretimi için bir hammadde olarak kullanılır. Cevher tozu ve konsantreleri fırınlanabilir malzemeye dönüştürmek için, önce briketleme, peletleme ve sinterleme veya tek başına sinterleme ile aglomere edilmeleri gerekir. Aglomerasyon, iyi geri kazanımlar elde etmek için ve ayrıca reaksiyon bölgesinden çıkan gazın kaçmasına izin veren geçirgen bir yük vermek için gereklidir [255, VDI 2010].

Yeşil peletler, ince, öğütülmüş, nemli cevherin, bir bağlayıcı ve ince taneli kok karışımının döner bir tamburda veya bir diskte top haline getirilmesiyle yapılır. Bunlar daha sonra bir çelik bant sabit fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip sert, gözenekli peletlere sinterlenir. Çelik bant sinterleme prosesi, yeşil peletlerin delikli çelik konveyör bant üzerinde taşındığı çok bölmeli bir fırından oluşur. Yeşil peletler kurutma bölgesinde, son soğutma bölgesinden dolaşan gazla kurutulur. Ön ısıtma bölgesinde, peletlerin sıcaklığı yükseltilir, böylece kalsine edilir ve yataktaki karbon tutuşturulur. Isıtma gazı ikinci soğutma bölgesinden alınır. Sinterleme bölgesinde, 1350-1450°C sinterleme sıcaklığı elde edilir. Isıtma gazı, karbonun yanmasından ve demirin oksidasyonundan kaynaklanan enerjiye ek olarak, ilk soğutma bölgesinden alınır. Ön uç bölmeler bir aşağı yönlü konfigürasyonundadır ve soğutma havası üç soğutma bölgesine aşağıdan üflenir. Bölmelerdeki sıcaklık profilini kontrol etmek için, ön ısıtma ve sinterleme bölgelerinin geri dönüşüm gazı kanalında bulunan brülörlerde ısıtma veya doğal gazdan gelen CO gazı yakılır. Ürün peletleri ve sirkülasyonlu peletler, aşırı yüksek sıcaklıklardan korumak için çelik bant üzerinde bir alt tabaka olarak kullanılır. Çelik bant sinterleme fırını kapatılır. İşlem Şekil 8.1'de gösterilmiştir.



Şekil 8.1: Çelik bant sinterleme süreci

Isıl işlem (sinterleme) söz konusu olduğunda, proses gazları kademeli gaz yıkayıcılarda veya kumaş filtrelerinde temizlenmelidir. Tüm aglomerasyon prosesleri için, bu işlemlerden toplanan ham madde tozları veya diğer hammadde işleme süreçleri geri dönüştürülebilir. Bir çelik bantlı sinterleme fırını içindeki harici enerji tüketimi, bir şaft fırınında ve bir ocak fırınında olduğundan daha düşüktür: bir çelik bant sinterleme fırınındaki enerji tüketimi, 700-1400 MJ/t pelettir. Bu prosesi uygulayan Fin tesislerinde, tozdan alınan CO, kok kömürleriyle birlikte yakıt olarak kullanılır.

### 8.1.1.3. Ferro-krom ve siliko-krom üretimi

#### 8.1.1.3.1. Yüksek karbonlu ferro krom

Yüksek karbonlu ferro krom (HC FeCr), sürekli çalışma ile üç fazlı daldırılmalı elektrik ark ocaklarında kromit cevherinin doğrudan karbotermik indirgemesi ile hemen hemen üretilmektedir. Fırın yükü, ergitme işleminden gelen CO gazını kullanılarak bir şaft veya döner fırında önceden ısıtılabilir. Döner fırında ön redüksiyon da mümkündür. Her iki durumda da, özgül elektrik enerjisi tüketimi azalacaktır. Üç fazlı AC (alternatif akım) işletimi ve tek fazlı DC (doğru akım) plazma ark fırınları da dahil olmak üzere kapalı, yarı kapalı veya açık daldırılmalı elektrik ark ocakları kullanılmaktadır. DC ark ocağı tek bir içi boş grafit elektrodu içerir. Ferro krom üretimi için açık fırınların inşa edilmesi, birçok ülkede çevresel nedenlerle yasaktır. Tozdaki krom (VI) oluşumu çok yüksektir.

Daldırılmalı ark ocakları Söderberg elektrotlarını kullanır. Elektrot, sıcak macun, briketler, bloklar veya macun silindirleri ile oluşturulabilir. Elektrot macunu, tüketimine göre elektrotun üstüne yüklenir. Malzeme elektrot kolonunda aşağı doğru hareket ederken artan ısıya maruz kalır. Yaklaşık 80°C'de erir ve 500°C'de pişer. Ergitme işlemi kontrol etmek için fırın çalışması, direnç veya akım kontrolüne dayanabilir, böylece elektrotlar, direnci veya akımı korumak için gerektiğinde yükseltilir veya alçaltılır.

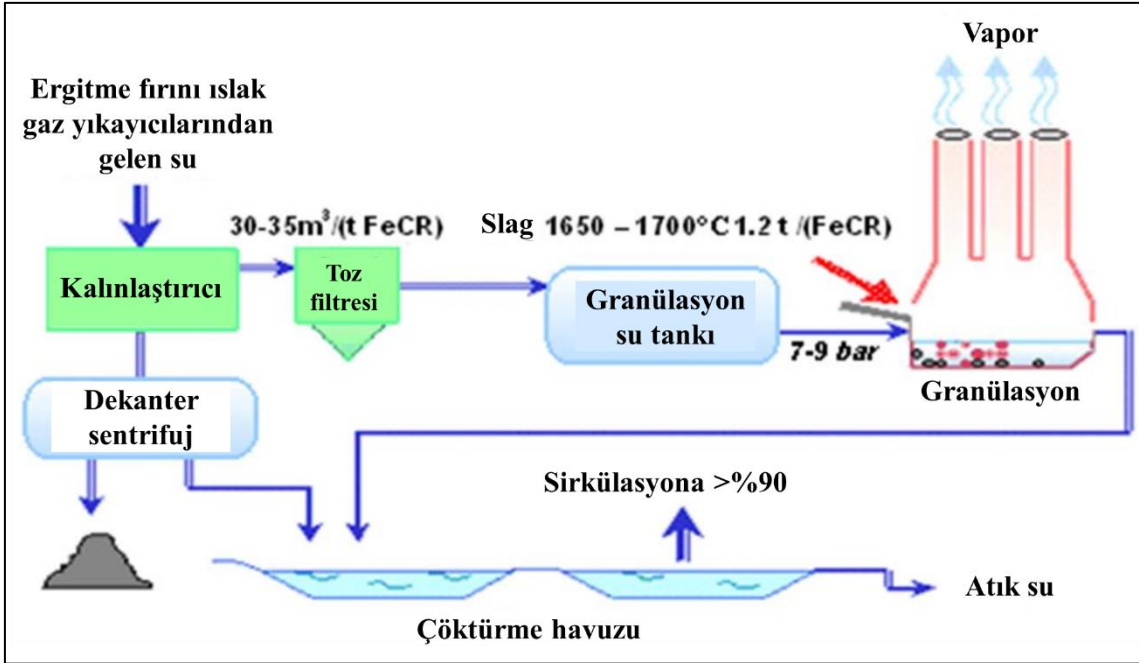
Fırına hava sızıntısını önlemek için bir elektrot sızdırmazlık sistemine ihtiyaç vardır. Alternatif olarak, elektrodun sadece kayma sırasında hareket ettiği aksi halde sabit durduğu yerlerde başka bir uygulama yaygın olarak kullanılır.

Ergitme işlemi sırasında metal oksitler kok tarafından, nihai ürün olarak metal karbürlerle indirgenir. İndirgeme, elektrot uçlarının altındaki reaksiyon bölgesinden büyük miktarlarda CO gazı üretir. Açık bir fırında, CO gazı fırının yüzeyine yakılır. Böylece, CO açısından zengin gazın ısıtma değeri boşa gider. Açık bir fırın ile karşılaştırıldığında, atık gaz hacmi kapalı sızdırmaz bir fırında 50-75 kat ve yarı kapalı bir fırında 10-20 kat azaltılabilir. Kapalı fırınlar için atık gaz temizleme sistemlerinin yatırım maliyetleri açık fırınlardan çok daha düşüktür. Temizlenmiş CO gazı, ham madde, kok kurutma ve benzeri işlemlerin ön ısıtılması için petrol ya da diğer fosil yakıtlar yerine kullanılabilir. Yarı kapalı fırınlardan çıkan gazın ısıtma değeri, buhar veya sıcak su şeklinde geri kazanılabilir.

Ferro-krom ve cüruf, fırının dibine yakın deliklerden düzenli aralıklarla boşaltılır. Cüruf ve metal, aynı metal pota içine kademeli olarak aynı delikten boşaltılır. Düşük yoğunluklu cüruf üst yüzeye doğru yüzer ve sonunda kepçenin içinden cüruf havuzuna taşınır veya bir cüruf çukuruna, granülasyon havzasına veya diğer cüruf tankına sekonder bir akıtma yoluyla taşar. Yatak dökümü ve katman dökümü, bu yöntemlerin basitliği ve düşük maliyetleri nedeniyle ferro kromu dökmek için en sık kullanılan yöntemlerdir. Soğutulmuş dökümler, müşteriler tarafından belirtilen ticari ürün lotunu üretmek için ürün taşıma hattında ezilir ve elenir. Mümkünse, erimiş ferro krom da doğrudan bitişik paslanmaz çelik üretim tesisine aktarılabilir.

Cüruf, yüksek basınçlı su jeti ile granüle edilebilir veya açık havada tabaka halinde dökülebilir, soğutulabilir, ezilebilir ve elenebilir.

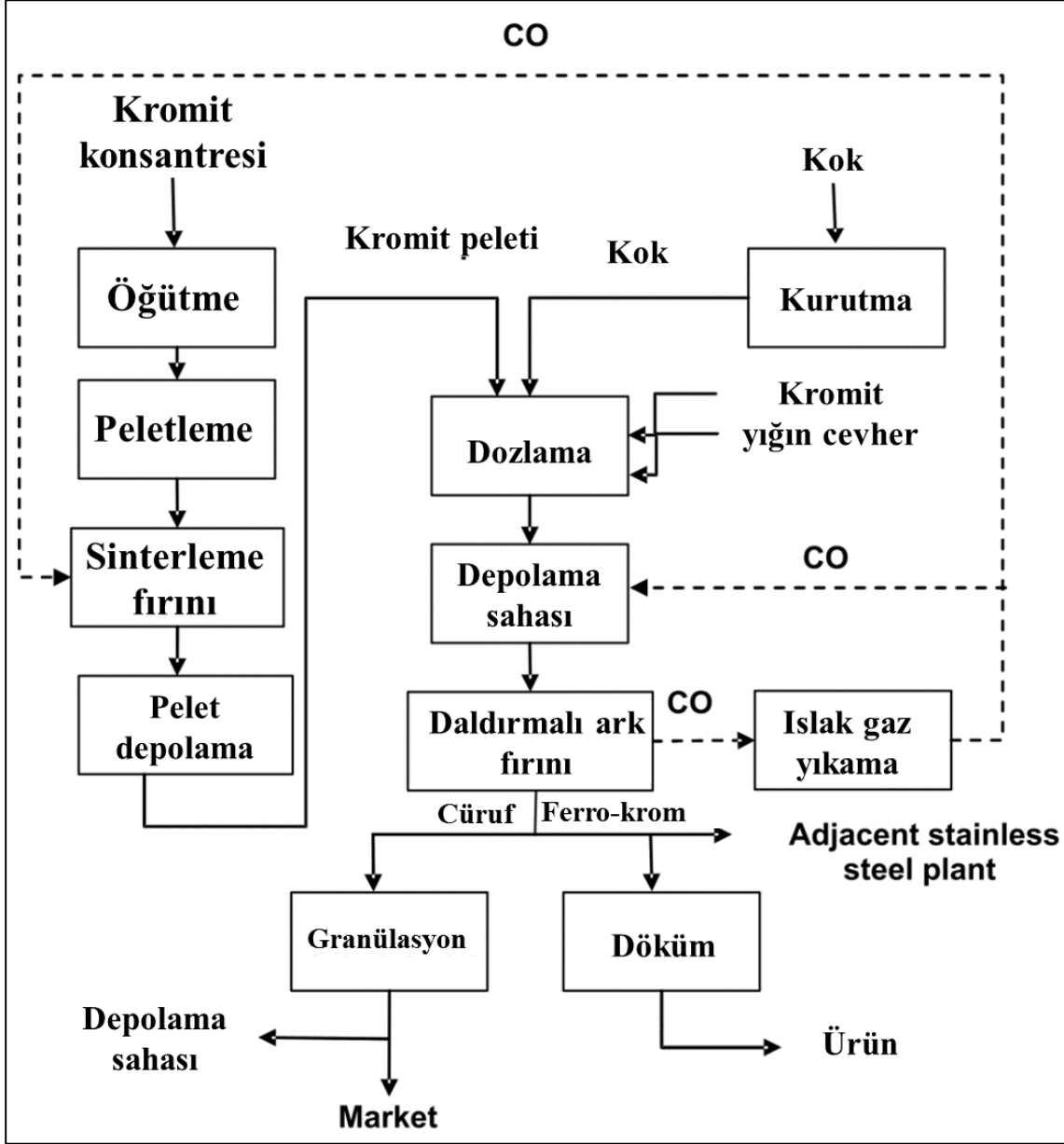
Aşağıda, ferro-kromun potalara alındığı yerde, cürufun boşaltım sırasında nasıl granüle edildiği açıklanmaktadır. Potalardan taşanlar, cürufu akıntı boyunca, yüksek basınçlı suyun cürufu küçük parçalara böldüğü ve verimli bir şekilde soğuttuğu granülasyon havuzuna akar. Granüle cüruf çok homojen bir üründür. Tane boyutu <6 mm'dir. Her granül sıkı ve kısmen kristaldir. Tipik olarak granüle cüruf üç farklı faz içerir: bir amorf cam fazı, kristalin ve zonal Fe-Mg-Cr-Al spineller ve metal damlalar. Granülasyon işlemi, Şekil 8.2'de gösterilmiştir.



Şekil 8.2: Cüruf granülasyonu süreci

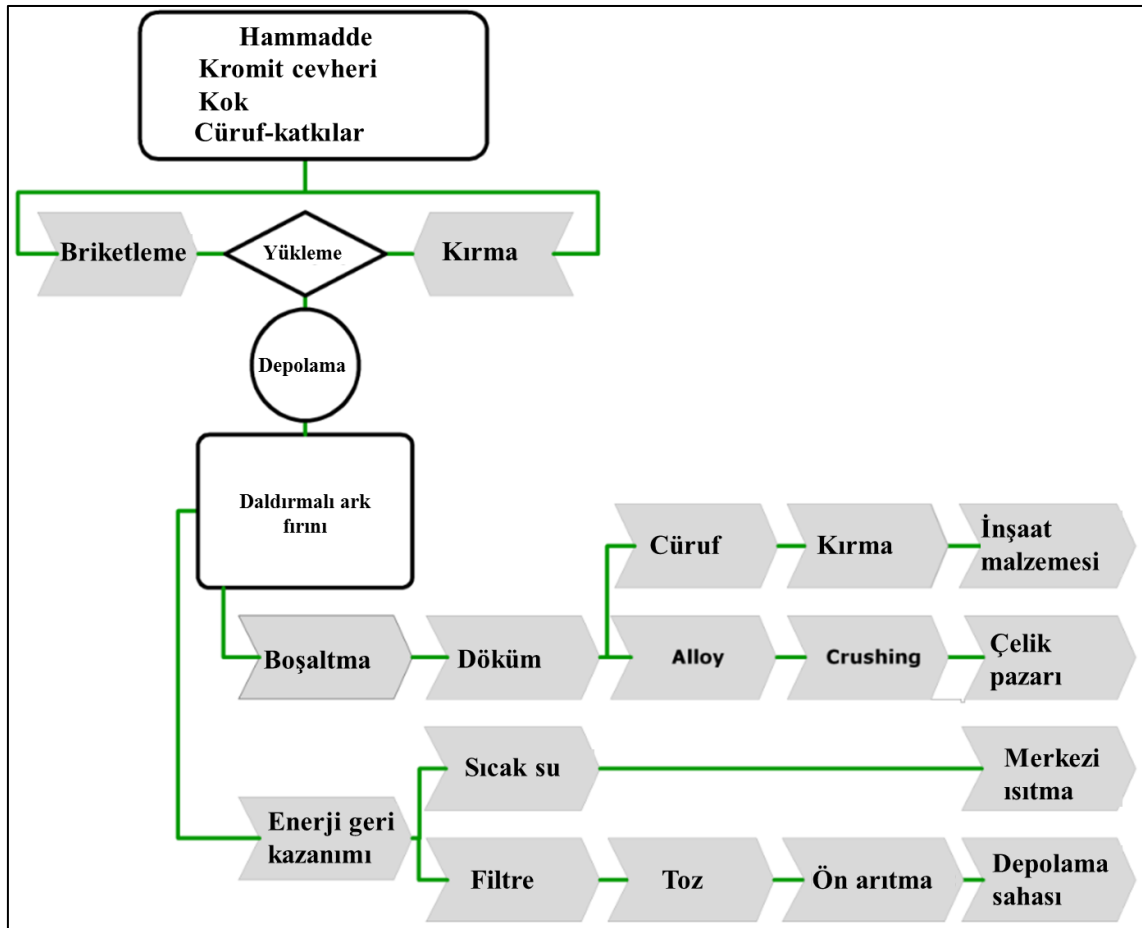
Metal içeren döküm cürufu da ezilir ve metal içeriği cüruf metali ayrıştırmasıyla geri kazanılır [255, VDI 2010]. Kurutulmuş cürufsuz maden metali satılabilirken, cüruf kirlenmiş metal ve ince parçalar, eritme işlemine satılabilir veya geri dönüştürülebilir. Cüruf ayrıca ağır ortam ayrımı, manyetik ayırma veya jigleme ile de işlenebilir. Hem granüle edilmiş hem de topaklı cüruf, bina ve yol yapım malzemesi olarak yeniden kullanılır.

Kapalı bir daldırılmış elektrik ark ocağı kullanılarak yüksek karbonlu ferro-krom üretim işleminin bir örneği Şekil 8.3'te gösterilmiştir.



Şekil 8.3: Kapalı daldırılmış elektrik ark ocağı kullanılarak yüksek karbonlu ferro-krom üretimi

Yarı kapalı bir daldırılmış elektrik ark ocağı kullanılarak bir ferro-krom üretim işleminin bir örneği Şekil 8.4'te gösterilmiştir.



Şekil 8.4: Yarı kapalı daldırmalı ark ocağı kullanılarak ferro-krom üretimi

#### 8.1.1.3.2. Orta karbonlu ferro-krom

Orta karbonlu ferro-krom (MC FeCr), kromit cevherinin silicotermik indirgenmesi ve konsantrelerinin ya da bir oksijen-üfleme dönüştürücüde HC FeCr'nin dekarburizasyonu ile üretilir. Oksijen, eriyiğin tepesinden su soğutmalı üfleme boruları kullanılarak veya konvertörün dibinde enjeksiyon ile erimiş metal içine sokulabilir. Alttan üfleme işlemi, yüksek bir krom giderme ile birlikte yüksek bir dekarburizasyon oranının elde edilmesi avantajına sahiptir. Alttan üfleme dönüştürücüsündeki yüksek banyo sıcaklığı, yüksek dekarburizasyon ve krom geri kazanım oranlarını etkiler.

Silicotermic rotası daha ekonomiktir ve bu nedenle MC FeCr üretmek için daha uygundur. Bunun nedeni, HC FeCr'ye olan yüksek talep ile karşılaştırıldığında, küçük MC FeCr talebi ile birlikte düşük karbon ferro-kromunun da aynı süreçte birlikte üretilbileceği gerçeği olabilir.

#### 8.1.1.3.3. Düşük karbonlu ferro-krom

Düşük karbonlu ferro-kromda (LC FeCr) istenen düşük karbon içeriğinin elde edilmesi için, karbotermik bir işlem kullanılamaz. En yaygın kullanılan süreçler bu nedenle Duplex, Perrin veya Simplex süreçleri olarak bilinen metalotermik indirgemelerdir.

AB-28'de LC FeCr üretmek için kullanılan tek süreç Dupleks sürecidir. Bu süreçte LC FeCr, bir kireç kromit cürufunun silicotermik indirgenmesiyle üretilir. Cüruf ergitme işlemi, Söderberg elektrotları ile eğilebilir bir AC ark fırında gerçekleşir. Fırın yaklaşık 1750°C'de çalıştırılmaktadır. Sıvı eriyiği düzenli aralıklarla bir birinci reaksiyon potasına bağlanır. SiCr, cevher ve kireç potaya eklendiğinde, reaksiyona giren karışım LC FeCr ve bir ara formda cüruf haline dönüştürülür. Bu işlem sırasında pota bir duman davlumbazı ile kaplıdır. Ara cürufun yaklaşık %70'i, bir duman toplama davlumbazıyla kaplanmış olan ikinci bir reaksiyon potasına aktarılır. Karışıma Si, FeSi, kum ve borik asit eklenmesi son cüruf ve bir metal üretir. Metal, ilk potaya geri döndürülür. Bir

kumaş filtresi, her iki reaksiyon potasından gelen fırının çıkış gazını temizler. Torba filtresinden gelen toz, ergitme fırını içine geri dönüştürülür. Perrin süreci benzerdir ancak iki ark ocağı kullanır.

LC FeCr, Simplex işlemi ile de üretilebilir. Simplex işleminde, HC FeCr ferro-alaşım bir toz elde etmek için bir bilyalı değirmende ezilir. HC FeCr tozunun  $Cr_2O_3$  ve  $Fe_2O_3$  ile birlikte briketlendirilmesinden sonra karışım, bir vakum fırınında yaklaşık 1350 °C'de tavlansak dekarbürize edilebilir.

### 8.1.1.3.4. Siliko-krom

Siliko-krom ayrıca çelik endüstrisinde bir alaşım elemanı olarak kullanılır. HC FeCr üretimi için kullanılan aynı türden üç fazlı daldırılmalı elektrik ark ocaklarında üretilebilir.  $SiO_2$ 'nin Si'ye indirgenmesi, çok miktarda CO gazı üretilmesi ile birleştirilir. Yüksek CO üretim oranı, gözenekli bir fırın yükü (gaz fazdaki kok) ve uygun bir enerji geri kazanım sistemine sahip yarı kapalı veya kapalı bir fırının kullanılmasını önemli hale getirir.

## 8.1.2. Ferro-silikon ve silikon alaşımları

Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum (CaSi), farklı endüstriyel ürünlerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Alaşım elementi olarak, ferro silikon çeliğin mukavemetini artırır ve bu nedenle lastikler veya bilyalı rulmanlar ve tel halatlar üretmek için gerekli olan çelikte kullanılır. Ferro-silikon ayrıca erimiş çelikten çözünmüş oksijeni çıkarmak için kullanılır. Yüksek saflıkta FeSi, elektrik transformatörleri için yüksek geçirgenliğe sahip çelik üretmek için kullanılır. Silikon metal, alüminyumda ve kimyasal ve elektronik ürünlerin üretiminde bir alaşım elemanı olarak önemlidir. Silico-kalsiyumun ana kullanıcısı çelik endüstrisidir. Yukarıda bahsedilen metaller, aşağıdaki gibi silikon içeriği ile sınıflandırılabilir:

- ferro-silikon: %96'dan daha az silikon içeriği;
- silikon metal: %96'nın üzerinde silikon içeriği;
- siliko-kalsiyum: silikon içeriği yaklaşık %60-65 ve kalsiyum içeriği %30-35'dir.

### 8.1.2.1. Hammaddeler

Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum üretimi için yaygın olarak kullanılan hammaddeler Tablo 8.1'de listelenmiştir.



Tablo 8.1: Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum üretimi için gerekli hammaddeler

Ham madde	Ferro-silikon	Silikon metal	Siliko-calcium
Kuvars	X	X	X
Kok	X	NA	X
Petrol koku	NA	X	NA
Kömür	X	X	X
Karbon kömürü	X	X	NA
Odun talaşı	X	X	NA
Kireçtaşı	NA	X	X
Demir cevheri/çelik hurda	X	NA	NA
Amorf karbon	NA	X	NA
Grafit elektrotlar	NA	Kombine bir grafit/Søderberg elektrodu kullanılıyorsa	NA
Søderberg electrote macunu	X	NA	X

NB: NA = Uygulanabilir değil.

İyi proses sonuçları elde etmek için, hammaddelerin seçimi sıkı kalite şartlarına göre yapılır. Örneğin kuvarsitin termal mukavemeti, çok fazla ince boyutlu malzemenin gaz akışını önleyebildiği yerde yükün gaz geçirgenliğine bağlı olduğu için özel bir öneme sahiptir. Karbon kalitesi, sürecin çevresel performansı için önemlidir, çünkü kömür ve kok, çevreye yayılabilen kükürt ve eser elementler içerir [226, Nordic Report 2008]. Eğer karbon cıva veya diğer buharlı elementler içeriyorsa, süreç içerisinde buharlaşacak ve gazın bir kısmı olarak çevreye yayılacaktır.

Farklı hammaddelerin serbest düşüşüne bağlı olarak ince tane üretimi incelenmiştir ve Tablo 8.2'de sunulmuştur (tekrarlanan düşüşler düşüş başına düşen daha yüksek ince tane üretilmesine neden olabilir). İnce tanelerin oluşmasını önlemek için, aşırı düşme/düşme ve hammaddelerin işlenmesinden kaçınılmalıdır. Kuvars işlemenin ince tane oluşturduğu konusunda daha kapsamlı bir literatür çalışması Aasly ve ark. [337, K. Aasly 2008].

Tablo 8.2: Serbest düşüş nedeniyle ince toz üretimi

İnce tane üretimi	Kömür	Kok	Kuvars	Demir peleti
2 m	0,6 %	0,2 %	0,2 %	0,1 %
16 m	2,7 %	0,5 %	0,8 %	0,4 %

### 8.1.2.2. Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum üretimi

Si, FeSi ve CaSi üretimi için kullanılan farklı hammaddeler, kirlenmeyi önlemek için tercihen sert yüzeylerde saklanır. İndirgeyici maddeler açık havada veya kapalı alanlarda depolanırlar, ardından malzeme yağmurdan kaynaklanan nemden korunur. Bazı indirgeyici maddeler kendiliğinden tutuşma özelliklerine sahip olabilir. Bu durumlarda, kendiliğinden yanmayı önlemek için uygun yöntemler uygulanmalıdır, örn. yüksek uçucu madde ve ağaç talaşı içeriğine sahip kömür veya kömür içinde.

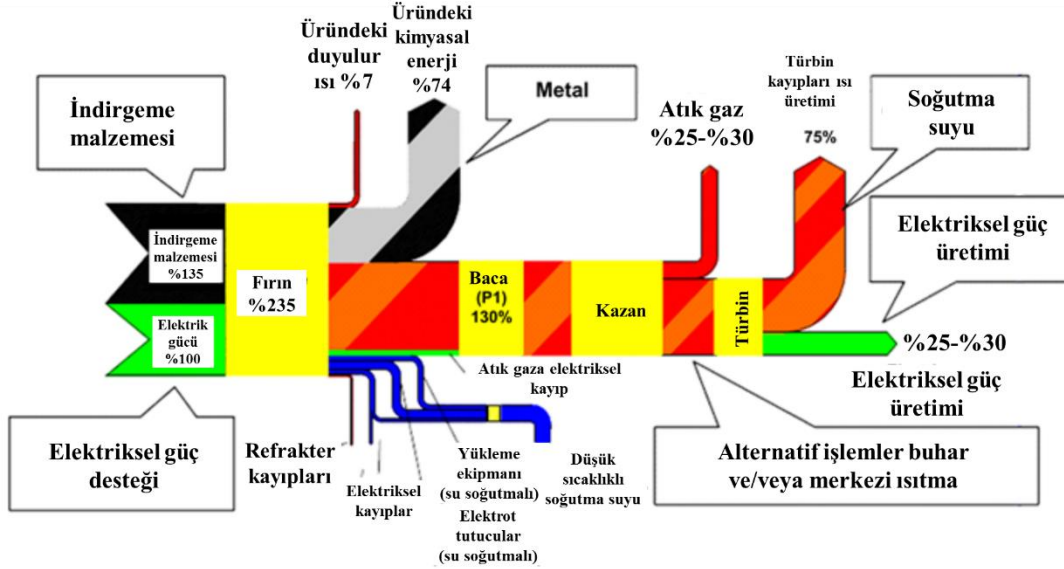
Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum, düşük şaftlı üç fazlı dalsırmalı elektrik ark ocaklarında yaygın olarak üretilmektedir [255, VDI 2010]. Fırın açık veya yarı kapalı tipte olabilir. Fırın, elektrotlar arasındaki kabuğun kırılması için her elektrot ucunun etrafındaki reaksiyon alanlarının bağlanması için normal olarak döner. Döndürme, rögarın yeri fırın ile dönerken, rögardaki yayılı emisyonların iyi bir şekilde yakalanma verimliliğinin elde edilmesinde bazı zorluklara yol açar. Hammadde, besleme tüpleri vasıtasıyla fırının üstündeki depolama kutularından beslenir. Küçük fırınlarda, hammadde stoklama araçları kullanılarak da beslenebilir.

## Bölüm 8

Silikon metal ve silikon alaşımlarının ergitilmesi normal olarak açık veya yarı kapalı fırınlarda gerçekleşir. Açık fırınlar, bakım ve olası manuel beslemeye erişim sağlamak için genellikle fırın davlumbazı etrafındaki hareketli perdeler veya kapılar ile inşa edilir. Fırın/duman davlumbazı fırının üst kısmıdır ve çeşitli görevleri vardır. Her şeyden önce, proses gazını toplar ve ekipmanı proses ısısından korur. İkincisi, başlık elektrotların yerleştirildiği ve hammaddelerin şarj edildiği yerdir. Davlumbazlar genellikle bir soğutma düzeni içerir. FeSi ve CaSi üretimi için Söderberg elektrot teknolojisi kullanılmaktadır. Silikon üretimi için, elektrot genellikle elektrot tüketimine bağlı olarak bir önceki elektrodun üstüne ön pişirme uygulanarak vidalanır. Son yıllarda, Söderberg teknolojisinin ve kararlı bir demir elektrot muhafazalı bir grafit çekirdeğin bir kombinasyonunu kullanan bir elektrot geliştirilmiştir. Bu kombine elektrot, Söderberg teknolojisinin silikon metal üretiminde uygulanmasına izin verir. Amaç, elektrot muhafazasının neden olduğu demir kirliliğini azaltmak ve ön-arkalı grafit elektrotların yüksek maliyetlerini azaltmaktır [233, COM 2008], [226, Nordic Report 2008].

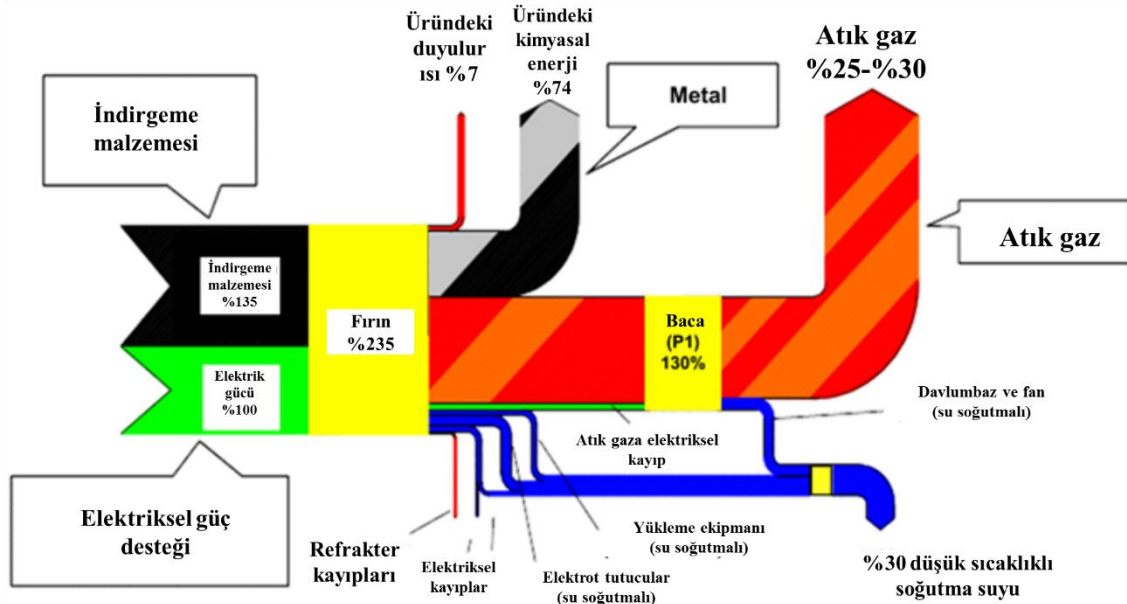
Yarı-kapalı fırın, fırının tepesine havanın emilmesini kontrol etmek ve böylece fırından toplam gaz akışını azaltmak için uygulamaya konmuştur. Bu, gaz sıcaklığını artırır ve çıkış gazı tarafında geliştirilmiş bir sıcaklık kontrolü gerektirir, ancak aynı zamanda daha yüksek bir enerji geri kazanımı sağlar. Silika dumanlarını içeren işlem çıkış gazı bir torba filtresinde temizlenir. Sıvı metal sürekli olarak veya düzenli aralıklarla bağlanır. Boşaltma bittikten sonra metal potadan dökülür. Taşınabilir boşaltma tekneleri, uygun araçlarla ya da tepegöz vinçler vasıtasıyla boşaltma konumuna getirilebilir. Metal, taşıma kapları kullanılmadan döküm alanına doğrudan da bağlanabilir. Silikon alaşımı daha sonra kalıplara dökülür ve çene, döner veya silindirik kırıcılar ile ezilir veya suda granüle edilir.

Yarı kapalı fırınlarda, büyük ölçüde yerel parametrelere/koşullara (uygulanabilirlik) bağlı olmasına rağmen, bir enerji geri kazanım sistemi uygulanabilir. Şekil 8.5 ve 8.6, bir enerji üretim prosesi için enerji geri kazanımı olan ve olmayan yarı kapalı bir fırında enerji dengelerini göstermektedir.



Kaynak: [ 405, Euroalliages 2012 ]

Şekil 8.5: Enerji geri kazanımı ile bir silikon üretim süreci için enerji dengesi



Kaynak: [ 405, Euroalliages 2012 ]

Şekil 8.6: Enerji geri kazanımı olmadan bir silikon üretim prosesi için enerji dengesi

Silikon metal ve ferro-silikon üretiminin neredeyse cürufsuz bir işlem olduğu unutulmamalıdır, zira ham maddede bulunan tüm safsızlıklar ürünlere, metal veya mikro silikaya aktarılmaktadır. Daha yüksek bir saflıkta metal elde etmek için, bir başka rafine etme aşamasına ihtiyaç vardır. Rafinasyon, bir potadaki safsızlıkları oksitleyerek gerçekleşir. Oksijen gazı veya hava enjeksiyonu üfleme boruları, pota altındaki gözenekli tıkaçlarla veya enjektörlerle yapılır. Rafinasyon sürecini iyileştirmek için düzeltme cürufu da eklenebilir. Rafine etme aşaması, bir duman toplama sistemi ile ör. bir torba filtresine bağlı bir duman toplama başlığı ile kapatılabilir.

### 8.1.3. Ferro mangan ve mangan alaşımları

Ferro-mangan, özellikle çelik ve paslanmaz çelik endüstrilerinde büyük öneme sahip bir diğer dökme demir alaşımıdır. Başlangıçta bir deoksidasyon ve kükürt giderme maddesi olarak kullanılan ferro-mangan, çoğunlukla çeliğin sertliğini ve aşınma direncini arttırmak için kullanılır. Ferro mangan ve diğer önemli mangan alaşımları temel olarak [226, Nordic Report 2008] olarak sınıflandırılabilir:

- yüksek karbonlu ferro mangan (HC FeMn): Maks. C içeriği %7,5;
- orta karbonlu ferro mangan (MC FeMn): Maks. C içeriği %2,5;
- düşük karbonlu ferro mangan (LC FeMn): Maks. C içeriği %0,75;
- siliko-mangan (SiMn): Maks. C içeriği %2,0;
- düşük karbonlu siliko-mangan (LC SiMn): Maks. C içeriği %0,10.

#### 8.1.3.1. Hammaddeler

Ferro-mangan ve siliko-mangan üretimi, birincil hammadde olarak mangan içeren cevherlerin bir karışımına dayanır. İyi bir proses verimliliği elde etmek için mangan cevheri ve konsantreleri (düşük demir içeriğiyle) bir topak çeşitliliğine veya sinterlenmiş malzemeye sahip olmalıdır. Ergitme işlemi için gerekli olan diğer hammaddeler demir cevheri, kireçtaşı ve dolomit gibi akıcı maddelerdir. Kok ve uçuculuğu düşük kömür, bir indirgeme maddesi olarak kullanılır ve bir yüksek fırında HC FeMn üretimi durumunda, aynı zamanda bir enerji kaynağı olarak yer alır. Siliko-mangan üretimi için, zengin ferro-mangan cüruf, ferro-silikon hurda, silikon sakal oluşumları ve kuvars gereklidir.

#### 8.1.3.2. Ön arıtma teknikleri

Ferro-manganez üretiminde ince cevherlerin kullanılması için bir aglomerasyon, peletleme ve sinterleme adımı kullanılır. Cevher tanelerinin yanı sıra, sinter yükü, yakıtlar (kok kömürü, kömür tozu, ateşleme gazı) ve kireçtaşı ve dolomit gibi akışkanlar ile geri dönüştürülmüş ince taneler ve toz içerir. Sinterleme, daha uygun bir boyut elde etmek ve ara bir metalürjik-dereceli ham maddeye doğal cevheri indirgemek için kullanılır. Aglomerasyonun ve sinter işleminin ana avantajları [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]:

- konvansiyonel ergitme işleminde sınırlı bir uygulama ve değere sahip olan ince cevher, aglomere edilir ve üstün bir ürüne dönüştürülür;
- sinter ergitme sırasında azaltılmış gaz hacimleri dolayısıyla daha az fırın püskürmesi oluşur;
- fırın kullanılabilirliği ve işletme yükleri artırılır;
- daha kolay nüfuz etme ve indirgeme reaksiyonları ile oluşan gazın giderilmesiyle daha iyi yük gözenekliliği sağlanır.

HC FeMn ve SiMn üretimi için, gezici ocak ızgara ile sinterleme genellikle uygulanır. Izgaralı sinterleme teknolojisinde, yükün sinterlenmesi toplu olarak statik bir şekilde gerçekleştirilir. Her döngüde, brülörler yükün üzerine yerleştirilir ve katman düzgün bir şekilde sinterlenene kadar yakıt tüketilir. Sinterleme döngüsünün sonunda, brülörler çıkarılır ve tabaka döndürülerek toplanır.

Sinterleme sırasında oluşan atık gazlar, bir elektrostatik çökeltici ve kumaş filtresi ile ayrılabilir. Sinterleme sırasında ve sinterin soğutulması sırasında oluşan atık gaz için siklonlar veya kumaş filtreler kullanılarak tamamlayıcı bir filtrasyon yerine getirilmiş olur.

### 8.1.3.3. Ferro-manganez ve siliko-manganez üretimi

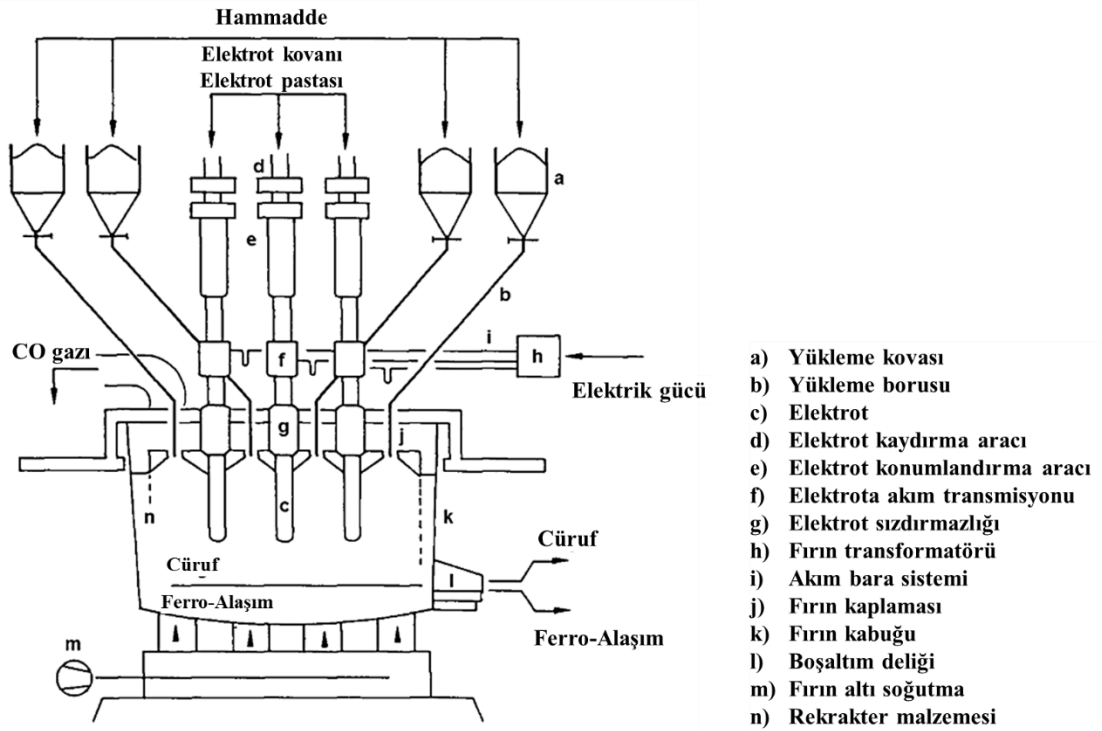
#### 8.1.3.3.1. Yüksek karbonlu ferro mangan

Yüksek karbonlu ferro-manganez (HC FeMn), üç fazlı daldırmalı elektrik ark fırında, topaklı veya sinterlenmiş mangan cevherinin karbotermik indirgenmesiyle üretilir.

Yaygın olarak kullanılan elektrik ark ocakları kapalı, yarı-kapalı ve açık tiplerdir, bunların fırının kendisi üzerinde hiç etkisi yoktur ya da sınırlı bir etkisi vardır. Fakat kullanılan gaz bileşimi, akış oranı, geri kazanım ve toz giderme sistemini etkiler. Fırının çapı 2 metreden 20 metreye kadar değişir. Daha küçük fırınlar daha esnek olma avantajına sahiptir, çünkü farklı ürünler arasında daha kolay geçiş yapabilirler.

Hammadde, ergitme işlemine, fırının üstündeki depolama kutularından yerçekimi ile beslenir. Hammaddelerin fırına eşit bir şekilde dağılmasını sağlamak için besleme tüpleri elektrotların etrafına yerleştirilir.

HC FeMn üretimi için elektrik ark ocağı, normalde ferro alaşımları üretmek için kullanılan fırınlara göre uyarlanmalıdır. Ferro-manganın yüksek buhar basıncından dolayı, ergitme işleminin dikkatli bir sıcaklık kontrolüne ihtiyacı vardır, çünkü şarj aşırı ısınmamalıdır. Buhar basıncı, ferro-mangan yükünün nispeten düşük öz direnciyle birlikte düşük bir akım yoğunluğuna sahip elektrotlara yol açar. Sonuç olarak, fırın, elektrotların işlem için gerekli olan yüksek akım için daha büyük bir çapa sahip olmasını gerektiren düşük bir voltajda çalıştırılmalıdır. Söderberg elektrotlarıyla çalışan ferro-mangan üretimi için tipik bir kapalı elektrik ark ocağı Şekil 8.7'de gösterilmiştir.



Kaynak: [ 104, Ullmann's Encyclopedia 1996 ]

### Şekil 8.7: Söderberg elektrotlarıyla çalışan kapalı elektrik ark ferro-manganez ocağı

Ferro-manganez üretimi için elektrik ark fırınları sadece kendinden pişirmeli Söderberg elektrotları ile çalıştırılır. Geniş çaplı olduğundan, ön-pişirmeli elektrotların kullanımı Söderberg elektrotlarına kıyasla ekonomik değildir. (Bkz. Şekil 8.7).

Söderberg elektrotları, iç tanelerle sertleştirilen ve genellikle kalsine antrasit içeren katı bir agrega ve kömür katranı içeren karbonlu bir macunla doldurulmuş yumuşak çelik veya paslanmaz çelik bir kasanın oluşur. Katran sıcak olduğunda plastikleşir ve kasanın tüm hacmini doldurur. Elektrodun akım ve fırın ısıyla daha fazla ısıtılmasıyla macun pişirilir ve katı hale gelir [104, Ullmann's Encyclopedia 1996].

Ergimiş metal ve cüruf sürekli olarak veya düzenli aralıklarla kesilebilir. Metal, kırılmış ferro-manganez ile kaplanmış kalıplara dökülür. Sıvı metalin dökümü için bir döküm makinesi de kullanılabilir. Katılaşmış metal daha sonra müşterilerin özel ihtiyaçları için ezilir ve elenir. Cüruf normal olarak zengin cüruf olarak elde edilir (yaklaşık %30 manganez ile) ve siliko-manganez üretimi için daha fazla kullanılır.

Elektrik üretmek için CO açısından zengin gazın kullanıldığı bazı tesisler vardır. CO-zengin gaz, diğer endüstriyel kullanımlar için, örneğin kimyasal sentez için bir hammadde olarak da kullanılabilir.

#### 8.1.3.3.2. Orta karbonlu ferro manganez

Orta karbonlu ferro manganez (MC FeMn) üretimi için iki farklı yol kullanılabilir:

- Manganez cevherinin silicotermik azaltılması;
- HC FeMn'in oksijenle üflemlenmesi.

AB'deki en önemli süreç, HC FeMn'nin arıtma prosesi olarak da bilinen HC FeMn'nin dekarbürizasyonudur.

HC FeMn'nin karbürlenmesi için, oksijen erimiş metalin içine üflenir, bu da fırından bir pota içine akıtılır. Eriyik içine üflenmiş oksijen, manganezin bir kısmını oksitler ve banyo sıcaklığını yaklaşık 1350°C ila 1550°C arasında artırır. Artan sıcaklıklar ile HC FeMn'de bulunan karbon da oksitlenmeye meyillidir, bu da sıcaklığı yine 1550°C'den 1750°C'ye yükseltir. Karbonun oksitlenmesi sonuç olarak ferro manganezin karbon içeriğini azaltır. MC FeMn üretimi için, dekarbürizasyon prosesi, yaklaşık %1,3'lük bir karbon içeriğine erişildiğinde sona ermektedir. Yüksek sıcaklık ayrıca, işlemi duman olarak terkeden ferro manganezin buharlaşmasına da yol açar. Dumanlar, davlumbaz kullanılarak toplanabilir ve HC FeMn izabeye geri gönderilmeden veya satılmadan önce bir torba filtre veya elektrostatik çöktürücüler (ESP'ler) kullanılarak daha da azaltılabilir.

HC FeMn'i hammadde olarak kullanan rafinasyon işleminin aksine, siliko-termik süreç, manganez cevheri ve kireç veya yüksek dereceli cüruf ve siliko-manganez gerektirir. İndirgemenin kendisi, üç fazlı bir elektrik ark fırında, grafitten yapılmış elektrotlarla gerçekleştirilir. Döngünün sonunda, ergimiş alaşım ve cüruf dökülür ve ayrılır. Cüruf, siliko-manganez üretim tesisine hammadde olarak soğutma ve ezme işleminden sonra geri dönüştürülür. Fırınların dumanları bir kumaş filtresinde ayrılacaktır. Silikotermik redüksiyon ile < %1 karbon içeren MC FeMn üretimi mümkündür.

Rafineri sürecinin ana avantajları, düşük işletme ve sermaye yatırım maliyetleridir. Silikotermik işleminin ana avantajı aynı işlemde düşük karbonlu ferro-manganez üretimidir.

### 8.1.3.3.3. Düşük karbonlu ferro manganez

Genellikle %0,75'ten daha az karbon içeren düşük karbonlu ferro-manganez (LC FeMn), geleneksel olarak bir siliko-termik işlem yolu ile üretilir. Zengin bir cüruf düşük düzeyde safsızlıklar nedeniyle hammadde olarak uygundur. Ayrıca, zengin cürufta zaten indirgenmiş manganez oksitlerin varlığı, işlem için elverişlidir. LC FeMn üretimi, bir siliko-termik proses tarafından üretilen MC FeMn için kullanılan benzer bir elektrik ark ocağında gerçekleşir. Elde edilen cüruf, siliko-manganez üretimi için hammadde olarak kullanılır veya metalurji endüstrisindeki diğer uygulamalar için satılır.

Son zamanlardaki gelişmeler HC FeMn'nin dekarbürizasyonunu LC FeMn için ekonomik ve çevreye elverişli bir işlem rotası olmasını sağlamıştır. %0,5'ten daha az bir karbon içeriği elde edilebilir, ancak genellikle üretilen seviye %0,75'dir [226, Nordic Report 2008].

### 8.1.3.3.4. Siliko-manganez

Siliko-manganez, çelik endüstrisinde bir alaşım elemanı ve MC ve LC FeMn üretmek için bir hammadde olarak gereklidir. Siliko-manganez üretimi, hammadde olarak manganez cevheri veya sinter ve kuvarsa dayanmaktadır. Manganez cevheri yerine, HC, MC ve LC FeMn üretiminde zengin cüruf gibi üretilen zengin bir ferro manganez cürufu manganez kaynağı olarak kullanılabilir. Siliko-manganez sadece kapalı, yarı kapalı veya açık tipler olabilmeyen daldırılmalı elektrik ark ocaklarında üretilmektedir. Fırınlar, HC FeMn üretimi için kullanılanlarla aynı veya çok benzerdir ve genellikle bir fırın, her bir alaşımın alternatif katılımları ile çalıştırılır. Besleme karışımının bileşimine bağlı olarak, silikon içeriği %15 ila %35 olan siliko-manganez üretilir. Uygun fırın çalışması ve etkili silikon azaltımının sağlanması, işlemde gerekli olan yüksek sıcaklığa ulaşmak için elektrotları yükün daha derinlerine yerleştirilmesi ile mümkün olur.

### 8.1.4. Ferro-nikel

#### 8.1.4.1. Hammaddeler

Ferro-nikel (FeNi) yanı sıra ferro-krom, paslanmaz çelik üretiminde en önemli alaşım maddesidir. Laterit cevheri ana hammaddedir. Laterit cevheri, nispeten düşük nikel içeriği (% 1,2-3) ve yüksek bir nem içeriği (%45'e kadar) ile birlikte hidroksit şeklinde kimyasal olarak bağlı su ile karakterizedir [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]. Tipik Avrupalı cevherler % 1-3 oranında nikel içerir ve %5-10 oranında nem içeriğine sahiptir.

Laterit cevherinin yanı sıra, ferro-nikel üretiminde ihtiyaç duyulan diğer hammaddeler de kok kömürü ve/veya kömürdür. Ferro-nikel üretimi bir karbotermik işlemle gerçekleştiği için, indirgeyici bir madde olarak kok veya kömür gerekir. FeNi ayrıca, harcanan katalizörler ve galvanizleme endüstrisinden gelen çamur gibi ikincil hammaddelerden de üretilebilir.

#### 8.1.4.2. Birincil hammaddeden ferro-nikel üretimi

Birincil hammaddeden ferro-nikel üretimi, yalnızca döner ocaklı elektrikli fırın prosesi ile gerçekleştirilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, hammadde önemli miktarda su taşıyabilir. Sonuç olarak, yüksek bir nem içeriği olduğunda, işlemin ilk adımı bir kurutma işlemidir. Kurutma, normal olarak, nem içeriğinin yaklaşık %45 ila %20 arasında azaltılabildiği doğrudan ateşlemeli bir döner kurutucuda gerçekleştirilir. Ortaya çıkan emisyonlar, ESP gibi bir azaltma sisteminde gerçekleştirilmektedir. Daha sonraki kurutma ve ergitme işleminde toz oluşumunu sınırlamak için, %20'nin altındaki kurutmadan kaçınılmalıdır.

Bir sonraki proses adımı, farklı cevherlerin ana işlemde geri dönüştürülen kömür, kok ve peletlenmiş tozla karıştırıldığı homojenleştirmedir. Besleme daha sonra bir döner fırına beslenir. Döner ocak, cevheri kalsinasyonla kurutmak ve nikel ve demir oksidi önceden azaltmak için kullanılır. İşlem yaklaşık 800–1000°C'de gerçekleşir. Kalsinasyon ve ön indirgeme prosesi, çoğunlukla metal (demir) (II) oksitler formunda metal olarak nikel ve ön indirgenmiş demir içeren bir fırın besleme ile sonuçlanır.

Sıcak ön indirgenmiş kalsin doğrudan veya potalar ile ergitme fırınına gönderilir. Bunlar iki sebepten dolayı kullanılabilir; ilk olarak ısıyı korumak, ikincisi de eritme ve son indirgemenin meydana geldiği elektrik ark ocağında boşaltılmadan önce tam indirgemeye ihtiyaç duyulan kok veya kömürü ilave etmek için [110, Anthony, T. 1997].

Ferro-nikel eritme, daldırmalı elektrotlu açık banyolu yarı kapalı elektrik ark ocaklarında gerçekleşir. Elektrik ark fırında, indirgeyici ergitme işlemi, karbon elektrotların kombine hareketi ile gerçekleşir ve katı karbonlu indirgeyici madde ilave edilir. En uygun çalışma modunun seçimi (açık banyo veya kapalı banyo) esas olarak cürufun oksit içeriğine (esas olarak FeO, SiO<sub>2</sub>, MgO, CaO) ve ayrıca cüruf ve nikel metal arasındaki kütle oranına bağlıdır.

Yüksek miktardaki nikel oksitleri azaltmak için, yük genellikle fazla miktarda karbon içerir. Bu ayrıca indirgenecek demir miktarını ve ham ferro-nikelin nihai karbon içeriğini de artırır. Demir ve karbon içeriğini azaltmak için, bir başka rafine etme aşaması gereklidir. Daha fazla rafine edilmekten kaçınmak için çeşitli süreç iyileştirmeleri yapılmıştır. Örneğin, Ugine ferro-nikel işleminde, indirgeyici madde eklenmez. Elektrik ark ocağı, başka bir pota fırınında ferro-silikon kullanılarak ferro-nikele indirgenmiş erimiş bir cevher üretir. Falcondo ferro-nikel işleminde, döner fırın yerine bir şaft fırını kullanılmaktadır. Şaft fırınında briketlenmiş bir cevher, indirgeyici bir gazla (düşük sülfür nafta) indirgenir. Sonraki elektrik ark ocağı aşaması sonra sadece metali eritmek ve cüruftan ayırmak için kullanılır.

Geleneksel işlemle üretilen ferro-nikel daha fazla rafine edilmeye ihtiyaç duyar. Demir ve karbonun azaltılmasının yanı sıra, kükürt, silikon ve fosfor gibi safsızlıklar giderilmelidir. Ferro-nikel arıtma için çeşitli ekipman mevcuttur, örn. bir sallanma reaksiyon potası, bir indüksiyon ocağı, bir elektrik ark ocağı ve oksijenle üflemlerle dönüştürücüler. Saflaştırılmış ferro-nikel külçelere dökülür veya su altında granüle edilir.

Kalsinasyon döner ocağından çıkan atık gaz, elektrik ark eritme ocağı ve rafine etme aşaması, kuru bir ESP gibi uygun bir azaltma sistemi ile muamele edilir. Filtrelenen toz pelet haline getirilebilir ve hammadde karıştırma istasyonuna geri dönüştürülebilir.

### 8.1.4.3. İkincil hammaddeden ferro-nikel üretimi

Ferro-nikel de nikel içeren artıklardan üretilir. Çoğunlukla gres üretiminde harcanan katalizörler olan bu tortular, nikel içeriğini baca tozunda nikel oksit olarak konsantre etmek için döner bir ocakta yakılır. Çıkış gazı, toplanan tozun, ergitme işlemi için hammadde olarak kullanıldığı bir membran kumaş filtresinde temizlenir. FeNi üretimi daha sonra bir daldırma elektrik ark fırında gerçekleşir. Eritilmiş alaşım, su içinde granüle edilir ve besleme için varillerde veya büyük torbalarda paketlenir.

### 8.1.5. Ferro-vanadyum

Ferro-vanadyumun bir çelik eriyiğine eklenmesi, küçük miktarlarda bile olsa, çekme mukavemetini ve karbon çeliğinin yüksek sıcaklık mukavemetini artırır. Vanadyum alaşımlı çelik bu nedenle yüksek hızlı kesme aletleri için kullanılır.

Ferro-vanadyum (FeV), demir mevcudiyeti ile desteklenen bir karbotermik veya vanadyum oksitlerin metalotermik bir indirilmesi ile üretilir. Karbon karbotermik indirilmede kullanıldığı için, üretilen alaşımın nihai karbon içeriği yüksektir. Karbonu indirgeyici bir madde olarak kullanan ferro-vanadyum üretimi, ancak düşük karbon içeriği için herhangi bir gereksinim yoksa mümkündür.

#### 8.1.5.1. Hammaddeler

Ferro-vanadyum için temel malzemeler vanadyum oksit fabrikasında üretilen farklı oksidasyon durumları olan vanadyum oksitleri olup, katkı maddeleri olarak dahil edilen kireç, alüminyum ve hurda demir içerir.

FeV üretimi için satın alınan hammadde kamyon veya trenle teslim edilir.  $V_2O_3$  ve  $V_2O_4$  hammaddeleri, rafine çelik kaplarda geçici olarak depolanır. Bir sonraki adımda, bu hammaddeler bir vanadyum haznesinde tutulur.  $V_2O_5$  geçici olarak kilitli bir zehirli depoda saklanır. Kullanmadan önce,  $V_2O_5$  bir ham madde haznesinde tutulur.

FeV üretiminde kullanılan yardımcı maddeler, kamyon veya tren ile teslim edilir ve belirlenen depolarda geçici olarak depolanır. Kullanmadan önce, bu yardımcı maddeler, üretim sürecinde kullanılmak üzere tartılan miktarların alınacağı bir hazne içerisinde depolanır.

Vanadyum hammaddelerinin ve yardımcı maddelerin belirli bir bileşimi haznelerden alınır ve taşıma tüpleri aracılığıyla bir tartım skalasına aktarılır. Oradan, tartılan miktarlar fırınlara taşınır.



### 8.1.5.2. Ferro-vanadyum üretimi

Ferro-vanadyum genellikle bir alüminotermik indirgeme ile üretilir.

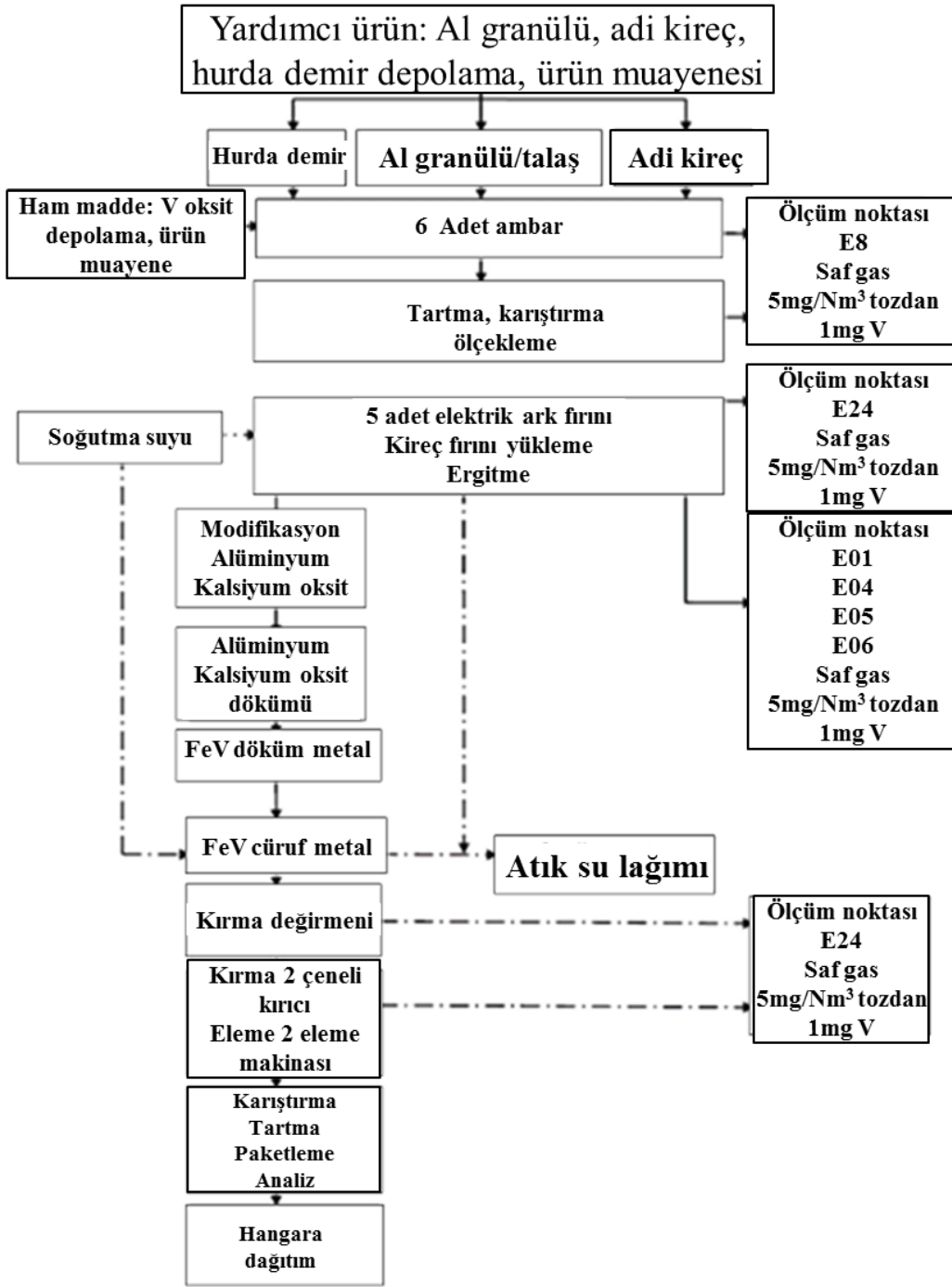
Gerektiğinde, öğütme, boyutlandırma ve kurutma işlemi, karışımın ergitme işlemine yüklenmesinden önce gerçekleştirilebilir. Vanadyum oksitinin alüminotermik indirgemesi, refrakter kaplı bir potada gerçekleştirilebilen kendi kendini idame ettiren bir işlemdir. Bu işlem için kullanılan reaksiyon kapları aşağıdaki tiplerden olabilir:

- Yeniden kullanılmayan astar kullanan refrakter kaplı potalar.
- Kum içeren bir çukura yerleştirilen refrakter kaplı halka,
- Reaksiyon ısısını arttırmak veya cüruf arıtma işlemlerinin yapılmasını sağlamak için ilave enerjinin sağlanabileceği elektrikli fırın.

Elektrikli ark ocağı da kullanılır, çünkü FeV kırma işlemiyle üretilen FeV ince taneleri yeniden eritilebilir. Ergitme işlemi, tüm yükün reaksiyon kabına aktarıldığı ve ateşlendiği bir parti işleminde gerçekleşir. Ateşlemeden sonra, yaklaşık 1 ton ferro-vanadyumun ortak bir parti boyutu için yanma süresi sadece birkaç dakikadır. Kısa reaksiyon süresinden ötürü, cüruftaki vanadyum oksitlerin içeriği ve metaldeki alüminyum içeriği dengeye ulaşmayabilir. Bu nedenle, bir elektrikli fırındaki üretim, reaksiyon tamamen bitene kadar şarjın erimiş halde tutulması avantajına sahiptir. İşlemden çıkan dumanlar, kumaş filtreleri veya ıslak gaz yıkayıcılar kullanılarak atılır ve temizlenir.

Proses tipine bağlı olarak, cüruf ve metalin pota içinde soğumasına izin verilebilir veya cüruf ve metal potalara veya yataklara cürufun ve metalin ayrılmasına imkân vermek ve soğumayı hızlandırmak için birlikte boşaltılabilir. Potaların boşaltılması, boşaltma sırasında ortaya çıkan duman ve tozun dışarıya atılması için tahliye davlumbazı ve yeterli tahliye oranlarını gerektirir. Alüminotermik işlemde elde edilen cüruf daha ileri pota astarları için kullanılabilir veya başka endüstrilerde (çelik endüstrisinde agrega ve refrakter endüstrisinde temel malzeme olarak) kullanılmak üzere kırılır ve ebatlandırılır. Metal blok, daha fazla ezilmeyi kolaylaştırmak için hava ile veya suyla soğutulabilir. Tüm kırma ve eleme operasyonları, geri kazanılan ürünlerin sürekli olarak geri dönüştürülmesini sağlamak için tozun en uygun noktada üretim sürecine geri döndüğü yerlerden tahliye edilmiş toz emme ünitelerine sahiptir.

Aşağıdaki şekil, ferro-vanadyum için üretim yolunu göstermektedir.



Şekil 8.8: Ferro-vanadyum üretim akış çizelgesi

Premelt fabrikasında, ferro-molibden-nikel alaşımları ve ferro-vanadyum alaşımlarının üretimi için nikel, vanadyum oksitler ve molibden oksitleri kullanılır. Hammadde, bir elektrik ark ocağında cüruf oluşturmak için kireç ile birlikte eritilir. Alüminyum, ferro silikon veya kok ile metal oksitler metale indirgenir. Üretimden kaynaklanan cüruf kaldırılır ve şartlandırıcı cürufu olarak çelik endüstrisine satılır. Metal, granüle metal oluşturmak veya blok oluşturmak için dökülür.

### 8.1.5.3. Üretim sonrası işlemler

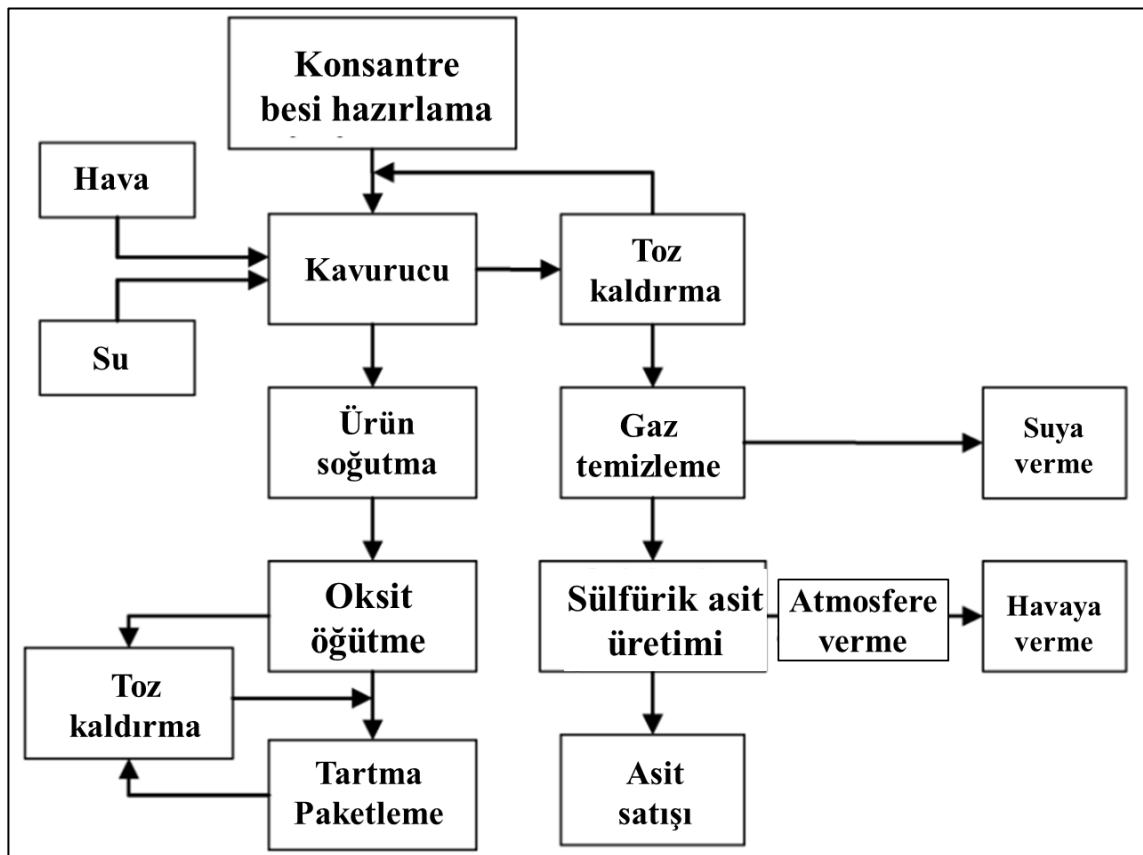
Bitmiş ezilmiş ferro-vanadyum alaşımının ambalajı paketleme istasyonunda gerçekleşir. FeV bitmiş ürün haznesinin içeriği, bir vibratör oluğu üzerinde birkaç ambalaj tamburuna boşaltılır ve kalibre edilmiş bir terazi ile tartılır. Bitmiş FeV alaşımları, çelik sac tamburlarına, büyük torbalara, PE torbalara, varillere veya teneke kutu kutularına yüklenir ve müşteri özelliklerine göre paletlenir. Daha sonra, tamburlar ve büyük çantalar, güçlendirme bantları ile sabitlenir.

Pulverizatör tesisinde, ince taneli FeV malzemeleri, esas olarak kaynak elektrotlarının üretiminde kullanılan toz alaşımları için toz haline getirilir. Her bir alaşımın parçalanmış küçük parçacıkları, öğütücü tesisinde <3 mm'lik bir tane büyüklüğüne önceden öğütülür. Malzeme konik taşıma konteynurlarına aktarılır. Tüm ara fraksiyonlar bir montaj vinci vasıtasıyla ilgili besleme hunisine kaldırılır. Bir sonraki öğütme adımı Palla (çubuk) değirmeninde gerçekleşir. Elde edilen toz alaşımlar, çift katlı bir elek vasıtasıyla kontrol elenir. Numune alma ve analizden sonra, bu alaşımlar metal kaplarda saklanır. Bu tozlaştırma işlemi ayrıca ferro-molibden (Avusturya) için de uygulanır.

### 8.1.6. Molibdenit kızartma ve ferro-molibden üretimi

#### 8.1.6.1. Molibdenit kızartması

REACH tarafından kavrulmuş molibden konsantresi (RMC) olarak da adlandırılan teknik dereceli molibden trioksit ( $\text{MoO}_3$ ), molibden içeren ferro-molibden ve alaşımların üretimindeki ana hammadDEDİR ve bir dizi molibden içeren amonyum dimolibdat, sodyum molibdat ve molibden metali gibi temel ürünler için başlangıç maddesidir. [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]. Şekil 8.9'da şematik olarak gösterildiği gibi kavurma, konsantre molibdeniti (molibden sülfür cevheri) metalürji veya kimya endüstrisi için teknik dereceli molibden trioksitde dönüştürür.



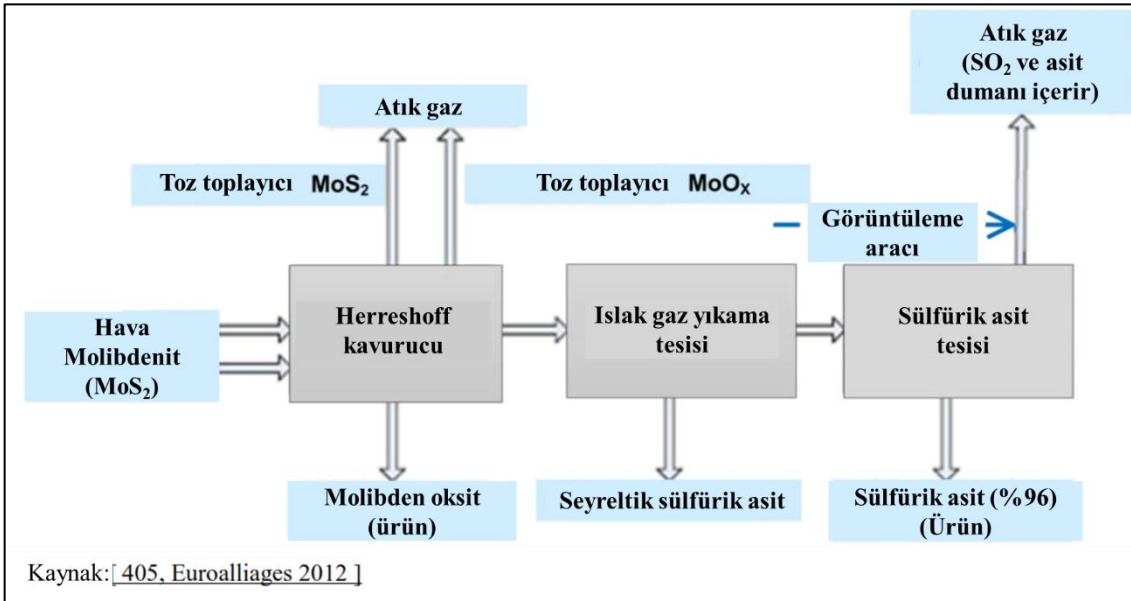
Şekil 8.9: Molibdenit kavurma akış şeması

## Bölüm 8

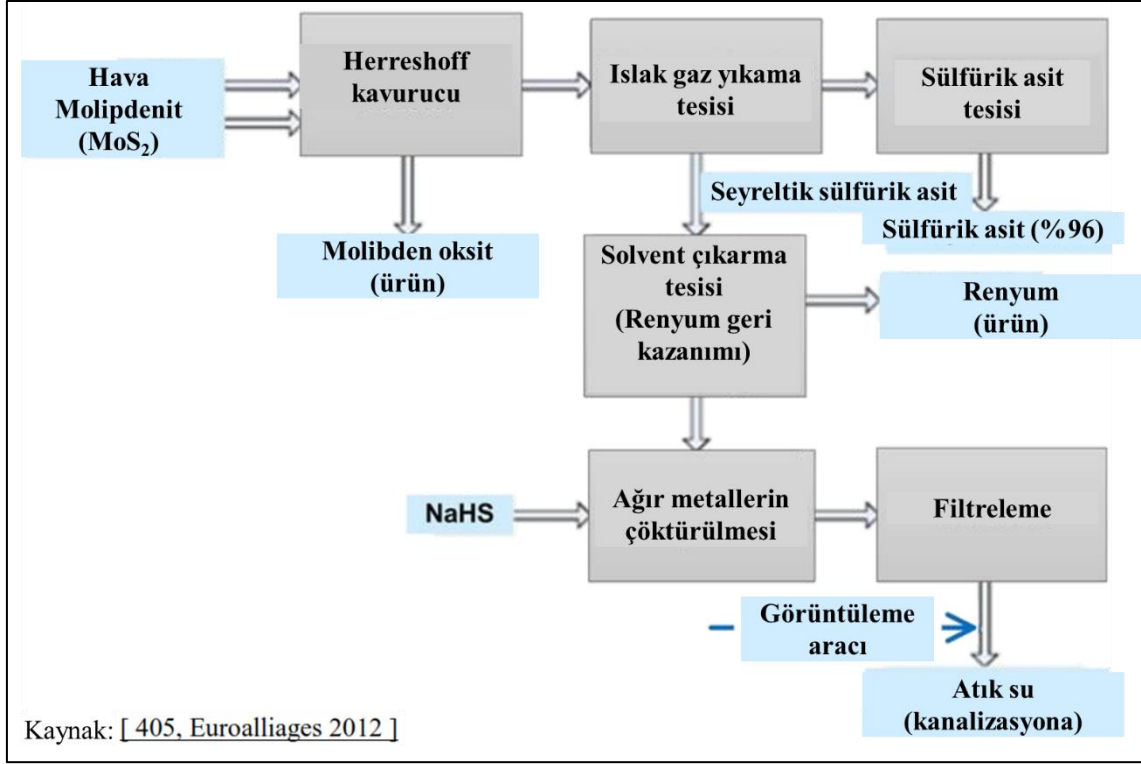
Molibdenit konsantresi kavurma işlemi çok ocaklı bir ocakta gerçekleşir (Bölüm 13.1.1.3'teki açıklamaya bakınız). Çoklu ocak fırınları, bir dizi dikey olarak düzenlenmiş ocaktan oluşur. Fırının üst kısmında, suyun buharlaştırılması ve beslemenin kavurma sıcaklığına getirilmesi için doğal gaz (veya dizel gibi bir sıvı yakıt) halinde ek enerji eklenir.

Kavurma işleminin kendisi ekzotermiktir ve merkez aksı kolon soğutma havası, kavurucu kabuğundan gelen radyasyon veya kavurucudan sıcak oksitin boşaltımı ile ilişkili ısı kayıpları önemli olmadıkça, ek enerjiye ihtiyaç duymaz. Cebri çekme fanı sayesinde, kavurma atmosfer basıncına göre negatif bir basınçta çalışır. Bu, oksidasyon ve soğutma için ortam havasının girişini kontrol etmeye yarar ve herhangi bir kükürt dioksit emisyonunu çevreye yayılmasını engeller. Hava akımı, taşıma hızı ve bazen su püskürtme enjeksiyonu, reaksiyon hızlarını ve sıcaklıklarını kontrol eder. Üretilen molibden oksit, kavurucudan boşaltılır ve daha sonra soğutulur, ince bir toz haline getirilir, tartılır ve ambalajlanmadan önce örneklenir ve analiz edilir.

İşlemden çıkan atık gaz, büyük miktarlarda sülfür dioksit ve toz içerir (konsantre beslemenin %15'ine kadar). Toz içeriği (multi-) siklonlar ve yüksek sıcaklıklı elektrostatik çöktürücüler kullanılarak gaz akımından çıkarılabilir ve kavramaya giren konsantre beslemeye geri dönüştürülebilir. Sülfür dioksit normal olarak bitişik bir sülfürik asit tesisinde sülfürik aside dönüştürülür. Sülfür dioksitin sülfürik aside dönüşümü, Bölüm 2.7.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Toz ve kükürt dioksit oluşumuna ek olarak, renyum ve selenyum gibi elementler buharlaşır ve yayılır. Bu elemanlar, ıslak gaz yıkama sıvısı için bir sonraki arıtma tesisi ile, ıslak gaz yıkama yoluyla gaz akışından çıkarılabilir. Selenyum çoğunlukla flokülasyon, dekantasyon ve filtrasyon ile geri kazanılır ve renyum genellikle solvent ekstraksiyonu veya iyon değişirme teknikleri ile geri kazanılır. Diğer metaller, çöktürme teknikleri kullanılarak uzaklaştırılmaktadır.



Şekil 8.10: Molibdenit kavurma ve gaz temizleme (Hollanda)



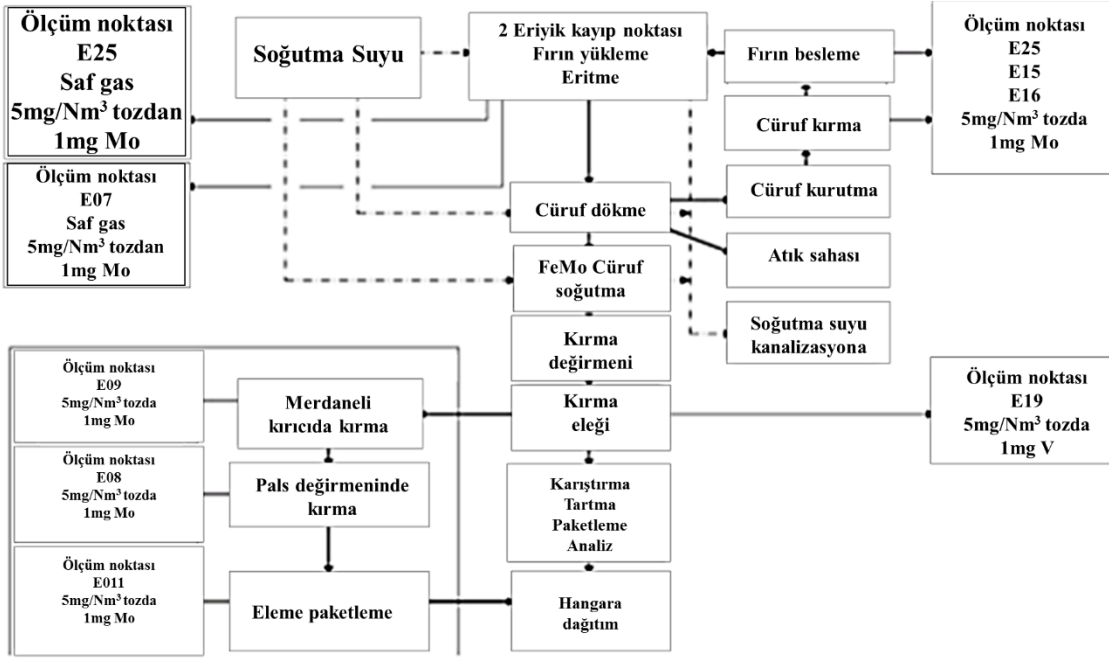
Şekil 8.11: Molibdenit kavurma ve atık su arıtma (Hollanda)

Molibden konsantrelerinin geçiş dönüşümlerinde, ham madde yığınları molibden içeriğinde (%46-59) ve diğer bileşenlerde yüksek farklılıklara sahip olabilir. Farklı derecelerdeki partilerin kavurulması, çıkış gazlarının işlenmesini etkiler.

#### 8.1.6.2. Ferro-molibden üretimi

Ferro-molibden, molibden oksitlerin karbotermik veya metalotermik indirgenmesi ile üretilir. Proses için kullanılan eritme ekipmanı ve azalan üretim maliyetleri gibi pratik nedenlerden dolayı, ferro-molibden metal üretimi, karbotermik indirgemenen çok daha yaygındır. Böylece ikincisi tarif edilmemiştir.

Aşağıdaki şekil ferro-molibden için üretim yolunu göstermektedir.



Şekil 8.12: Ferro-molibden üretim akış çizelgesi

#### 8.1.6.2.1. Hammaddeler

Ferro-molibden üretimi, hammadde olarak molibden oksitlerin kullanımına dayanmaktadır. Ana hammaddenin yanı sıra, ferro-molibden üretmek için molibden trioksit, demir oksit veya hadde tufalı demir hurdası, çelik delme veya döndürme işlemlerine ihtiyaç vardır. Kireç ve fluorspat, flukslama maddeleri ve kömür, silikon (ferro-silisyum) olarak yaygın olarak kullanılır ve bir indirgeme maddesi olarak bir miktar alüminyuma ihtiyaç vardır.

#### 8.1.6.2.2. Ferro-molibdenin metalotermik üretimi

Metalotermik indirgeme, ferro-molibden üretimi için kullanılan en yaygın işlemdir. Silikon ile karşılaştırıldığında daha yüksek Gibbs serbest alüminyum enerjisi sayesinde, güvenli proses koşullarını sağlamak için tercih edilen redüktör ferro-silikonudur. Bununla birlikte, reaksiyon için gerekli ısı dengesini elde etmek için, az miktarda alüminyum kullanılması gerekmektedir.

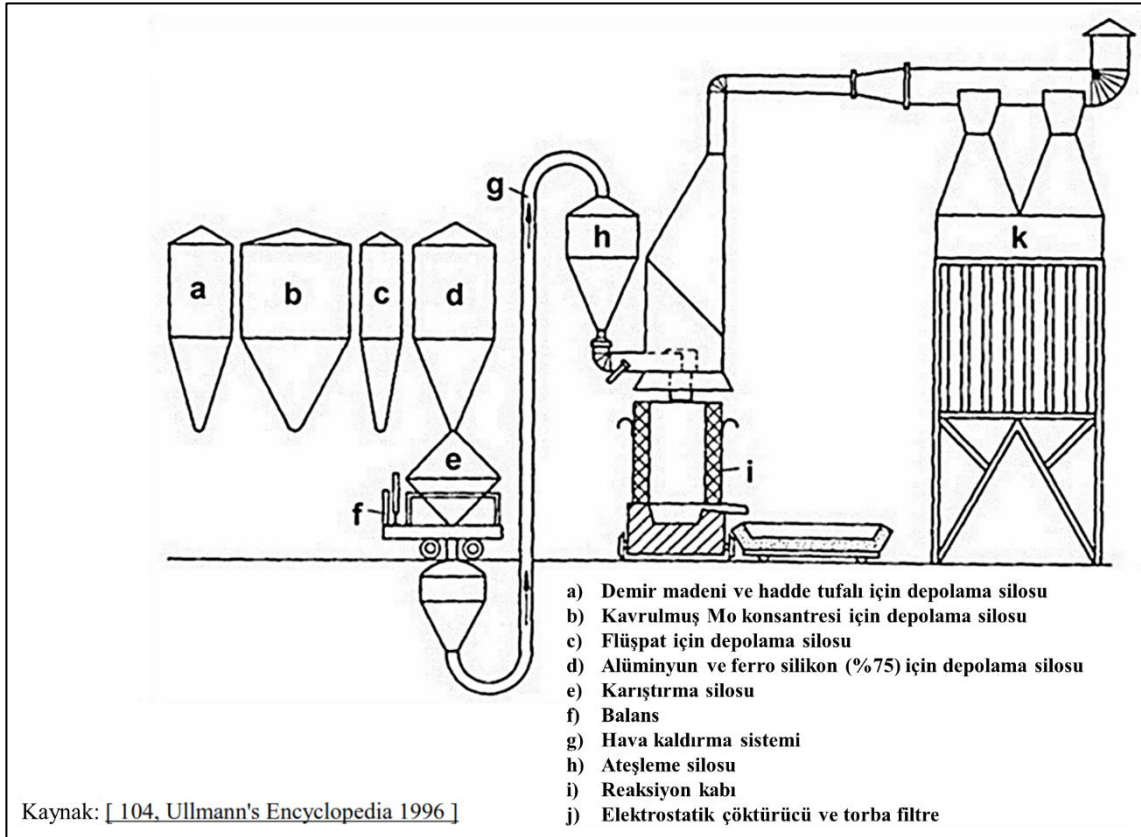
Metalotermik süreç, işlem için kuru hammadde gerektirir. Islak zemine ulaşan hadde tufalı, yaygın kayıpları önlemek için tarama ve kurutmadan önce kapalı bir sığınakta depolanır. Toplu olarak gelen çelik hurdası da boşaltılarak kapalı bir sığınakta depolanır. Düzgün, verimli ergitme tepkimeleri, uygun büyüklükteki ham malzemenin bir karışımını gerektirir, bu, oksitlere ve indirgeyici maddelere göre özellikle önemlidir. Cüruf ve metal ayrılmasını geliştirmek için bazen fluorspar eklenir. Doğru boyuttaki ham maddeyi elde etmek için ferro-silikonun öğütülmesi ve elenmesi genellikle gereklidir. Öğütme, eleme, aktarma ve karıştırma gibi tüm ön işlem işlemleri toz kontrol önlemleri kullanılarak yapılmalıdır.

Ergitme işlemi birkaç yolla yapılabilir, en yaygın olanları aşağıdaki gibidir [125, Euroalliages (B) 1998]:

- Refrakter kaplı çelik silindirlerin bulunduğu yerde metalotermik reaksiyonu içeren potalar oluşturması için kum içeren uzun çukurların kullanılması. Tepkimenin kendisi farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. 'Üst ateşleme reaksiyonu', tüm yük potaya yerleştirildiğinde ve sonra tepeden ateşlendiğinde gerçekleşir. Alternatif olarak, şarjın sadece bir kısmı potaya yerleştirilebilir ve ateşlenebilir, daha sonra yükün geri kalanı, reaksiyon ilerledikçe (beslenen reaksiyon) ilave edilebilir.
- Kapalı olabilen bir bölmenin içine yerleştirilen refrakter astarlı potaların kullanımı. Önceki tarifnamede olduğu gibi, reaksiyon daha sonra potadaki tüm yükü kontağa sokarak ve onu ateşleyerek ya da sadece yükün bir kısmını ilave ederek, reaksiyonu başlatarak ve daha sonra aşamalı olarak şarjın geri kalanını reaksiyon devam ederken ekleyerek gerçekleştirilebilir.

Reaksiyon, karbon yerine metallerden kaynaklandığından, ekzotermik reaksiyon CO veya CO<sub>2</sub> üretmez. Teorik olarak hiç gaz üretilmez. Bununla birlikte, yoğun ısı oluşumu, içerideki ve etrafındaki hava ile mevcut herhangi bir su buharının önemli ölçüde artmasını sağlar. Bu dumanlar önemli miktarda toz partikülü taşır.

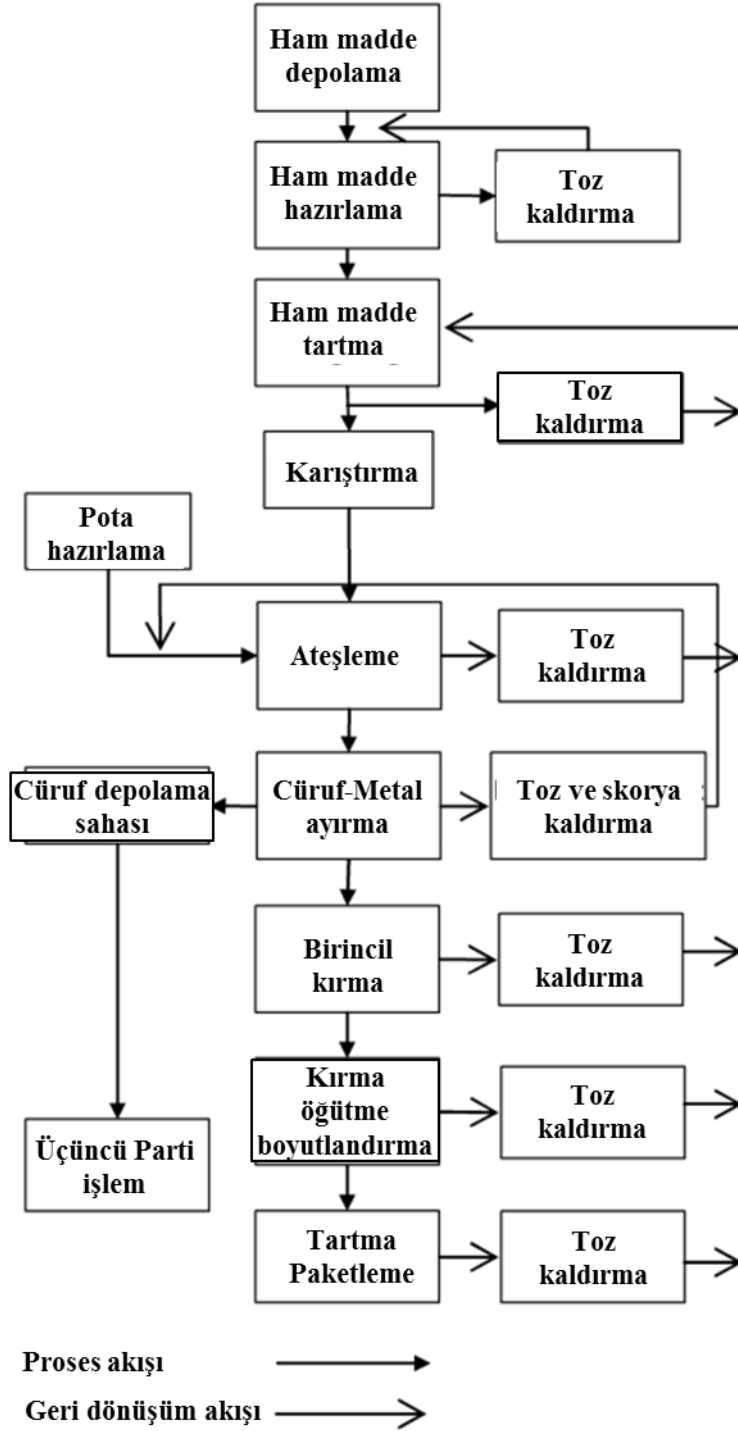
Çevreyi korumak için işlem tarafından üretilen toz ve dumanlar çıkarılmalı, geri kazanılmalı ve geri dönüştürülmelidir. Dumanların işlenmesi, bir çökeltme odası, siklonlar ve torba filtreler gibi klasik tozdan arındırma ünitelerinden oluşur. Filtre torbaları, bazen yüksek sıcaklıklara dayanacak ek kaplama ile uygulanan özel kumaşlardan imal edilebilir. Torba filtre tozu daha sonra doğrudan ana eritme işlemine beslenebilir. Etkili bir genel molibden verimi elde etmek için tüm sıçramaların, zemin süpürgelerinin vb. Geri dönüşümü için iyi bir temizlik de gereklidir.



Şekil 8.13: Metalotermik ateşleme düzenlemesi

Eritme işlemi, 2,5 ton ile 4 ton arasında değişen bir alaşım bloğu üretir. Cüruf ayrıldıktan sonra sıcak metal blok soğutulmalıdır. Bu, doğal hava soğutma veya su içinde söndürme ile yapılabilir. Soğutulmuş metal blok daha sonra dünya çapında kullanılan geniş ürün yelpazesini üretmek için entegre bir kırma ve eleme tesisine beslenebilen parçalara ayrılır.

Metalotermik ferro molibden üretim sürecinin prensiplerini gösteren bir işlem akış şeması Şekil 8.14'te sunulmuştur.



Şekil 8.14: Metalotermik indirgeme ile ferro-molibden üretimi



### 8.1.7. Ferro-tungsten

Sekonder ham maddeden imal edilen tungsten eritme tabanı (TMB) gibi ferro-tungsten esas olarak çeliğin özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Alaşım elementi olarak tungsten, kararlı karbürler oluşturur ve bu nedenle yüksek sıcaklık mukavemetini ve çeliğin aşınma direncini artırır. Bu tür çelik (yüksek hız çeliği), yaklaşık 600°C sıcaklıklara kadar kullanılabilen yüksek hızlı kesme takımları üretmek için gereklidir. Tungsten aynı zamanda çeliğin, sertlik, akma dayanımı ve nihai gerilme mukavemeti gibi bir takım diğer özelliklerini de arttıracaktır [104, Ullmann'ın Encyclopedia 1996].

#### 8.1.7.1. Ferro-tungsten ve tungsten eritme tabanının üretimi

Ferro-tungsten, tungsten oksitleri içeren farklı hammaddelerden üretilebilir, örn. Volframit, Şelit ve hübnerit. Bu minerallerin indirgenmesi ya karbotermik ya da metalotermik indirgeme ya da her ikisinin bir kombinasyonu ile yapılabilir.

Katı blok eritme işlemi olarak bilinen karbotermik işlem, bir elektrik ark fırında gerçekleşir. Yüksek erime sıcaklığı olan ferro-tungsten nedeniyle, üretilen alaşım fırından alınmaz. Eritme başladıktan sonra, metal fırının dibinde birikir. Metal miktarı istenen ağırlığa ulaştığında fırın kapatılır. Metal külçe daha sonra refrakter astarı çıkarıldıktan sonra fırından geri kazanılabilir. Metal daha sonra ezilir ve elenir. Eğer paralel olarak birkaç fırın kullanılırsa, üretim, yarı-kesintisiz bir süreç olarak gerçekleştirilebilir. Fırından çıkan gazlar, çevresel etkiyi en aza indirmek ve baca tozundaki tungsten trioksiti geri kazanmak için bir gaz arıtma sistemi ile muamele edilir.

Hem karbon hem de ferro-silikonun indirgeyici maddeler olarak kullanıldığı karbotermik ve metalotermik proseslerin bir kombinasyonu, yüksek bir tungsten içeriğine sahip bir ferro-alaşımı üretmek için kullanılır. İşlem bir elektrik ark fırında üç ardışık aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada, bir sonraki aşamada ferro silikon ile daha da azaltılan bir tungsten trioksit cürufu üretilir. Üçüncü ve son aşama, tungsten konsantrasyonunun eklenmesiyle ikinci aşamadan düşük tungstenli metalin rafine edilmesiyle tungsten içeriğinin artırılması için gereklidir.

Metalotermik işlem daha az ekonomiktir çünkü süreç çok saf ve dolayısıyla pahalı hammadde gerektirir. Süreci kendi kendine idame ettirmek için, normalde bir indirgeyici madde olarak bir silikon ve alüminyum karışımı kullanılır. Metal, fırın kaplamalarının soğutulmasından ve çıkarılmasından sonra fırın kabından geri kazanılabilir. Ferro-tungstenin metalotermik üretimi, özel müşteri gereksinimleri varsa, bugün sadece ekonomik olarak uygulanabilir.

TMB, ikincil hammaddeden üretilen bir tungsten alaşımıdır. Ana kaynaklar farklı türde tungsten metal hurdalarıdır. TMB üretimi sadece bir elektrik ark ocağı içinde gerçekleştirilebilen bir yeniden eritme ve alaşımlama işlemidir. Piyasada daha fazla tungsten hurdası bulunması, birincil eritme işleminden daha az enerji gerektiren bir yeniden eritme sürecinin kullanımını artırmaktadır.

#### 8.1.8. Ferro-titanyum

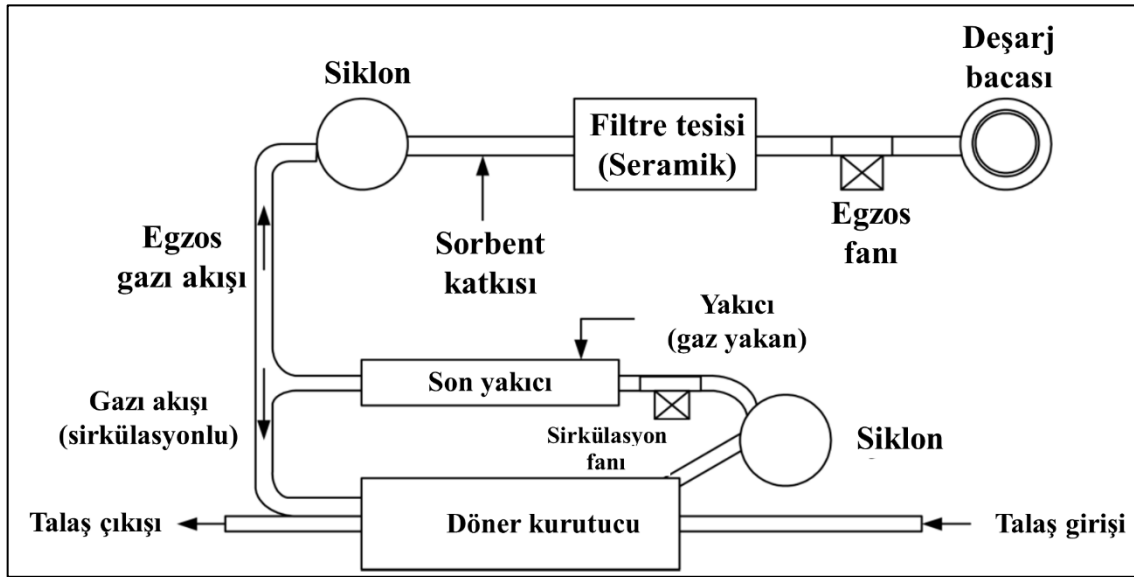
Ferro-titanyum, birincil veya ikincil hammaddeden üretilebilir ve çeşitli farklı amaçlar için kullanılabilir. Alaşım elementi olarak akma dayanımını artırır ve çatlama eğilimini azaltır. Yüksek krom ve nikel içeriği olan paslanmaz çelik üretiminde, kükürt yapıştırmak için ferro-titanyum kullanılır [104, Ullmann's Encyclopedia 1996].

Ferro-titanyum üretimi için birincil hammaddeler, ilmenit gibi titanyum oksit içeren minerallerdir. İndirgeme genellikle metalotermik işlemle gerçekleştirilir, çünkü karbotermik indirgeme çok fazla karbon içeren bir alaşım üretir ve bu nedenle çelik endüstrisinde bir alaşım elemanı olarak ilgi çekmez. Üretim, işlem çeşitliliğine bağlı olarak refrakter kaplı bir potada veya elektrikli bir fırında bir parti prosesi olarak gerçekleşir.

Son yıllarda, piyasadaki titanyum hurdası artmıştır ve bu nedenle ikincil hammaddeden ferro-titanyum üretimi daha yaygındır. Ferro-titanyum üretimi, bir elektrik indüksiyonlu eritme fırını içinde demir hurda ve titanyumun eritilmesiyle elde edilir. Alaşımlama işlemi cürufsuz bir işlemdir.

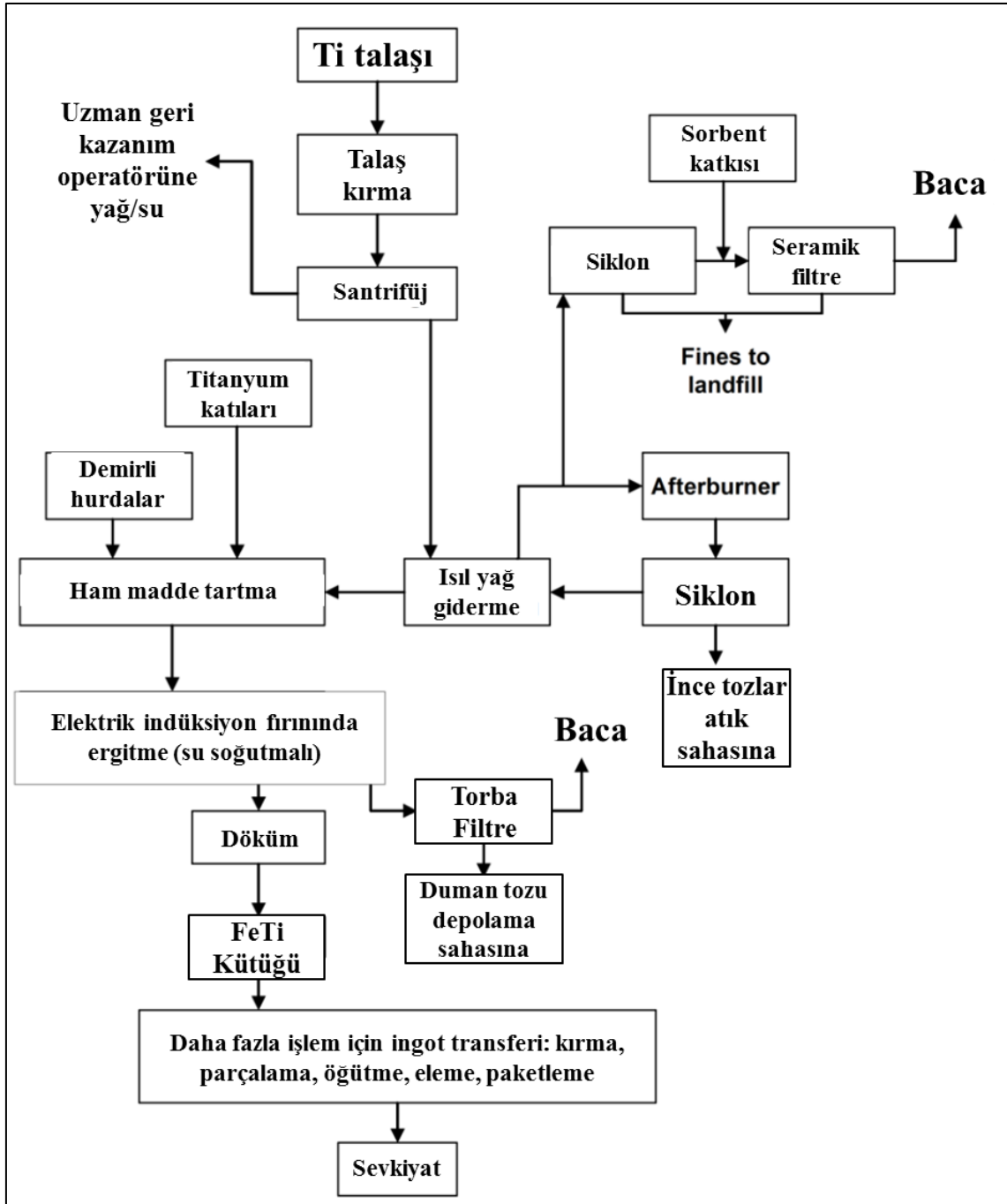
Demirli birimler, yumuşak çelik katı formundaki bir vasıfla satın alınır. Titanyum hurda, konteynır kamyonlarda sahaya teslim edilir. Besleme sahası, yığın hırdası metal dökümü, dövme ürünler ve talaşlı imalat işlemlerinden kaynaklanan talaşları (metal talaş) içerir. Alındıktan sonra, materyaller radyoaktif materyallerle kontamine olmadıklarından emin olmak için kontrol edilir. Büyük miktardaki hırdalar, oksı-alevle kesilerek boyut olarak küçültülür. Talaş, bir talaş pulverizörü kullanılarak küçük parçalara ayrılır ve daha sonra yağ ve nemi çıkarmak için bir santrifüjden beslenir.

Titanyum talaşı, döner bir kurutucuda yağlanır ve burada yağ taşıyan gazlar, toz ve taşınmayı gidermek için bir siklondan geçirilir. Bu gazlar daha sonra bir gaz yakıtlı brülör ile ısıtılan bir son yakıcıdan geçer. Yanıcı gazlar/dumanlar ya kurutucudan yeniden dolaştırılır ya da ikinci bir siklona sokulur. Siklondan geçtikten sonra, gaz akışını nötralize etmek ve filtrasyon tesisindeki korozyon hasarını önlemek için sorbent (sodyum bikarbonat) eklenir. Son olarak, gaz bir baca vasıtasıyla atmosfere boşaltılmadan önce bir seramik filtreden geçer.



**Şekil 8.15: Yağ giderme tesisi için gaz temizleme sistemi**

Fırın yükleri hammaddelerin analizine göre hesaplanır. Materyaller tavalarda tartılır ve bir elektrik indüksiyonlu eritme fırını içine beslenir. Ergitme işlemi sırasında materyalleri beslemek için bir oluk sistemi kullanılır. Ergime işlemi tamamlandığında, ergimiş metal bir külçe kalıbına boşaltılır ve analiz için bir akış numunesi alınır. Soğutulduktan sonra, gerekli ürün boyutuna ulaşmak için külçe kırma, ezme ve öğütme gibi diğer işlemlere aktarılır. Şekil 8.16, ferro-titanyum üretimi için bir akış diyagramı sunmaktadır.



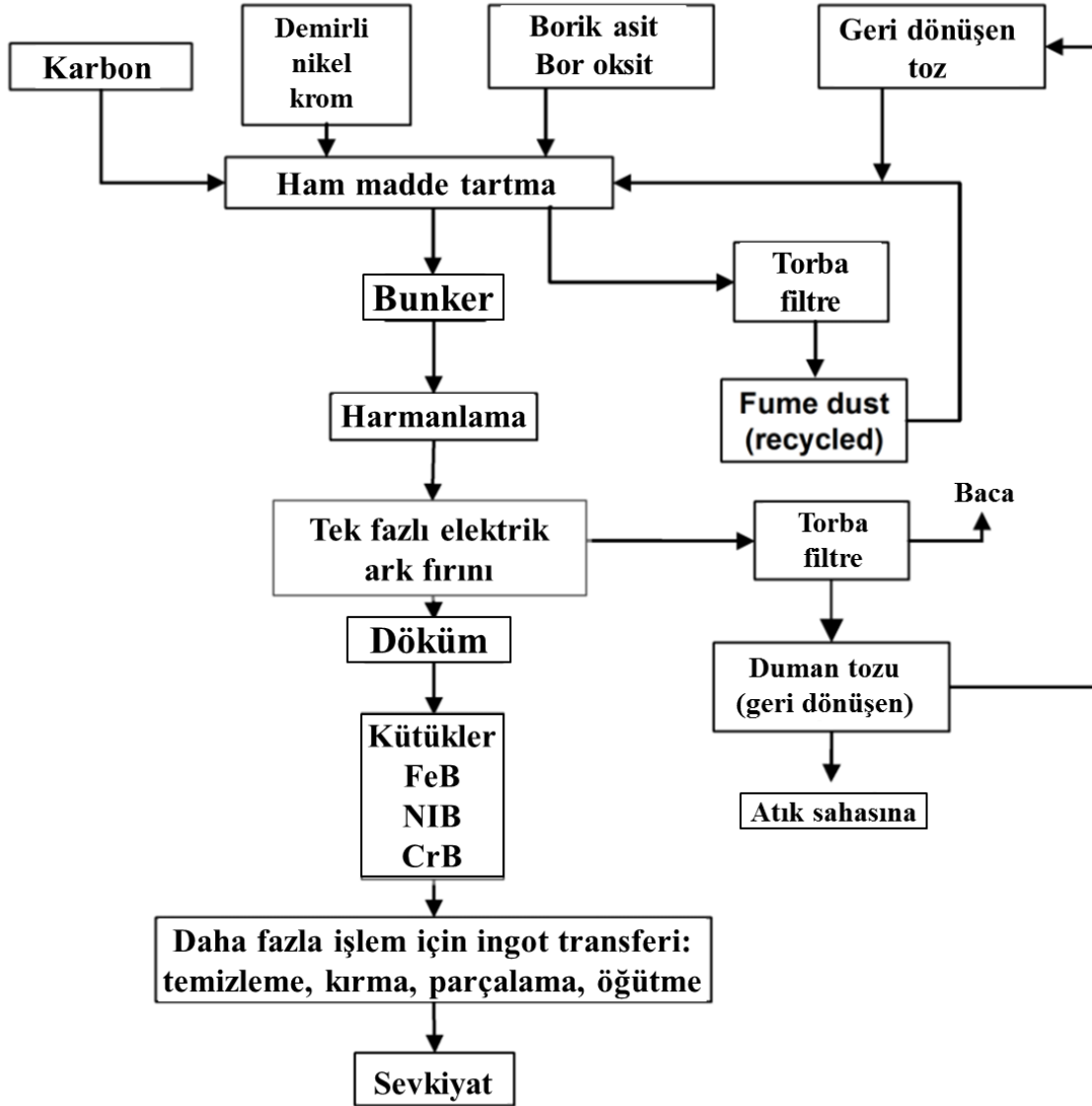
Şekil 8.16: Ferro-titanyum üretimi için akış diyagramı

## 8.1.9. Ferro-bor

Ferro-bor, çoğunlukla, sertleştirilebilirliği, süzme direncini ve sıcak işlenebilirliği arttırmak için çelik üretiminde bir katkı maddesi olarak kullanılır, çünkü bor alaşımlı çelik 900 °C'ye kadar oksidasyona dayanıklıdır. Ferro-bor üretmek için gerekli hammaddeler borik oksitler ve borik asittir. Karbon (karbon kömürü), alüminyum veya magnezyum, indirgeyici bir madde olarak kullanılır. Alaşımlar karbotermik veya metalotermik indirgeme işlemleri ile üretilebilir.

Hammaddeler, örneğin tamburlar, esnek ara hacimli konteynerler, paletler, sehpalar ve polietilen sarılmış balyalar gibi çeşitli kaplara ulaşır. Malzemeler, özel olarak tasarlanmış bir tartım istasyonunda kapalı kutulara tartılır. Dökme torbalar, yayılı emisyonları önleyen bir sızdırmazlık membranı içeren bir çalışma alanı içinde boşaltılır. Bir filtre ünitesine havalandırılan yerel bir egzoz havalandırma sistemi, tozların çıkarılmasını sağlar.

Karbotermik indirgeme, proses özelliklerine bağlı olarak tek veya üç fazlı daldırmalı elektrik ark ocaklarında gerçekleşir. Karbotermik sürecinin bazı varyasyonları vardır. Birinde borik oksitler ve demir oksitler daldırmalı elektrik ark ocağında aynı anda kömür ile indirgenir. Diğer bir işlemden borik asit, demir tozu ve odun kömürü bir Héroult tipi elektrik ark fırında reaksiyona girer. Şekil 8.17, ferro-bor ve bor alaşımı üretimini göstermektedir.



Şekil 8.17: Demir-bor ve bor alaşımı üretimi süreci

Metalotermik işlem, indirgeyici bir madde olarak küçük bir magnezyum kısmı ile birlikte alüminyum kullanır. Bu reaksiyon oldukça ekzotermiktir ve refrakter kaplı bir potada sadece birkaç dakikaya ihtiyaç duyar. Reaksiyon, bütün bir şarj veya bir başlangıç karışımı olarak tutuşabilir. Reaksiyon bittikten sonra, fırının tabanında oluşan metal alaşım mekanik olarak uzaklaştırılabilir. Ardından istenen partikül büyüklüğünü elde etmek için ezilebilir ve elenebilir.

### 8.1.10. Ferro-niyobyum

Alaşımlama maddesi olarak ferro-niyobyum, çeliğin korozyon direncini ve kaynaklanabilirliğini geliştirir ve özellikle paslanmaz krom-nikel çeliğin kristaller arası korozyonunu önler. Ferro-niyobyum üretmek için gerekli hammaddeler niyobyum ve demir oksit içeren cevherler ve konsantrelerdir. İndirgeme, bir alüminotermik işlem olarak gerçekleşir. Tepkime normalde refrakter astarlı bir pota içinde gerçekleşir, burada tüm yük tutuşabilir veya bunun bir parçası daha sonra bir başlangıç karışımı olarak işlev görür.

Niyobyum, aynı zamanda, uçucu, radyoaktif bir metal olan polonyum izleri içeren piroklor cevherinden üretilebilir. Dolayısıyla, piroklorun eritilmesi, geliştirilmiş güvenlik ve çevre prosedürleri gerektirir.

### 8.1.11. İkincil hammaddeden ferro-alaşımların üretimi

Çok sayıda mevcut ikincil hammadde, özellikle de paslanmaz çelikten üretilen metal oksitler nedeniyle, ferro-alaşımların, özellikle ferro-kromun geri kazanılması, ferro-alaşım endüstrisinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Çeşitli süreçlerin geliştirilmesi, değerli metal içeriğinin geri kazanılması ve atıkların boşaltılmasını sınırlamak veya önlemek amacıyla atık ürünlerini işlemek için paslanmaz çelik üreticilerinin artan ihtiyacını takip etti.

Geri kazanılan malzemelerin ana bileşeni, paslanmaz çelik, Fe, Cr, Ni ve Mo'nun ana bileşenlerinin yanı sıra yüksek oranda çinko ve diğer uçucu metaller (%30'a kadar) içeren fırın tozudur.

Avrupa'da paslanmaz çelik endüstrisinden gelen bu tür kalıntıların toplam atık arıtma pazarının yaklaşık 100 000 ton alaşımına karşılık gelen yaklaşık 200 000 t/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu pazarın üçte ikisi işlenir ve metal ve zenginleştirilmiş çinko oksit haline dönüştürülür. Piyasa, paslanmaz çelik endüstrisinin gelişimi ile yakından ilişkilidir.

#### 8.1.11.1. Hammadde ve hazırlanması

İkincil ferro alaşımların üretimi için tipik hammaddeler, esas olarak paslanmaz çelik üretiminde üretilen aşağıdaki tortulardır:

- elektrik ark ocağı (EAF) filtre tozu;
- dönüştürücü filtre tozu;
- Her türlü ince malzemeler;
- kumlama tozu;
- tozu taşlama.

Bu hammaddelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri önemli ölçüde değişmektedir, ancak tipik içerikler Tablo 8.3'te gösterilmiştir.

Tablo 8.3: İkincil hammaddelerde tipik metal oksit miktarları

Element	İçerik (%)
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10–25
NiO	2–15
MoO <sub>3</sub>	0–5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30–65
CaO	1–30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5–4
SiO <sub>2</sub>	1–15
MgO	1–5
ZnO	1–20
PbO	0,2–1
CdO	0,001–0,05
CuO	0,1–3
S	0,2–0,5
Cl	0,1–1
F	0–3
Hg	0–15 ppm

Kalıntılar, daha küçük, değişken metal parçacıkları ile çoğunlukla oksitlenmiş malzemelerdir. Metalik fraksiyon, çoğunlukla öğütme, bilye püskürtme vb. gibi yüzey işleme işlemlerinden gelir. Hammaddenin tane boyutu tipik olarak 1,0 µm ila 30 µm arasındadır ve bazı malzemeler aglomerasyona tabi tutulur ve sıkıştırılır.

Hammaddedeki nem içeriği, çelik fabrikalarında kurulu farklı gaz temizleme veya diğer ayırma aşamaları nedeniyle %0 ila %35 arasında değişebilir. Bu, belirli bir ölçüde, esnek yükleme-boşaltma ve taşıma ekipmanlarının yanı sıra kurutma ekipmanlarının kullanılmasını gerektirir.

Kalıntıların çeşitli kaynakları ve nitelikleri nedeniyle, aktivitenin ekonomik uygulanabilirliği, minimum alaşım elementleri içeriğini gerektirir: nikel, krom ve eğer kullanılabilirse, molibden. Östenitik (18-8 veya daha iyi) paslanmaz çeliğin imalatından elde edilen kalıntılar, tipik olarak >%3 nikel ve >%12 krom içeriği sağlarken, ferritik paslanmaz çelik üretimindeki (%17 krom) kalıntıların büyük bir kısmı işleme maliyetleri yüzünden hala boşaltılabilir.

Tek bir çelik fabrikasının ürün yelpazesi, esas olarak, kullanılan teknolojinin ve beslenen hammaddelerin atık ürünlerinin bileşimini etkiler. Bu konuda iki önemli konu, filtre tozundaki kireç miktarı ve çinko içeriğidir. Kireç içeriği esas olarak çelik tesisindeki farklı işlemler ve kirecin kalitesinden etkilenir. Kirecin kalitesi, yani ince parçacık oranı, filtre tozunda bulunan toplam kireç miktarını etkiler. Filtre tozundaki ve diğer metallerdeki çinko içeriği, örn. kurşun, kadmiyum ve cıva, esas olarak elektrik ark ocağı için hurda besleme kalitesine bağlıdır. Galvanizli hurda içeren yüksek oranda hurda besleme varsa, çinko içeriği çelik değirmeni filtre tozunda toplanır.

Fırın filtresi tozunda PCDD/F mevcut olabilir. PCDD/F'nin varlığı ve miktarı, paslanmaz çelik eriyik dükkanlarındaki hurda beslemenin kalitesine ve çıkış gazının işleme tabi tutulmasına bağlıdır. Plastik kirlilikler (klor bileşikleri) filtre tozunda PCDD/F oluşumunu destekler.

Diğer oksitlenmiş ikincil hammaddeler diğer endüstriler tarafından üretilmektedir. Bileşimlerinin metal gereklilikleri ile ne ölçüde uyumlu olduğuna bağlı olarak, karışıma eklenebilir. Bu kategoride dökümhaneler, Mo ve Ni bazlı harcanan katalizörler vb.'dir.

Ferro alaşımları üretmek için gerekli olan ham madde miktarı, besideki farklı metal içeriklerinden dolayı büyük ölçüde değişir. Tipik olarak, reklamasyon, bir ton kuru hammadde başına 400-600 kg metal üretir.

### 8.1.11.2. Ön işleme

Hammadde içinde çeşitli istenmeyen kaba elementlerin varlığına bağlı olarak, örn. filtre maskeleri, hurda parçaları ve refrakterler, hammaddelerin elenmesi gereklidir. Hammadde büyük torbalarda veya dökme olarak teslim edilebilir. Büyük torbalar, ayrı toz giderme ekipmanı ile donatılmış bir kasada boşaltılır. Kuru hammadde daha sonra yabancı elemanların çıkarıldığı titreşimli bir eleğe taşınır. Bu aşamadan sonra, malzeme karıştırma aşamasından önce bir tampon silosu olarak kullanılan bir silo grubuna aktarılır.

Daldırmalı ark ocağı kullanıldığında, hammaddelerde bulunan serbest kireç, briketleme ile aglomerasyon öncesinde belirli bir karıştırıcıda su ile nötralize edilir. Kapak altında kürlendikten sonra, briketler diğer katkı maddeleriyle karıştırılır ve fırına verilir.

#### 8.1.11.2.1. Karıştırma ve kurutma (sadece plazma toz prosesi)

Elemenden sonra, cürufun bileşimini dengelemek için gerekli olan eklerin (kum, kireç) miktarını belirlemek için ham maddelerdeki cüruf oluşturuç maddeler analiz edilir. Yeterli miktarda serbest akışlı mikropellet elde etmek için gerekli miktarda cüruf oluşturuçlar, ağırlıklı olarak %1-10 su ile birlikte silis kumu, yüksek türbülanslı bir karıştırıcıda eklenir. Silika kumunun tüketimi, hammaddenin bazikliğine bağlıdır. Bununla birlikte, tipik olarak 0–100 kg/ton kuru hammadde aralığındadır.

Malzemeyi kurutmanın amacı, fırın binasına pnömatik olarak gönderilebilen homojen bir kuru besleme elde etmektir. Bu amaçla kullanılan dolaylı döner kurutucu, CO açısından zengin proses gazı ile ısıtılır. Kurutucu, kombine bir gaz ve yağ yakıcı ile donatılmıştır. Kurutulduktan sonra, malzeme kurutucuyu 100 ° C'den daha düşük bir sıcaklıkta terkeder. Malzeme bir ara siloya taşınmadan önce tekrar elenir.

Cıva emisyonlarının sürekli olarak izlendiği bir filtre ünitesi kullanılır. Kurutucuya girmeden önce, cıva buharlaşmasını önlemek için, malzemeye kararlı miktarda cıva bileşikleri oluşturmak üzere az miktarda Na<sub>2</sub>S eklenir.

#### 8.1.11.3. Daldırmalı ark ocağı süreci

Batık elektrik ark ocağı kullanan geri kazanım işlemi, bir elektrik ark ocağında ferro-krom üretimine çok benzemektedir. ABD'de bir kurulum, ön indirgeme için bir döner ocak fırını kullanmaktadır, ardından batık bir ark fırında erimektedir.

Fırın çıkış gazı, geleneksel bir kumaş filtresinde kuru filtrelendir. Gaz, CO'nun yanmasının tamamlandığı açık üst ocaktaki ortam havası ile seyreltilir. Tipik bileşim %90 hava (%18-20 fazlalık O<sub>2</sub>), %7 CO<sub>2</sub> ve %3 H<sub>2</sub>O'dur.

Atık gaz temizleme, iki kademeli bir torba filtrede yapılır. 200°C'nin altına soğutulduktan sonra, fırın tozu ilk aşamada ayrılır ve geri dönüşüm veya sevkiyat için işlenmek üzere toplanır. Toz çinko içinde yüksek oranda konsantre edilir ve çinko üretimi için yem olarak kullanılmadan önce bir Waelz fırında daha fazla işlenebilir. İkinci aşamada, adsorban granülleri (aktif karbon veya linyit kok) enjekte edilir. Uçucu metaller, özellikle cıva ve daha az ölçüde kadmiyum ve kurşun, karbon yüzeyinde kemisorbe edilir. Emici ayrıca PCDD/F dahil klor bileşiklerini de yakalar. Bu ikinci aşama 130°C'nin altında çalışır. Aynı kumaş filtresi, boşaltma işleminden gelen dumanları toplar.

Sınırlı miktarda su enjekte edilir ve sıcaklık kontrolü için çıkış atık gazlarında buharlaştırılır. İşlem ve soğutma suyu kapalı bir devrede sirküle edilir, net su tüketimi fırın baca gazlarında ve evaporatif soğutucularda buhar olarak salınır.

Bu nedenle, süreç sıvı atık üretmemektedir. Su tüketiminin yaklaşık %60'ı sanayi alanında (yer ve binalar) düşen yağmur sularının toplanması ile karşılanmaktadır.

Sıvı cüruf, yerçekimi ile metalden ayrılır. Birden fazla aşamalı kullanımı neredeyse tamamen ayırma sağlar. Cürufun düşük bazıklığı (0,7-0,8), sızdırmayan stabil silikatların oluşumunu sağlar. Sevkiyattan önce, her bir üretim yükünü nitelendirmek için kimyasal bileşim ve filtre testleri yapılır. Cüruf uygun küçültme işleminden sonra çeşitli inşaat uygulamalarında kullanılır.

Alaşım demir kalıplarda dökülür. Dökümlerin her biri 2-4 ton ağırlığındadır. Serbest akışlı cüruf katlaştığı açık bir çukurda toplanır. Metalin katılaştıktan sonra, kütüklerin sevkiyatı ve yeniden eritmeyi kolaylaştırması için hidrolik çekiçle birkaç büyük parçaya ayrılır. Nikel içeriği nedeniyle, metal çoğu ferro alaşımların aksine nispeten serttir (kırılgan değildir). Daha fazla işlem gerektirmez ve kamyon veya vagon araçları ile toplu taşıma için uygundur.

### 8.1.11.4. Plazma toz süreci

Yukarıda tarif edilen ön işlem aşamalarından sonra, hammadde ham madde hazırlama binasından fırın binasına pnömatik olarak taşınır, [233, COM 2008].

Eritme işlemi, yaklaşık 2,5 metre iç çapa sahip 12 metre yüksekliğinde su soğutmalı bir kabuk içeren bir şaft fırında gerçekleşir. Fırın 21 MWth kurulu bir plazma ısıtma etkisi sağlayan üç adet plazma jeneratörleri ile donatılmıştır. Mil, indirgeyici bir madde gibi davranan topak kokla doldurulur. Plazma jeneratörleri, endotermik reaksiyonlar için gerekli olan enerjiyi sağlamak için fırının alt kısmına simetrik olarak yerleştirilmiştir. Sirküle edilen işlem gazı, su soğutmalı bakır tüyerler aracılığıyla fırına yönlendirilir. Hammadde, tüyer yoluyla enjekte edilir ve reaksiyonların gerçekleştiği kanalda plazma gazı (yaklaşık 4000-5000°C) ile karıştırılır.

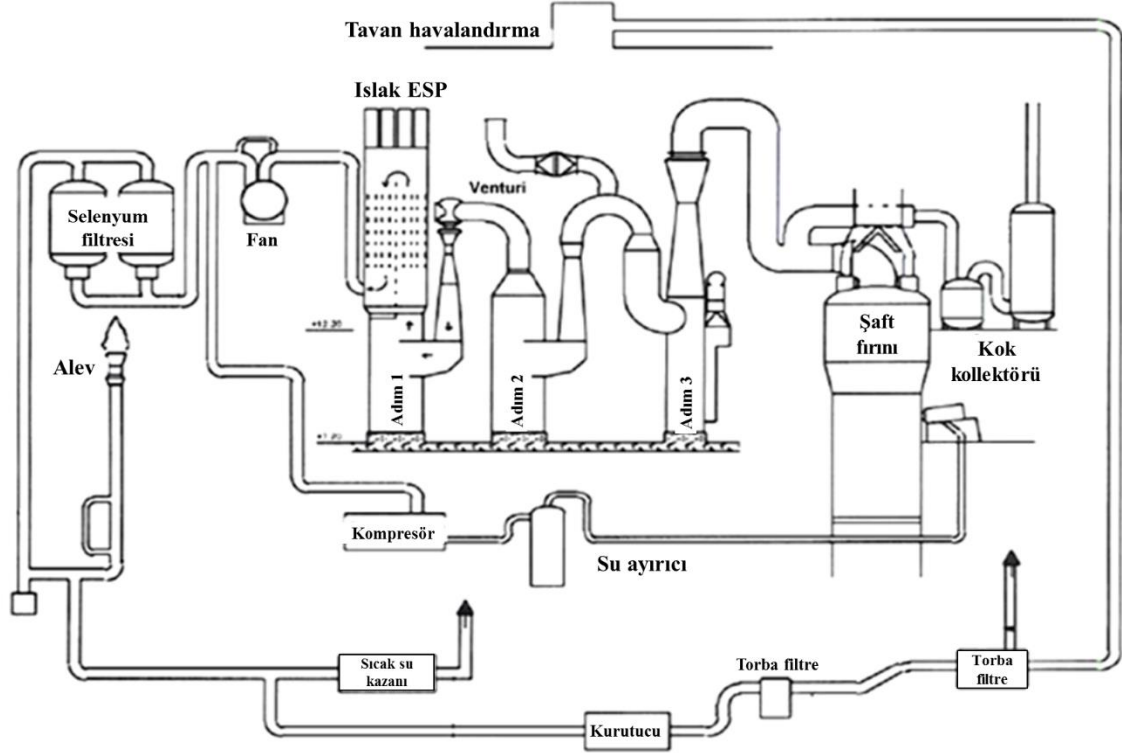
Kok düzenli aralıklarla fırının tepesinden yüklenir. Kok kömürü, indirgeyici bir madde ve fırından dışarı çıkan gaz için görev yapar. Fırındaki eşit ısı dağılımı ve yüksekliği nedeniyle, Ni, Cr, Mo ve Fe değerli elementlerinin indirgenmesi ve gaz temizleme aşamasına nispeten düşük bir devinim açısından yüksek verim elde edilebilir. Boşaltımdan önce ham maddeye şaft enjekte edilir. Düzenli aralıklarla fırın, fırının dibinde bir delik delmek suretiyle, yüksek fırınlarla yapılan prosedüre benzer şekilde tıklanır. Sıcak metal, yaklaşık 1400°C sıcaklıkta, refrakter malzemeyle kaplı döküm yataklarına, her biri 3-4 ton arasında değişen dökümlere dökülür. Bu %40-60'lık bir metal verimine karşılık gelir. Alaşım, karbonla zenginleştirilir (%4-6) ve çeşitli çelik fabrikalarındaki son kullanıcıların gereksinimlerine bağlı olarak, elleçleme ve nakliye işlemlerine ya da yaklaşık 500-800 kg'lık parçalara ayrılan bir su banyosunda granüle edilebilir.

Havaya emisyonlar, kanalize emisyonlardan ve yaygın kaynaklardan gelir. Proses gazı üç aşamalı bir Venturi gaz yıkayıcı sisteminde soğutulur ve temizlenir, ardından ıslak ESP uygulanır. Şaft fırınına geri dönüştürülmeyen proses gazı, bir cıva filtre ünitesinde (selenyum filtresi) arıtılır. Temizlenen gaz, hammaddelerin kurutulmasında, su kazanlarında veya ortak uzaktan ısıtma şebekesine enerji gönderilmesinde veya alevlendiğinde (fazla gaz) yakılır/kullanılır. Hammadde kurutma sistemi egzoz gazları iki torba filtrede temizlenir. Bölgesel ısıtma sistemi için bu enerjinin yaklaşık %50'si, soğutma suyunun fırından doğrudan ısı değişimi ile üretilir, diğer %50'si sıcak su kazanı içinde üretilir. Proses gazının yaklaşık %50'si bir kompresör aracılığıyla plazma jeneratörlerine devir edilir ve ısı transfer gazı olarak kullanılır. Parlama sonrası gaz akışındaki cıva emisyonları sürekli olarak çevrimiçi olarak ölçülür [233, COM 2008].

Yıkayıcıdan gelen filtre keki, yüksek oranda çinko ile konsantre edilir ve çinko üretimi için besi olarak kullanılmadan önce bir Waelz fırında daha fazla işlenebilir.



Cüruf metalden yerçekimi ile ayrılır ve cüruf metalden süpürülür. İnert cüruf, düzenli olarak kazıldığı ve aynı zamanda ezildiği bir çukura akar. Cüruf da granüle edilebilir. Daha sonra cüruf, metal parçalardan harici olarak ayrılır. Tecrübeye dayanarak, baziklik yaklaşık 1,0 (CaO, SiO<sub>2</sub>), yani bu tür bir cüruf ürününün yol yapımı için sızıntı yapmaz bir malzeme olarak satılabileceği anlamına gelir. Cürufun 1,5 yıl boyunca yağmur suyuna maruz kaldığı uzun süreli büyük ölçekli süzme testleri gerçekleştirilmiştir. Cürufun, metallerin çok düşük sızıntısı ve doğal mineralli kayalara benzer özelliklerinden ötürü yol yapım amaçları için uygun bir malzeme olduğu kanıtlanmıştır.



Şekil 8.18: Plazma toz işleme izabesi (İsveç)

#### 8.1.11.5. Demirli alaşım endüstrisinde kullanılan ergitme sistemlerinin özeti

Tablo 8.4: 8.1.11.5. Demirli alaşım endüstrisinde kullanılan ergitme sistemlerinin özeti

Ergitme Sistemi	Üretim	Gaz toplama ve azaltma	Avantajlar	Dezavantajlar
Üç elektrotlu açık daldırma elektrik ark ocağı	FeCr, FeMn, SiMn, FeSi, FeNi, FeV, Si metal alaşımları geri kazanımı	Bir kumaş filtrede üzeri kapalı ve temizlenmiş	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sağlam, basit tasarım</li> <li>Düşük yatırım ve bakım maliyetleri</li> <li>Hemen hemen her hammaddeyi kullanabilir ve ön indirgeme yapabilir</li> <li>Fırın tozunun yeniden eritilmesi ve tekrar kullanılması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yüksek elektrik enerjisi tüketimi</li> <li>Sıcak su üretimi dışında ısı geri kazanımı yok</li> <li>Büyük atık gaz hacimleri</li> <li>Büyük kirlilik kontrol sistemleri ihtiyacı</li> <li>Atık gaz hacmi ve ortam havasına sağlanan ısı nedeniyle daha yüksek çevresel etki</li> <li>• FeCr üretildiğinde Cr (VI) oluşumu</li> </ul>
Tek elektrotlu açık daldırma elektrik ark ocağı	Özel ferro-alaşımlar, FeV, FeB	Bir kumaş filtrede üzeri kapalı ve temizlenmiş	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sağlam, basit tasarım</li> <li>Üretimde yüksek esneklik</li> <li>Düşük yatırım ve bakım maliyetleri</li> <li>Hemen hemen her türlü hammaddeyi kullanabilir</li> <li>İncetaneleri eritebilir ve ön indirim yapabilir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tek elektrotlu açık fırın, normalde küçük miktarlar için özel alaşımların üretiminde kullanılır. Söz konusu dezavantaj bu nedenle nispeten düşüktür.</li> </ul>
Yarı kapalı daldırma ark ocağı	FeCr, FeMn, SiMn, FeNi FeSi, Si metal bileşikleri geri kazanım, özel ferro- alaşımlar	Bir kumaş filtrede üzeri kapalı ve temizlenmiş	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hammadde daha fazla esneklik</li> <li>Elektrik enerjisi ve/veya buhar olarak enerji geri kazanımı</li> <li>Sıcak su üretimi</li> <li>Daha az sayıda atık gaz filtre tesisi</li> <li>Eritme işleminin kolay kontrolü</li> <li>• Azaltılmış çevresel etki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ön azaltma yoksa nispeten yüksek enerji tüketimi</li> <li>Daha karmaşık sistem</li> <li>Daha yüksek bakım maliyetleri</li> <li>Aglomerasyon olmadan sınırlı miktarda ince malzeme kullanılabilir</li> <li>• FeCr üretildiğinde Cr (VI) oluşumu</li> </ul>
Kapalı daldırma ark ocağı	FeCr, FeMn, Si Mn, FeNi, özel ferro-alaşımlar	Islak gaz yıkayıcı veya kuru tel bez filtreli sızdırmaz fırın	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük çevresel etki</li> <li>İkincil yakıt olarak CO-zengin gaz şeklinde enerji geri kazanımı</li> <li>Düşük çıkış gazı hacmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Büyük boyutlu topaklı veya aglomere edilmiş hammaddeler için ihtiyaç</li> <li>Atık gaz CO (patlayıcı ve zehirli) oluşur</li> <li>Islak gaz temizleme sistemi</li> <li>• Atık su ve çamurun arıtılması veya yeniden</li> </ul>

Döner fırında ön ısıtılmalı kapalı daldırılmalı ark ocağı	FeCr	Islak yıkayıcı ile sızdırmaz fırın	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Düşük elektrik enerjisi tüketimi</li> <li>• Verimli enerji</li> <li>• Düşük çevresel etki</li> <li>• Artan fırın kapasitesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha yüksek miktarlarda iyi boyutlu sert topaklı cevher veya konsantrelerin aglomerasyona ihtiyacı vardır.</li> <li>• Aglomerasyon veya peletleme tesisi</li> <li>• Daha yüksek yatırım maliyetleri</li> <li>• Hammadde seçiminde az esneklik</li> <li>• Kompleks sistem</li> <li>• Islak gaz temizleme sistemi</li> </ul>
Şaft fırında ön ısıtılmalı kapalı daldırılmalı ark ocağı	FeCr	Islak yıkayıcı ile sızdırmaz fırın	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hammadde daha fazla esneklik</li> <li>• Düşük enerji tüketimi</li> <li>• Enerji geri kazanımı</li> <li>• Düşük çevresel etki</li> <li>• Fırının artan verimliliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İyi boyutlandırılmış sert topaklı cevher veya aglomere edilmiş hammadde ihtiyacı</li> <li>• Islak gaz temizleme sistemi</li> </ul>

Ergitme Sistemi	Üretim	Gaz toplama ve azaltma	Avantajlar	Dezavantajlar
Döner fırında ön redüksiyon ile kapalı daldırmalı ark ocağı	FeCr	Islak gaz yıkayıcı ile sızdırmaz fırın	Çok düşük elektrik enerjisi tüketimi Isı geri kazanımı, gazların tam kullanımı Daha yüksek kömür tüketimi, daha düşük kok tüketimi • Fırının artan verimliliği	Daha yüksek yatırım maliyetleri Islak gaz temizleme sistemi Çok karmaşık sistem Hammadde tedarikinde esneklik yok Nispeten yüksek bakım maliyeti • Katılma oluşumu olasılığı
Plazma arc ocağı	FeCr	Sızdırmaz fırın	Topaklı cevher hariç herhangi bir cevher kullanma imkanı Aglomerasyon olmaksızın ince tanelerin kullanımı Enerji geri kazanımı • Kok kömür yerine kömür kullanımı	Daha yüksek yatırım maliyetleri Yüksek enerji tüketimi Kompleks sistem Daha kısa çalışma süresi • Basınçlı bir sistemde CO
DC ocağı	FeCr	Sızdırmaz fırın	Topak cevheri kullanılmaz Aglomerasyon olmaksızın ince tanelerin kullanımı Düşük yatırım maliyetleri • Daha yüksek enerji yoğunluğu	Bilinmeyen zorluklarla enjeksiyon Aşırı ısındığında alt elektrot ile ilgili problemler • Önceden elektrotlar için ihtiyaç
Refraktör kaplı pota	Özel ferro alaşımlar, FeMo, FeV	Kumaş filtrede kapalı ve temizlenmiş	Düşük yatırım maliyetleri • Üretimde yüksek esneklik	Daha yüksek gaz hacmi • Daha az etkili gaz toplama sistemi
		Bir kumaş filtresine bağlı bir reaksiyon haznesinde kapalı	Düşük yatırım maliyetleri Üretimde yüksek esneklik Etkin duman toplama sistemi • Düşük gaz hacmi	• Biraz daha yüksek yatırım maliyetleri
Çok hazneli fırın	Molibdenit kıztartma	Islak gaz yıkayıcı	Kanıtlanmış teknoloji • Sülfürik asit üretilebilir	• NA
Plazma toz işlemi	Ferro-alaşımlar geri kazanımı	Sızdırmaz fırın	Aglomerasyon olmaksızın ince tanelerin kullanımı Enerji geri kazanımı Yüksek enerji yoğunluğu • Üretimde yüksek esneklik	Daha yüksek yatırım maliyetleri Yüksek enerji tüketimi Kompleks sistem Basınçlı bir sistemde CO • Islak gaz temizleme sistemi

NB: NA= Mevcut değil

FeCr üretmek için açık fırınların kullanımı Cr (VI) üretimi ile sınırlıdır.

Mn ve FeMn için bir cıva çıkarma aşaması dahil edilmelidir. Bunlar Bölüm 2'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

*Kaynak:* [ 405, Euroalliances 2012 ]

## 8.2. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

Ferro alaşımların üretimi esas olarak toz ve katı atık/yan ürünler üretir ve önemli miktarda enerji tüketir. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkar. Genel olarak, Bölüm 8.2.1 ila 8.2.6, ferro-alaşım üretim süreçlerinde en ilgili çevresel sorunları açıklar.

### *Hammadde ve enerji tüketimi*

- Hammadde ve enerji tüketimi.

### *Havaya emisyonlar*

- Metaller dahil toz ve duman emisyonları.
- SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO gazı, CO<sub>2</sub>, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), VOC'ler, PCDD/F ve uçucu metaller.

### *Gürültü ve titreşim emisyonları*

- Makine ile bağlantılı sakalların serbest bırakılması.

### *Katı kalıntı, atıklar ve yan ürünler*

- Toz ve çamur.
- Cüruf.

### *Atık su emisyonları*

- Islak gaz yıkayıcı sistemlerinden gelen atık su.
- Cürufun soğutulması ve metallerin granülasyonundan kaynaklanan atık su.
- Soğutma suyu döngülerinden üfleme.

### *Enerji geri kazanımı*

- Kapalı fırınlardan CO açısından zengin çıkış gazının kullanımı açısından enerji geri kazanımı.
- Isıtma amaçlı olarak yüksek enerjili gazdan elektrik enerjisi ya da sıcak su olarak enerji geri kazanımı.
- Soğutma suyundan enerji geri kazanımı.

### 8.2.1. Hammadde ve enerjinin tüketimi

Hammadde tüketimi esas olarak cevher veya konsantrenin metal içeriğine, fırın prosesinde metal verimine, ürünün bileşimine ve hammadde ve ürün taşıma (taşıma, eleme, vb.) ve arıtma (katılama, kırma, paketleme, vb.) sırasında kayıplara bağlıdır. Daha yüksek verimler, belirli bir işlem için daha düşük bir hammadde tüketimi ve tonlarca metal için enerji ile sonuçlanır. Özel alaşımların üretimi, daha az elverişli işlem özelliklerine sahip, daha düşük bir verim veren ve üretilen metal tonu başına daha yüksek miktarda ham madde ve enerji sağlayan daha temiz hammaddeler gerektirebilir.

Bir ton metal için enerji tüketimi büyük ölçüde bir ferro-alaşımdan diğerine farklılık gösterir. Bunun bir nedeni, cevherdeki farklı elementler için kimyasal bağlanma kuvvetlerindeki ve kimyasal reaksiyonların devam etmesi için gereken sıcaklık arasındaki farktır. Örneğin silikonun daha yüksek bir bağlanma enerjisi vardır ve manganezden daha yüksek işlem sıcaklıkları gerektirir. Diğer nedenler, cevher veya konsantrenin metal içeriğinde ve son üründe varyasyonlar ve farklı ferro alaşımlar için elde edilebilecek metal verimidir. İkincisi daha çok metalin tonu başına üretilen cüruf miktarı ve farklı sıcaklıklarda üretim fırınında bulunan gazlarda bulunan metal dumanı miktarı ile yönetilir.

Bu bölümde listelenen hammadde ve enerji tüketimi rakamları 1 tonluk sıvı metal üretmek içindir. Örnek olarak, standart ferro-silikon, daha önce ezilmiş metalden düşük değerli ince tanecikler ile doldurulmuş kalıplara, boşaltma tonajına birkaç yüzdilik katılarak doğrudan eklenebilir. Bu, satılan ürün tonu başına düşük hammadde ve enerji tüketimi değerleri verir. Öte yandan, yüksek saflıkta düşük-titanyum ferro-silisyum üretimi, daha az elverişli işlem özellikleri ve sondaj sonrası delme işlemiyle son derece temiz hammaddeler gerektirir ve bunlar genellikle bir boşaltma ve bir rafinasyon potasının kullanılmasını içerir. Daha zayıf hammaddeler, fırın prosesinde daha az silikon verimi verirken, sondaj sonrası işlem, rafinasyon, kusurlu cüraf ayrımı ve kullanılan potalardaki katılaşılan metal ile çıkarılacak olan elementlerin oksitlenmesi yoluyla önemli kayıplara neden olur. Satılan ürün tonu başına hammadde ve enerji tüketimi bu nedenle bu kalite için çok daha yüksektir. Tüketim değerleri, metal verimindeki normal varyasyonları kapsayan aralıklarla verilir.

Karbon malzemelerindeki serbest karbonun gizli kimyasal yanma enerjisi, bu karbon, oksijenle yanma yoluyla enerji üretimi yerine, yüksek enerji tüketen kimyasal reaksiyonlarda cevher için bir indirgeme maddesi olarak kullanılsa da listelenir. Kömürdeki önemli miktarda uçucu bileşen, örneğin, cevher ile reaksiyona girmediği için silikon metal ve ferro-silikon işleminde kullanılamaz. Enerjinin gerekli olduğu fırın bölümlerinde herhangi bir enerji eklemeyiz. Ferro-alaşımli üretimde enerji tüketimi, her zaman, tonlu metalin tonu başına kullanılan elektrik enerjisi miktarı ile verilir. Tablolardaki değerler sadece metal üretim prosesi içindir ve fanlar, ısı eşanjörleri, hammadde kullanımı, potaların ısınması vb. gibi çeşitli destek sistemlerinin çalıştırılması için yardımcı enerji içermez. Yardımcı güç normalde Tablo 8.5, Tablo 8.6, Tablo 8.7, Tablo 8.8, Tablo 8.9 ve Tablo 8.10'da verilen değerlerin %5 ile 10%'u arasındadır.

Proses alternatifleri arasındaki yanlış farklılıklardan kaçınmak için sadece brüt enerji tüketimini sunmak önemlidir. Üretim sürecine giren enerji kaynakları, karbonlu malzemedeki elektrik enerjisi ve gizli kimyasal enerjiden oluşur. Bir kg karbonun, yaklaşık 8,8 kWh CO<sub>2</sub>'ye veya yaklaşık 7,7 kWh/kg koka dönüştürmede potansiyel brüt enerji içeriği vardır. Bu rakamlar kullanılırsa, dökme demir alaşımlarının üretimi için brüt enerji tüketimi hesaplanabilir. Yayılan brüt CO<sub>2</sub> miktarı, proste tüketilen kok miktarıyla doğru orantılı olacaktır. Yardımcı güç tüketimi aşağıdaki tabloların rakamlarına dahil değildir. Yardımcı güç normalde gösterilen değerlerin %5 ila %10'u arasındadır.

**Tablo 8.5: Üretilen alaşımanın ton başına düzen hammaddelerin spesifik girdisi olarak ferro krom üretimi için brüt tüketim verileri**

Ham madde	HC FeCr				LC FeCr
Kromit (kg/t)	2400–3000 <sup>(1)</sup>	2300–2400 <sup>(2)</sup>	NA	NA	1600
İndirgeme ajanı (kg/t)	550–700 <sup>(1)</sup>	500–550 <sup>(2)</sup>	600 <sup>(3)</sup>	NA	675 (FeSiCr)
Akılar (kg/t)	100–400 <sup>(1)</sup>	200–300 <sup>(2)</sup>	NA	NA	1100
Diğerleri (kg/t)	Elektrot 8–25 Yeniden eritme 0–300	Elektrot 7–10	NA	NA	Kum < 100 kg Si < 40 kg Elektrot 10 kg Borik asit 3kg
Elektrik (kWh/t)	3800–4500 <sup>(1)</sup>	3100–3500 <sup>(2)</sup>	2600–3100 <sup>(3)</sup>	4500 <sup>(4)</sup>	3400 <sup>(5)</sup>
Koktaki potansiyel enerji (kWh/t)	4235–5390 <sup>(1)</sup>	3850–4235 <sup>(2)</sup>	4620 <sup>(3)</sup>	NA	NR
Toplam enerji girdisi (kWh/t)	8035–9890 <sup>(1)</sup>	6950–7735 <sup>(2)</sup>	7220–7720 <sup>(3)</sup>	NA	3400

(1) Geleneksel açık daldırmalı ark ocağı, agglomerasyon olmaksızın topaklanma ve ince cevher, ön ısıtma ve/veya ön indirgeme işlemlerinin tüketim verileri.  
(2) Önceden ısıtılmış peletlerin hammadde olarak kullanılması ve yeniden eğitime yapılmadan tüketim verileri.  
(3) Önceden indirilmiş peletlerin hammadde olarak kullanılması için tüketim verileri. Bu durumda, enerji tüketimi metalizasyon derecesine bağlıdır.  
(4) Ön indirgeme işlemi olmayan DC fırın.  
(5) Sunulan enerji tüketimi, FeSiCr'nin LC FeCr'ye dönüştürülmesini ifade eder. Ara ürün üretimi - FeSiCr - dahil edilirse, elektrik enerjisi tüketimi 8050-9500 kWh/t, potansiyel enerji tüketimi 5750-6400 kWh/t kok ve toplam enerji girişi 13 800–15 900 kWh/t.

Yukarıda belirtilen elektrik ve indirgeyici madde tüketimi tüm üretim süreci içindir. Elektrik enerjisi tüketimi, toplam tüketimin yaklaşık%95'idir. Kalan%5'in çoğu, gazsız arıtma için gereken elektrik enerjisidir.  
NA = Mevcut değil.  
NR = Uygun değil.  
Kaynak: [226, Nordic Raporu 2008]

Genel olarak, alaşımdaki daha yüksek bir krom içeriği, üretim için daha fazla enerji gerektirir. Kok mıcırı tüketimi genellikle sinter tonu başına 60-90 kg aralığında olacaktır. Her bir ton ferro krom için 2–2,5 tonluk sinter tüketimi ile bu, ferro krom tonu başına 120-225 kg mıcıra eşittir. Bir çelik kuşak sinter fırınının dış enerji tüketimi, bir ton pelet başına 200 kWh ile 400 kWh arasında değişmektedir. Enerji kok kömürü mıcırı ve CO gazından eğitime işleminden gelir. Kok kömürü tüketimi, her bir ton pelet başına 20–40 kg'dır ve dış enerji olarak CO'nun oranı yaklaşık %20-40'tır. Bir şaft fırınında kok kurutma için gerekli dış enerji, ton kok başına başına yaklaşık 200 kWh'dir ve FeCr tonu başına 100 kWh'ye eşittir.

Søderberg elektrot macununun tüketimi, ton başına 8 kg ile 25 kg arasında değişmekte olup, en düşük tüketim, önceden ısıtılmış veya önceden azaltılmış ve agglomerasyonlu şarj kullanıldığında elde edilmektedir.

Su, hem proses suyu hem de soğutma suyu olarak ferro krom üretiminde kullanılır. Proses suyu, ıslak gaz yıkama ve cüruf granülasyonu için kullanılır. Proses suyu arıtımı kapalı bir devrede ise, normalde bir ton ferro krom için 3-10 m<sup>3</sup> kullanılır. Soğutma amacıyla, her bir ton ferro krom için 5–15 m<sup>3</sup> kullanılır.



Oksitlenmiş çelik fabrikası atığı, toz ve kireç, yüksek karbonlu ferro krom üretiminden uyarlanan süreçler kullanılarak geri kazanılmaktadır. Metalurjik indirgeme için enerji tüketimi, geri kazanılabilir metallerin tipik içerikleri için Tablo 8.6'da gösterilmiştir. İki tip fırın kullanılmaktadır, konvansiyonel daldırmalı ark fırınları ve DC plazma şaft fırınları kullanılmaktadır.

**Tablo 8.6: Demir çelik alaşımlarının, geri kazanılmış metalin tonu başına hammadde girdisi olarak çelik değirmen kalıntılarında geri kazanımı için tüketim verileri**

Bileşen	Konvansiyonel daldırmalı elektrik ark ocağı	Plazma tozu prosesi
Kalıntılar (kg/t)	1650–2500	1650–2500
İndirgeme ajanı (kg/t)	400–500	400–500
Elektrik (kWh/t)	3000–3400	2800–3800
	(%)	(%)
Metal içeriği (çıktı):	3–15	3–15
Ni Cr Mo C	15–25	15–25
Si	1–5	1–5
Fe	4–6	4–6
	0.5–8	0.1–1
	Balans	Balans
Su (m <sup>3</sup> /t)	1.0–1.5	2.8–3.2
	(%)	(%)
Alaşım geri kazanımı (çıktı):	90–95	90–95
Cr Ni Mo Fe	90–98	90–98
	90–98	90–98
	90–98	90–98

*Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]*

Ferro-silikon, silikon metal ve siliko-kalsiyum üretimi için enerji ve hammadde tüketimi, Tablo 8.7'deki spesifik girdi faktörleri açısından sunulmuştur. Verilen elektrik enerjisi miktarı sadece fırın prosesi içindir ve belirtilen silisyum verimi, fırının elektrik verimliliği ve fırının tepesinden karbon kaybı nedeniyle fırından çıkan 1 ton sıvı metale karşılık gelir.

**Tablo 8.7: Ferro-silikon, silisyum ve siliko-kalsiyum üretimi için üretilen ve üretilen her ton alaşım başına hammadde girdisi için tüketim verileri**

	Ferro-silikon (75 %Si)	Silikon metal	Siliko-kalsiyum
Kuvars (kg/t)	1800	2700	1500
İndirgeme ajanı (kg/t)	1100–1200	1150–1500	925
Elektrot (kg/t)	40	100 <sup>(1)</sup>	120
Demir cevheri peleti (kg/t)	300–350	NR	NR
Kireçtaşı (kg/t)	NR	NR	900
Odun talaşı (kg/t)	0–900	1000–2000	NR
Elektrik (kWh/t)	9000	10 800–12 000 <sup>(2)</sup>	9500
Kok veya kömürün içerdiği Kabul edilen potansiyel enerji kullanılır (kWh/t)	10 500 (kok/kömür)	10 120–13 200 (kömür)	7122 (kok)
Toplam enerji girişi	19 250	20 920–25 200	16622

Bazı silikon üreticileri kombine bir Söderberg grafit elektrot kullanıyor. Amaç, Söderberg teknolojisini kullanmak, ancak elektrot muhafazasının neden olduğu demir kirliliğini azaltmaktır.

<sup>(2)</sup> Silikon metal üretimi için ideal enerji tüketimi 10 100 kWh/t'dir (reaksiyon ısısı = 8 kWh/t, metal ile ısı kaybı = 0,9 kWh/t ve çıkış gazında ısı kaybı = 1,2 kWh/t).

NB: NR = İlgili değil.

*Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]*

## Bölüm 8

Silikon metal üretimi için Söderberg teknolojisinin ve grafit çekirdeğin bir kombinasyonu kullanılır. Bu bileşik elektrotun amacı elektrotun maliyetini azaltmak, elektrot muhafazasının neden olduğu demir kirliliğini silikon metal için kabul edilebilir bir seviyede tutmaktır.

Farklı manganez çeşitleri ve siliko-manganezin yanı sıra manganez cevherleri ve konsantrelerinin sinter prosesi için spesifik girdi faktörleri aşağıdaki Tablo 8.8'de verilmiştir.

**Tablo 8.8: Manganez cevheri sinter, ferro-manganez ve siliko-manganez üretimi için üretilen hammadde başına ton başına hammadde girişi olarak tüketim verileri**

Kaynak	Sinter	HC FeMn	MC/LC FeMn (silicothermic)	MC/LC FeMn (dekarburisation işlemi)	SiMn (standart ve LC SiMn)
		EAF			
Cevher <sup>(1)</sup> (kg/t)	1000–1300	1900–2400	1000–2000	2200–2800	500–2000
Kok ve kömür (kg/t)	100	410–500	200–300	480–580	400–700
Gaz (m <sup>3</sup> /t)	150–200	NR	NA	NR	NR
Electrot (kg/t)	NR	8–30	6–8	9–29	10–50
Su <sup>(2)</sup> (m <sup>3</sup> /t)	12–18	1,5–40 <sup>(3)</sup> Soğutma suyu	Soğutma suyu	2–50 <sup>(3)</sup>	1,5–40 <sup>(3)</sup> Soğutma suyu
Diğerleri (kg/t)	NR	NR	Akılar 500–1000 SiMn 700–1000	Oksijen 60–100 m <sup>3</sup> /t	FeMn cürufu 400–2500
SiMn (kg/t)	NA	NA	500–1200	NA	NA
Electric (kWh/t)	100	2200–3200	1400–2000	2600–3700	3800–6000
Koktaki potansiyel enerji (kWh/t)	900–1000	3800–4100	5700–13 300	4400–4800	3100–5000
Toplam enerji girdisi (kWh/t)	1000–1100	6000–7300	7300–15 300	7000–8500	6900–11 000

) Tüketilen hammaddeler normal olarak azaltma sistemindeki tozlar ve çamurlar gibi geri dönüştürülmüş malzemeler içerir,  
<sup>(2)</sup> Su tüketimi su işleme ekipmanına bağlıdır ve açık devrelerde 20 m<sup>3</sup>/t ila 40 m<sup>3</sup>/t arasında ve kapalı devrelerde 1,5 m<sup>3</sup>/t ila 5 m<sup>3</sup>/t arasında değişmektedir,  
<sup>(3)</sup> Su tüketimi ıslak tozsuzlaştırma ile ilişkilidir,  
NB: Silikon alüminyum ile değiştirilebilir,  
EAF = Electric ark ocağı,  
NA = Mevcut değil, NR = İlgili değil,  
Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ] [ 370, France 2009 ]

Ferro-nikel üretimi için spesifik girdi faktörleri aşağıdaki Tablo 8.9'da verilmiştir.

**Tablo 8.9: Üretilen alaşımın tonu başına hammaddelerin spesifik girdisi olarak ferro-nikel alaşımı üretimi için tüketim verileri**

Kaynak	FeNi alaşımı (~ 20 %Ni)
Cevher (t/t)	20
Kok ve kömür (t/t)	4
Gaz (m <sup>3</sup> /t)	0,006
Elektrot (t/t)	0,048
Diğerleri (ham petrol, kreçtaşı, çimento) (kg/t)	0,57
Elektrik (MWh/t)	10
<i>Kaynak:</i> [ 406, Greece 2013 ]	

Çeşitli özel ferro alaşımların üretimi için hammadde ve enerji tüketimi hakkındaki mevcut bilgiler Tablo 8.10'da sunulmuştur.

**Tablo 8.10: Üretilen alaşımın ton başına hammaddelerin spesifik girdisi olarak özel ferro alaşımların üretimi için tüketim verileri**

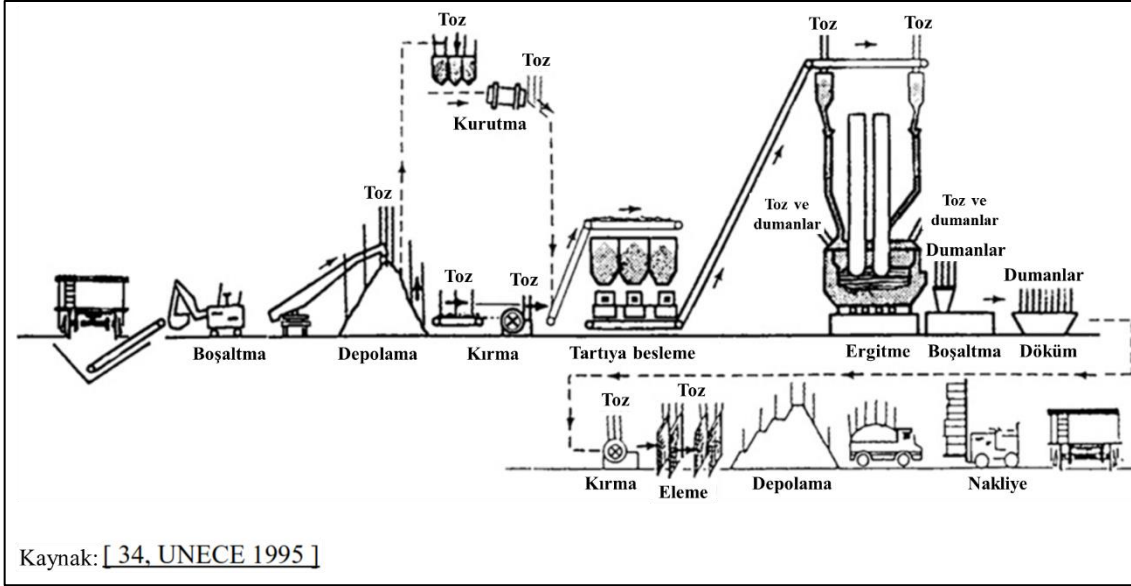
Bileşen	FeV	FeMo <sup>(1)</sup>	FeTi	FeB
Metal oksitler (kg/t)	1100–2000 <sup>(2)</sup>	NA	NA	NA
Elektrik (kWh/t)	2200–2800	160–405	770	6000–11 000
Gaz (m <sup>3</sup> /t)	NR	148–155 MJ/t	55	75
Su (m <sup>3</sup> /t)	NA <sup>(3)</sup>	NR	NM	0,3
<sup>(1)</sup> FeMo üretimi için tüketim verileri bir ton molibdene dayanmaktadır.				
<sup>(2)</sup> Sunulan veriler, V2O3 ve V2O5 miktarını içerir.				
<sup>(3)</sup> Su tüketimi yüksek oranda yere özgüdür ve dolayısıyla temsili değildir.				
NB: NA = MEvcut değil. NR = Bu üretim sürecinde uygun değil. NM = Ölçülmedi.				
<i>Kaynak:</i> [ 226, Nordic Report 2008 ]				

Molibdenit konsantrelerinin kavurulması işlemi, oksidasyon reaksiyonu tutuşturulduğu için ekzotermik bir prosestir. Bu nedenle, elektrik şeklinde harici enerji, sadece çoklu ocak fırınlarının mekanik çalışması için gerekli olacaktır. Doğal gaz, konsantreleri kurutmak ve yüzdürme yağını tutuşturmak ve sıcaklığı ekzotermik reaksiyonların tetiklendiği ve kalan kükürtün uzaklaştırıldığı noktaya yükseltmek için kullanılır.

## 8.2.2. Havaya emisyonlar

### 8.2.2.1. Toz ve duman emisyonları

Gerekli olan hammaddeye ve kullanılan birim işlemlerine bağlı olarak, örn. Kırma, kurutma, sinterleme, indirgeme, boşaltma ve elleçleme, çevresel emisyonların en önemli kaynakları toz ve dumandır. Şekil 8.19, bir ferro-alaşım üretim tesisinden gelen toz ve dumanlar için potansiyel emisyon noktalarını göstermektedir. Yayılı emisyonların ana kaynakları, rıhtımdan depo binasına hammadde taşıma, depolama tanklarından indirgeme fırınına hammadde taşıma, fırın işlemleri, boşaltma, metal taşıma ve rafine etme işlemleri, döküm işlemleri ve kırma, eleme ve paketleme işlemidir.



Şekil 8.19: Havaya emisyonların potansiyel noktalarını gösteren ferro-alaşım üretim akış diyagramı

Bazı hammaddeler önemli miktarda ince taneler ve toz içerir. Hammaddelerin boşaltılması ve depolanması, materyal bir taşıyıcıdan diğerine düştüğünde toz oluşturabilir. Konveyör çok hızlı çalışıyorsa toz da üretilebilir (yani 3,5 m/s'den fazla). Bir ön uç yükleyici kullanılıyorsa, tüm nakliye boyunca toz yayılır.

İndirgeme işlemiyle üretilen tozlar, davlumbazlar tarafından veya kapalı bir ocak için, fırının kendi sızdırmazlığıyla toplanır ve bir azaltma tesisine aktarılır ve ortadan tozsuzlaştırma yapılır. Kapalı ocak gazlarının tozdan arındırılması genellikle ıslak gaz yıkayıcılar veya kuru temizleme sistemleriyle sağlanırken, torba filtreler açık ve yarı kapalı fırınlarda kullanılabilir. Tipik olarak, kapalı, sızdırmaz bir fırın kullanarak, kapalı gazın hacmi yarı-kapalı bir fırın kullanılarak 50-75'lik bir faktörle ve 10-20'lik bir faktörle azaltılabilir. Kapalı fırınlar için atık gaz temizleme sistemlerinin yatırım maliyetleri açık fırınlardan çok daha düşüktür.

Atık gazın boşaltılması, fırınlama işleminden kaynaklanan toz ve duman ve oksijen enjeksiyonu, delme tozu, bir boşaltma tabancası kullanılıyorsa buharlı cüruftan gelen dumanlar ve açıkta kalan tüm metal ve cüruf yüzeylerinden çıkan dumanlardan oluşur. Boşaltımda ortaya çıkan bu dumanlar az miktarda CO veya CO<sub>2</sub> içerir, ancak esas olarak indirgeme işlemine katılan metallerin oksitleri olacaktır.

Tablo 8.11, Tablo 8.12, Tablo 8.13 ve Tablo 8.14, farklı ferro alaşımlar üretirken toz emisyonları için mevcut emisyon verilerini sunmaktadır.

**Tablo 8.11: Bir ton alaşımlı üretimine dayanan ferro-krom üretiminden kaynaklanan toz emisyonları**

Kaynak	HC FeCr		MC FeCr		LC FeCr	
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Ham madde elleçleme	0,01–0,02	f <sup>(1)</sup>	NA	f <sup>(1)</sup>	f <sup>(1)</sup>	
Kurutma	0,01–0,02 (kok)	1–50	NA	NA	0,082 (ore)	5
Kırma	0,002	NA	NA	NA	0,003	3
Peletleme/Sinterleme <sup>(2)</sup>	0,01–0,02 /t pelet	1–15	NR	NR	NR	NR
Dozlama istasyonu	0,01–0,02	1–30 <sup>(2)</sup>	NA	NA	0,024	5
Ön ısıtma	0,001–0,005	1–15 <sup>(2)</sup>	NR	NR	NR	NR
İzabe fırını	0,02–0,1 <sup>(3)</sup>	1–100 ( <sup>2</sup> )( <sup>4</sup> )( <sup>5</sup> )	NA	NA	0,101	8
Boşaltma	( <sup>6</sup> )	5–12 <sup>(2)</sup>	NA	NA	( <sup>7</sup> )	( <sup>7</sup> )
Döküm	( <sup>6</sup> )	5–12 <sup>(6)</sup>	NA	NA	0,2–0,4 ( <sup>2</sup> )	3–15 <sup>(2)</sup>
Cüruf elleçleme	NM	NM	NA	NA	0,04	10–15
Ürün işleme (Kırma, eleme, depolama, etc.)	0,02–0,05	r	NA	NA	NA	NA

(<sup>1</sup>) Hammaddenin elleçlenmesi ve depolanmasından kaynaklanan maddi kayıp% 1'den az olduğu tahmin edilmektedir.  
(<sup>2</sup>) Sunulan toz emisyonları, fırın tipine ve kullanılan atık gaz azaltma tekniğine bağlıdır. Örneğin, çoğu torba filtresi 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha az elde eder. Bir kademeli ıslak gaz yıkayıcı kullanılarak bir sinter fırınından çıkan toz emisyonlarının 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında olduğu rapor edilmiştir.  
(<sup>3</sup>) Fırın tozunun Cr (VI) içeriği kapalı fırında 5 ppm ile 100 ppm arasında ve açık ocakta 1000 ppm ile 7000 ppm arasındadır.  
(<sup>4</sup>) Bu, iyi ve kötü performans gösterenler arasındaki aralığı göstermektedir.  
(<sup>5</sup>) Kapalı bir fırından çıkan fırın gazı, ıslak gaz yıkama sonrası yakıt olarak kullanılır. Gaz, ancak bir müşteri geçici olarak mevcut değilse söndürülür.  
(<sup>6</sup>) Dökme ve döküm alanı da dahil olmak üzere, fırın binasından çıkan havalandırma havasının uzun süre boyunca örnekleme, ortalama değerlerin bir göstergesi olabilir. Bunlar 5 mg/Nm<sup>3</sup> ile 12 mg/Nm<sup>3</sup> arasında ortalama toz konsantrasyonları gösterir.  
(<sup>7</sup>) Kapalı ocağın fırın gazı, ıslak fırçalama sonrası yakıt olarak kullanılır. Gaz, ancak bir müşteri geçici olarak mevcut değilse söndürülür.  
(<sup>8</sup>) 'Eritme fırını' kaynağına dahildir.  
NB: NA = Mevcut değildir. NR = Uygun değil. NM = Ölçülmedi.  
f = Yaygın toz emisyonları. r = Toz prosese geri gönderilir.  
Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]

**Tablo 8.12: Bir ton alaşımın üretimine dayanan ferro-silikon ve silikon metal üretiminden kaynaklanan toz emisyonları**

Kaynak	FeSi		Si and CaSi	
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Ham madde elleçleme	f <sup>(2)</sup>	f <sup>(2)</sup>	f <sup>(2)</sup>	f <sup>(2)</sup>
Odun talaşının kurutulması	NM	NM	NM	NM
Kırma	NM	NM	NM	NM
Tartma ve dozlama istasyonu	f	f	f	f
Ergitme	0,1–2	1–20 <sup>(1)</sup>	0,1–1,5	1–20 <sup>(1)</sup>
Boşaltma	<sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	<sup>(3)</sup> 5–12 <sup>(4)</sup>	<sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	<sup>(3)</sup> 5–12 <sup>(4)</sup>
Döküm	<sup>(4)</sup>	5–12 <sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup>	5–12 f <sup>(4)</sup>
Rafinasyon	<sup>(3)</sup>	<sup>(3)</sup>	<sup>(3)</sup>	<sup>(3)</sup>
Ürün kırma	0,3–0,5	r	0,3–0,5	r

<sup>(1)</sup> Torba filtresi kullanarak, tesisler %99,5'in üzerinde bir temizlik derecesine karşılık gelen 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında toz emisyonları elde ederler. Silika dumanı, filtrede bir yan ürün olarak (mikro silika) toplanır. Hammaddenin elleçlenmesi ve depolanmasından kaynaklanan maddi kayıp yaklaşık%0,2 olarak tahmin edilmektedir.

<sup>(3)</sup> Boşaltım alanından çıkan duman ve toz torbalı filtrede toplanır ve temizlenirse toz konsantrasyonları, eritme fırını toz emisyonlarının yoğunluğu ile aynı aralıktadır.

<sup>(4)</sup> Fırın binasını terk eden havalandırma havasının, boşaltma ve döküm alanı da dahil olmak üzere, uzun süre boyunca örneklenmesi, ortalama değerlerin bir göstergesi olabilir. Bunlar 5 mg/Nm<sup>3</sup> ve 12 mg/Nm<sup>3</sup> arasında ortalama toz konsantrasyonları ve üretilen toplam 0.2–0.6 kg/ton alaşımlı toz emisyonlarını göstermektedir.

NB: NA = Mevcut değildir. NR = Uygun değil. NM = Ölçülmedi.

f = Yaygın toz emisyonları. r = Toz prosese geri gönderilir.

Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]

Norveç tarafından sağlanan veriler, bazen önemli miktarda kanalizasyon toz emisyonunun ferro-silikon ve silikon metal üretimi sırasında azaltma sistemini atladığını göstermektedir. Azaltım sisteminin atlatılması için verilen nedenler, fırında meydana gelen düzensizlikler ve başlatmalar ve kapamalar sırasında meydana gelebilecek aşırı yüksek sıcaklıklarla (torbaya zarar verebilecek) ilişkilidir.

**Tablo 8.13: Bir ton alaşımlı üretime dayalı ferro-manganez ve siliko-manganez üretiminden kaynaklanan toz emisyonları**

Kaynak	HC FeMn			MC and LC FeMn		SiMn	
	BF	EAF		(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
		(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )				
Ham madde elleçleme	NR	f	f	f	f	f	< 0,1
Tartma ve dozlama istasyonu	NR	NA	NA	NA	NA	NA	< 0,1
Ergitme	NR	0,1–0,4	5–60 ( <sup>1</sup> )	NA	< 25	0,02–0,4	5–60
Boşaltma	NR	NA	NA	NA	NA	NA	3,2
Döküm	NR	0,05–0,1	NA	0,05–0,1	NA	NA	NA
Rafinasyon	NR	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ürün kırma	NR	0,1–0,3	r	0,1–0,3	r	NA	r
Atık ısı kazanı	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Elektrik üretimi	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Kapalı sızdırmaz bir fırından gelen atık gazların tozdan arındırılması, eğerkademeli bir ıslak gaz yıkayıcıda gerçekleşiyorsa, toz emsyonları 10-40 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında elde edilir. Tozsuzlaştırma için torba filtreler kullanan yarı kapalı fırınlar kullanan bazı tesisler 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında toz emisyonları elde etmektedir.

NB: BF = Yüksek fırın. EAF = Electric ark ocağı.  
NA = Mevcut değil. NR = Uygun değil.  
f = Yaygın toz emsyonlar. r = Toz prosese geri gönderilir.

Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]

**Tablo 8.14: Ferro alaşımların üretiminden havaya toz emisyonları (azaltım sonrası)**

Kaynak	Fe Ni (mg/Nm <sup>3</sup> )	FeV (g/Nm <sup>3</sup> )	FeMo (mg/Nm <sup>3</sup> )	FeTi (mg/Nm <sup>3</sup> )	FeB (mg/Nm <sup>3</sup> )	Molibdenit kavurma (mg/Nm <sup>3</sup> )
Ham madde elleçleme	1–15	< 5	0,5–15	1–15	1–15	1–15
Ham madde kurutma	1–15 < 1 ( <sup>1</sup> )	NR	4–17	1–15	1–10	NR
Kırma		NR	1–5			NR
Peletleme		NR	NR			NR
Sinterleme/Kavurma		NR	NA			1–15
Dozlama		NR	1			NM
Ön ısıtma		NR	NR			NR
Ergitme	1–15	< 5	1–30	1–15	1–10	NR
Devirme/boşaltma	NA		5–15 ( <sup>2</sup> )	NA	NA	NR
Döküm			NA	NA	NA	NR
Cüruf işleme	NA	NA	NA	NA	NA	NR
Ürün kırma	1–15	< 5	0,5–5	NA	NA	NM

(<sup>1</sup>) Veriler, modern bir membran kumaş filtrenin kullanıldığı ikincil FeNi'nin üretimidir. Sonuç, döner fırından yayılan tozun bir parçası olarak Ni oksit miktarını verir.

(<sup>2</sup>) Emisyonlar çatı egzoz fanlarından tahmin edilir.

NB: NA = Mevcut değil. NR = Uygun değil. NM = Ölçülmedi.

Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ]

Tablo 8.15: Havaya olan ferro-nikel emisyonları

Bileşen Bütün İzabe	Baca emisyonlarında ölçülen konsantrasyon (mg/m <sup>3</sup> )	Maksimum hava akışı (Nm <sup>3</sup> /h)	Örnekleme sıklığı
Toz Ni Co As Pb Cd Hidrokarbonlar CO	113 1-1,551 0,078 0,012 0,049 0,002 1322 3262	1 200 000	Yılda 4 defa
Kaynak: [ 356, ENIA 2008 ]			

Tablo 8.16: Ferro-nikel emisyon kaynakları

Kaynak	Baca emisyon faktörü (g/ton)	Azaltım Sistemi
Döner fırın	1993 (Referans yıl: 2006)	ESP, multi-siklon, Venturi gaz yıkayıcı ve torba filtreler
EAF	20 993 (Referans yıl: 2006)	
Dönüştürücü	315	
Kaynak: [ 356, ENIA 2008 ]		

Tablo 8.17, bir sitedeki ferro-vanadyum ve ferro-molibden üretiminde farklı kaynaklardan gelen torba filtreli toz azaltmadan sonra ölçülen verileri göstermektedir.

Tablo 8.17: Ferro-vanadyum ve ferro-molibden üretiminden kaynaklanan emisyonlar

Kaynak	Atık gaz akışı (Nm <sup>3</sup> /h)	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	Tot, C (mg/Nm <sup>3</sup> )	PAH (1) (µg/Nm <sup>3</sup> )	PCDD/F (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )
Hadde tufalı kurutma	10 000	4,83	NR	NR	NR
Mo fırın yükü hazırlama	10 000	1,74	NR	NR	NR
5 EAF (FeV)	pprox, 17 000 fırın başına	1,36	1,7-3,3	23	0,00032-0,00044 PCDF 0,0011-0,0015 PCDD
Termit fırını (FeMo) (egzotermik reaksiyon)	19 411	1,43	2,3-3,8	35	0,0012-0,0014 PCDD 0,00015-0,0005 PCDF
Ürün kırma FeMo FeV	9700 11 800	0,82 0,91	NR	NR	NR
Cüruf kırma FeMo FeV	1500 25 000	0,99 2,80	NR	NR	NR
Reraktör kırılması	1400	1,03	NR	NR	NR
Paketleme	5400-8200	1,73	NR	NR	NR
Çatı hattı yoluyla yayılı emisyon	0-314 300 (2)	3,88	NR	NR	NR
(1) 16 EPA PAH, (2) Alt değer, fırını çalışma dışı gösterir ve daha yüksek değer, çalışmakta olan fırını temsil eder, NB: NR = Uygun değil, Kaynak: [ 369, Treibacher Industries AG 2008 ]					



### 8.2.2.2. Havadaki diğer emisyonlar

Tozun yanında ferro alaşımların üretiminden gelen en önemli kirleticiler SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HF, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), uçucu organik bileşikler (VOC) ve metallerdir. Açık veya yarı kapalı fırınlarda, yanma bölgesinde ve gazdan arındırma sisteminin soğutma kısmında (de novo sentezi) PCDD/F oluşumu mümkündür. N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub>, sinter ve peletleme tesislerinden yayılır. Cıva, eğer cevherde mevcutsa, indirgeme işlemlerinden de yayılabilir. Emisyonlar, tesisin tasarımına ve bakımına ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak ya baca emisyonları ya da yayılı emisyonlar olarak işlemde kaçabilir. Baca emisyonları normal olarak sürekli veya periyodik olarak izlenir ve yetkili makamlara yerinde personel veya saha dışı danışmanlar tarafından rapor edilir.

Karbotermik işlemde, sadece indirgeyici bir madde olarak sadece sabit karbon muhtevası kullanılır, bu da uçucu maddenin, küller ve nemin çoğunlukla gaz ve cüruflla birlikte fırını terk ettiği anlamına gelir. Uçucu madde esas olarak hidrokarbonlardan oluşur ve reaksiyonda yer almaz, ancak, fırın kapatıldığında, CO ile birlikte fırını terk eder veya CO<sub>2</sub> üretmek için yarı kapalı veya açık bir ocakta yüzeye yakın bir şekilde yanar. Kapalı fırınlar, diğer süreçlerde yakıt gazı olarak kullanılabilen daha yüksek CO konsantrasyonları üretir.

Metalürjik kok içindeki kükürt içeriği %0,4 ile %1,0 arasında değişmektedir. Bu kükürtün %60-85'i cürufta kalır ve yaklaşık %5'i SO<sub>2</sub> olarak fırından kaçar. Silikon alaşımlarının üretimi kömür, kok, petrol kok ve odun kömürü gibi farklı indirgeyici maddeler gerektirir. Bu indirgeyici maddeler farklı miktarlarda sülfür içerir ve tipik varyasyonlar %0,5 ile %3 arasındadır. Silikon alaşım üretimi neredeyse cürufsuzdur ve neredeyse tüm sülfürler SO<sub>2</sub> veya mikro-silikaya bağlı sülfür olarak fırından kaçar. Bir indirgeyici madde veya farklı karbon kaynaklarının bir karışımı kullanılarak, toplam olarak yaklaşık %2 ila 3'lük yüksek bir sülfür içeriği ile, daha yüksek SO<sub>2</sub> emisyonları oluşabilir.

Molibdenit konsantrasyonlarının kavrulmasıyla üretilen atık gaz, sülfürik asit üreten, normal olarak bir kükürt giderme tesisinde temizlenen büyük miktarlarda SO<sub>2</sub> içerir. Bir molibdenit kavurucunun kükürt giderme tesisindeki kuyruk gazı SO<sub>2</sub> içerir, çünkü SO<sub>2</sub>'nin SO<sub>3</sub>'e dönüşümü %100 olmayacaktır. Çıkış gazı ayrıca belirli miktarda sülfürik asit sisi ve bir miktar SO<sub>3</sub>'ü içerir.

Metaller, ham maddede eser elementler olarak sürece taşınırlar. Yeterince yüksek buhar basıncına sahip metaller, metal buharı şeklinde gazlar olarak dışarı akacak ve bu da kısmen eritme fırını tozunun bir kısmını oluşturmak için yoğunlaşacak ve oksitlenecektir. Boşaltımdan sonra ve özellikle rafinasyon sırasında bile, erimiş metal ve cürufun sıcaklığı hem metalden hem de cüruftan bileşenlerin buharlaşmasına izin verecek kadar yüksektir. Bu buharlaşmadan kaynaklanan dumanlar, döküm işleminin bitimine kadar boşaltımın başlangıcından itibaren tüm zaman boyunca gelişir. Pota boşaltıldıktan sonra bile, metal sakalından bazı dumanlar ortaya çıkabilir. Boşaltım sırasında, dumanların çoğu duman toplama sistemi ile toplanır ve temizlenir.

Kullanılan hammaddelerin türüne bağlı olarak, cıva ferro manganez veya siliko-manganez fırınları tarafından havaya yayılabilir. Bu, hammaddedeki cıva içeriğinin kontrol edilmesi, cıvaların (örneğin sinterleme yoluyla) giderilmesi için hammaddelerin ön-işlemden geçirilmesi veya atık gazın işlenmesiyle ele alınabilir (atık gazdan cıva giderme için bazı ticari teknolojiler Bölüm 2.12.5.5'de bildirildiği üzere mevcuttur, [226, Nordic Report 2008].)

Ham maddelerden cıva giderilmesi büyük ölçekli ekipmanı içerecektir. Cevher işleme, sadece bağlı ölçek nedeniyle ekonomiktir. Dönüştürme aşaması için, tatmin edici bir gaz toplama sistemi kurulabiliyorsa, atık gazın temizlenmesi mümkün olabilir. Sinterleme tesisleri genellikle cevher ince tane artımı için üretilir. Malzemenin boyutundan dolayı sinterlenmesi gerekiyorsa cıva giderilmelidir. Alaşım üretimi için, çevrimiçi ölçüm ve temizleme önlemleri en az asgari gereklilik olmalıdır.

Ferro-molibden üretiminde, cüruf ve metal ayrılmasını iyileştirmek için fluorspar kullanılabilir. Fluorspar, bir akış olarak kullanılan ve erime noktasını ve cürufun viskozitesini düşüren ve cürufun akışkanlığının artırılmasına yol açan bir kalsiyum florür cevheridir. Ek olarak, kireçle karıştırıldığında, metalin fosfor ve kükürt içeriğini azaltır. Daha düşük ergime noktaları metal-cüruf ayrılmasını desteklemektedir, çünkü cüruf soğutma sırasında daha uzun süre sıvı kalmaktadır. Bu etki, azaltılmış viskozite ile birlikte, küçük dağılmış damlacıkların alt kısımda metal fazda batmasını ve koyulaşmasını mümkün kılar. Bununla birlikte, fluorspar'ın bir akıtma maddesi olarak kullanılması, 150-260 mg/Nm<sup>3</sup> aralığında florür emisyonlarına neden olur. Florürün biyotoksik yapısı nedeniyle, fluorspat kullanımı mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Tablo 8.18 ve Tablo 8.19, dökme demir alaşımları üretirken havaya ölçülen bazı emisyon değerlerini göstermektedir, ancak veriler AB-28 endüstrisinin tamamını temsil etmemektedir.

**Tablo 8.18: Dökme demir alaşımları üretilirken hava emisyonları (azaltma sonrası)**

Bileşen	FeCr				FeSi		Si metal		FeMn				Siliko-manganez	
	HC FeCr		MC and LC FeCr						HC FeMn EAF		MC and LC FeMn			
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )		
SO <sub>2</sub>	0,2–3,0	NA	NR	NR	0,5–5 <sup>(1)</sup>	< 450	12–18	< 450	0,1–0,2	NA	NA	NA	0,002–0,1	NA
CO	NM	NM	NM	NM	2,0–2,5	< 200	NM	< 200	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO <sub>2</sub>	1200–2000 <sup>(2)</sup>	NA	110 <sup>(3)</sup>	NA	5300 <sup>(4)</sup>	93 g/Nm <sup>3</sup>	7500 <sup>(4)</sup>	125 g/Nm <sup>3</sup>	1100–1800	NA	1800 <sup>(5)</sup>	NA	1100–1800	NA
NO <sub>x</sub>	0,5–1,5	NA	0,35	NM	10–11	400	10–13	< 500	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HF	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PCDD/F	< 0,1 ng/Nm <sup>3</sup>	NA	NM	NM	40 ng/t <sup>(6)</sup>	NA	40 ng/t <sup>(6)</sup>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Metaller	Cr (in the dust) 1–15 %Cr(VI) 0,1–0,3 % <sup>(7)</sup>	NA	Cr < 0,01 Cr <sup>6+</sup> < 0,002	NA	NA	1,0 µg Hg/Nm <sup>3</sup> <sup>(6)</sup>	NA	1,0 µg Hg/Nm <sup>3</sup> <sup>(6)</sup>	See Table 8,19					
PAH	NM	NM	NA	3–6 µg/Nm <sup>3</sup>	0,0015 <sup>(6)</sup>	70 µg/Nm <sup>3</sup>	0,003 <sup>(6)</sup>	0,02	NA	NA	NA	NA	NA	NA
VOCs	NM	NM	NA	NA	0,045 <sup>(6)</sup>	100	0,13 <sup>(6)</sup>	100	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Siyanürler	0,02–0,05	NA	NA	NM	NM	NM	NM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

<sup>(1)</sup> Yüksek değer, büyük miktarda petrol kokunun kullanıldığı yüksek saflıkta bir FeSi üretimine karşılık gelir,

<sup>(2)</sup> CO<sub>2</sub> emisyonları, ön arıtma eritme ve fırınlama sonrası süreçlerden kaynaklanan toplam emisyonları içerir, CO gazının eritme fırını dışından kullanımı sadece FeCr tesisinden gelen yerel emisyonları azaltır,

<sup>(3)</sup> Emisyonlar, doğal gazla çalışan kurutucu, pota ısıtıcısından vb, 80 kg/t ve tüketilen elektrot macunlarından 30 kg/t kaynaklanmaktadır,

<sup>(4)</sup> CO<sub>2</sub> verileri, fosil yakıtların miktarını ve ayrıca biyolojik CO<sub>2</sub> miktarını içerir,

<sup>(5)</sup> CO<sub>2</sub> verileri, LC FeMn'nin siliko-ekimyasal üretiminden kaynaklanmaktadır, CO<sub>2</sub> emisyonları yan ürün olarak 100-500 kg/t alaşım HC FeMn'den MC FeMn üretir,

<sup>(6)</sup> FeSi %75 ve yüksek saflıkta Si metali üretiminden çıkan 24 saatlik kapsamlı emisyon ölçümleri sonuçları, Bu durumda, verilerin iki spesifik tesiste nispeten kısa ölçüm sürelerine dayandığı ve endüstrinin temsilcisi olarak alınmaması gerektiğine dikkat edilmelidir,

<sup>(7)</sup> Tozdaki Cr (VI) miktarı yarı kapalı bir fırından yayılır; Siyanürler kapalı bir fırından %0,2-05 kadardır

NB: NA = Mevcut değil, NR = Uygun değil, NM = Ölçülmedi,

Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 373, Grådahl et al, 2007 ]

Tablo 8.19: Ferro-manganez ve siliko-manganez üretiminden gelen metallerin emisyonu

FeMn				
	HC FeMn		MC and LC FeMn	
	EAF			
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )		
SO <sub>2</sub>	0,1–0,2	NA	NA	
CO	NA	NA	NA	
CO <sub>2</sub>	1100–1800	NA	60–100	
NO <sub>x</sub>	NA	NA	NA	
Hg	0,0001–0,00015	0,001–0,2		
Pb	0,0002–0,0004	NA		
As	2×10 <sup>-5</sup>	NA		
Cd	5×10 <sup>-6</sup>	NA		
Cr	2×10 <sup>-5</sup>	NA		
Cu	8×10 <sup>-5</sup>	NA		
Toplam	0,0001	0,0002		
Havaya olan emisyon				
SiMn				
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )		
SO <sub>2</sub>	0,002–0,2	NA		
CO	NA			
CO <sub>2</sub>	1100–1800			
NO <sub>x</sub>	NA			
Hg	0,00003–0,0007			
Pb	0,0002–0,0007			
As	2×10 <sup>-5</sup>			
Cd	5×10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-4</sup>			
Cr	2×10 <sup>-5</sup> –10 <sup>-3</sup>			
Cu	0,0001–0,0003			
Toplam	0,0001	0,0002		

NB: NA = Mevcut değil,  
Kaynak: [ 233, COM 2008 ], [ 226, Nordic Report 2008 ] [ 395, France 2013 ]

Birincil ferro-nikel üretirken hava emisyonları Tablo 8.20 ve Tablo 8.21'de gösterilmiştir.

Tablo 8.20: Birincil ferro-nikel üretiminden havaya emisyonlar

Bileşen	FeNi	
	(kg/t)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
SO <sub>2</sub>	20–25	NA
CO <sub>2</sub>	45 000	NA
NO <sub>x</sub>	10–15	NA
PCDD/F	NA	0,4 mg/Nm <sup>3</sup>

NB: NA = Mevcut değil  
Kaynak: [ 406, Greece 2013 ]

Tablo 8.21: Birincil ferro-nikel üretiminden kaynaklanan havaya emisyonların karakterizasyonu

İşlem	Hava emisyonları						
	Toz/Duman			Gazlar			
	Toplam	Ni	Diğer	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>
Cevher kırma	HL	LL	NA	NA	NA	NA	NA
Kurutma	HL	HL	NA	LL	ML	LL	NA
Kavurma	HL	HL	NA	HL	ML	LL	LL
İndirgeyici kalsinasyon	HL	LL	NA	LL	ML	LL	LL
Ergitme	HL	LL	NA	NA	ML	ML	LL
Dönüştürme	HL	ML	SiO <sub>2</sub>	NA	ML	LL	LL
Dökme	HL	LL	NA	NA	NA	NA	NA

NB: NA = Uygulanabilir değil.  
LL = Düşük seviye. ML = Orta seviye. HL = Yüksek seviye.  
Kaynak:[ 226, Nordic Report 2008 ], [ 106, Raffinot, P. 1993 ]

Ferro-alaşımaları üreten bir işlemde çıkan emisyonlar Tablo 8.22'de sunulmuştur. Bu işlem, bir daldırılmalı elektrik ark ocağında çelik değirmen kalıntılarında geri kazanılmış malzeme kullanır. Toz içindeki metallerin yüzdesi, metallerin konsantrasyonunu belirleyecektir.

Tablo 8.22: İkinci bir ferro-alaşım üretim sürecinden kaynaklanan emisyon

Kirletici	Konsantrasyonlar (gaz ve partikül) (mg/Nm <sup>3</sup> )
Dust	2-5
SO <sub>2</sub>	< 100
CN	0,002-0,006
HC	< 50
F	0,1-1,5
Cd	< 0,001
Cd+Hg+Ti	< 0,1
As	< 0,003
Se	< 0,002
Te	< 0,002
Zn	2,0
Pb	0,2
CO <sub>2</sub>	1,2-1,5 t/t alaşım

Kaynak:[ 226, Nordic Report 2008 ]

Silikon ve ferro silikon üretiminde, duman davlumbazındaki ve gazsız kanallardaki yanma işlemi, havaya emisyon oluşturabilir. Temel problemler NO<sub>x</sub>, PAH ve PCDD/F'nin oluşmasıdır. Tercih edilen raporlama sözleşmesi, PRTR raporlama gereklilikleriyle uyumlu olduğu için EPA 16'dır.

### 8.2.3. Gürültü ve titreşim emisyonları

Ferro-alaşım üretiminde kullanılan kırıcılar ve büyük fanlar gibi ağır makineler, gürültü ve titreşim emisyonlarına neden olabilir. Ayrıca, metal sakallarının potalardan mekanik olarak salınması bir gürültü kaynağı olabilir.

### 8.2.4. Suya salınan emisyonlar

Ferro alaşımların üretiminde, suya olan emisyonlar, örneğin azaltma sistemi ve kullanılan atık su arıtımı gibi işleme çok bağımlıdır. Ferro alaşımlı sanayide çeşitli su toplama ve atık su arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bazı tesislerde, farklı üretim süreçlerinden ve yüzey sularından gelen suyun birlikte temizleneceği merkezi bir atık su arıtma tesisi kullanılmaktadır. Diğer tesisler, farklı proses atık su akışları için yağmur suyu ve özel arıtma süreçleri için ayrı bir arıtma sistemi kullanır. Ana su kirleticileri askıda katı maddeler ve metal bileşikleridir. Atık su, çözünmüş metalleri ve katıları gidermek için işlenir ve işlem sırasında mümkün olduğunca geri dönüştürülür veya tekrar kullanılır. Olası atık su kanalları şunlardır:

- yüzey akıntısı ve drenaj suyu;
- ıslak gaz yıkayıcılardan gelen atık sular;
- cüruf soğutması ve metal granülasyonundan çıkan atık su;
- Soğutma suyu.

Kirlenmiş su, normal olarak, askıda katı maddelerin çökeltilmesi için bir koyulaştırıcıya veya bir çöktürme havuzuna götürülür. Çöktürme adımları genellikle metal bileşiklerini sudan uzaklaştırmak için kullanılır. Özel durumlarda, örneğin bir molibdenit kavurma fırını suyunun temizlenmesi için, iyon değiştiriciler, selenyum ve renyum gibi metal bileşimlerini yıkama suyundan uzaklaştırmak için kullanılır.

Parçacıklar çoğunlukla çok ince tanelerden oluşurlar, bu nedenle koyulaştırıcılara çöktürmeye yardımcı olmak için bir topaklaştırıcının eklenmesi gerekebilir. Bir koyulaştırıcıda veya çöktürme havuzunda işlemden geçirildikten sonra, asılı katılar genellikle 40 mg/litrenin altındadır, bu da suyun yıkayıcılarda tekrar soğutma suyu olarak veya başka amaçlar için işlem suyu olarak kullanılmasına izin verir.

Bir koyulaştırıcı, cüruf granülasyonu ve çöktürme havuzları kullanılırsa, askıda katı madde emisyonları, ton başına <1 g FeCr <1 g, çinko <2 g ve siyanür miktarıyla birlikte toplam 10-20 aralığında gr olacaktır. LC FeCr üretimi için atık suda deşarj edilen krom miktarının <1,0 g/ton ürün olduğu bildirilmiştir. Ferro-manganez üretiminin azaltılmasından sonra suya olan PAH emisyonlarının 0,05–0,2 g/t FeMn aralığında olduğu bildirilmiştir.

Bir alaşım geri kazanım tesisinden gaz yıkayıcı sisteminin kirlenmiş atık suyu, sahadaki yağmur suyunun da temizlenebileceği ayrı bir atık su arıtma tesisinde temizlenir. Suda bulunan kısmen oksitlenmiş parçacıklar, bir koyulaştırıcıda konsantre edilir ve daha sonraki bir aşamada, iki filtre presinde serbest sudan ayrılır. Ortaya çıkan filtre keki %20-25 nem ile aşağıdaki ana bileşenlerden oluşur:

- ZnO: %30–40;
- SiO<sub>2</sub>: %10-15;
- CaO: %5–15;
- FeO: %5–7;
- PbO: %3-5;
- Hg: %0,001

Oluşan kuru kek miktarı 200-400 kg/ton alaşımıdır.

Bu filtre keki, ISF (Imperial Smelting Furnace) veya Waelz prosesine çinko ve kurşun geri dönüşümü için düzenli aralıklarla gönderilir.

Gaz yıkama sisteminden geri kazanılan yaklaşık 0,5–2 m<sup>3</sup>/ton ferro alaşımdan bir boşaltım söz konusudur. Bu boşaltma aşağıdaki gibi birkaç adımda temizlenir:

- siyanür çıkarma;
- Cr<sup>6+</sup>'nın Cr<sup>3+</sup> ya indirgenmesi;
- siyanitlerin oksitlenmesiyle birlikte yüksek pH'ta metal hidroksitlerin çökeltilmesi;
- Kum filtresinde çöktürme ve partiküllerin suyunun temizlenmesi.

Bir ıslak gaz yıkayıcı ile birlikte plazma toz prosesi ve ardından azaltma tekniği olarak ıslak ESP tekniği kullanan çelik fabrikalarındaki demir alaşımlarının geri kazanımının suya olan emisyonu Tablo 8.23' verilmektedir.

**Tablo 8.23: Bir ıslak gaz yıkayıcı ile birlikte plazma toz prosesi ve ardından azaltma tekniği olarak ıslak ESP tekniği kullanan çelik fabrikalarındaki demir alaşımlarının geri kazanımının suya olan emisyonu**

Bileşen	mg/l	kg/yıl
As	NA	0,05
Cr	0,3	0,56
Ni	0,1	0,66
Zn	0,5	2,7
Cu	0,2	0,55
Cd	NA	0,04
Pb	NA	0,04
Hg	NA	0,003
F	35	235
Total N	NA	347
CN	0,5	1,05

NB: 2008 toplam su deşarjı: 0,2 m<sup>3</sup>/t,  
2008 toplam su arıtımı: 11 761 m<sup>3</sup>, NA = mevcut değil,  
Kaynak: [ 379, Sweden 2013 ]

Bir molibdenit kavurucu ve ferro-molibden tesisi için bir atık su arıtma tesisi örneği için raporlanan veriler Tablo 8.24'te sunulmuştur.

**Tablo 8.24: Tek bir tesiste kavurma molibdenit ve ferro-molibden kaynaklı su emisyonları**

SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub> (mg/l)	HF (mg/l)	Mo (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	As (mg/l)	Se (mg/l)
10-680	1,1-1,3	0,015-1,7	0,008	0,016-0,028	0,035-0,088	0,017	0,018

Kaynak: [ 407, Euroalliances 2013 ]

### 8.2.5. Proses kalıntıları

Ferro alaşımların üretimi, Avrupa Atık Kataloğunda da listelenen bir dizi yan ürün, kalıntı ve atığın üretilmesi ile ilgilidir. En önemli işleme özgül kalıntılar, filtre tozları, ıslak yıkayıcılardan gelen çamurlar, indirgeme işleminden elde edilen cüruf, kullanılmış fırın kaplamaları ve tambur veya büyük torbalar gibi ambalajlama malzemesidir. Bu tortular, yan ürünler olarak satılır, prosese geri dönüştürülür veya ekonomik yararı olmayan atıklarda, bir biriktirme veya bertaraf sahasına nakledilir. Üretilen ferro-alaşımın her bir tonu için üretilen cüruf ve filtre tozu veya çamur miktarı ve bunları kullanma olasılıkları Tablo 8.25 ve Tablo 8.26'da gösterilmektedir.

Tablo 8.25: Ferro alaşımlı cürufun üretimi, geri dönüşümü, tekrar kullanımı ve deşarjı

Ferro-alaşım		Cüruf (t/t alaşım)	Analitik bileşim	Geri dönüşüm, yeniden kullanım ve deşarj
FeCr	HC FeCr	1,0–1,7	spinel, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , forsterit, 2MgO, SiO <sub>2</sub> and Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (3–15 %) karışımı Cüruf kimyasal olarak çok stabildir	Cürufun düşük bazıklığı (0,7-1,0), süzülemeyen stabil silikatların oluşumunu sağlar, Yapı malzemesi ve yol yapım malzemesi olarak kırılmış topak ve granüle cüruf kullanılır, Cüruf kumlama griti olarak da kullanılabilir ve refrakter dökümlerin üretimi için kullanılır.
	MC FeCr	NA	NA	
	LC FeCr	1	CaO 44–45 % SiO <sub>2</sub> 23–33 % MgO 9–13 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5–9 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,5–6,5 % FeO 0,6–1,2%	Cüruf yeniden kullanılacak
Çelik fabrikası kalıntılarında alaşım geri kazanımı		0,4–1,2	CaO 25–40 % SiO <sub>2</sub> 35–50 % MgO 3–15 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1–35 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 3 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 2 % NiO < 0,1 %	Cürufun düşük bazıklığı (0,7-1,0), sızıntı olmayan stabil silikatların oluşumunu sağlar, Cüruf çeşitli yapı uygulamalarında kullanılır,
Si metal FeSi		20–30 kg/t	Si/FeSi 20–30 % SiO <sub>2</sub> 5–20 % SiC 20–40 % CaO 25–40 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3–35 %	Silikon metal ve FeSi üretimi neredeyse cürufsuz bir işlemdir (az miktarda kuartz cüruf haline gelir, <%1), Silikon metal ve FeSi'nin rafine edilmesi sırasında, az miktarda rafine cüruf elde edilir, FeSi cürufu yeniden kullanılabilir (örn. SiMn üretimi, tel yapımı).
CaSi		0,4–0,6	SiO <sub>2</sub> 10–20 % SiC 15–25 % CaO 50–60 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5–10 % CaC <sub>2</sub> 3–8 %	Tüm cüruf fırınlara geri dönüştürülür
FeMn	HC FeMn	Electric arc furnace 0,8–1,7	MnO 20–50 % SiO <sub>2</sub> 20–40 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5–20 % CaO 4–20 % MgO 2–15 %	Standart olarak atılan cüruf (düşük MnO içeriği) bir yapı malzemesi olarak kullanılır, Zengin cüruf (yüksek MnO içeriği), siliko mangan veya diğer metalurjik uygulamaların üretimi için hammadde olarak satılmaktadır,
	MC FeMn	0,9–1,9	Dekarburizasyon süreci: HC FeMn ile aynı, Silikotermic süreci: NA	
	LC FeMn	0,9–1,9	Dekarburizasyon süreci: HC FeMn ile aynı, Silikotermic süreci: NA	
SiMn		0,9–2,2	MnO 2–17 % SiO <sub>2</sub> 30–50 % CaO 15–30 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9–30 % MgO 3–15 % K <sub>2</sub> O 0–2 % BaO 0–2 % S 0–1,5 % Fe < 1 %	Cüruf inşaat malzemesi olarak kullanılır

## Bölüm 8

FeNi	20 (~ 20 %Ni)	MnO 0,3–0,4 % SiO <sub>2</sub> 35–45 % CaO 3–6 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6–10 % MgO 3–8 % FeO ~ 1–3 % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2–4 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 33–35 %	Cüruf, işlem endüstrisine ikincil ham madde olarak satılır, örn, Refrakter ve jeopolimer üretimi için çimento endüstrisinde katkı maddesi olarak kuşlama malzemesi olarak,
FeV	2,6–3	NA	Kompozisyona bağlı olarak, cüruf daha fazla işlem için satılır veya bir depolama sahasında biriktirilir,
FeMo	1,5–3	NA	Cüruf bir inşaat malzemesi olarak
FeW, FeTi, FeB	NA	NA	
FeNb	1,9	NA	
<i>Kaynak:</i> [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 406, Greece 2013 ], [ 407, Euroalliances 2013 ]			



**Tablo 8.26: Hava emisyonları azaltma sisteminden toz ve çamurun üretilmesi, geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması ve boşaltılması**

Ferro-alaşım		Toz veya çamur (kg/t alaşım başına)	Geri dönüşüm, yeniden kullanım ve deşarj
FeCr	HC FeCr	20–80 (1)	Fırından gelen tozlar toprağa verilecektir. Kırma ve eleme tozları fırında yeniden eritilir veya paslanmaz çelik üretiminde kullanılır. Hammade taşıma sistemlerinden gelen toz, kok kurutma, aglomerasyon ve dozajlama istasyonu, süreçlere geri dönüştürülebilir. Islak gaz yıkayıcılardan gelen çamur PAH ve metalleri içerebilir ve bu durumda tehlikeli atık depolama sahasına boşaltılmalıdır. Yarı-kapalı bir fırından sonra, atık ısı kazanı içinde toplanan yüksek krom içeriğine sahip yaklaşık 8–10 kg/t daha kalın toz, aglomerasyondan sonra fırına kolaylıkla geri dönebilir. FeCr açık fırınlardan gelen kuru tozlar genellikle Cr (VI) içerir ve toprağa gömülemez.
	MC FeCr	NA	
	LC FeCr	70	Toz ergitme fırınına geri döndürülür.
Çelik fabrikası kalıntılarında alaşım geri kazanımı		100–500	Fırın tozu ZnO'da (%20-60) ve PbO'da (%2-6) yüksektir. Çinko endüstrisi tarafından pelet haline getirilir ve geri dönüştürülür (IFS'de veya bir ara konsantrasyon adımı olarak Waelz işleminin kullanılması). Islak gaz yıkayıcılardan gelen çamur, Zn ve Pb'yi geri kazanmak için Waelz işleminde geri dönüştürülür.
FeSi		200–300	Silis dumanı (mikro silika), kumaş filtresinde toplanır ve bir yan ürün olarak satılır. Mikro silika, betonun mukavemetini artıran ve betonun su infiltrasyonundan korunmasını sağlayan çok düzgün bir yüzeye yol açan bir çimento katkı maddesi olarak kullanılır.
Si metal		300–400	
FeMn	HC FeMn	30–50	Toz ve çamur geri dönüştürülür, diğer endüstrilerde kullanılır veya bir depolama sahasına boşaltılır. Islak gaz yıkayıcı gelen çamur PAH ve metalleri içerecek ve bir atık su sisteminde arıtılmalı veya tehlikeli atık depolama sahasında boşaltılmalıdır.
	MC FeMn	30–50	Toz ve çamur geri dönüştürülür, diğer endüstrilerde kullanılır veya bir depolama sahasına boşaltılır.
	LC FeMn	EAF 30–50	Toz ve çamur geri dönüştürülür, diğer endüstrilerde kullanılır veya bir depolama sahasına boşaltılır.
SiMn		30–60	Toz ve çamur geri dönüştürülür, diğer endüstrilerde kullanılır veya bir depolama sahasına boşaltılır. Islak gaz yıkayıcıdan gelen çamurlar PAH ve metalleri içerecek ve tehlikeli atık depolama sahasında bertaraf edilmelidir.
FeNi		NA	Toz ve çamur pelet haline getirilir ve üretim prosesinde (döner fırınlar) geri dönüştürülür.
FeV		NA	Toz, eritme işlemine geri dönüştürülür veya kısmen bir depolama alanına boşaltılır.
Molibdenit kavurma		NA	Kavurucudan çıkan atık gaz, konsantre beslemenin %15'ine kadar bir miktarda toz içerir. Gazı temizleme işleminden kaynaklanan toz ve çamurun çoğu konsantre beslemeye geri dönüştürülür.
FeMo		NA	Toz, eritme işlemine geri dönüştürülür veya özel atık bertarafına gönderilir veya Mo elde etmek için işlenir.
FeW, FeTi, FeB, FeNb		NA	Bazı FeNb hariç fırından gelen tozlar düzenli depolama sahasına boşaltılır.
<p>(<sup>1</sup>) Toz veya çamurun bileşimi, eritme fırını ve kullanılan hammaddelere bağlı olarak değişir. Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 406, Greece 2013 ]</p>			

### 8.2.6. Enerji geri kazanımı

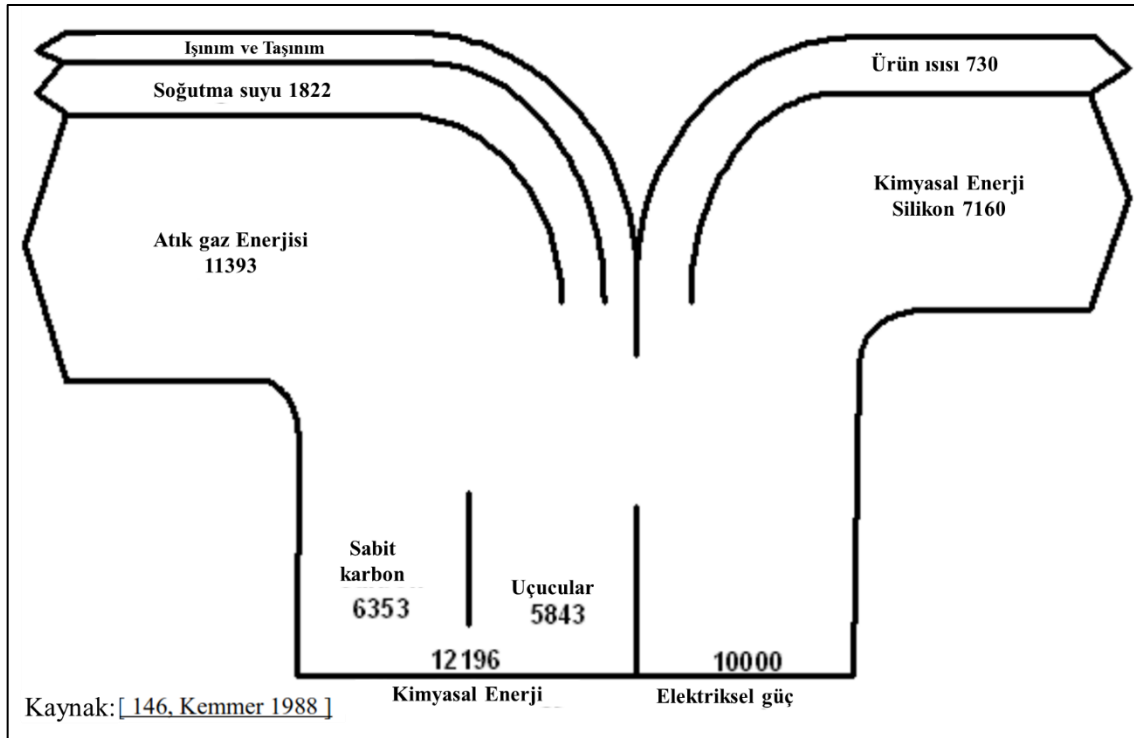
Ferro alaşımların üretimi yüksek oranda enerji tüketen bir işlemdir, çünkü metal oksitlerin indirgenmesi ve eritme için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Enerji tüketimini etkileyen faktörler, diğer şeylerin yanı sıra, hammaddelerin (cevherler, kuvars ve indirgeyici maddeler gibi) kalitesi ve ergitme işleminden önce ön muameleleri, reaksiyon enerjilerinin kullanımı ve işlemlerin ısı içeriğidir. Proseste kullanılan enerji, kömür, kok kömürü, odun kömürü veya bazen doğal gaz şeklinde elektrik enerjisi veya fosil yakıt olarak tedarik edilebilir.

Kullanılan elektrik enerjisi, fırındaki kimyasal indirgeme işlemi için gereklidir. Yarı kapalı bir fırında, atık gazlarındaki ısı, atık ısı kazanı içinde geri kazanılabilir. Kapalı bir fırında, atık gazları enerji üretimi için kullanılabilen CO, CH<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub> içerir.

Kapalı bir fırında, eğer karbon bir indirgeme maddesi olarak kullanılırsa, ergitme işleminde üretilen işlem gazları, ikincil bir yakıt olarak kullanılabilen ve herhangi bir başka yakıt gazı gibi tesis içinde boru ile aktarılan önemli konsantrasyonlarda CO içerir. Örneğin sinter fırınında doğrudan yanma ile ve fırın yükünün kurutulması veya ön ısıtılması için ve ayrıca sıcak su, buhar ve/veya elektrik şeklinde enerji geri kazanımı için kullanılabilir.

Ferro-alaşım ergitme fırınlarından enerji geri kazanımı, teknik ve ekonomik fizibiliteye dayanırken aynı zamanda sahaya özgüdür. Başarılı enerji geri kazanımı için birkaç örnek vardır.

Aşağıdaki Şekil 8.20, silikon metal üretimi için 10 MWe daldırmalı elektrik ark fırını içindeki enerji akışını göstermektedir.



Şekil 8.20: Bir 10 MWe silikon fırınındaki enerji akış çizelgesi (MWth cinsinden)

Şekil 8.20, silikon ve ferro silikon proseslerinden büyük miktarda atık enerji olduğunu göstermektedir. Örneğin, ferro-silikon ve silikon metal üretiminde, tüketilen enerjinin sadece yaklaşık %32'si, ürün içinde kimyasal enerji olarak tutulmaktadır. Bu, enerjinin yaklaşık %68'inin, fırın dışı gaz ve soğutma suyu sisteminde atık ısı olarak kaybedildiği anlamına gelir. Şekil ayrıca indirgeme malzemelerinden uçucu maddelerin enerji girdisine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir. Enerji geri kazanımının yaşama gücü, potansiyel tasarruflara ve enerjinin kullanımına bağlı olarak sahaya özel bir konudur.

Prosesin yüksek bir metal verimiyle çalıştırılması veya daha düşük enerji kaybı için fırın tasarımının iyileştirilmesi gibi enerji tüketimini azaltmak için yapılabilecek bazı doğrudan tesis iyileştirmeleri vardır. Yüksek miktarda metal oksit, gang materyallerinin daha düşük bir içeriğine ve daha az cüruf oluşumuna işaret eder, böylece cürufu eritmek için gerekli elektriksel güç oranını azaltır. Bununla birlikte, hammaddelerin kalitesi ve metal oksit içeriği, ferro alaşımların üretiminde fırının yeterli çalışma koşullarını elde etmek için gerekli olan cürufun gerekli minimum oranı ile sınırlıdır.

Siliko-manganez üretimi durumunda, metalik silikonun kullanımı tüketilen enerjiyi azaltabilir [243, Fransa 2008].

Avusturya'da ferro-vanadyum üreten bir tesiste, daha yüksek miktarda  $V_2O_5$  mevcutsa,  $V_2O_5$  ve alüminyum reaksiyonu sırasında elektrik ark fırınının elektrik tüketimi daha yüksek reaksiyon entalpisi ile azaltılır. Buna karşılık, daha yüksek miktarda alüminyum eklenerek, ham maddenin daha yüksek oksijen içeriği azaltılmalıdır. Özel elektrik tüketimi, yıllık ortalama 3.1 kWh/kg vanadyumdan <1.0 kWh/kg vanadyum'a düşürülmüştür. Bu enerji azaltma temel olarak çalışma modunun iyileştirilmesiyle sağlanmıştır.

Doğrudan tesis iyileştirmelerine ek olarak, elektrik ark ocağı tarafından tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %15-20'si bir enerji geri kazanım sistemi ile elektrik olarak geri kazanılabilir. Bu yüzde, elektrik üreten ve fırın soğutmasının ve çıkış gazının termal enerjisini kullanan bir sistem için oldukça yüksektir. Fosil yakıtların yerine konması için CO gazının doğrudan ikinci bir yakıt olarak kullanılması durumunda bu durum söz konusu olacaktır.

Enerjiyi geri kazanmanın en iyi yolu ısı enerjisi üretmektir. Fırından gelen sıcaklık, fırından çıkan toplam gazla belirlenir ve 200°C ila 900°C arasında değişebilir. Isı enerjisi için ekonomik olarak makul bir kullanımın olmamasından dolayı, bazı tesisler elektrik enerjisi olarak enerjiyi geri kazanmaktadır. Bu daha düşük bir enerji geri kazanımı oranı verir.

Çoğu zaman enerji geri kazanımı verimliliği Tablo 8.27'de gösterildiği gibi fırına elektrik enerjisi girdisi ile ilişkili olarak geri kazanılan enerji miktarı olarak tanımlanır.

**Tablo 8.27: Silikon ve ferro silikon fırınlar için enerji geri kazanımı verimliliği**

Uygulanabilirlik	Elektriksel güç geri kazanımı	Isı geri kazanımı
Mevcut tesisler	22	70
Optimize edilmiş yeni tesisler	30–35	70–100
(1) Geri kazanım, indirgeme fırınının elektrik enerjisi girdisi ile ilgilidir. Çıkış gazındaki ısı enerjisi, elektrik enerjisinden %20 daha yüksek olabilir.		
Kaynak: [226, Nordic Report 2008]		

FeCr, FeSi, silikon metali, SiMn veya FeMn üretimi için yarı kapalı bir daldırılmalı elektrik ark ocağı kullanılıyorsa, eritme işleminden çıkan CO gazı hava ile yanarak sıcak bir gaz oluşturur. Bu nedenle, yarı kapalı fırınlar bazen bir entegre enerji geri kazanım sistemi olarak atık ısı kazanı ile donatılmıştır. Atık ısı kazanı, komşu fabrikalara satılabilecek veya bir geri-basınç türbinde elektrik üretimi için kullanılan aşırı ısıtılmış buhar üretir.

Kapalı bir elektrik ark fırında FeCr, FeMn veya SiMn üretimi sırasında, çıkış gazı yük yüzeyinin üzerinde yanmadan toplanan CO'nun çok yüksek bir yüzdesini içerir. Bu CO, elektrik üretimi için uygun bir şekilde kullanılabilen veya komşu bir endüstriyel tesise ikincil yakıt olarak veya kimyasal işlemlerde bir hammadde olarak görev yapan bir sentez gazı olarak tedarik edilebilen yüksek kaliteli bir yakıttır. HC FeCr üreten kapalı bir fırında oluşan tipik bir CO-zengin gaz %75-90 CO, %2–15 H<sub>2</sub>, %2–10 CO<sub>2</sub>, %2-5 N<sub>2</sub> ve <%5 H<sub>2</sub>O içerir.

Tablo 8.28 ve Tablo 8.29, enerji geri kazanımı ve geri kazanılan enerjinin kullanılması için farklı olasılıklara genel bir bakış sunmaktadır.

Tablo 8.28: Norveçli ferro alaşımlar endüstrisinde enerji geri kazanımına genel bakış

Ferro-alaşım	Tesis sayısı	Kullanılan elektrik enerjisi (GWh/y)	Muhtemel Geri kazanım (GWh/y)			Güncel geri kazanım (GWh/y)		
			Elektrik Enerjisi	Termal Enerji	Toplam	Elektrik Enerjisi	Termal Enerji	Toplam
FeSi	9	4940	856	1024	1880	115	183	298
Si metal	3	1250	163	215	378		1	1
FeMn SiMn	4 (1)	2290	100	790	890	90	386	476
Total	16	8480	1119	2029	3148	205	570	595 <sup>(2)</sup>

(<sup>1</sup>) Gaz kısmen yakıt veya sentetik gaz olarak kullanılır.

(<sup>2</sup>) 1989 yılında bildirilen 16 ferro-alaşım tesisinin 8'i enerji geri kazanım ile enerji elde etti.

Not: 16 Norveçli ferro-alaşım tesislerinin enerji geri kazanım verileri.

Kaynak [ 148, Kolbeinsen, L. et al. 1995 ], [ 226, Nordic Report 2008 ]

Tablo 8.29: Dökme demir alaşımları üretirken enerji yeniden kullanımı

Ferro-alaşım	HC FeCr		HC FeMn		SiMn		FeSi	Si metal
	Yarı kapalı EAF	Kapalı EAF	Yarı kapalı EAF	Kapalı EAF	Yarı kapalı EAF	Kapalı EAF	Yarı kapalı EAF	Yarı kapalı EAF
Fırın Tipi								
Kurutma		X	X	X	X	X		
Pota ısıtma		X		X		X		
Sinterleme		X		X		X		
Ön ısıtma		X		X		X		
Sıcak su	X	X	X	X	X	X	X	X
Buhar	X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrik	X	X	X	X	X	X	X	X
Komşu değirmenler	X	X				X	X	X

NB: Enerji geri kazanımı her zaman kullanılmaz, çünkü yerel koşullar, örneğin yerel enerji fiyatları, üretim süreleri ve olası müşterilerin yokluğu dikkate alınmalıdır.

Kaynak [ 148, Kolbeinsen, L. et al. 1995 ]

### 8.3. MET'in belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler

Bu belgenin “MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler” başlıklı bölümleri, genel olarak, belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevre korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için hepsi ticari olarak mevcut bir dizi teknik sunmaktadır. İyi bir çevresel performans sergileyen teknikleri göstermek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstri, Avrupa Üye Devletleri ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak süreçler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki süreçlere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili süreçlerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

#### 8.3.1. Hammaddeler, teslim alma, elleçleme ve depolama

##### 8.3.1.1. Birincil malzemelerin alınması, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

Ferro alaşımların üretimi için hammaddelerin depolanması, yükleme boşaltması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler Bölüm 2'de (Bölüm 2.12.4.1'e bakınız) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF'de [290, COM 2006] ele alınmıştır.

#### Açıklama

Dikkate alınacak teknik bir torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Ferro alaşımların üretimi için kullanılan hammaddeler temel olarak cevherler, kuvars, konsantreler, indirgeyici ajanlar (kok kömürü, kömür, odun kömürü veya diğer karbonca zengin bileşikler), elektrotlar veya plazma, yakıtlar (gazlı, katı veya sıvı) gibi başka bir enerji kaynağıdır ve katkı maddeleridir. Bu malzemelerin depolanması ve elleçlenmesinin ana çevresel etkileri, yaygın toz emisyonları ve yağmur suyundan arındırılmasının neden olduğu yüzey suyu ve toprağın kirlenmesidir.

Tozlu ince malzemeler konveyörlerde kullanılır. Tehlike sınıflandırmalarına ve potansiyel etkilerine bağlı olarak, tozlu bölgeleri uzaklaştırmak için aktarma noktalarında su spreyleri kullanılabilir veya tozlu dağıtım noktalarında ekstraksiyon ve filtrasyon ekipmanlarının kullanıldığı kapalı taşıyıcılar ve transfer sistemleri kullanılabilir. Bu durumlarda silolardaki toz yüklü hava, kapalı konveyörler ve şarj sistemleri, temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşünü ölçerek izlenebilen torba filtreler kullanılarak temizlenir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.30, teslim almadan gelen toz emisyonlarını, birincil malzemelerin taşınmasını ve depolanmasını göstermektedir.

Tablo 8.30: Alımdan kaynaklanan toz emisyonları, birincil malzemelerin taşınması ve depolanması

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltma tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüleme sıklığı (sayı/yıl)	
Y	SiMn	Toz	Torba Filtre	3,6	15,6	Geçersiz data (ELV den daha yüksek)	Periyodik	12	
X	FeMo			0,4	17,7	NR	Periyodik	2	
AC	FeV + FeMo			NA	2,00	NA	NA	Periyodik (4 fırın)	NA
					1,13				
					1,01				
					1,74				
O	FeMn	3	4,6	5,6	Periodic	5 yılda 1 defa (3 örnek)			
O	SiMn	0,4	0,65	0,8	Periodic	5 yılda 1 defa (3 örnek)			

NB: NA = MEvcut değil, NR = Temsil edici değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik çoğu kurulum için geçerlidir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel Etki.
- Dolaylı enerji kaybı.

### Örnek Tesisler

NO, AT, BE ve ES'deki tesisler.

### Referans literatür

[290, COM 2006]

## 8.3.2. Malzeme ön işlem teknikleri

### 8.3.2.1. Ham maddelerin ezilmesinden ve öğütülmesinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Dikkate alınacak teknik bir torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Bazı tesisler, şarj malzemesinin istenen büyüklüğünü elde etmek için kırıcılar ve elekler kullanır. Malzemenin ıslak olması durumunda, kırıcılardan gelen yaygın toz ile ilgili sorun, toz ağır olduğundan küçüktür.

Toz üretilmezse ıslak malzemelerin kırılması ve elenmesi dışarıda yapılabilir. Kırma tesisleri, gürültü emisyonlarını ve titreşimi en aza indirecek şekilde inşa edilmiştir. Gerekirse, torba filtreler kırıcıların ve aglomerasyon ekipmanının emme havasını temizler. Toplanan toz, şarj sistemine geri döndürülür ve ek bir aglomerasyon aşamasına ihtiyaç duyulabilir (operasyon iç mekânda gerçekleştirilirse gerekli değildir).

Mobil ekipman kuru ve tozlu hammaddelerin kırılması veya hammadde olarak kullanılan ıslak cürüfların ezilmesi için kullanıldığında, toz emisyonlarının su püskürtme sistemi ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu durumlarda su geri dönüştürülür.

Özellikle ferro-krom üretimi için yüksek dereceli cevherler, her zaman yığın materyali olarak kolayca temin edilemez. Islak öğütme veya ıslak yerçekimi yöntemleriyle düşük dereceli cevherlerin yükseltilmesi (ağır ortam ayırımı, jig yıkama, spiral yıkama, yıkama masaları, vb.), gang minerallerinin uzaklaştırılması ve örneğin Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinin artması, dünya çapında yaygın bir uygulamadır. Bu yöntemlerin çoğu, filtrelenerek sudan arındırılması gereken ve tanelenmeden önce briketleme, sinterleme veya peletleme/sinterleme ile aglomere edilmesi gereken ince taneli, yüksek kaliteli bir ürün vermektedir. Aynı zamanda, kuartz gibi topak malzemesi, daha fazla miktarda safsızlık içeren ince materyali çıkarmak için su kullanılarak yıkanabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.31'de hammaddelerin ezilmesinden ve öğütülmesinden kaynaklanan toz emisyonları rapor edilmektedir.

**Tablo 8.31: Ham maddelerin ezilmesinden ve öğütülmesinden kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltma tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüle me sıklığı (sayı/yıl)
S	Si	Toz	Torba Filtre	NA	0,53	NA	Periyodik	1 (12 örnek, Her 2 saat)
I	LC SiMn +HC SiMn			7,8	8,3	8,8	Periyodik	4
T	Si			1,6	1,6	1,7	Periyodik	1 (3 örnek)
DE 1	FeCr			0,2	NA	0,3	Periyodik	Yarım saatlik

NB: NA = Mevcut değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

NO, FR ve ES'deki tesisler.

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 8.3.2.2. Ölçme, karıştırma ve harmanlamadan kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- su spreylere;
- torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

##### Teknik açıklama

Sinterlemeden önce, karıştırma işlemi birincil materyallerin taşıyıcı bantlar üzerinde katmanlanmasıyla yapılır. Karıştırma, kapalı karıştırma tamburları kullanılarak da geliştirilebilir. Tozlu ince malzemelerin taşınması için kapalı konveyörler ve transfer sistemleri kullanılmaktadır. Toz emme noktaları için ekstraksiyon ve filtrasyon ekipmanı kullanılmaktadır. Kapalı konveyörlerden ve şarj sistemlerinden gelen toz yüklü hava, temizleme mekanizmasını kontrol etmek için basınç düşüşünün ölçülmesiyle izlenebilen torba filtreler kullanılarak temizlenir.

Tozlu materyallerle çalışırken, su püskürtme veya buğulanma sistemleri konveyör sistemlerinin transfer noktalarında kullanılabilir. Örneğin, az miktarda su püskürten nozullar, hammaddelerin silolarında bulunan malzemelerin, ölçme/karıştırma sistemlerinde tartım hunilerinin içine aktarıldığı konveyörlerin üstüne yerleştirilebilir. İnce su damlacıkları havadaki toz parçacıklarını yakalar ve bunları konveyöre ya da toprağa hızla düşen daha ağır ve daha büyük olanları içine toplar. Etkin bir işlem için, su damlacıklarının büyüklüğü mümkün olduğunca küçük olmalıdır ve iyi bir temizlik gereklidir.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.32, ölçme, karıştırma ve harmanlama işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarını göstermektedir.

**Tablo 8.32: Ölçüm, karıştırma ve harmanlamadan kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi
Y	SiMn	Toz	Torba Filtre	3,0	4,8	7,7	Sürekli
AC	FeV + FeMo	Toz	Torba Filtre	NA	1,01 1,74	NA	Periyodik

NB: NA = Mevcut değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

##### Çapraz ortam etkileri



Bilgi verilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulama için itici güç**

Bilgi verilmedi.

### **Örnek tesisler**

Norveç ve Avusturya'daki tesisler.

### **Referans literatür**

[369, Treibacher Industries AG 2008]

### **8.3.2.3. Briketleme, peletleme ve hammaddelerin sinterlenmesinden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri**

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1) ve torba kumu (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) spesifik killer enjekte edilerek veya yapılmadan;
- ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6).

#### **Teknik açıklama**

Çok sayıda cevher ve konsantre sadece ince taneler olarak kullanılabilir ve bu ince tozları kullanmak için, özellikle HC FeCr, HC FeMn ve SiMn üreten bazı tesisler, sinterlenmiş topakları fırında bir hammadde olarak kullanırlar. Parazitlerin sinterlenmesi için en önemli sebep, yükün daha iyi bir gözenekliliğinin elde edilmesi, azaltma reaksiyonları ile ortaya çıkan gazın daha kolay nüfuz etmesi ve ortadan kaldırılmasıdır. Sinterleme, ocak fırınlarında (HC FeMn veya SiMn üretimi için manganez sinterinde) veya çelik kemer sinterleme fırınlarında (FeCr üretimi için sinter kromit topakları) ve birkaç ekonomik ve çevresel avantaj sağlayarak gerçekleştirilebilir.

Diğer emisyonlar (SO<sub>2</sub> vb.) sadece sıcak briketleme ve sinterleme ile ilgili olmakla birlikte, toz soğuk proseslerde ana sorun olmaktadır.

Izgara sinterleme sırasında oluşan atık gazları, bir elektrostatik çökeltici ve kumaş filtreler ile ayrılabilir. Sinterleme ve sinterin soğutulması sırasında oluşan çıkış gazının tamamlayıcı bir filtrasyonu, siklonlar veya kumaş filtreler kullanılarak elde edilebilir.

Bazı cevherlerin, örneğin manganez cevherlerinin, artan cıva konsantrasyonuna sahip olduğuna dikkat edilmelidir. Uçucu cıva süreçlerde serbest bırakılır ve cıva emisyonlarını azaltmak için bazı yöntemler gereklidir. Cıva, SO<sub>x</sub> veya dioksin gibi diğer kirletici maddelerin yanı sıra, spesifik killeri doğrudan çıkış gazına enjekte ederek filtrenin içinde kimyasal olarak yakalanabilir.

Çelik bant sinterleme fırını uygulayan tek AB-28 tesisi, ıslatma ekipmanı olarak ıslak gaz yıkayıcıları kullanır. Dünya çapında çelik bant sinterleme fırınları kullanan yaklaşık 15 tesis vardır.

## Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

## Çevresel performans ve operasyonel veriler

Spesifik killer enjekte edilerek veya yapılmadan ESP ve torba filtre

**Tablo 8.33: Briketleme, peletleme ve sinterleme kaynaklı emisyonlar**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltma tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüleme sıklığı (adet/yıl)
Z	HC FeMn	Toz	ESP + kimyasal olarak aktif torba filtresi	2,1	2,8	3,9	Sürekli	Yarım saatlik
		Hg		0,00	0,02	0,08	Periyodik	39
		Pb		0,01	0,04	0,11		
		As		0,00	0,003	0,017		
		Cd		0,00	0,003	0,014		
		Zn		0,02	1,29	1,80		
		Mn		0,02	0,51	1,35	Periyodik	36
		SO <sub>2</sub>		19	87	129	Periyodik	12
		NO <sub>x</sub>		158	261	333	Periyodik	21
PCDD/F	0,01 ng/Nm <sup>3</sup>	0,07 ng/Nm <sup>3</sup>	0,16 ng/Nm <sup>3</sup>	Periyodik	15			
Y	SiMn	Toz	NR	0,04	1,3	4,5	Sürekli	
DE 1	FeCr	Toz	Torba filtre	1,8	NR	2,8	Periyodik	Yarım saatlik

NB: NR = Bilgi verilmedi.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ] [ 385, Germany 2012 ]

### Islak gaz yıkayıcı

Bu aşamada ıslak gaz yıkayıcılar için günlük ortalama değerler olarak 10 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki emisyonlar bildirilmiştir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Soğuk hava ve kış koşullarından dolayı (örneğin sıcaklıkların -10°C ile -45°C arasında uzun süreler için) ve bu işlemlerden gelen gazların nemi nedeniyle, farklı tiplerde ıslak gaz yıkayıcılar kullanılmaktadır. Bu şartlarda, torba filtreleri, gazın donmasına ve tıkanmasına neden olan nem içeriği ve işlem gazlarının düşük sıcaklığı nedeniyle uygulanamaz.

### Ekonomi

Torba filtresi için yatırım maliyeti (<100 000 m<sup>3</sup>/h) yaklaşık 3 milyon Avro'dur.

### Uygulama için itici güç

- Emisyonların azaltılması.
- Enerji tüketiminde azalma.

### Örnek tesisler

- Torba filtresi: Fransa ve Norveç'teki tesisler (ızgara sinterleme).
- Islak yıkayıcı: Finlandiya'daki tesis (çelik bant sinterleme).

---

**Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

**8.3.2.4. Cevherlerin ve diğer hammaddelerin kurumasından kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri**

Sülfürik cevherlerin kurutulmasından kaynaklanan emisyonları azaltmak için teknikler, ferro-nikel üretiminde önemlidir. Nikel üretimi ile ilgili bölümde zaten tanımlanmıştır. Avrupa dışındaki bir tesis, lateritik cevherleri işleyerek, bir maden kurutucusundan gelen tozları parçalamak için tek başına bir teknik olarak bir ESP kullanıyor. ESP son zamanlarda devreye alındı ve sadece bir ay için değerler bildirildi. Toz emisyon değerleri 24 mg/Nm<sup>3</sup> ile 58 mg/Nm<sup>3</sup> arasında değişmekte olup ortalama 36 mg/Nm<sup>3</sup>'dür.

Ferro alaşımların üretimi için kullanılan hammaddeler bir çelik fabrikasından geldiğinde, daldırmalı elektrik ark ocaklarındaki tortular çoğunlukla kuru EAF tozudur. Bunlar genellikle karıştırılır ve sadece karışımdaki nem soğuk briketleme için gereken aralığı aştığında kurutulması gerekir. Soğuk briketleme her durumda nem gerektirir. Aksine, plazma işlemi için, kurutma gereklidir.

**8.3.2.5. Kok kurutmadan kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri****Açıklama**

Dikkate alınacak teknik bir torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama**

Bir ferro-krom üretim tesisinde kok kurutma için bir şaft fırını kullanılmaktadır. Fırın, yakıt olarak ergitme fırınından gelen CO zengini atık gaz kullanır. Azaltım ekipmanı için bir torba filtre veya bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılabilir [138, Niemelä, P. 1999].

Ergitme işleminde kullanılan kokun nemi, kokun ıslanması durumunda %10-20 gibi yüksek bir oranda olabilir. Hammaddedeki yüksek nem içeriği, özellikle kapalı fırınlarda, eritme işlemine genellikle zararlıdır ve ayrıca gerekli olan gücün ve kok tüketiminin artmasına yol açar. Kok kurutma, eritme şarjında doğru miktarda karbon temin etmenin bir yoludur.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Azaltılmış toz ve ince toz üretimi.
- Yakıt olarak CO açısından zengin gazın kullanımı, işlemin genel enerji tüketimini azaltır. Kurutmada kullanılan CO'nun enerji içeriği 550-700 MJ'dir.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Kok tozu emisyonları havaya yaklaşık 35–45 g/ton koka sahiptir. Kok yatağının sıcaklıkları, SO<sub>2</sub> oluşumu için düşüktür. CO<sub>2</sub> emisyonları 45-70 kg/ton FeCr, ve NO<sub>2</sub> yaklaşık 20 g/ton koktur.

**Çapraz ortam etkileri**

Bilgi verilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Torba filtresinin kullanımı genellikle uygulanabilir.

Bu teknik, fırınlardan temin edilebilen bir CO zengini gaz çıkışı olması şartıyla, ıslak söndürülen kok kullanan tüm yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

## Uygulama için itici güç

- Enerji tüketiminin azaltılması.
- Emisyonların azaltılması.

## Örnek tesis

Finlandiya'da bir tesis.

## Referans literatür

[138, Niemelä, P. 1999].

### 8.3.2.6. Ergitme işleminden önce haddeme ölçeğinin veya talaşın ısı işleminden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Dikkate alınacak teknik, bir sonyakıcının (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1) ve ardından bir seramik filtre kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.5).

#### Teknik açıklama

Bir döner fırındaki titanyum talaşının yağdan arındırılması, ferro-titanyum üretimi ile ilgili Bölüm 8.1.8'de açıklanmıştır.

Filtre tesisine giren gazların maksimum sıcaklığı 350°C'dir. Filtre, 350°C'de yaklaşık 7000 Nm<sup>3</sup>/saat olarak derecelendirilmiştir ve 576 seramik filtre içerir. Filtreler boru şeklindedir ve kalsiyum veya alümina silikattan imal edilir. Temizleme çevrimi tamamen otomatiktir ve bir ters hava sinyal sistemi vasıtasıyla temizleme yapılır. Bacadaki toz emisyonları sürekli olarak izlenir ve önceden belirlenmiş bir seviyenin üzerindeki herhangi bir sapma alarm verir.

Çoğu uygulama için metal endüstrisi, hava kaynaklı emisyonları kontrol etmek için torba filtreler kullanıyor olsa da bu uygulama için atık gaz akımının yüksek sıcaklığı nedeniyle bir seramik filtre kullanılmaktadır. Seramik filtre en düşük çevresel etki ile iyi filtreleme sağlar.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve VOC emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis aşağıdaki programları kullanır:

- Gaz: Tüketilen malzemenin yoğunluğuna ve mevcut yağ ve nem kontaminasyonuna bağlı olarak tüketilen gaz miktarı büyük ölçüde değişir. Ortalama tüketim genellikle işlenmiş 374 m<sup>3</sup>/ton talaştır.
- Elektrik: Tesis bağımsız olarak ölçülmemiştir. Bununla birlikte, elektrik tüketiminin tipik olarak işlenen 180 kilovat/ton talaş olduğu hesaplanmıştır.
- Su: Hiçbiri kullanılmaz.

Son yakıcı, 20 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında VOC değerlerine ve 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındaki seramik filtrelerinin toz değerlerine ulaşır.

Suya hiçbir emisyon oluşmaz ve süreçten çıkan atık tozları lisanslı bir depolama sahasına alınır. Oluşan duman tozunun miktarı, işlenen talaşın miktarına ve kalitesine bağlı olacaktır.

#### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknikler yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.

#### Ekonomi

Döner kurutucu ve sonyakıcı 1993 yılında kuruldu. 1998 yılında maliyet 0,607 milyon Avro oldu. 1998 yılında kurulan siklon, kanallama ve (seramik filtre) filtrasyon tesisi 0,410 milyon Euro'ya mal olmuştur. Tahmini genel proje maliyeti (1998) 1,017 milyon Avro'dur.

#### Uygulama için itici güç

Emisyonların azaltılması.

#### Örnek tesisler

İngiltere'de bir tesis.

#### Referans literatür

[159, Coulton, G. 1999]

#### 8.3.2.7. Enerji tüketimini azaltmak için ön ısıtma ve cevherlerin ön indirgemesi

##### Açıklama

Fırın gazını kullanarak kromit, laterit veya manganez cevherinin ön ısıtılması ve ön indirgemesi, belirli elektrik enerjisi tüketimini azaltır ve aynı zamanda ergitme fırını verimliliğini artırır.

##### Teknik açıklama

Manganez cevheri için, yüksek manganez oksitlerin ön indirgenmesi, topaklı cevher kullanıldığında veya sinter tesisinde sinterleme sırasında doğrudan fırının üst kısmında sağlanır. Diğer ön indirgeme teknikleri (döner fırın, şaft tipi fırın vb.) Manganez için kullanılabilir, ancak şu anda dünya çapında sadece çok az sayıda tesis (varsa) tarafından kullanılmaktadır.

Kullanılan hammaddelerde (ör., Bazı manganez cevherleri) cıva mevcut olduğunda, uçucu cıva, işlemde açığa çıkar ve dolayısıyla cıva emisyonlarını azaltmak için harekete geçmek gerekir.

Japonya'da, ferro krom üretiminde, kromit cevheri tozu, bir indirgeme maddesi olarak kok ile pelet haline getirilir ve döner bir fırında pişirilir. Pulverize bir kömür/CO/yağ yakıcısı fırını ısıtır. Buhar üretmek için atık ısı kazanı içerisinde fırından gelen atık ısı geri kazanılır. Egzoz gazı bir torba filtresinde temizlenir. Önceden indirgenmiş peletler, reoksidasyonun önlenmesi için tasarlanan tamamen kapalı bir ankastre haznede depolanır. Azaltılmış malzeme daha sonra ön ısıtma ve ön indirgemeyi birleştiren fırına sıcak olarak yüklenir.

Ferro-nikel üretiminde, metalurjik karışımın ön ısıtma ve ön indirgemesi (laterit cevherleri, geri kazanılmış toz ve pelet, kömür ve kok şeklinde çamur) ergitme fırını öncesinde döner fırında uygulanır. Avantajlar, elektrik enerjisi tüketimindeki düşüş ve eritme fırını verimliliğindeki artıştır.

Outokumpu işleminde, yük, ergitme ile üretilen CO gazı tarafından ön ısıtmaya tabi tutulur. Yükün ön ısıtılmasıyla, elektrik enerjisinin tüketimini, her bir ton ferro krom başına 100°C'lik ön ısıtma ısı başına 250-330 MJ azaltabilmesi mümkün olmuştur. Yükü 700°C'ye önceden ısıtmak suretiyle, malzeme ve elektrik fırınının içine yüklenmeden önce uçucuların ve nemin çoğu uzaklaştırılabilir. Böylece daldırmalı ark fırında indirgeyici gazların oluşumu stabildir.

Ön ısıtma fırını kapalıdır. Hava, fırının içine sızmasını veya gazın çevreye sızmasını önlemek için, şaft tipi fırındaki yatak üzerinde basınç sıfırdır. Karbon kayıpları, sıcaklık (800°C) ve fırın içinde

çok düşük oksijen içeriği ile en aza indirgenir. Fırından çıkan gaz, bir Venturi gaz yıkayıcıda temizlenir.

Bu teknik sadece enerji tüketimini azaltmak için kullanılmaz, aynı zamanda kapalı fırına tedarik edilen hammaddeyi daha homojen hale getirir ve ocakta yer alan kimyasal işlemleri kolaylaştırır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Sonraki eritme işlemi için gerekli elektrik enerjisinin azaltılması. Kapalı fırınlarda HC FeCr veya HC FeMn üreten süreçler için kok tüketimi 420-520 kg/ton aralığındadır. Bir enerji kaynağı ve indirgeyici bir madde olarak kömür veya diğer karbonlu materyaller kullanılarak cevherin önceden indirgenmesi, indirgeme fırında gerek duyulan kok miktarını ve elektrik gücünü azaltacaktır.
- Şarjı 700°C'ye önceden ısıtmak suretiyle, malzeme ve elektrik fırınının içine yüklenmeden önce uçucu maddelerin çoğu ve nemden arındırılabilir. Böylece fırında indirgeyici gazların oluşumu stabildir.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Sonraki eritme fırınının elektrik enerjisi tüketimi, eritme fırınının ön ısıtma sıcaklığındaki 100°C artış başına 70–90 kWh azalır.

Pelet/topak cevherinin karıştırıldığı ve 700°C'lik ön ısıtma sıcaklığının kullanıldığı şaft tipi fırında, havaya bırakılan çıkış gazı miktarı 500-600 Nm<sup>3</sup>/ton FeCr'dir, CO<sub>2</sub> miktarı 300-400 kg/ton FeCr'dür ve toz emisyonu 1-5 g/ton FeCr'dir. Fırın işlemleri tahliye ve azaltma ekipmanı ile donatılmıştır. Sıcaklıktan dolayı, gazların temizlenmesi için ıslak gaz yıkayıcı kullanılır. İnert çamur bazı inşaat uygulamaları için kullanılabilir.

### **Çapraz ortam etkileri**

Döner fırın ön indirgeme tekniğinde, toplam karbonlu materyal tüketiminin ve bir bütün olarak prosesin brüt enerji tüketiminde bir artış vardır [149, Schei, A, et al. 1998].

Şaft ön ısıtmasında tüketim artmaz.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Ön ısıtma ve ön indirgeme yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.

Sekonder yakıt olarak CO kullanımı sadece kapalı fırın kullanan tesisler için mümkündür.

### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulama için itici güç**

Enerji tüketiminin azaltılması (demir-krom eritme elektrik tüketimi, besleme malzemelerinin ön ısıtılmasıyla azaltılabilir).

### **Örnek tesisler**

Fransa ve Finlandiya'daki tesisler.

### **Referans literatür**

[111, Shunan Denko, Japonya 1998], [140, Ferro-Alaşım Uzman Grubu 1998], [243, Fransa 2008]

### **8.3.3. Ferro alaşım indirgemesi**

#### **8.3.3.1. Kirleticilerin emisyonlarını önleme ve azaltma teknikleri**

Ferro alaşımların üretiminde en önemli aşama metal oksitlerin indirgenmesi ve işlemde bulunan demir ile alaşımın ayrıştırılmasıdır. İndirgeme maddesine bağlı olarak, farklı türde eritme sistemleri (elektrik ark ocağı veya bir reaksiyon potası) kullanılır. Elektrik ark fırınları normalde kapalı, yarı kapalı veya açık tip olarak suya batırılır. Farklı ergitme sistemlerinin tasarımları, istenen üretim esnekliği, hammadde aralığı, yeni fırınlarda enerji geri kazanımı olanakları, fırın tasarımı ve çevresel performanstan etkilenir. Enerji geri kazanımı için dikkate alınması gereken farklı teknikler, kullanılan ergitme sistemine ve enerji fiyatları, inşaat süreleri ve potansiyel müşterilerin varlığı gibi yerel koşullara bağlıdır.

Ferro alaşımların üretimi için kullanılan farklı fırınlar daha önce tarif edilmiştir ve üretilen alaşımları ve çeşitli sistemlerin avantajlarını/dezavantajlarını özetleyen Tablo 8.4'te listelenmiştir.

#### **8.3.3.1.1. Açık daldırmalı ark ocaklarından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri**

Açık ocaklar, temizlenecek olan daha yüksek çıkış gazı hacmi ve farklı işletim modlarına (örneğin, ince tozların kullanılması, fırın koşulları, ön ısıtmanın olmaması) bağlı olarak yarı kapalı veya kapalı fırınlardan daha yüksek bir elektrik enerjisi tüketimine sahiptir. Ayrıca, enerji geri kazanımı yarı kapalı ve kapalı fırınlarda olduğundan çok daha kısıtlıdır (sadece sıcak su).

Açık daldırmalı ark ocağı üç elektrot ile FeMn, SiMn, FeSi, FeNi ve silikon metal üretimi ve alaşım geri kazanımı için kullanılır. Bir elektrotlu açık daldırmalı fırınlar FeV, FeB ve özel ferro alaşımlar üretimi için kullanılır. Açık fırın ayrıca çelik değirmen kalıntılarında ferro alaşımların eritilmesinde de kullanılır. Avusturya'daki ferro-alaşım bir tesiste, FeV80, üç elektrotlu açık bir daldırmalı ark ocağında üretilmektedir.

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, bir emici filtrenin (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) adsorban enjeksiyonu ile veya enjeksiyonu olmadan kullanılmasıdır.

#### **Teknik açıklama**

##### *Torba filtresi*

Ferro-alaşım ve metalürji endüstrisinde birçok durumda torba filtreler, kirli duman/gaz tarafındaki fanlar ile basınç filtreleridir. Temiz gaz tarafındaki fanlar ile kapalı emiş filtreleri de kullanılır. Aşırı emme filtreleri ile karşılaştırıldığında kapalı emiş filtreleri, enerji geri kazanımı (elektrik üretimi için) ve belirli izleme koşullarında avantajlara sahiptir.

##### *Adsorban enjeksiyonlu torba filtre*

Kullanılan hammaddelerde (örneğin, bazı manganez cevherleri) cıva mevcut olduğunda, uçucu cıva süreçlerde açığa çıkar ve cıva emisyonlarını azaltmak için spesifik teknikler gereklidir. Çelik değirmen kalıntılarında ferro alaşımların eritilmesi için, hammaddelerin yüksek çinko içeriği (%30'a kadar ZnO), atık gazda bulunan çinko buharının yanmasını ve büyük miktarların toplanmasını sağlamak için ve ZnO açısından zengin tozun (ton başına 200 kg'a kadar) torba filtrelerinde fazla hava gerektirir.

Bu fırınlarda, aktif gaz veya linyit kokunun enjeksiyonu, çıkış gazındaki dioksin ve cıva düzeylerini düşürmek için kullanılır.



---

**Elde edilen çevresel faydalar**

*Torba filtresi*

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

*Adsorban enjeksiyonlu torba filtre*

Toz, cıva, kadmiyum ve dioksin emisyonlarının azaltılması.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Torba filtresi

Tablo 8.34: Açık batık ark ocaklarından çıkan emisyonlar (konsantrasyonlar)

Tsis	Üretilen Ferro-Alaşım	Kirletici	Azaltım yöntemi	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
T	FeSi	Toz	Torba filtre	NA	0,53	NA	Periyodik (Fırın A)	1 (2 örnek)
		SO	Hiçbiri		36			1 (1 örnek)
		NO <sub>x</sub>			10			
	FeSi	Toz	Torba filtre	NA	NR	NA	Periyodik (Fırın B)	1(2 örnek)
		SO	Hiçbiri		50			1 (1 sample)
		NO <sub>x</sub>			27			
	FeSi	Toz	Torba filtre	NA	NR	NA	Periyodik (Fırın C)	1 (2 örnek)
		SO	Hiçbiri		65			1 (1 örnek)
		NO <sub>x</sub>			55			
P	Si metal	Toz	Torba filtre	0,6	1,6	2,6	Periyodik (Fırın A, 2010, 2011 ve 2012 yılları)	2
				2,7	5,5	8,2		
				1,5	4,5	7,4		
				2,2	2,2	2,2		
				2,7	5,5	8,2	Periyodik (Fırın B, year 2012; in years 2010 and 2011 A ve B Fırın ları torba filtreleri paylaşır)	
				1,5	4,5	7,4		
				1,9	2,5	3,1	Periyodik (Fırın C, 2010, 2011 ve 2012 yılları)	
				2,9	3,9	4,9		
				0,65	0,7	0,7		
				SO <sub>2</sub>	Hiçbiri	34	86	
NO <sub>x</sub>	29,4	83	131	NA		NA		
Q	Si metal	Toz	Torba filtre	NA	3,9	NA	Periyodik	2
		SO <sub>2</sub>	Hiçbiri		41			
		NO <sub>x</sub>			42			
		VOCs			3,75			
R	Si metal	Toz	Torba filtre	NA	5,4	NA	Periyodik (Fırın A)	3
		Partikül metaller	Hiçbiri		0,12			
		SO <sub>2</sub>			19			
		NO <sub>x</sub>			18			
		VOCs			3,2			
		PAH			0,00002			
		PCDD/F			0,0008 ng/Nm <sup>3</sup>			
	FeSi	Toz	Torba filtre	NA	31,17*	NA	Periyodik (Fırın B)	3
		Partikül metaller	Hiçbiri		0,08			
		SO <sub>2</sub>			82			
		NO <sub>x</sub>			28			
		VOCs			8,57			
		PAH			0,0001			
		PCDD/F			0,0018 ng/Nm <sup>3</sup>			
CaSi	Toz	Torba filtre	NA	22,0*	NA	Periyodik (Fırın C)	3	
	Partikül metaller	Hiçbiri		0,05				
	SO <sub>2</sub>			48,3				
	NO <sub>x</sub>			34,3				
	VOCs			8,57				
	PAH			0,00001				
	PCDD/F			0,0008 ng/Nm <sup>3</sup>				
S	Si metali	Toz	NA	0,86	2,84	8,2**	Periyodik (Fırın A)	1 (12 örnek)
		Partikül metaller		NA	0,048	NA		1 (1 örnek)

		SO <sub>2</sub>			18														
		NO <sub>x</sub>			41														
		VOC'ler			0,98														
		PAH			NM														
		Toz			Torba filtre				1,01	14,98**	NA	Periyodik (B and C fırınları)	1 (16 örnek)						
		Partikül metaller			Hiçbiri				NA	NA	NA		1 (1 örnek)						
		SO <sub>2</sub>												0,086					
		NO <sub>x</sub>												9,4					
		VOC'ler												28					
		VOC'ler												2,33					
PAH	NM																		
U	Si metali	Toz	Torba filtre	1,7	2,0	2,8	Periyodik (Fırın A)	1 (4 örnek)											
		Partikül metaller	NA	0,008	NA	1 (2 örnek)													
		SO <sub>2</sub>	Hiçbiri	NA	NA	NA		1 (2 örnek)											
		NO <sub>x</sub>							31	32	32								
		NO <sub>x</sub>							6,3	6,4	6,3								
		VOC'ler							10										
		VOC'ler							NA	0,0002	NA								
		PAH							1										
		Si metali	Toz	Torba filtre	1,4	4,0		11,4**	Periyodik (Fırın B)	1 (4 örnek)									
			Partikül metaller	0,008	0,17	0,328		1 (2 örnek)											
			SO <sub>2</sub>	Hiçbiri	NA	NA		NA		1 (2 örnek)									
			NO								30,3	31,2	32						
	NO		19																
	VOC'ler		12																
	PAH	0,0008	0,0008	0,0009	1														
	1 (2 örnek)																		
	Si metali	Toz	Torba filtre	1,5	1,6	1,7	Periyodik (Fırın C)	1 (4 örnek)											
		Partikül metaller	0,008	0,008	0,009	1 (2 örnek)													
		SO <sub>2</sub>	Hiçbiri	NA	NA	NA		1 (2 örnek)											
		NO <sub>x</sub>							34,5	35,3	36								
		NO <sub>x</sub>							17,8										
		VOC'ler							5,4										
	PAH	0,0000 9	0,0001	0,0001	1														
	1 (2 örnek)																		
V	Si metali	Toz	Hiçbiri	NA	NA	NA	Periyodik	1											
		Partikül metaller																	
		SO <sub>2</sub>																	
		NO <sub>x</sub>																	
		VOC'ler																	
		PAH																	
H	HC FeMn	Toz	Torba filtre	1,53	4,141	7,96	Periyodik	5											
		Cd+Hg+Tl		0,0012	0,0087	0,016													
		Pb		0,0041	0,011	0,030 2													
		Mn		0,68	1,24	2,368													
		Sb+Cr+Co+Cu+ Mn+Ni+V		0,7	1,37	2,41													
		As+Te+Se		0,001	0,002	0,004													
		HCl		Hiçbiri	NA	NA			NA	NA	NA								
		HF																	
		SO <sub>2</sub>																	
		NO <sub>x</sub>																	
		NO <sub>x</sub>																	
		VOC'ler																	
		PCDD/F										0,0031 ng/Nm <sup>3</sup>	0,013 ng/Nm <sup>3</sup>	0,024 ng/N m <sup>3</sup>					
		AC										FeV FeMo +	Toz	Torba filtre	NA	1,0	NA	Periyodik	
													Organik karbon PAH	Hiçbiri	1,7 NA	23 µg/Nm <sup>3</sup>	3,3 NA		
0,99																			
1,07																			
1,36																			

## Bölüm 8

		PCDD/F			< 0,001 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>			
O	LC SiMn	Toz	Torba filtre	0	3	NA	Sürekli (Yıl 2012)	günlük
		Pb+Cd+Hg		0,004	0,005	0,007	Periyodik	3
		CO		17	70	213	Sürekli	günlük
		SO <sub>2</sub>		0	0	0	Periyodik	24
		NO <sub>x</sub>		0	7	16		
		PCDD/F	Hiçbiri	0,004n g I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	0,007 ng I-TEQ/ Nm <sup>3</sup>	NA	Periyodik	1
O	LCSiMn	Toz	Torba filtre	1	2,1	4,2	Periyodik (yıl 2012)	1
DEI	FeCr	Toz	Torba filtre	0,1	NA	0,4	Periyodik (yıl 2011)	Yarım saatlik

\* Bildirilen ELV 9 mg/Nm<sup>3</sup>'dir  
\*\* Bildirilen ELV 5 mg/Nm<sup>3</sup>'dir  
NB: NA = MEvcut değil, NM = Ölçülmedi, NR = Temsil edici değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Tablo 8.35: Açık daldırmalı ark ocaklarından kaynaklanan emisyonlar (kütle yükler)**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
N	FeSi	Toz	Torba filtre	0,56	0,57	0,58	Hesaplama	
		SO <sub>2</sub>	Birincil önlemler	4,0	6,3	8,7	Periyodik	2 defa (her defasında 1 örnek)
		NO <sub>x</sub>		4,7	5,4	6,1		2 defa (her defasında 3 örnek)
M	FeSi	Toz	Torba filtre	0,47	0,47	0,47	Hesaplama	
		SO <sub>2</sub>	Birincil önlemler	4,5	5,4	6,3	Periyodik	2 defa (her defasında 1 örnek)
		NO <sub>x</sub>		2,2	3,6	3,9		2 defa (her defasında 3 örnek)

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Adsorban enjeksiyonlu torba filtre

0,2 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altında cıva ve kadmiyum emisyonları elde edilebilir.

### Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

#### Torba filtresi

Torba filtreleri hem açık daldırmalı ark ocaklarında hem de üç elektrodlu ve tek elektrodlu olarak uygulanabilir.

Teknik kısıtlamalar, ölçüm türlerini etkileyebilir: ferro silikon ve silikon metal için, dumanın daha yüksek sıcaklığı ve torba filtresinin egzozunun spesifik geometrisi (egzoz borusu yerine egzoz kutuları) teknik olarak sürekli izlemeye izin vermez.

### *Adsorban enjeksiyonlu torba filtre*

Emici maddenin enjeksiyonu, çelik değirmeni kalıntılarında alaşım geri kazanımı gibi proseslerle ilişkilidir, burada gazdaki uçucu metalleri (örneğin civa) muhtevanın azaltılmasına ihtiyaç vardır.

#### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

#### **Uygulama için itici güç**

Toz emisyonlarının azaltılması.

#### **Örnek tesisler**

ES, FR ve AT tesisler.

#### **Referans literatür**

[369, Treibacher Industries AG 2008]

#### **8.3.3.1.2. Yarı kapalı daldırmalı ark ocaklarından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri**

Yarı kapalı daldırmalı ark fırınları FeCr, FeMn, SiMn, FeNi, FeSi ve silikon metal alaşımı ve özel ferro alaşımların geri kazanımı için kullanılır.

#### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, bir emici filtrenin (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) adsorban enjeksiyonu ile veya enjeksiyonu olmadan kullanılmasıdır.

#### **Teknik açıklama**

Yarı kapalı fırınlarda ferro-alaşım proseslerinden kaynaklanan ana emisyonlar toz, metal, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> ve PCDD/F'dir. İz emisyonları PAH içerir.

#### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

#### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Torba filtresi

Tablo 8.36: Torbalı filtreler kullanılarak yarı kapalı daldırmalı ark ocaklarından çıkan emisyonlar

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
L	SiMn	Toz	Torba filtre	2	3	3	Periyodik (yıl 2012)	Her iki yılda bir defa (3 örnek)
				1	1	1	Periyodik (yıl 2010)	
				5	5	5	Periyodik (yıl 2008)	
O	LC FeMn	Toz	Torba filtre	0	2	20	Sürekli (yıl 2012)	Günlük
		Pb+Cd+Hg		0,004	0,006	0,010	Periyodik	3
		CO		21	48	119	Sürekli	Günlük
		SO <sub>2</sub>		0	0,2	1,4	Periyodik	24
		NO <sub>x</sub>		6	52	185		
		PCDD/F	Hiçbiri	0,004 ng I-TEQ/ Nm <sup>3</sup>	0,006 ng I-TEQ/ Nm <sup>3</sup>	0,01 ng I-TEQ/ Nm <sup>3</sup>	Periyodik	1
O	LC FeMn	Toz	Torba filtre	10,2	20,3	NR	Periyodik (Fırın A, yıl 2013)	Her iki yılda bir defa
	LC FeMn	Toz	Torba filtre	10,2	17,4	NR	Periyodik (Fırın B, yıl 2013)	Her iki yılda bir defa
AA	FeCr	Toz	Torba filtre	1,2	3,0	8,8	Sürekli	Günlük
		Cr			0,3		Periyodik	4
	FeSi	Toz	Torba filtre	1,0	2	3,9	Sürekli	Günlük
		Cr			0,04		Periyodik	2
		CO		NA	60	NA	Periyodik	1
		SO <sub>2</sub>	Hiçbiri	NA	120	NA		
NO <sub>x</sub>			245					

NB: NA = Bildirilmedi, NR = Temsil edebilir değil.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [ 407, Euroalliances 2013 ]

**Tablo 8.37: Adsorbent enjeksiyonlu torba filtreler kullanılarak yarı kapalı daldırma ark ocaklarından çıkan emisyonlar**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
AB	FeCr	Toz	İkinci aşamada adsorban enjeksiyonu iki aşamalı torba filtre	3	5	7	Sürekli	Günlük
		Hg		< 0,0005	0,013	0,033	Periyodik	5
		Pb		0,013	0,026	0,075		
		F		0,057	0,113	0,29		
		Cd		0,0003	0,0013	0,0052		
		Cr		0,0051	0,0383	0,148		
		Ni		0,0007	0,0024	0,006		
		Mn		0,006	0,0087	0,0094		
		Zn		0,05	0,133	0,23		
		VOC		6,3	7,1	7,4		
		Sb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V		NA	0,16	NA		
		As+Te+Se			0,0027			
		Toplam siyanür			0,008			
		SO <sub>2</sub>			< 0,22			
		NO <sub>x</sub>			59			
PCDD/F		0,004 ng/Nm <sup>3</sup>						
NB: NA = Mevcut değil, Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]								

### Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

Teknik kısıtlamalar, ölçüm türlerini etkileyebilir: ferro-silikon ve silikon metali için, dumanın daha yüksek sıcaklığı ve filtre ünitesi egzozunun spesifik geometrisi (egzoz borusu yerine egzoz kutuları) teknik olarak sürekli izlemeye izin vermez.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

SE, NO, ES ve FR'deki tesisler.

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

Kapalı daldırmalı ark ocaklarından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Kapalı daldırmalı ark fırınları FeCr, FeMn, SiMn ve özel ferro alaşımların üretimi için kullanılır. FeNiMo ve FeV60 üreten premelt tesisler de bu tip fırını uygular.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- ıslak gaz yıkayıcı (Bölüm 2.12.5.1.6'ya bakınız);
- ıslak gaz yıkayıcı, ardından cıva azaltma teknikleri (ıslak ESP ve adsorber);
- Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

### Teknik açıklama

#### *Islak gaz yıkayıcı*

Islak gaz yıkayıcının uygulanması, kapalı fırınların çok yüksek sıcaklıklarda yıkanması ve çıkarılması gereken bir CO-zengin egzoz gazı ürettiğinde dikkate alınması gereken bir tekniktir.

FeCr üretiminde kapalı ergitme fırını içinde oluşan CO-zengin gaz %85-90 CO, %5-7 H<sub>2</sub>, %2-5 CO<sub>2</sub>, %2-5 N<sub>2</sub> ve %1-2 H<sub>2</sub>O içerir ve oluşan gaz FeMn/SiMn üretiminin kapalı eritme fırınları %40-80 CO, %5-50 CO<sub>2</sub> ve %0-15 H<sub>2</sub> içerir [407, Euroalliages 2013]. CO gazı çok düşük kükürt içeriğine sahip yüksek kaliteli bir yakıttır. Eritme kaynaklı egzoz gazı hacmi küçük olduğundan ve diğer işlemlerde kullanıldığı için, atmosfere toz emisyonları en aza indirgenir. Gaz, diğer yakıtların yerine, örneğin ağır petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazı yerine farklı tüketim birimlerine gider.

#### *Islak gaz yıkayıcı, ardından cıva azaltma teknikleri (ıslak ESP ve adsorber)*

Kullanılan hammaddelerde (örneğin, bazı manganez cevherleri) cıva mevcut olduğunda, uçucu cıva süreçlerde açığa çıkar ve cıva emisyonlarını azaltmak için spesifik teknikler gereklidir.

#### *Torba filtresi*

Islak temizleme sistemi yerine bir kumaş filtresi ile donatılan kapalı bir ferro-alaşım fırının bir vakası rapor edilmiştir. Bu filtre, egzoz gazlarından ısıyı geri kazanır ve bir ıslak gaz yıkayıcı ünitesine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Toplanan toz topak haline getirilir ve daha sonra fırına geri gönderilir ve temizlenen gaz bir kazan ünitesinde yanar.

### Elde edilen çevresel faydalar

#### *Islak gaz yıkayıcı*

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

#### *Islak gaz yıkayıcı, ardından cıva azaltma teknikleri (ıslak ESP ve adsorber)*

Toz ve cıva emisyonlarının azaltılması.

#### *Torba filtresi*

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Fırın tozlarında krom (VI) içeriği kapalı ocakta 5 ppm'dir. Fırın tozu esas olarak SiO<sub>2</sub>, MgO, Zn ve C'den ve daha az miktarda Cr, Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO'dan oluşur.

#### *Islak gaz yıkayıcı*



Tablo 8.38:

**Tablo 8.38: Kapalı daldırma ark ocaklarından ıslak gaz yıkayıcıları (konsantrasyon) kullanarak çıkan emisyonlar**

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
Z	HC FeMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	NA	0,7	NA	Tahmin	NA
		Hg		0,002	0,084	0,164	Periyodik	36
		Pb		NA	0,004	NA	Tahmin	NA
		As			0,002			
		Cd			0,01			
		Mn			0,09			
		Zn			0,01			
M	FeMn + SiMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	NA	NA	25,4	Periyodik (Fırın A, years 2011 and 2012)	Yılda 1 defa (1 örnek)
						33,8		
						2,6	Periyodik (Fırın B, 2010 ve 2012 yılları)	
						7,7		
L	FeMn + SiMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	16	23,7	32	Periyodik (Fırın A, yıl 2011)	Her 2 yılda 1 defa (3 örnek)
				11	11,7	13	Periyodik (Fırın B, yıl 2013)	
				10	12,3	14	Periyodik (Fırın C, yıl 2012)	
				30	34	39	Periyodik (Fırın D, yıl 2012)	
NB: NA = MEvcut değil. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]								

Tablo 8.39: Kapalı daldırmalı ark ocaklarından ıslak gaz yıkayıcıları (kütle yükü) kullanan emisyonlar

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)	
AE	HC FeCr	Toz	Islak gaz yıkayıcı	NA	0,2247	NA	NA	Sürekli	Sürekli
		Cr			0,0021				
		Hg			0,00000				
		Pb			0,0003				
		As			0				
		Cd			0,00000				
		Zn			0,0061				
		Ni			0,00003				
		Cu			0,00000				
		V			0,00001				
		VOC			0,0195				
		PCDD/F			2,1645				
M	SiMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	0,042	0,0635	0,085	Periyodik	2	
		SO <sub>2</sub>		0,0001	0,00055	0,001			
M	FeMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	0,026	0,059	0,092	Periyodik	2	
		SO <sub>2</sub>		0,0002	0,0004	0,0006			
L	FeMn + SiMn	Toz	Islak gaz yıkayıcı	NA	0,05	0,164	Periyodik	NA	

NB: NA = Mevcut değil.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Konsantrasyonlar ve yükler arasındaki korelasyonu görmek için, Tablo 8.40, Tesis M ve L tarafından rapor edilen konsantrasyonları ve yükleri içerir.

Tablo 8.40: Kapalı fırınlar kullanan tesislerde konsantrasyonlar ve kütle yükleri arasındaki korelasyon

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)
M	FeMn + SiMn	Toz	NA	NA	25,4	NA	NA	0,022
					33,8			0,026
					2,6			0,003
					64,1			0,085
L	FeMn + SiMn	Toz	16	23,7	32	0,034	0,050	0,067
			12	23,3	35	0,019	0,037	0,057
			20	25,7	31	0,031	0,036	0,044
			11	11,7	13	0,01	0,012	0,014
			13	38,3	58	0,015	0,050	0,075
			10	18,7	31	0,007	0,013	0,02
			10	12,3	14	0,014	0,017	0,02
			9	11	13	0,011	0,013	0,015
			10,2	13,1	15	0,012	0,014	0,018
			30	34	39	0,042	0,047	0,052
			12	18,3	30	0,019	0,028	0,045
			26	38	55	0,035	0,047	0,065

NB: NA = Mevcut değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

## Islak gaz yıkayıcı, ardından cıva azaltma teknikleri

Tablo 8.41: Islak gaz yıkayıcılar kullanan kapalı daldırmalı ark ocaklarından gelen emisyonlar ve ardından cıva azaltma teknikleri

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (kg/t)	Ortalama (kg/t)	Maksimum (kg/t)	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (Gednet/AY)
I	LC SiMn+HC SiMn	Toz	Venturi yıkayıcılar, kazan ve cıva arıtma tesisi (ıslak)	2,5	3,35	4,0	Periyodik	4
J	HC FeMn	Toz	Venturi, ıslak ESP ve adsorber	NA	2	NA	Hesaplamalı	NA
K	LC FeMn+MC FeMn + SiMn	Toz	Venturi, ıslak ESP ve adsorber	NA	2	NA		

NA = MEvcut değil,  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

## Torba Filtre

Tablo 8.42: Torba filtreleri kullanan kapalı daldırmalı ark ocaklarından çıkan emisyonlar

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Ortalama	Ölçüm tipi
AC	FeV + FeMo	Toz	Torba filtre	0,10	Periyodik
				0,16	
				0,10	

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

## Çapraz ortam etkileri

## Islak gaz yıkayıcı

Bir yıkama sıvısı ve daha fazla işlem gerektiren bir çamurun üretilmesi. Gaz yıkayıcılarından gelen su, farklı miktarlarda askıda katı madde içerecektir. Bunlar su sirküle edilmeden veya boşaltılmadan önce çıkarılmalıdır. İnert atık su çamuru, bazı inşaat uygulamaları için veya toprak dolgusu için kullanılabilir. Kirli su, kalınlaştırıcılar ve çökeltme havuzlarının bir kombinasyonuna pompalanır. Parçacıklar çoğunlukla çok ince olduğundan, koyulaştırıcılara yerleşmeye yardımcı olmak için bir topaklaştırıcı eklemek gerekir. Su ayrıca az miktarda siyanür içerecektir. Bu siyanür seviyesi cüruf granülasyonu için gaz yıkayıcı suyu kullanılarak azaltılabilir, bu da siyanürlerin çoğunun buharlaşmasına ve oksidasyonuna yol açar. Daha fazla indirgeme, büyük havuzlardaki uzun tutma süreleri ile elde edilebilmekte, boşaltma işleminden önce siyanürlerin oksidasyonuna imkân vermekte ve aynı zamanda askıda katı maddelerin düşük bir seviyeye çökmesi için zamana izin vermektedir. Siyanür giderimi cürufun ısı içeriğini kullanır.

## Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Islak gaz yıkayıcılar genellikle kapalı daldırılmalı ark ocaklarında uygulanabilir.

Torba filtrelerinin, yalnızca egzoz gazının oksitlendikten sonra (ve dolayısıyla düşük bir CO içeriğine sahip olduğu) kapalı daldırılmış fırınlarda uygulanabileceği, aksi takdirde patlama riski olduğu rapor edilmiştir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

- Islak gaz yıkayıcı: NO, ES, FR ve FI'deki tesisler.
- Islak gaz yıkayıcı, ardından cıva azaltma teknikleri: Norveç'te bir tesis.
- Torba filtresi: Avusturya'da bir tesis.

### Referans literatür

[369, Treibacher Industries AG 2008]

#### 8.3.3.1.3. Kapalı plazma toz sürecinden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Plazma toz prosesi çelik değirmen kalıntılarının (çoğunlukla paslanmaz çelik EAF tozu) işlenmesi için kullanılır. İnce taneli malzemeyi aglomerasyon gerektirmeden işler, ancak kuru besleme gerektirir.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- ıslak gaz yıkayıcı (Bölüm 2.12.5.1.6'ya bakınız);
- ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2);
- selenyum filtresi (Bölüm 2.12.5.5'e bakınız).

### Teknik açıklama

İsveç'teki bir tesiste, proses gazı üç aşamalı bir Venturi gaz yıkayıcı sisteminde soğutulur ve temizlenir, ardından ıslak ESP uygulanır. Şaft fırınına geri dönüştürülmeyen proses gazı, bir cıva filtre ünitesinde (selenyum filtresi) arıtılır. Temizlenen gaz daha sonra hammaddelerin kurutulmasında, su kazanlarında ya da ortak uzaktan ısıtma şebekesine enerji iletilmesinde ya da alevlendiğinde (fazla gaz) yakılır/kullanılır. Hammadde kurutma sistemi egzoz gazları iki torba filtrede temizlenir.

Fırın salonu da dahil olmak üzere toz/emisyon riski bulunan tüm emisyon noktalarından çıkan gazlar iki torba filtrede toplanır ve temizlenir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya emisyonların azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

İsveçli plazma tesisi, 70 000 ton/yıl'lık metal rulmanlı tanelerden yaklaşık 60 000 t/yıl ürün (Ni, Mo, Cr, Mn ve Fr) üretmektedir.

Bu fabrikadan toplam toz emisyonları Tablo 8.43'te rapor edilmiştir.

**Tablo 8.43: Kapalı plazma toz sürecinden kaynaklanan emisyonlar**

Toz emisyonunun kaynağı	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )	Toz (kg/yıl)	kg/t kuru hammadde
Alev	1,3	13,1	0,003
Kazan sonrası	1,0	34	
Torba filtre sonrası	0,12	131,3	
Toplam	NA	178,4	
NB: NA = Uygulanabilir değil.			

Yaygın kaynaklardan gelen toz emisyonlarının 30-70 kg/yıl olduğu tahmin edilmektedir.

Selenyum filtresinden sonraki cıva seviyesi %94 cıva çıkarma etkinliğine karşılık gelen 0,009 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

### Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Bilgi verilmedi.

### Örnek tesisler

İsveç'te bir tesis.

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 8.3.3.1.4. Birden fazla ocaklı fırınlardan kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Ferro-alaşımli sanayide, sülfidik cevher konsantrelerini oksitlere dönüştürmek için çoklu ocak fırınları (MHF) kullanılır. Molibden endüstrisinde, çok ocaklı fırın, molibdeniti (sülfidik konsantrat) molibden oksitlere (kavrulmuş molibden konsantrisi veya RMC) dönüştürmek için en yaygın kullanılan teknolojidir.

### Açıklama

Dikkate alınacak teknikler kuru tozsuzlaştırma (çökeltme odaları, siklonlar ve kuru ESP), ıslak tozsuzlaştırma (yıkayıcı, su kondenseri ve damla tutucu), sülfürik asit işlemi veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geri kazanımı (SO<sub>2</sub> azaltma) ve bir sis eliminatörüdür.

### Teknik açıklama

Çok ocaklı ocaklarda kavurma işlemleri için, ele alınacak ana çevresel konular toz kontrolü ve SO<sub>2</sub> azaltımıdır. Yayılan emisyonları önlemek için fırın ve gaz arıtımının çoğu basınç altında tutulur.

### *Çökeltme odaları, siklonlar ve kuru ESP (kuru toz alma)*

Bu tekniğin ana amacı kaba ve ince toz parçacıklarını uzaklaştırmaktır ve bu blok, çökeltme odaları, siklonlar ve kuru ESP gibi yaygın tekniklerin bir konfigürasyonundan oluşur.

### *Gaz yıkayıcı, su kondenseri ve damlacık giderici*

Bu tekniğin temel amacı, en ince toz partiküllerini ve asitler (HCl, HF) ve metal bileşikleri (selenyum bileşikleri, arsenik oksitler) gibi uçucu bileşenleri çıkarmaktır.

### *Sülfürik asit işlemi veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geri kazanımı*

Kuru ve ıslak tozdan arındırma işleminden sonra, SO<sub>2</sub> içeriği haricinde proses gazı temizdir. SO<sub>2</sub>'nin çıkarılması için birçok teknik kullanılabilir. Molibden kavurma için SO<sub>2</sub> sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) geri kazanımı ile azaltılabilir. Eğer SO<sub>2</sub> içeren işlem gazı bu şekilde işlenirse, ıslak sülfürik asit (WSA) işlemi en uygundur. SO<sub>2</sub> içeren proses gazı kükürtün yanmasıyla zenginleştirilirse, klasik sülfürik asit işlemi kullanılabilir. WSA süreci ve klasik sülfürik asit süreci arasındaki fark Bölüm 2'de açıklanmıştır.

### *Sis engelleyici*

Sulu bir eliminator genellikle sülfürik asit tesisinden sonra uygulanır. Asit sis yoğunluğuna ve buğu giderme verimi ile enerji tüketimi (ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonu) arasındaki dengeye bağlı olarak mum filtreleri (Brink filtresi) veya ıslak elektrostatik çöktürücüler kullanılabilir.

## **Elde edilen çevresel faydalar**

### *Çökeltme odaları, siklonlar ve kuru ESP (kuru toz alma)*

Kaba ve ince toz emisyonlarının azaltılması.

### *Gaz yıkayıcı, su kondenseri ve damlacık giderici*

En ince tozların, asitler ve metal bileşikleri emisyonları gibi uçucu bileşenlerin azaltılması.

### *Sülfürik asit işlemi veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geri kazanımı*

SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

### *Mist eliminator*

Asit sis yoğunluğunun azaltılması.

## **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bir sülfürik asit tesisi ile donatılmış kavurma işlemlerinden kaynaklanan toz emisyonu her zaman çok düşüktür, çünkü kuru ve ıslak tozdan arındırma işleminden sonra, katalitik konvertör yatakları kalan toz parçacıklarının çoğunu yakalar. Bu aslında kendi kendini düzenleyen bir döngüdür. Katalitik konvertör yataklarının tıkanmasını önlemek için, kuru ve ıslak tozsuzlaştırma ekipmanı, tozun giderilmesini en üst düzeye çıkaracak şekilde çalıştırılacak ve tasarlanacaktır. Ve bacadaki toz ölçümlerinden bildirilen değerler düşüktür (<2 mg/Nm<sup>3</sup>).

Birçok metalurjik işlemde olduğu gibi, hem gaz hacmi hem de SO<sub>2</sub> konsantrasyonu kavurma fırınlarından zaman içinde önemli ölçüde değişmektedir. Bu, SO<sub>2</sub> azaltımının, sülfürik asidin bilinçli bir şekilde SO<sub>2</sub> azaltma tekniği ile değil, çok kararlı işlem koşulları altında üretildiği, normal sülfürik asit üretimi ile aynı standartları karşılayamadığını açıklar. Bununla birlikte, molibdenit kavuruculara bağlanan modern asit tesisleri, SO<sub>2</sub> emisyonunu, yıllık ortalama 500 mg/Nm<sup>3</sup> civarında sabit bir halde tutabilir.

Sis özütleyici, asit dumanı emisyonunu tipik bir 5-20 mg SO<sub>3</sub>/Nm<sup>3</sup> aralığında ve maksimum 50 mg/Nm<sup>3</sup> arasında kontrol eder. Bu seviyeler bacada neredeyse görünmez bir duman bulutunun ortaya çıkmasına neden olur.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış (kuru ve ıslak tozsuzlaştırma ve SO<sub>2</sub> azaltma teknikleri). Sülfürik asit tesisiyle SO<sub>2</sub> azaltımı sadece basınç düşüşlerini telafi etmek için değil, aynı zamanda işlemdeki ısı kayıplarını telafi etmek için termal enerjiden (doğal gaz veya yakıttan) elektrik enerjisi gerektirir. Elektrik tüketimi tipik olarak 600 kWh/t SO<sub>2</sub> çıkarılır ve gaz veya yakıt tüketimi tipik olarak 450-650 kWh/t SO<sub>2</sub> çıkarılır.
- Sistemin üzerinde yüksek basınç düşüşü (mum filtresi). Tipik değerler 20–25 mbar'dır.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Sülfürik asit ticari bir ürün olmasına rağmen, satışları üretim maliyetini, hatta işletme maliyetlerini (enerji, işçilik, bakım, sarf malzemeleri) bile kapsamaz. SO<sub>2</sub> azaltımının maliyeti, dolayısıyla kavurma faaliyetinden elde edilen gelirle karşılanmaktadır.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel etkinin azaltılması.
- Hava kalitesi standartları.

### Örnek tesisler

Belçika ve Nijer'deki tesisler.

### Referans literatür

[104, Ullmann'ın Encyclopedia 1996]

#### 8.3.3.1.5. Refrakter astarlı potalardan kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Refrakter astarlı potalar ferro-molibden ve ferro-vanadyum üretiminde kullanılır.

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler, çökeltme odası, siklon, (Bölüm 2.12.5.1.3'e bakınız) ve bir torba filtre kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

### Teknik açıklama

Sabit bir reaksiyon yerinin kullanılması veya refrakter astarlı potaların bir karusel sistemi olmadığı, durumda dumanın arıtılması temelde benzerdir ve bir çökeltme odası, siklonlar ve bir torba filtre gibi klasik tozdan arındırma ünitelerinden oluşur. Torba filtresindeki sıcaklığı sınırlamak için (kumaş torbalarını korumak için), çoğunlukla tepkime bölgesinin etrafındaki sekonder hava sisteme emilir. Bu, reaksiyon yerindeki tozsuzlaştırma performansını artırır. Akıların eklenmesi, torba filtre tarafından toplanmayacak olan gaz halindeki bileşenlerin yayılmasına neden olabilir. Bunlar, akış katkılarının dikkatli bir şekilde kontrol edilmesiyle en aza indirilmeli ve gerekirse ıslak veya kuru bir gaz yıkama tekniğiyle azaltılabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

## Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.44: Refrakter astarlı potalardan kaynaklanan emisyonlar

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirlenici	Azaltma tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yl)
A	FeMo	Toz	Torba filtre	0,2	0,92	1,4	Sürekli	Saatlik
		Toz		0,2	1,69	4,77	Periyodik	12
X	FeMo	Toz	Torba filtre	2	2,15	2,3	Periyodik	2
AC	FeMo + FeV	Toz	Torba filtre	NA	< 2	NA	Periyodik	NA
		PAH			35 µg/Nm <sup>3</sup>			
		Organik karbon			2,7			
		PCDD/F			< 0,001 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Ferro-molibden durumunda, daha uzun çalışma süreleri için üretimi sürdürmek mümkündür. Sonuç olarak, uygulanan teknik daha yüksek çevresel koruma gerektirir. Örneğin, daha uzun çalışma saatleri, artan toz oluşumuna ve bunun sonucunda, filtre sistemlerinde daha yüksek bir talebe yol açmaktadır.

## Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış. Potadan toz ve buharların yayılmasını önlemek için, bir fan davlumbazın altında veya reaksiyon odasında negatif basınç oluşturacaktır (gaz toplama ve azaltma tekniğine bağlı olarak). Parti tipi tepkimelerin doğası gereği, fan hacminde yüksek tepe noktaları ile başa çıkmak zorundadır ve dolayısıyla tozsuzlaştırma ünitesi boyunca pozitif diferansiyel basıncı korumak için çok fazla güç kullanır (200 kW'luk elektrik motorları sıra dışı değildir).

## Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

## Ekonomi

Bilgi verilmedi.

## Uygulama için itici güç

- Çevresel etkinin azaltılması.
- Hava kalitesi standartları, esas olarak tozla ilgilidir.

## Örnek tesisler

AT, BE ve İngiltere'deki tesisleri.

## Referans literatür

[104, Ullmann's Encyclopedia 1996], [369, Treibacher Industries AG 2008]



### 8.3.3.1.6. Döner ocak fırınlarından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Birincil hammaddeden ferro-nikel üretimi, yalnızca döner fırın elektrikli fırın prosesi ile gerçekleştirilmektedir.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir ESP kullanımıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1).

#### Teknik açıklama

Döner fırınlar tarafından üretilen emisyonlar için başlıca çevre yönetim tekniği, ESP'leri kullanarak egzoz gazındaki (~ 150 g/Nm<sup>3</sup>) tozun tutulmasıdır.

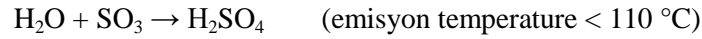
Tozların filtrelenmesi, tozlar kolayca iyonize edildiğinde en etkilidir; Bununla birlikte, kalsine tozlar elektrofiltrasyona daha dirençlidir. İşlemden çıkan tozların kaynağı Tablo 8.45'te sunulmuştur.

**Tablo 8.45: Süreçteki tozun kökeni**

Tozun kökeni	Miktar (%)
Ön kurutmalı cevher	65
Isı hassasiyetli FD	29
Kömür tozu	6

Emisyon standartları, sürecin yönetimi, örn. uygulanabilir olduğunda akış basınçlarını artırarak veya azaltarak ve kombine yakıt ve kömür kullanımıyla.

SO<sub>3</sub> ve sudaki emisyonların kombine varlığı sülfürik asit üretebileceğinden, emisyonların sıcaklığının 110 ° C'nin üzerinde tutulması önemlidir (asitin çığlenme noktası):



#### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Bir ESP'nin kullanımı, işlem tarafından üretilen tozları önemli ölçüde azaltabilir (%99.67'nin verimliliği rapor edilmiştir).

#### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

#### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

#### Uygulama için itici güç

- Çevre standartlarını karşılamak.
- Fırınlarda geri dönüşüm için yüksek bir metal içeriğine sahip tozun geri kazanımı.

### Örnek tesisler

Eramet SLN (Yeni Kaledonya).

### Referans literatür

[110, Anthony, T., 1997]

#### 8.3.3.2. Ferro alaşımlı üretimdeki emisyonları azaltmak için teknikler

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, uygun havalandırma sistemlerinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.4.3) ve bir torba filtre (Bölüm 2.12.5.1.4'e bakınız).

##### Teknik açıklama

Eritme fırınının deliğini açmak için bir pnömatik veya hidrolik matkap kullanılabilir (silikon için geçerli değildir). Oksijen delme, ya tek yöntem olarak ya da sondaj için destek ya da tamamlayıcı olarak da kullanılır. Bir boşaltma tabancası tıkanıklıkların giderilmesine yardımcı olur, boşaltma değili bir çamur tabancası kullanılarak veya macun/kil kullanılarak kapatılır. [226, Nordic Report 2008]

Boşaltım için en sık kullanılan teknik, FeMn, SiMn ve FeCr üretimi (silikon metal veya FeSi için geçerli değildir) gibi cüruf prosesleri için kademeli olarak kılavuz çekme işlemidir. Bu durumda, metal ve cüruf aynı kapta bir araya getirilir. Genel olarak, düşük yoğunluklu cüruf, banyonun tepesinde yüzer ve banyo dolduğunda ayrı bir pota içine bir savak yoluyla taşar. Silikon cürufun silikon metalden daha yüksek bir yoğunluğa sahip olduğu belirtilmelidir.

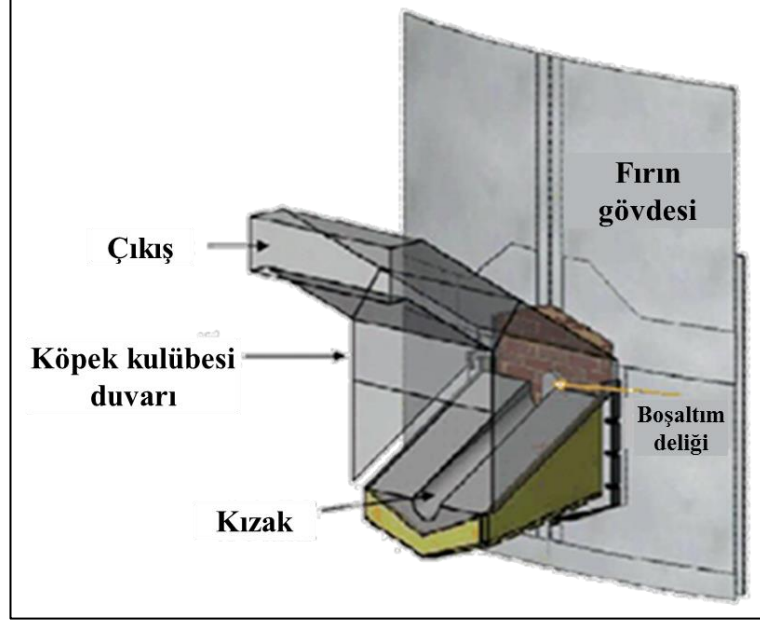
Boşaltım dumanları, boşaltım işleminden sonra fırınlama işleminden çıkan duman, oksijen püskürtmesinden çıkan dumanlar, delme işleminden çıkan toz ve buharlaşan cüruftan çıkan dumanlardan oluşur. Bu dumanlar esas olarak ergitme işlemine katılan metallerin oksitlerinden oluşur. Havalandırma sisteminin tasarımı, şarj ve diğer fırın operasyonlarına erişim ihtiyacını ve proses döngüsü sırasında proses gazlarının kaynağının değişme şeklini dikkate almalıdır [140, Ferro-Alloy Expert Group 1998].

Dokunma alanlarından gelen dumanları toplamak için uygun kaporta sistemlerinin tasarımı, kılavuzun sahaya özgü düzenlemelerine çok bağlıdır. Bu nedenle, çok sayıda farklı kapak tasarımları mevcuttur.

Örnek olarak, Norveç'teki bir Eramet fabrikasında, metal, hafif eğimli bir yoldaki boşaltma deliğinden, kılavuz çekme platformundaki bir açıklıktan (boşaltma deliği seviyesinin yaklaşık 40 cm altında bulunan fırının etrafındaki platform) bir kılavuz kepçe içine akar. Boşaltma potası, boşaltım platformu altında bulunan bir araca yerleştirilir. Daha sonra, bir kreyn kepçeyi alabilmesi için araç fırından uzaklaştırılır. Boşaltım sırasında pota platformun altına kapatılır ve toz bir fan ile toplanır. Boşaltım deliğinin üstünde bir davlumbaz vardır: tozun kaçmasını ve toz yüklü havanın davlumbaza bağlı bir fan tarafından emilmesini önlemek için hava, başlığın kenarlarından (hava perdesi) aşağı doğru üflenir. Hava bir torba filtrede filtrelenir. Bazı ilerlemeler arasında, boşaltma zemininin altındaki tozu ana kapağa doğru yönlendirmek için bir arabanın yerleştirilmesi (ikincil kapağın altındaki çalışma ortamındaki toz miktarını büyük ölçüde sınırlandırmak) veya dikey bir fiziksel duvara ya da boşaltım zemininin altından çıkan tozun önlenmesi dikey bir hava perdesine sahip olmak yer almaktadır.

Yeni davlumbazlar veya mevcut davlumbazlar, bilgisayarlı akışkanlar dinamiği (CFD) teknikleri kullanılarak tozun toplanmasında mümkün olduğunca verimli olacak şekilde tasarlanabilir.

Silikon ve ferro silikon fırınlarda, aşağıda gösterilen gibi bir davlumbaz sistemi kullanılabilir.



Şekil 8.21: Bazı silikon ve ferro silikon fırınlarında kullanılan davlumbaz sistemi

Duman atmak için kullanılan temizlik ekipmanları bir torba filtredir. Bu, aynı zamanda, metal dökümden veya fırın gazı çıkışından gelen dumanları da temizleyen ayrı bir filtre veya filtre olabilir.

Tozsuzlaştırma ekipmanı, fırının tapasının üzerinde bulunan çeşitli davlumbazlardan oluşur.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Uygun kaporta sistemlerinin kullanılması ayrıca daha iyi çalışma koşullarına neden olur.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Toplama verimliliği aşağıdaki gibidir:

- Ana davlumbaz: %96.
- Metalin potaya dökülmesine tekabül eden davlumbaz: %86.
- Kızak davlumbazı (bkz. Resim 8.21): %100.
- Toplama verimliliği: doğrudan ölçmek zor. CFD modellemesi kullanılarak hesaplanan veriler, verimliliği %70 ile %90 arasında değişen bir şekilde tahmin etmektedir.
- Akış hızı: 100 000 Nm<sup>3</sup>/saat.

Tablo 8.46: Boşaltımdan kaynaklanan emisyonlar

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tekniği	Görüntüleme sıklığı (adet/yıl)
Z	HC FeMn	Toz	Torba filtre	0,3	0,6	1,2	Periyodik	36
K	LC FeMn + MC FeMn + SiMn		Torba filtre	0,02	0,04	0,05	Periyodik	4
			Torba filtre	0,03	0,035	0,04		
L	FeMn + SiMn		Torba filtre	5	5,6	7	Periyodik (fırın A, 2009 ve 2012)	Her 3 yılda bir (3 örnek)
				3	3	3		
			Torba filtre	4	4	4	Periyodik (fırın B, 2010 ve 2012 yılları)	
				1	1	1		
Y	SiMn		Torba filtre	0,23	4,3	Geçersiz bilgi (ELVden daha yüksek)	Periyodik	
I	LC SiMn +HC SiMn		Torba filtre	2,80	3,65	4,20	Periyodik	4
O	FeMn		Torba filtre	1	1,6	2,4	Periyodik (year 2012)	Her 3 yılda bir (3 örnek)
O	SiMn	Torba filtre	3,6	8,1	13,6*	Periyodik (year 2012)	Her 3 yılda bir (3 örnek)	
M	Si	Torba filtre			3	Periyodik (year 2012)	Yılda bire defa (1 örnek)	
					30	Periyodik (year 2012)		

\* Diğer dört referans yılı için bildirilen değerler her zaman 5 mg/Nm<sup>3</sup>'ün altındadır.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tesis-spesifik veriler, bu aşamada bir torba filtresinin kullanılmasının, <5 mg/Nm<sup>3</sup> toz emisyonlarının elde edilmesine izin verdiğini göstermektedir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış (fanlar).
- Gazların verimli tahliyesi, çalışanlar için artan ısı maruziyeti ile sonuçlanan kapalı bir kılavuz alanı gerektirir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Torba filtreleri genel olarak uygulanabilir.

Davlumbaz konfigürasyonu, boşaltım bölgesine özgü düzenlemelerine çok bağlıdır.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Emisyonların azaltılması.
- Fırın binasındaki işçiler üzerindeki toz/dumanın olumsuz etkilerinin azaltılması.

### Örnek tesisler

FR, ES, DE, NO, SE ve FI'daki tesisler.

### Referans literatür

[140, Ferro-Alaşım Uzman Grubu 1998] [141, Elkem Asa 1998], [197, Kantola, E. 1999], [199, EnviroSense 1995], [226, Nordic Report 2008], [255, VDI 2010].

## 8.3.4. Ferro-alaşım üretiminde döküm, arıtma ve alaşımlama

### 8.3.4.1. Döküm, transfer ve yeniden dolun işlemlerinden ferro alaşım üretimindeki emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, uygun davlumbaz sistemlerinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.4.3) ve bir torba filtre (Bölüm 2.12.5.1.4'e bakınız).

#### Teknik açıklama

Döküm dumanları, açıkta kalan tüm metal ve cüruf yüzeylerinden gelen dumanlardır. Bu dumanlar esas olarak ergitme işlemine katılan metallerin oksitlerinden oluşur. Davlumbaz sisteminin tasarımı, şarj ve diğer fırın operasyonlarına erişim ihtiyacını ve proses döngüsü sırasında proses gazlarının kaynağının değişme şeklini dikkate almalıdır [140, Ferro-Alloy Expert Group 1998].

Döküm alanlarından gelen dumanları toplamak için uygun davlumbaz sistemlerinin tasarımı, dökümün sahaya özgü düzenlemelerine çok bağlıdır. Bu nedenle, çok sayıda farklı kapak tasarımları mevcuttur. Metal talaşından veya fırın gazı çıkışından gelen dumanları da temizleyen ayrı bir filtre olabilir.

Bazı durumlarda, sıvı metal, dumanların toplandığı ve bir torba filtreye gönderildiği kapalı çukurlara dökülür. Çukurların en iyi şekilde kapanmasını sağlamak için cürufu dökmek için bir damper kullanılır. Bu, çoğu dumanın üretildiği işlemdir. Erimiş ferro krom ve entegre tesisler durumunda, sıvı metal doğrudan çelik üretiminde, dökümün ve bununla bağlantılı toz emisyonlarının en aza indirgenmesinde kullanılabilir. Bununla birlikte, ferro-krom üretimini her zaman çelik fabrikası talebi ile mükemmel bir şekilde dengelemek mümkün olmadığından, entegre demir-krom üretim sahasında metal döküm tesisleri mevcut olmalıdır.

Torba filtreleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Yaygın toz emisyonlarının azaltılması, daha iyi çalışma koşulları ile sonuçlanır.

## Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.47: Dökümden kaynaklanan toz emisyonları

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Ortalama (kg/h)	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
U	Silikon	Toz	Torba filtre	0,1	1,1	Periyodik	1
		Particulate metals		0,02	0,15		
		PAH		0,0003	0,003		
		VOCs		2,2	20		
		SO <sub>2</sub>		0,04	0,4		
		NO <sub>x</sub>		5,7	51		
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]							

**Çapraz ortam etkileri**

Enerji tüketiminde artış (fanlar).

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Torba filtreleri genel olarak uygulanabilir.

Mevcut tesislerde, döküm işlemleri için davlumbaz sistemlerinin kullanılması, alan gereksinimleri nedeniyle her zaman teknik olarak mümkün değildir. Bu durumda, konveyör ve ya tavan vinçleri gibi teknik donanımlar potaların, davlumbaz sisteminin çalıştırılabileceği yere taşınması için kullanılabilir.

Bir çelik üretim tesisinde erimiş ferro kromun kullanılması, ancak alaşım üretiminin paslanmaz çelik üretimi ile entegre edilmesi durumunda mümkündür.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

Emisyonların azaltılması.

**Örnek tesis**

Fransa'da bir tesis.

**Referans literatür**

[140, Ferro-Alaşım Uzman Grubu 1998], [255, VDI 2010], [408, Kadkhodabeigi M. 2011]

**8.3.4.2. Ferro-alaşım üretiminde, rafine ve alaşımdan yayılı emisyonları azaltmaya yönelik teknikler.**

Bölüm 2.12.3'te ele alınan süreç kontrol prensipleri bu metal grubunda kullanılan üretim süreçlerine uygulanabilir. Bu tekniklerin çoğunun benimsenmesiyle bazı fırınlar ve süreçler geliştirilebilir. Teknik olarak, torba filtreler de bu aşamada uygulanabilir.

### 8.3.5. Ferro-alaşımli fırın-öncesi işlemleri

#### 8.3.5.1. Ürünlerin boyut küçültmesinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Dikkate alınacak teknik bir torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

##### Teknik açıklama

Sıvı cüruf ve ferro alaşımın boşaltılmasından, dökülmesinden ve soğutulmasından sonra, ebatlarını müşteri şartnamesine göre uyarlamak için ezilir ve elenir. Bu boyut küçültme toz üretir. Kırma tesisleri, gürültü emisyonlarını ve titreşimleri en aza indirecek şekilde inşa edilen kapalı binalardır. Torba filtreleri kırıcıların emiş havasını temizler. Mobil ekipman kuru ve tozlu malzemelerin taşınmasında veya kuru cürufların ezilmesinde kullanıldığında, toz emisyonları su püskürtme sistemi kullanılarak kontrol edilebilir. Kullanılan sistemler Bölüm 8.3.2.1'de açıklananlara benzer şekildedir.

Ferro krom durumunda, döküm malzeme, gerekli geniş ürün yelpazesini üretmek için entegre bir kırma ve eleme tesisine beslenir. Bu işlemler potansiyel olarak bir toz emisyon kaynağıdır ve sonuç olarak kaplama gerektirir. Ekstraksiyon ve torba filtreler kullanılır ve toplanan tozlar tekrar kullanılır.

Örnek olarak, İsveç ve Finlandiya'da malzeme, entegre kırma, eleme ve kısmen kapalı konveyör bantları ile boyut küçültme işleminin gerçekleştirildiği kapalı bir binada ele alınmaktadır. Kırıcıdan, elekten ve konveyörden gelen tozlar için toz emme sistemi monte edilmiştir. Toz, bir torba filtre ile 90 000 Nm<sup>3</sup>/s hızında filtrelenir. İhtiyaç duyulan hava miktarı, farklı koşullara (örneğin, binanın büyüklüğüne) bağlıdır.

Ferro-molibden ve FeV80 de kaynak elektrotlarının üretiminde kullanılmaktadır. Tek tek alaşımların küçük parçalanmış parçacıkları, öğütücü tesisinde <3 mm'lik bir tane büyüklüğüne önceden öğütülür. Malzeme konik taşıma konteynırlarına aktarılır. Tüm ara fraksiyonlar bir montaj salonu vinci vasıtasıyla ilgili besleme hunisine kaldırılır. Bir sonraki öğütme adımı Palla (çubuk) değirmeninde gerçekleşir. Elde edilen toz alaşımlar, çift katlı bir elek vasıtasıyla kontrol elenir. Numune alma ve analizden sonra, bu alaşımlar metal kaplarda saklanır.

Ürünlerin boyut küçültmesinden üretilen ince parçalar ticarileştirilebilir ve kapalı silolarda depolanır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.48'de, bir ferro-krom tesisi, kırma ve eleme istasyonunda çok ince ürünlerin geri kazanımı için rakamlar bildirmektedir.

**Tablo 8.48: Bir ferro-krom tesisinin kırma ve eleme istasyonunda çok ince ürünlerin geri kazanımı**

Yıl	Kırılan FeCr'nin toplam miktarı(t)	Geri kazanılan çok ince malzemeler (t)	
		Kırma istasyonu	Eleme istasyonu
2010	142 100	389	136
2011	131 600	319	120

Tablo 8.49'da, fırın sonrası boyut küçültme işleminden kaynaklanan toz emisyonları rapor edilmektedir.

Tablo 8.49: Fırın sonrası boyut küçültmesinden kaynaklanan toz emisyonları

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Kirletici	Azaltım tekniği	Minimum(mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )m	Maksimum (mg/Nm <sup>3</sup> )m	Ölçüm tipi	Görüntüleme Sıklığı (sayı/yıl)
AE	FeCr	Toz	Torba Filtre		< 5	< 10	Sürekli	Saatlik
I	LC SiMn + HC SiMn			8,3	8,63	9,0	Periyodik	4
K	LC FeMn + MC FeMn + SiMn			0,26	1,05	2,14	Periyodik	21
S	Silicon				4,01		Periyodik	1
T	FeSi			1,6	1,6	1,7	Periyodik	3
X	FeMo			0,5	0,53	0,55	Periyodik	2
				0,50	0,85	1,20		
AC	FeV + FeMo				< 3		Periyodik	
P	Si (kırıcı 1, year 2012)			1,15	1,3	1,51	Periyodik	2
P	Si (kırıcı 2, yıl 2012)			0,94	1,0	1,02	Periyodik	
L	FeMn + SiMn (crusher 1, year 2013)	2	2,3	3	Periyodik	Her 2 yılda 1 defa (3 ardışık ölçüm)		
L	FeMn + SiMn (kırıcı 2, yıl 2011)	3	3	3	Periyodik			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış (fanlar).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

Uygulama için itici güç

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Satılabilir tozların toplanması.

### Örnek tesisler



AT, BE, FI, FR, NO ve SE'deki tesisler.

### Referans literatür

[369, Treibacher Industries AG 2008]

#### 8.3.5.2. Çok ince ürünlerin eleçlenmesi, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Bölüm 2.12.4'te ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlarda (CREF) düşünölen yayılı emisyonlardan (kapalı pnömatik transfer sistemi, kapalı kutularda depolama ve taşıma) kaçınmak için genel teknikler [290, COM 2006];
- Torba filtrelerinde toplanan silika tozu ve diğer tozların yoğunlaştırılması, bkz. 2.12.5.1.4.

##### Teknik açıklama

Toz ve çok ince ürünlerin elleçlenmesi ve taşınması, üretim süreci kapalı sistemler, özellikle kapalı konveyörler, pnömatik taşıma ve kapalı büyük torbalarda ambalajlama ile gerçekleştirilmektedir.

Silika dumanlarını (mikro silika) ve diğer ferro-alaşımli filtre tozlarını işlemek için, malzemeyi yoğunlaştırmak için yoğunlaştırma adımı uygulanır. İşlem bir tozu yaklaşık 0.5-1 mm çapındaki küçük kürelere dönüştürür.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Yaygın toz emisyonlarının azaltılması.
- Nakliye etkisinin azaltılması (silika tozunun yoğunlaşması).

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Ham silika tozunun yığın yoğunluğu 0.2 t/m<sup>3</sup>'ten azdır. Yoğunlaştırma işlemi yığın yoğunluğunu 0,5–0,6 t/m<sup>3</sup>'e çıkarır.

##### Çapraz ortam etkileri

Yoğunlaştırma enerji kullanımında bir artışa neden olur.

##### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kapalı pnömatik transfer, depolama kutularına ambalajlama ve depolama kutularına depolama ve taşıma genel olarak uygulanabilir.

Yoğunlaştırma, silis dumanı, siliko-manganez tozu, fırın tozu ve manganez ve demir oksitlerin ele alınması gereken yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.

##### Ekonomi

Pnömatik transfer için basınçlı hava kullanımı, artan işletim maliyetlerine neden olur.

Kutuların bakımı da ekstra maliyetler oluşturur. Aynı zamanda, çok ince ürünlerin iyileştirilmesi, satış gelirlerini artırır.

Silika tozunun yoğunlaştırılması, nakliye maliyetlerinin yaklaşık %65 oranında azaltılmasına yardımcı olur.

##### Uygulama için itici güç

- Emisyonların azaltılması ve atık oluşumu.
- Satış gelirlerinde artış.

### Örnek tesisler

- Yayılı emisyonları azaltmaya yönelik genel teknikler: FR, ES, SE ve FI'deki tesisler.
- Torba filtrelerinde toplanan silika tozu ve diğer tozların yoğunlaştırılması: Norveç'te bir tesis.

### Referans literatür

[141, Elkem Asa 1998]

#### 8.3.5.3. Ferro-alaşım üretimindeki emisyonları azaltmak için paketleme teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- yayılı emisyonlardan kaçınmak için genel teknikler (kapalı kutularda ambalajlama), bkz. Bölüm
- 2.12.4;
- Torba filtresi, bkz. Bölüm 2.12.5.1.4.

##### Teknik açıklama

Ferro alaşımlar yığın halinde taşınabilir veya tambur veya büyük torbalarda paketlenir. Dökme demir alaşımının yüklenmesi, dağınık toz emisyonlarını en aza indirmek için açık havada veya kapalı bir binada yapılır. Kapatma, dağınık emisyonları toplamak için yükleme noktasının üzerinde de kullanılabilir.

Birincil ürünler daha az tozlu ürün yelpazesi üretmek için içeride taranabilir. Torba filtreleri, ezme, eleme ve taşıma sırasında metali geri kazanmak için kullanılır. Azaltılmış malzeme, tozsuzlaştırma ekipmanı (torba filtre) ile kapalı bir siloda toplanır. Tozlar kapalı kutulara doldurulur.

Kapalı kamyonlar nakliye için kullanılır.

Yurtdışında konteynerlerde dökme olarak nakliye için, ürünü stoklandığı ve nakliye edildiği konteynirlere doldurmak için bir konveyör bandı veya ön uç yükleyici kullanılır.

Paslanmaz çelik üretiminde kullanılan erimiş ferro alaşımı için, sıvı ferro-alaşımı, pota arabası ile boşaltım ve sıyırma sonrası bitişik bir çelik eritme atölyesine aktarılır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tablo 8.50:

Tablo 8.50: Ambalajlamadan kaynaklanan toz emisyonları

Tesis	Üretilen Ferro-alaşım	Tesis	Azaltım tesisi	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ölçüm tekniği	Görüntüleme Sıklığı (adet/yıl)
U	Si	Toz	Torba filtre	3,4	Periyodik	1
		Partikül metallere		0,067		
AC	FeV + FeMo	Toz	Torba filtre	1,73	Periyodik	NA
				0,91		

NB: NA=mevcut değil.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde artış (fanlar).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Toz emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Fransa ve Avusturya'daki tesisler.

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 8.3.5.4. Ferro-alaşım üretiminde cüruf işleminde kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Ferro krom üretimi söz konusu olduğunda, göz önünde bulundurulması gereken teknik ıslak ESP kullanımınıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2).

##### Teknik açıklama

Genel olarak, cüruf doğrudan cüruf çukuruna dökülebilir veya nihai kullanımına bağlı olarak bir granulatörde granüle edilebilir. Eğer granülasyon gerekliyse, işlem cürufu doğrudan bir su banyosuna dökmekte veya gerektiğinde bir cüruf çukuru veya boşaltma istasyonuna su püskürtterek dumanlar bir davlumbazda toplanmakta ve bir azaltma sistemine gönderilmektedir. Bu tekniklerin hepsi, duman ve toz emisyonlarını azaltır. Kullanılan suyun parçacıkların uzaklaştırılması için bir yerleşimci veya benzer teknoloji ile işlem yapılması gerekir ve ısı da geri kazanılabilir. Su söndürme suyu olarak tekrar kullanılabilir. Cüruf metali geri kazanmak için mümkün olduğunda işlenir. Cüruf püskürtme suyu ile granüle edildiğinde, hepsi buharlaşacağı için atık su yoktur.

Ferro-krom fırınlarından cüruf granülasyonundan çıkan dumanlar, ıslak ESP'de azaltıma tabi tutulur.

Cüruftan ve alaşımın farklı yoğunluklarını kullanarak alaşımların ezilmesi ve daha fazla zenginleştirilmesi ile cüruftan alaşımların geri kazanılması için teknikler de vardır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Toz emisyonlarının azaltılması.

### **Çapraz ortam etkileri**

Su banyosu kullanıldığında atık su üretimi.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Cüruf granülasyonuna ve ezilmeye yapılan yatırım, tüm ferro krom cürufunun bir yan ürün olarak satışını mümkün kılmaktadır. Depolama alanı gerekli değildir.

### **Uygulama için itici güç**

Emisyonların azaltılması.

### **Örnek tesis**

Finlandiya'da bir tesis.

### **Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

## **8.3.6. Atık su**

### **8.3.6.1. Atık suların önlenmesi için teknikler**

#### **Açıklama**

Dikkate alınacak teknik, proses dahilinde, soğutma suyu ve arıtılmış atık suların, yağmur suyu dahil, yeniden kullanılmasıdır.

#### **Teknik açıklama**

Çoğu ferro alaşımlar üretim tesisleri, su tüketimini en aza indirmek için soğutma için kapalı sirkülasyon sistemi kullanır. Atık suların belirli işlemlere yeniden sirkülasyonu, ham suyun yerini almak ve atık suyu önlemek için mümkündür.

Kuzey Avrupa'daki soğuk iklimlerde, bir defaya mahsus sistemlerdeki temassız soğutma suyu, alıcı su sisteminde sıcaklıkta önemli bir artış olmadan kullanılmaktadır. Su bir ırmağa veya denize geri boşaltılır. Kış mevsiminde soğuk iklimlerde, serinlemek için ılık soğutma suyunun kullanılması da mümkündür (örneğin, limanda buz oluşumunu önlemek, dolayısıyla buzkıran gemilerinin ve emisyonlarının kullanımını azaltmak, vb.).

Filtrelerden ayrılan ferro-krom tozunun düzenli depolama alanlarından çıkan sular, depolama sahasının kapatılmasıyla en aza indirilebilir. Yağmur suyu daha sonra drenaj suyundan ayrılır; bu da, bir alıcı su kütlesine boşaltılmadan önce krom miktarını azaltmak için muamele edilmesi gerekebilecektir.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Su tüketiminin azaltılması.
- Su kirliliğinin önlenmesi.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bilgi verilmedi.

**Çapraz ortam etkileri**

Kimyasal tüketimde artış.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

Bilgi verilmedi.

**Örnek tesisler**

Bütün tesisler

**Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

**8.3.6.2. Atık su arıtma****Açıklama**

Dikkate alınacak teknikler, Bölüm 2.12.6.2'de açıklananlardır.

**Teknik açıklama**

Atık su, deşarj edilmeden önce, çözülmüş metallerin ve katıların ve diğer bileşenlerin konsantrasyonunu ortadan kaldırmak veya azaltmak için muamele edilmelidir.

Islak temizleyiciler ve granülasyon prosesleri kullanan proseslerde su arıtımı gereklidir, çünkü askıya alınmış katı maddeler su sirkülasyonundan önce çıkarılmalıdır. Zararlı bileşenlerin kabul edilebilir değerlerine ulaşmak için, sızıntının ıslak gaz yıkaıcı suyu döngüsünden işlenmesi bazen gerekli olabilir. Bu Bölüm 2.12'de açıklanan teknikleri kullanarak elde edilebilir.

Bir plazma ark ocağı ile, ıslak ESP'den gelen su, granülasyon suyu ve eritici alandan gelen su toplanır ve deşarj edilmeden önce bir WWTP içinde arıtılır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Krom (VI) ve diğer zararlı bileşiklerin emisyonlarının en aza indirilmesi.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tablo 8.51: Tesis AB'den gelen su emisyonları (ferro-krom)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Yağmur suyu ve proses suyu (işlemden sonra, metal ve cürufun soğutulması, işlenecek tozun nemlendirilmesi için yaklaşık%95, vb.)	Çözülmüş metallerin çökeltilmesi için pH 8-9'a pıhtılaşma ve pıhtılaşma yoluyla fiziko-kimyasal arıtma. Cr (VI)'dan Cr (III)'e indirmek için demir sülfat kullanımı	Pb	< 0,02	< 0,02	< 0,02	Tekli rasgele örnekleme	3
		Zn	0,157	0,376	0,717		
		Cu	0,023	0,05	0,076		
		Hg	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005		
		Cd	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
		As	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
		Ni	0,05	0,07	0,09		
		Cr tot	0,05	0,15	0,20		
		Cr(VI)	0,01	0,02	0,04		
		Ntoplam	1,85	2,16	2,29		
		BOD <sub>5</sub>	11	12,74	15		
		COD	58	67,3	77		
		Askıdaki katılar	8	9	10		
		pH	7,7	7,85	7,95		
		Hidrokarbonlar	0,9	0,97	1,1		
Floridler	2,5	3,6	6,5				
Toplam siyanür	< 0,01	< 0,01	< 0,01				

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.52: Tesis AC'den gelen (ferro-krom) su emisyonları

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Emisyonlar <sup>(1)</sup> (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm Sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Proses suyu; Soğutma suyu; gaz yıkama tesisinden atık su atıkları; FeCr kırıncılar	Atık su toplanır ve doğrudan ya da filtrasyon (kum filtreleri) ve santrifüj işlemi yoluyla çökeltme havuzlarına yönlendirilir. Yerleşen havuz sistemi, katı ve metallerin yerleştiği birkaç gölet içerir. Flokülantlar suya eklenir. Su, son havuzdan prosese geri döndü. Taşma deşarj edilir.	Zn	0,11	0,26	0,83	Haftalık kompozit örnekleme	29
		Ni	0,01	0,03	0,05		
		Cr toplam <sup>(2)</sup>	0,05	0,09	0,15		
		Askıdaki katılar	2	6,11	11,8		

(<sup>1</sup>) Suya emisyonlar, bir çelik fabrikasının ve bir ferro-krom tesisinin ortak kanalizasyonundan rapor edilir.  
 (<sup>2</sup>) Ferro krom üretimindeki konsantrasyonlar, 0.2–0.4 mg/l'dir (haftalık ortalama olarak).  
 Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012.]

Tablo 8.53: Tesis N'den gelen su emisyonları (ferro silikon)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Method to obtain data	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Yüzeysel taşkın suları	Fiziksel çökeltme. Kimyasal işlem yok	Zn	0,038	0,31	0,598	Sürekli kompozit örnekleme	Günlük ortalama
		Cu	0,009	0,019	0,030		
		Hg	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001		
		Mn	0,20	0,57	1,3		
		Cr(VI)	< 0,005	< 0,05	< 0,05		
		Al	< 0,1	0,2	0,41		
		BOD <sub>5</sub>	< 1	1,83	4		
		COD	< 5	13,86	24		
Askıdaki katılar	< 2	11,24	47				

Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012.]

Tablo 8.54: Tesis U'dan (silikon) suya emisyonlar

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Soğutma suyu	Çöktürme tankı	BOD <sub>5</sub>	< 3	4,5	6	Periyodik kompozit örnekleme	2
		COD	< 30	41	52		
		Askıdaki katılar	NA	95	NA		
		Hidrokarbonlar	< 0,1	< 0,1	< 0,1		

NB: NA=mevcut değil  
 Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012.]

Tablo 8.55: Tesis V'den (silikon) su emisyonları

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Soğutma suyu	Çöktürme tankı	COD	10	19	27	Dürekli kompozit örnekleme ve ölçüm	4

Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012.]

Tablo 8.56: Tesis J'den su emisyonları (HCFeMn)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Gaz-temizleme suyu (Venturi ıslak gaz yıkayıcı)	Polimer ilavesi, sedimentasyon. Taşma katkıları: demir sülfat ve polimer, bir kum filtresi ve aktif karbon filtre ile filtre edilir.	Pb	0,011	0,047	0,177	Sürekli kompozit örnekleme	Aylık ortalama
		Zn	0,002	0,648	8,56		Günlük ortalama
		Cu	0,293	3,056	5,21		Aylık ortalama
		Cd	0,0012	0,0024	0,0053		
		As	0,028	0,056	0,08		
		Ni	0,582	0,94	1,41		
		Cr tot		0,025			
		Co	0,95	1,762	3,4		
Mn	0,001	0,00477	0,021	Günlük ortalama			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.57: Tesis Z'den Suya Emisyonlar (HCFeMn)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Yağmur suyu		Pb	0	0,14	0,8	Tekil rasgele örnekleme	52
		Zn	0,01	1,18	7,87		
		Mn	0,56	4,03	15,19		
		Other metals	1,8	8,24	19,5		
		Fe	1,27	2,79	5,95		12
		Ntotal	5,32	11,92	16,22		52
		Ptotal	0,34	0,72	1,13		12
		BOD <sub>5</sub>	0	3	8		
		COD	59	96	151		
		suspended solids	2	38,25	98		52
		PAH	0	0,08	0,4		12

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.58: Tesis K (LC'den Suya Emisyonlar FeNn + MC FeNn + SiMn)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Gaz-temizleme suyu (Venturi ıslak gaz yıkayıcı)	Polimer ilavesi, sedimentasyon. Taşma katkıları: demir sülfat ve polimer, bir kum filtresi ve aktif karbon filtre ile filtre edilir.	Pb	0,0082	0,034	0,165	Sürekli kompozit örnekleme	Aylık ortalama
		Zn	0	0	0,0063		Günlük ortalama
		Cu	0,256	2,502	6,62		Aylık ortalama
		Cd	0,001	0,0015	0,002		
		As	0,006	0,017	0,04		
		Ni	0,228	0,816	1,46		
		Cr tot		0,025			
		Co	0,642	1,346	2,12		
Mn	0,06	0,31	4,56	Günlük ortalama			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]



Tablo 8.59: Tesis M'den gelen su emisyonları (FeMn + SiMn)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Yüzeysel taşkın suları	Fiziksel çöktürme ve kimyasal işlem	Pb	< 0,005	< 0,00519	< 0,011	Kompozit sürekli örnekleme	Günlük ortalama
		Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
		As	< 0,004	< 0,005	< 0,005		
		Ni	< 0,01	< 0,02	0,06		
		Cr tot	< 0,01	< 0,05	< 0,05		
		Fe	< 0,05	0,14	0,27		
		N total	< 5	< 5	< 5		
		BOD <sub>5</sub>	< 1	1,4	5		
		COD	< 5	11,36	17		
		askıda katılar	< 2	7,8	12		
		PAH	< 0,003	< 0,003	< 0,003		
BTEX	< 0,001	< 0,003	< 0,0035				
TPH	< 0,05	0,021	0,21				

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.60: Tesis TO'dan suya emisyonlar (LC SiM + LC FeMn + MC FeMn)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Soğutma suyu	Fiziksel çöktürme. kimyasal işlemsiz	pH	7,9	8,2	8,4	Tekil rasgele örnekleme	365
		Sıcaklık eğişi (°C)	0	1,5	3		12
		Askıdaki katılar	2	5,8	14		8
		Hidrokarbonlar	< 0,05	0,06	0,13		4

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.61: Tesis I'den Suya Emisyonlar (LLC SiMon + HC SiMon)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu
			Min.	Ort.	Maks.	
Gaz-temizleme suyu (Venturi gaz yıkayıcı)	Flokülasyon, çökeltme tankı ve kum ve aktif karbon filtreleri	Pb	NA	0,095	NA	Sürekli kompozit örnekleme
		Zn	0,01	0,02	0,13	
		Cu	NA	0,21	NA	
		Cd	NA	0,025	NA	
		As	NA	0,051	NA	
		Mn	0,1	0,15	1,3	
		Cr tot	NA	0,15	NA	
		Askıdaki katılar	1	4,77	21	
		PAH	0,0009	0,014	0,29	
		Siyanür	NA	1,35	NA	

NB: NA = Mevcut değil.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.62: Tesis Y'den suya emisyonlar (siliko-manganez)

Su kaynağı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
		Min.	Ort.	Maks.		
Soğutma suyu	Pb	0,0025	0,025	0,23	Periyodik kompozit örnekleme	Aylık ortalama
	Zn	0,009	0,6	8,7		Haftalık ortalama
	Cu	0,001	1,8	22,2		
	Mn	0,022	1,72	23,3		
	Askıda katılar	1,2	13,5	69,7		
PAH (B6)	0,0001	0,02	0,17		Aylık ortalama	

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.63: Tesis B'den gelen su emisyonları (molibdenit kavurucu)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Sülfürik asit tesisinden çıkan emisyon (soğutma suyu boşaltma, ıslak gaz temizleme tesisi için make-up suyu olarak yeniden kullanılır)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> 'nin uzaklaştırılması için dozlanır. Renyum giderimi/geri kazanımı için solvent ekstraksiyonu uygulanır. Sodyum hidrosülfür Mo, Re, Cu, Pb, As ve Se'nin uzaklaştırılması için dozlanır. Filtrasyon, tozun giderilmesi için uygulanır.	Pb	0,1	0,3	1,0	Sürekli kompozit örnekleme	10
		Zn	0,3	53	380		1
		Cu	0,1	0,3	1,1		
		Sn	0,1	0,4	3,3		
		Bi	0,1	0,4	2,3		
		F as HF	1,1 kg/d	4,4 kg/d	10,8 kg/d		
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0 kg/d	2318 kg/d	6022 kg/d		10

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tablo 8.64: Tesis X'den suya emisyonlar (kavurma ve ferro-molibden)

Su kaynağı	Atık su arıtımı	Kirlenici	Birim (mg/l)			Veri elde etme yolu	Ölçüm sıklığı (adet/yıl)
			Min.	Ort.	Maks.		
Proses, soğutma ve yağmur suyu üretimi	Fiziko-kimyasal atık su arıtımı: FeC <sub>3</sub> ile flokülasyon (Se'nin uzaklaştırılması) ve kimyasal çöktürme (Mo, As, vb.)	Pb	0,008	0,0081	0,0082	Periyodik kompozit örnekleme	3
		Zn	0,035	0,067	0,088		
		Cu	0,016	0,021	0,028		
		As	0,017	0,017	0,017		12
		Mo tot	0,015	1,29	1,70		
		Se tot	0,0181	0,0181	0,0181		
		F <sup>-</sup>	1,1	1,2	1,3		
SO <sub>4</sub>	10	375	680	3			

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Kimyasal tüketimde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi verilmedi.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Bilgi verilmedi.

### Örnek tesisler

BE, ES, FI, FR, NL ve NO'daki tesisler.

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

### 8.3.7. Proses kalıntıları

Bölüm 8.1 ve 8.2'de uygulanan yöntemler olarak daha önce tartışılan süreçler ve geri dönüşüm yolları, MET'in belirlenmesinde dikkate alınması gereken tekniklerdir. Kalıntıların çevresel etkilerini azaltan en önemli faktörler, daha az kalıntı oluşumuyla sonuçlanan süreçle bütünleşik önlemlerdir. Proses kalıntılarının miktarı birincil önlemler kullanılarak en aza indirilirse, kalan miktar mümkün olduğunca geri dönüştürülmeli veya tekrar kullanılmalıdır. Özel besleme materyalleri son işlem seçimini etkileyecektir. Bölüm 2.9'da ele alınan teknikler de bu süreçlerle birlikte ele alınmalıdır.

#### 8.3.7.1. Ferro-alaşım üretiminden kaynaklanan artıkların ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler, (cürufun bir yan ürün olarak görülüp atık olarak görülmediği), üretilen cürufların ve hava emisyonu azaltma sistemlerinden gelen toz/çamurun geri dönüşümüdür. Geri dönüşüm ve yeniden kullanma teknikleri hakkında daha fazla bilgi Bölüm 8.2.5'de verilmektedir.

##### Teknik açıklama

Bölüm 8.2.5'e bakınız.

Tablo 8.65'de inert ve tehlikeli olmayan atıklar için atıkların kabulüne ilişkin kriterlere kıyasla L/S 10 (mg/kg) kolon testi ile ferro krom cürufun çözünürlük özelliklerine bir örnek verilmiştir.

**Tablo 8.65: Ferro krom cürufunun ayrıntılı özellikleri**

<b>Metal</b>	<b>Ferro-krom cüruf ürünleri</b>	<b>İnert atıklar için depolama gereklilikleri</b>	<b>Genel atıklar için depolama gereklilikleri</b>
Toplam krom	0,048–0,112	0,5	10
Arsenik	< 0,105	0,5	2
Kadmiyum	< 0,011	0,04	1
Cıva	< 0,01	0,01	0,2
Frör	4,22–6,30	10	150
Molibden	< 0,056	0,5	10
Nikel	< 0,105	0,4	10
Çinko	< 0,941	4	50

**Elde edilen çevresel faydalar**

Doğal kaynak kullanımının azaltılması ve bertaraf için atıkların azaltılması.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Bilgi verilmedi.

**Çapraz ortam etkileri**

Bilgi verilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Bilgi verilmedi.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

Bilgi verilmedi.

**Örnek tesisler**

Bilgi verilmedi.

**Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

**8.3.8. Enerji****8.3.8.1. Yarı kapalı fırınlardan ısıyı geri kazanma tekniği****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, elektrik enerjisi, ısı enerjisi veya her ikisini üretmek için egzoz gazı enerjisinin kullanılmasıdır.

**Teknik açıklama**

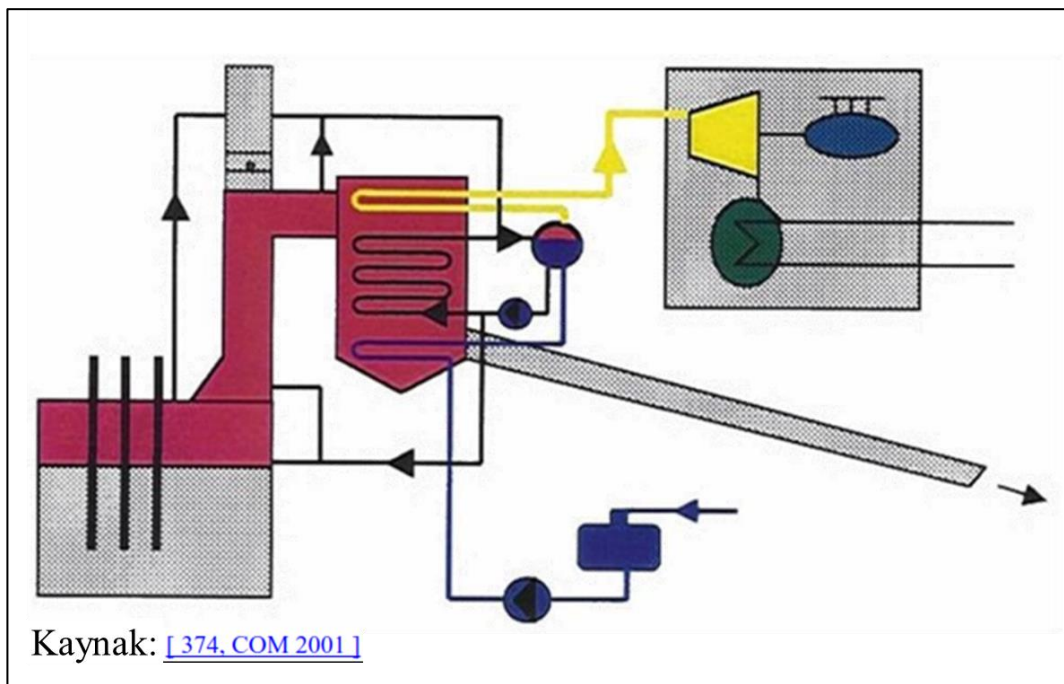
Yarı-kapalı bir ocakta, eritme işleminden çıkan CO gazı, fırın içinde tamamen oksitlenir, böylece yaklaşık 400-800°C'ye varan sıcak gaz elde edilir ve bu da 1200°C'ye kadar olan zirvelere ulaşabilir. Fırın aşağıdaki bileşenleri içeren entegre enerji geri kazanım sistemi ile donatılabilir:

- fırın kanallı egzoz davlumbaz;

- atık ısı kazanı;
- Besi suyu sistemi;
- Isı dağıtım sistemi veya jeneratör ve kondenser ile buhar türbini.

Atık ısı kazanı, fırın prosesleri tarafından üretilen sıcak gazdaki enerjiden aşırı ısıtılmış buharı geri kazanır. Bir süper ısıtıcı, ekonomizer ve kondenser bölümleri olan nispeten konvansiyonel su borulu kazanlar, ısıtma yüzeylerini yüksek miktarda kirletici toz içeren baca gazı ortamında temiz tutmak için verimli bir temizleme sistemi ile birlikte kullanılır.

Fırın üst davlumbazı, iç fırın sıcaklığına çok fazla maruz kalır ve geleneksel olarak seramik kaplı bir su boru sistemi ile soğutulur. Fırın ısı emisyonlarının bir kısmı üst davlumbaz soğutma suyuna kaybedilir. Enerji geri kazanımı için, üst davlumbaz, sıhhi tesisatlı yüksek basınçlı su boruları ile soğutulur ve atık ısı kazan sisteminde buhar üretebilir. Bu gibi davlumbazlar enerji geri kazanımına önemli ölçüde katkıda bulunurlar. Buhar, elektrik üretmek için veya başka bir endüstriye satılabilmek için bir yoğuşmada veya bir geri-basınç türbininde kullanılabilir. Geri kazanım sistemi, yerel bir ısıtma sistemi tarafından kullanılabilir sıcak su üretecek şekilde tasarlanabilir (bkz. Şekil 8.22).



Şekil 8.22: Yarı kapalı fırından enerji geri kazanımı

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Genel enerji tüketiminin azaltılması.
- Havaya emisyonların azaltılması (çoğu durumda geri kazanılan enerji, petrol veya kömür gibi fosil yakıtların yerini alır).

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Atık ısı elektrik gücü olarak kullanılıyorsa, geri kazanım elektrik enerjisi tüketiminin %15-35'ine kadardır. Alternatif olarak, buhar ortalama basınçta boşaltılabilir ve bölgesel ısıtma için kullanılabilir ve geri kazanım daha sonra yaklaşık %80-90'a yükselecektir, ancak daha sonra atık ısının sadece %20'si elektriksel güç olarak geri kazanılabilir. Bölgesel ısıtma talebi genellikle yıl boyunca değişir ve en verimli çözüm, gerektiğinde ısı enerjisi sağlamak için elektrik enerjisi ve ısı enerjisinin ortak üretilmesidir.

#### Çapraz ortam etkileri

Fırın gazı sisteminin artan karmaşıklığı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Teknoloji genellikle yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir. Enerji geri kazanımı, tesis veya komşuları tarafından kullanılmasına izin verecek şekilde üretilebildiğinde mevcut tesisler için faydalıdır.

### Ekonomi

Bir enerji geri kazanım sistemi, yüksek bir sermaye yatırımı anlamına gelir. Yerel enerji fiyatları, üretim süreleri ve müşterilerin yokluğu gibi yerel koşulları dikkate alarak, yatırım getirileri bu tür yatırımları haklı çıkaracak kadar yüksek olmayabilir.

Aşağıdaki sonuçlar (bkz. Tablo 8.66) bir maliyet göstergesi olarak görülmelidir, çünkü kesin maliyet verileri tesisin özel koşullarına çok bağlıdır.

70–100 MW'lık bir elektrik tesisi için elektrik enerjisi üretmeye yönelik yatırımın 70-100 milyon Euro olduğu bildirilmiştir.

**Tablo 8.66: Yarı kapalı fırınlardan ısı geri kazanımı örnekleri**

Teknoloji	Atık ısı ortamı	Geri kazanım şekli	Atık ısının sıcaklık aralığı (°C)	Verim (%)	m EUR/MWh
	Atık gaz/Soğutma suyu/ Sıcak yağ	Sıcak su	50–200	75–95	0.4–2
Isı Pompası	Su/Egzos havası	Sıcak su (50–90 °C)	25–60	COP: 3–5	30–50
Gövde kazan, Su tabanlı	Atık gaz	Doymuş buhar 6–15 bar; 160–200 °C	200–600	30–65	25–50
Su borulu kazan, su tabanlı	Atık gaz	Kızgın buhar 8–60 bar; 280–480 °C	400–1000	30–75	40–150
Kazan ORC/turbin	Atık gaz	Elektrik	150–500	10–15	70–120
Su kazanı/turbin	Atık gaz	Elektrik	500–1000	20–35	300–400
Termoelektrik panel		Elektrik	Isı ışınımı 800–1500	5–10	

COP: Performans Katsayısı.  
ORC: Organik Rankine Çevrimi .  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Uygulama için itici güç

Enerji tüketiminde azalma.

### Örnek tesisler

Norveç ve İsveç'teki tesisler.

### Referans literatür

[148, Kolbeinsen, L. ve diğ. 1995] [149, Schei, A. ve diğ. 1998], [154, Lindstad, T. ve diğ. 1994], [183, ABB 1999], [184, Elkem 1999], [196, Finkeldei, L. 1999]

### 8.3.8.2. Kapalı elektrik ark ocaklarından enerji geri kazanımı

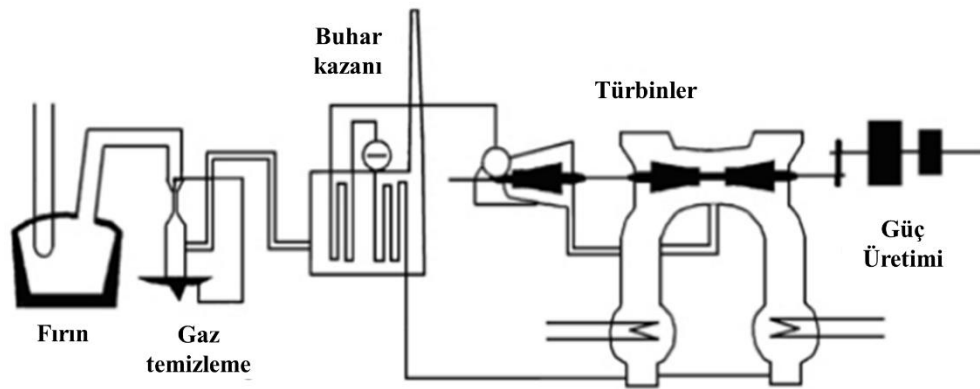
#### Açıklama

Dikkate alınacak teknik, kapalı elektrik ark ocaklarında üretilen CO-zengin egzoz gazının ikincil bir yakıt olarak kullanılmasıdır.

#### Teknik açıklama

Karbonun CO'ya tamamen dönüştürüldüğü varsayılırsa, yani CO gazı reaksiyona girmezse, karbon teorik olarak CO gazı olarak geri kazanılabilir [255, VDI 2010]. Kapalı elektrik ark ocaklarında bu CO-zengin gaz (%40-90 CO) diğer süreçlerde yakıt olarak kullanılabilir [407, Euroalliales 2013]

Egzoz gazı, ikincil bir yakıt olarak kullanılmadan önce bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılarak temizlenir. Bir diğer olasılık, bir buhar kazanı içinde hava ile yanmadır. Buhar, bir dizi yüksek basınçlı ve alçak basınçlı türbinlere beslenir. Enerji daha sonra elektrik olarak geri kazanılır (bkz. Şekil 8.23).



Kaynak: [148, Kolbeinsen, L. et al. 1995] [154, Lindstad, T. et al. 1994]

#### Şekil 8.23: Elektrik enerjisinin üretimi için CO gazının doğrudan kullanımı

Elektrik üretiminin yanı sıra, potaların kurutulması ve ısıtılması için CO gazı da kullanılabilir ve tesis sahası etrafındaki boru hattı ile de aktarılabilir ve birçok amaç için ikincil yakıt olarak kullanılabilir. En iyi faydalar doğrudan yanma ile elde edilir, fosil yakıtların değiştirilmesi, örn. ağır yağ veya kömür. Ferro-krom, ferro-manganez ve siliko-manganez üretiminde, kok ve diğer hammaddelerin kurutulması için CO gazı kullanılabilir. CO gazı, fırının birincil enerji tüketimini azaltmak için çelik bant sinterleme fırında bir yakıt olarak da kullanılabilir. Ferro-krom üretiminde, CO gazı, şarj malzemesini ön ısıtmak için kullanılır; bu da elektrik enerjisinin tüketimini ön ısıtma ısısında 100°C artış başına 70–90 kWh düşürür. CO zengini gaz aynı zamanda temizlenebilir ve daha sonra gazın bir hammadde olarak işlev görebileceği bir komşu çelik veya kimyasal tesisten bir sentetik gaz olarak tedarik edilebilir [138, Niemelä, P. 1999].

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Genel enerji tüketiminin azaltılması.
- Havaya emisyonların azaltılması (çoğu durumda geri kazanılan enerji, petrol veya kömür gibi fosil yakıtların yerini alır).

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

- Üretilen buhar: 35–40 ton/saat.
- Enerji geri kazanımı: Elektrik enerjisi girdisinin %13,5'ine eşdeğer olan 70 GWh/yıl.

İndirgeme, 7550–8300 MJ (2100–2300 kWh) değerindeki bir reaksiyon enerjisiyle, iyi bir fırın sızdırmazlığı (Outokumpu) ile bir ton ferro krom başına 650–750 Nm<sup>3</sup> CO gazı üretir. Elektrik enerjisi girdisinin %66'sı enerji olarak geri kazanılmaktadır.

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bu teknik, kapalı ocaklarda ferro-krom, ferro manganez ve siliko-manganez üreten yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir.

### Ekonomi

Maliyet kWh başına yaklaşık 0,025 EUR (%7 reel faiz oranı ve 15 yıl ömür) olarak tahmin edilmektedir.

Enerji geri kazanımı için dikkate alınması gereken farklı teknikler, enerji fiyatları, inşaat süreleri ve potansiyel müşterilerin varlığı gibi yerel koşullara çok bağlıdır.

### Uygulama için itici güç

Enerji tüketiminde azalma.

### Örnek tesisler

Norveç ve Finlandiya'daki tesis.

### Referans literatür

[148, Kolbeinsen, L. ve diğ. 1995] [149, Schei, A, ve diğ. 1998], [154, Lindstad, T. ve diğ. 1994], [233, COM 2008], [255, VDI 2010], [371, Pekka ve diğ. 2014]

#### 8.3.8.3. Diğer fırınlardan enerji geri kazanımı

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, sıcak suyun geri kazanılmasıdır.

##### Teknik açıklama

Ferro-vanadyum üretiminde (özellikle Avusturya'da nikel oksit ve vanadyum oksit üretimi) sıcak su prosten iş yerlerinin ısıtılması için geri kazanılabilir ve ayrıca sıcak su arıtımı ve kısmen de donmaya karşı koruma için kullanılabilir.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Genel enerji tüketiminin azaltılması.
- Havaya emisyonların azaltılması (çoğu durumda geri kazanılan enerji, petrol veya kömür gibi fosil yakıtların yerini alır).

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Bilgi verilmedi.

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi verilmedi.



**Ekonomi**

Bilgi verilmedi

**Uygulama için itici güç**

Enerji tüketiminde azalma.

**Örnek tesis**

Avusturya'da bir tesis.

**Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

**8.4. Gelişen teknikler**

Aşağıdaki teknikler gelişmekte olan tekniklerdir, bu da bu tekniklerin ferro-alaşım endüstrisinde tam olarak uygulanmadığı anlamına gelir:

- Kromitin ön indirgenmesi için döner ocak fırını kullanımı;
- Kromitin ferro kroma eritilmesi için gerekli olan tüm enerjiyi sağlamak için oksijen veya oksijen bakımından zengin hava ile kömür kullanan kokunun azaltılması işlemleri;
- Ferro-silikon ve silikon metal üretimi için kapalı fırın işletimi (henüz başarılı bir şekilde geliştirilmemiş);
- molibdenit kavurması için akışkan yataklı bir kızartıcı kullanımı;
- Siliko-manganez üretiminde enerji ve hammadde tüketimini azaltmak için silikon üretim süreçlerinden cürufun geri dönüştürülmesi; [244, Fransa 2008]
- manganez endüstrisinde fırınlara beslenmeden önce cevherlerin ön işleme tabi tutulması (kurutma, ön indirgeme vb.) [407, Euroalliances 2013].



## 9. NİKEL VE KOBALT ÜRETMEK İÇİN İŞLEMLER

### 9.1. Uygulamalı süreçler ve teknikler

Nikel, oksidik (laterit ve saprolit) veya sülfidik cevherden üretilir, nikelin yaklaşık %60'ı sülfid yataklarından ve %40'ı ise oksit yataklarından gelir. Bu cevherlerden nikel üretmek için kullanılan işlemlerde çeşitli varyasyonlar vardır ve bu varyasyonlar konsantrenin derecesine ve materyalde bulunan diğer metallere de bağlıdır [92, Laine et al. 1998].

Kobalt genellikle nikel ve bakır cevherlerinde bulunur ve üretimleri sırasında geri kazanılır. Kobalt içeren geri kazanılmış yan ürünün rafine edilmesi, konsantrenin bileşimi ve nihai ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri tarafından yönetilen süreçlerin bir kombinasyonu ile gerçekleştirilir. Kobalt arsenik cevherleri de kobalt kaynaklarıdır. Bu cevherler arsenik oksit in çoğunluğunu arsenik oksit olarak çıkarmak için kavrulur [104, Ullmann's Encyclopedia 1996]. Ancak, bu süreçler AB'de kullanılmamaktadır.

Tablo 9.1, bazı cevherlerin bileşimini gösterir.

**Tablo 9.1: Bazı cevherlerin bileşimi**

Cevher Kaynağı	Tipi	Ni(%)	Cu(%)	Co(%)
Murrin Murrin (Australia)	Laterit	1,07	NA	0,08
Cerro Matoso (Colombia)	Laterit	2,16	NA	NA
Selebi-Phikwe (Botswana)	Sülfid	0,77	NA	NA
Sudbury area (Canada)	Sülfid	1,18	1,73	NA
Raglan (Canada)	Sülfid	2,56	0,71	NA
Vale, Copper Cliff (Canada)	Sülfid	1,55	2	0,04
Cosmos (Australia)	Sülfid	5,7	0,2	0,1
Mount Keith (Australia)	Sülfid	0,6	0	NA
NB: NA=mevcut değil				

İkincil nikel ve kobalt, doğrudan ferro-nikel ve paslanmaz çelik üretiminde, yeniden işlenmiş hurda ve diğer geri dönüştürülmüş ürünler şeklinde doğrudan tüketilir [92, Laine, L.1998]. Katalizörler ve çöktürücü tozlar gibi diğer ikincil malzemeler, genellikle cüruf fırınında birincil eritme işlemlerinde geri kazanılır.

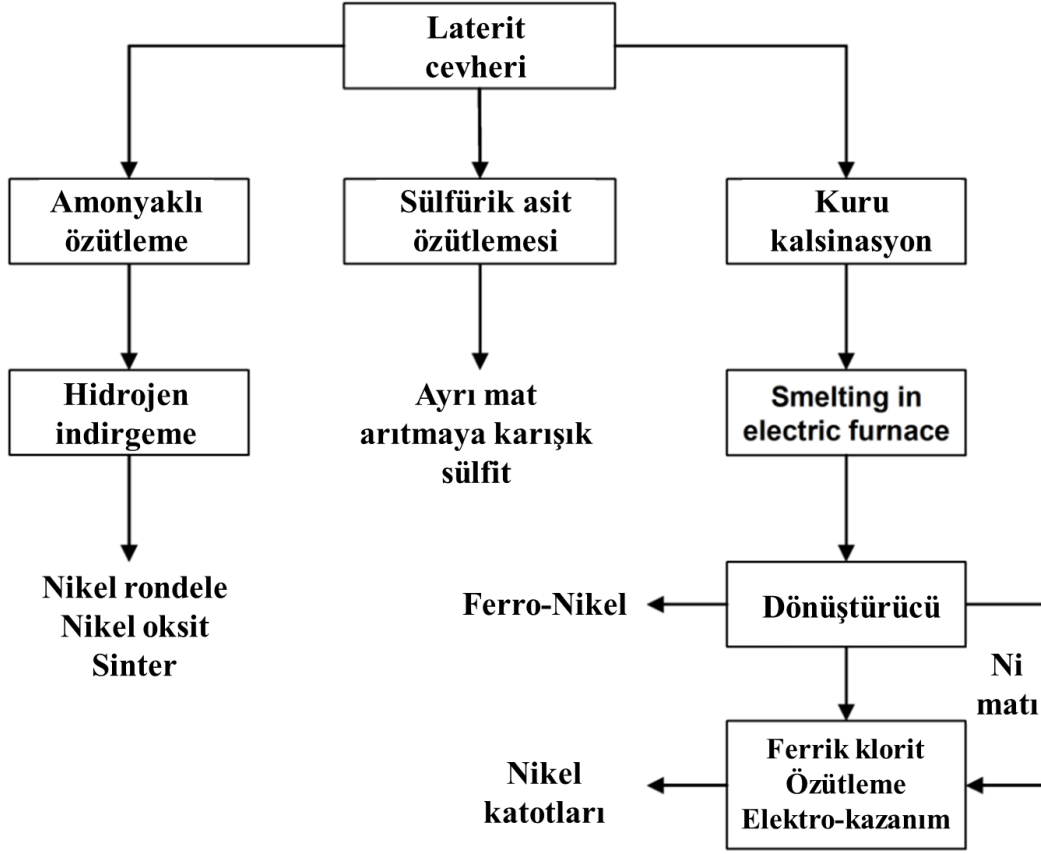
Bu metaller çok yakından ilişkili olduğu için, üretim süreçleri mümkün olduğunca birlikte ele alınmaktadır [92, Laine, L. 1998].

#### 9.1.1. Nikel üretimi

##### 9.1.1.1. Oksit cevherleri

Laterit cevherlerinde, nikel ve kobalt demir ve manganez oksitleri veya silika bileşikleriyle bağlanır ve bir konsantreye yükseltmek zordur. Bu cevherlerin bir elektrik fırınında karbon kaynağı ile eritilmesi kullanılabilir. Ferro-nikel üretilir veya kükürt eklendikten sonra nikel bir mat yapılabilir. Genel akış şeması Şekil 9.1'de gösterilmiştir.

Eritme işleminden önce, cevher genellikle döner bir fırında önceden ısıtılır veya kalsine edilir. [106, Raffinot, P. 1993]. Daha sonra bir elektrikli fırın genellikle eritme için kullanılır.



Şekil 9.1: Laterit cevherlerinden nikel üretimi için genel akış şeması

Saprolit cevherleri kükürt ile eritilebilir, böylece nikel oksit bir nikel sülfid matına dönüştürülür ve demir bir cüruflar olarak uzaklaştırılır [106, Raffinot, P. 1993]. Mat, sülfidik cevherlerden üretilen matla aynı şekilde muamele edilir.

Ferro-nikeli eritmek, laterit cevherlerinden büyük oranda nikel üretmektedir. Bu işlemler Bölüm 8.1.4'de ferro alaşımlar altında tartışılmıştır. Amonyakla birlikte lateritin yıkanması, nikeli çıkarmak için de kullanılır [19, HMIP (UK) 1994], [56, Knuutila, K. 1997], [94, Laine, L. 1998] ve bu süreç gittikçe yaygınlaşmaktadır. Nikel oksidin saf olmayan nikelde dönüşmesi ve daha sonra nikel olan nikel karbonil haline dönüştürülmesine rağmen nikel oksit, sülfidik cevherin ergitilmesinden elde edilir. Laterit cevherleri genellikle maksimum %3'lük bir nikel içeriğine sahiptir ve bu nedenle doğrudan bu işlemden kullanılmamaktadır.

Lateritlerin sülfürik asit ile basınçlı süzülmesi esas olarak basit ve kolay bir işlemdir. Sıcaklık, basınç ve diğer parametreler, söz konusu cevher ve ürünlere ve diğer amaçlara bağlı olarak mümkün olan en iyi metalurjik koşulları elde etmek için durumdan duruma değişebilir. Süzme otoklavlarının sıcaklığı genellikle 230°C ve 260°C arasındadır ve 43 bara kadar basınçlar kullanılır. Oksijen de işlemden kullanılabilir.

Elde edilen çözelti ya modern solvent ekstraksiyon yöntemleri ile ya da geleneksel çöktürme yöntemleri ile saflaştırılır. Örneğin, daha fazla metal geri kazanımı için gönderilen nikel ve kobalt sülfidleri çöktürmek için hidrojen sülfür isteğe bağlı olarak kullanılır. Çözelti nötrale edilebilir, böylece demir çöker. Daha sonra Nikel ve kobalt çöktürülecek ve amonyakla yıkanacaktır.

Solvent ekstraksiyonu, nikel ve kobalt klorürleri veya sülfatları ayırmak için kullanılır. Metalik nikel elektrowinning (elektro çıkarma) ile üretilebilir ve kobalt kobalt sülfür olarak çöktürülebilir. Alternatif olarak, nikel ve kobalt, hidrojen indirgemesi kullanılarak metal tozları olarak geri kazanılabilir.

Tablo 9.2 AB-28'de kullanılan süreçleri göstermektedir.

**Tablo 9.2: AB-28'de kullanılan süreçler**

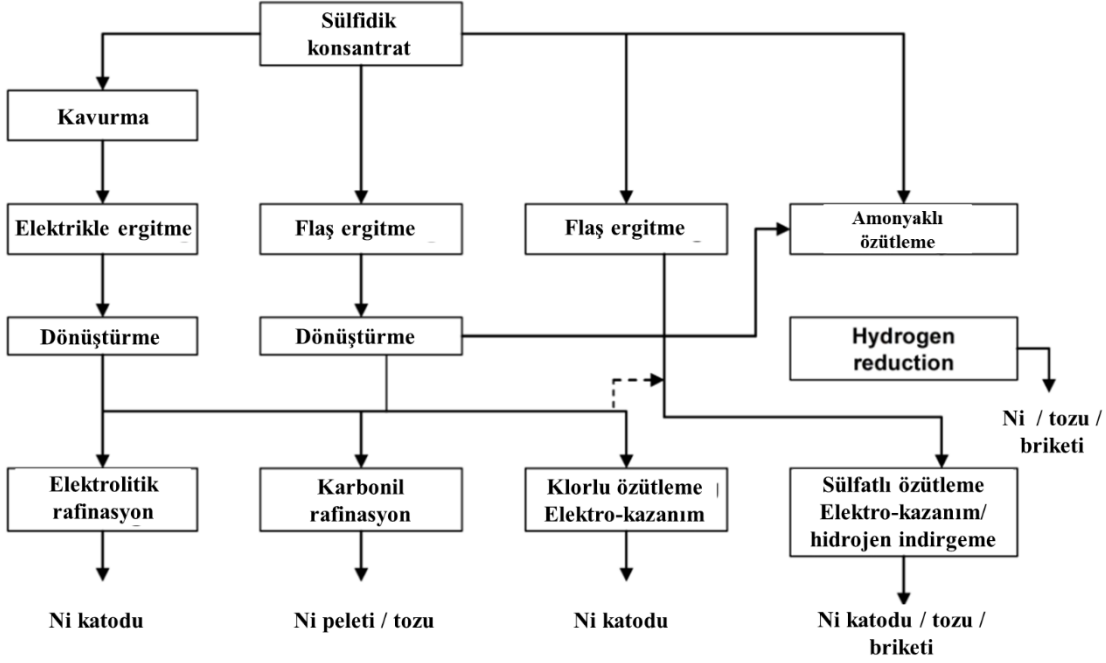
Firma adı	Yer	Sanayi sektörü	Proses tanımları
Eramet	Sandouville, France	Ni metal üreticisi, Ni tuzları üreticisi (Ni klorür, Ni hidroksikarbonat)	Hidrometalurjik bir işlemle nikel inceltme, öğütülmüş, klor ile çözülmüş, elektro-saflaştırılarak saflaştırılmış ve rafine edilmiş nikel matı alma (NiCl <sub>2</sub> tuzu ve Ni metal üretimi)
Xstrata Nickel	Kristiansand, Norway	Ni metal üreticisi	Hidrometalurjik bir işlemle nikel inceltme, taneli, klor ile çözülmüş, elektrolizle saflaştırılmış ve rafine edilmiş mat alma (Ni metal üretimi)
Norilsk Nickel	Harjavalta, Finland	Ni metal üreticisi, Ni tuzları üreticisi (Ni klorür, Ni hidroksikarbonat)	Elektrowinning (elektro kazanma) ve hidrojen indirgeme ile nikel rafinasyonu
Boliden	Harjavalta, Finland	Nikel ergitme	Sülfid cevheri konsantreleri tesise getirilir. Doğrudan Outotec Nikel flaş eritme (DON işlemi). Sülfidik konsantrelerden Ni mat üretimi. Boliden, aynı bölgede, sülfidik konsantrelerden bakır anotlar üreten bir bakır flaşlı sulandırıcı da işletmektedir. Nikel izabesinin ve bakır izabesinin emisyonları birbirinden ayrılmaz ve bu nedenle de bildirilen emisyonlar her iki kirleticiden kaynaklanır. Toz emisyonları üç istifte izlenir: havalandırma gazları, Ni kurutma tesisi ve Cu kurutma tesisi
Vale	Clydach, Swansea, UK	Ni metal üreticisi, Ni sülfat üreticisi (Çin'de, Clydach değil), Ni klorür üreticisi (Çin'de, Clydach değil)	İthal nikel oksit. Karbonil prosesi kullanılarak nikelin rafine edilmesi

### 9.1.1.2. Sülfid cevherleri

Nikel içeren sülfidik cevherler, örneğin yüzdürme ile nikel içeriğinin iyileştirilmesi için konsantre edilirler. Genel olarak, nikel konsantreleri %7-25 oranında nikel içerir, bu da daha fazla işlem yapılmasını kolaylaştırır. Sülfidik konsantreler ayrıca döner kurutucularda, buharla ısıtılmış bobin kurutucularında veya akışkan yataklı kurutucularda kurutulabilir. Bir flaş eritme ocağı gibi bir birincil eritme fırını için kuru sülfidik konsantrenin beslenmesi, işlem performansını artırır ve enerji tüketimini ve egzoz gazı akışını azaltır. Akı olarak kullanılan konsantreler ve kum, eritme işleminden önce nem içeriğini %7-8'den yaklaşık %0,2'ye düşürmek için kurutulur. Nikel konsantreleri genellikle bir nikel mat elde etmek için konsantre demir sülfid ve diğer gang materyallerini uzaklaştırmak için oksitleyici koşullar altında eritilir. Outotec flaş fırını Avrupa'da kullanılmaktadır; Outotec ve INCO flaş fırınları ve elektrikli veya şaft fırınları dünyanın başka yerlerinde kullanılmaktadır.

Nikel %35-70 oranında nikel, kobalt ve bakır içeren bir sülfid matında toplanır. Mat bir Peirce-Smith dönüştürücüsünde işlenebilir veya alternatif olarak hidrometalurjik geri kazanım aşamasından önce granüle edilebilir veya yavaşça soğutulabilir [139, Riekkola-Vanhanen, M. 1999]. Bu dönüştürücü aşaması Avrupa'da kullanılmamaktadır.

Nikel matların önemli bileşenleri kobalt, bakır ve değerli metallerdir. Eritme sırasında üretilen cüruf, aynı zamanda, geri kazanılabilir metal içerir ve daha fazla nikel matı üretmek için bir elektrikli fırın içinde işlemden geçirilir. Bu, ayrı ayrı granüle edilebilir ve işlenebilir [92, Laine ve diğ. 1998], [94, Laine, L. 1998]. İkincil malzemeler bazen elektrikli fırında geri kazanılmaktadır. Şekil 9.2, işlem seçeneklerine genel bir bakış sunmaktadır.

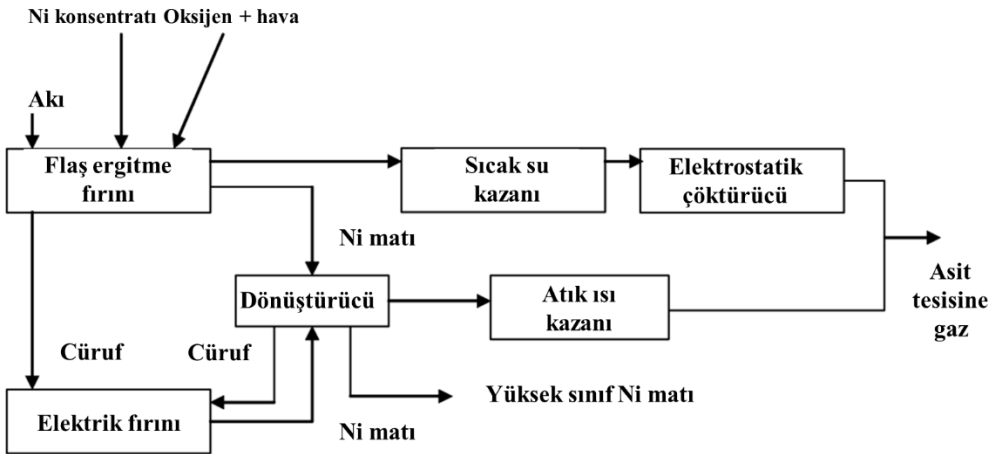


Şekil 9.2: Sülfür konsantrelerinden nikel üretimi için genel akış şeması

#### 9.1.1.2.1. Konvansiyonel flaş eritme işlemi

Geleneksel eritme işlemleri, nikel mat üretmek üzere sülfidrik konsantrelerden demir ve diğer gang materyallerini uzaklaştırmak için kullanılır. Dünya çapında bu prosesi kullanan beş tane izabe var. Bunlardan ikisi, daha büyük bir birim oluşturmak için eritme ve cüruf temizleme fırınlarının bir araya getirildiği BHP Billiton (eskiden Batı Madencilik Şirketi) tarafından tasarlanan bir flaş eritme ocağı kullanmaktadır.

İzabeler arasındaki işlemlerde farklılıklar vardır. En görünür olan mat derecesidir, ancak hammadde bileşimindeki farklılıklar da bazı farklılıklara neden olur. Genel akış şeması Şekil 9.3'te aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 9.3: Konvansiyonel flaş eritme işlemi

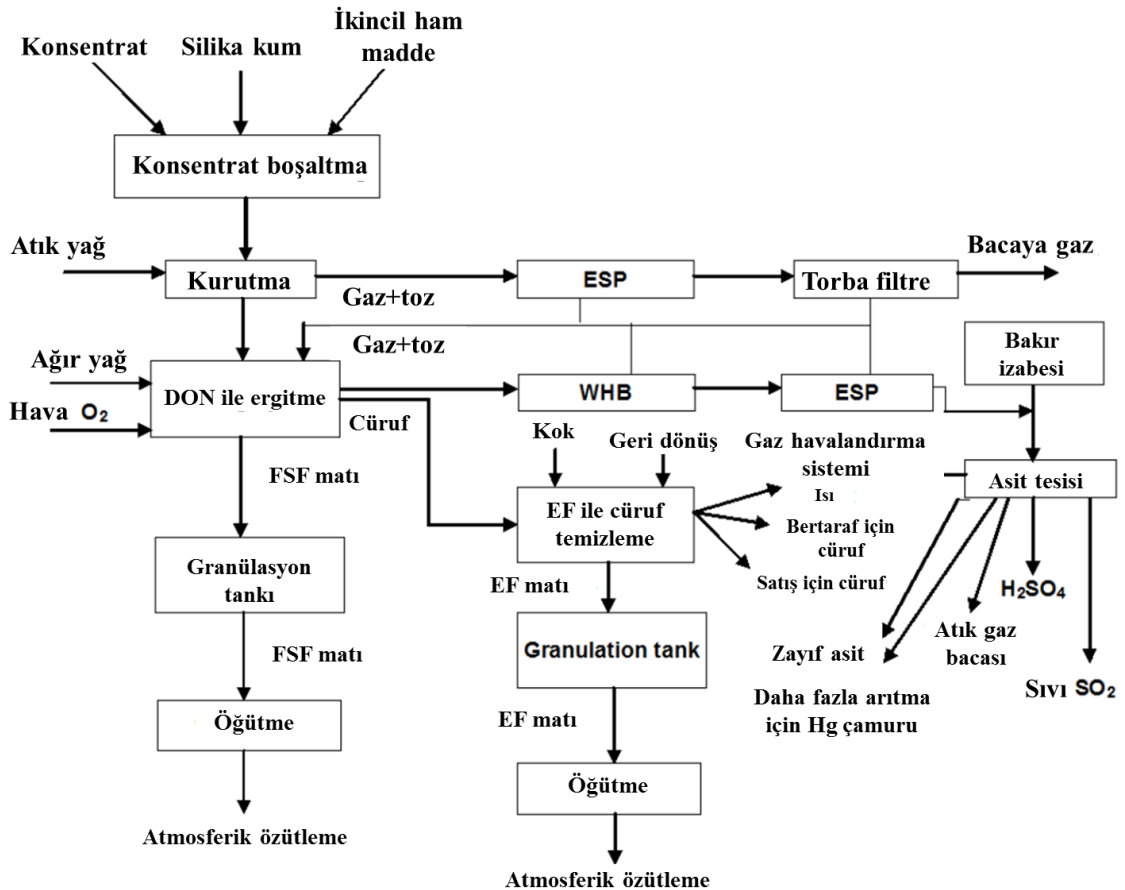
### 9.1.1.2.2. Doğrudan Outotec Nikel (DON) süreci

DON prosesi, hem eritme hem de dönüştürmeyi, hidrometalurjik olarak daha ileri işlemde geçirilen yüksek dereceli bir mat üretmek üzere birleştirir. [310, Makinen T., Taskinen P. 2006]

Flaş eritme fırını, ergitme işleminin gerçekleştirilmesi için hammaddede bulunan enerjinin kullanılmasına dayanmaktadır. Kurutulmuş konsantrat ve akı karışımı, konsantre brülörden oksijenle zenginleştirilmiş hava ile, kapalı bir fırının dikey reaksiyon şaftına sürekli olarak beslenir; burada, oksijen ve konsantre parçacıklar arasındaki reaksiyon, süspansiyon halinde hızla gerçekleşir. Besideki sülfid bileşiklerinin bir kısmı tutuşturur, oksitler ve ısıyı serbest bırakır, böylece işlem için bir yakıt görevi görür. Operasyon proses havasında yaklaşık %30-90 oksijen seviyesine ulaşmak için oksijen zenginleştirilmesi kullanılır. Oksijen zenginliğinin derecesi konsantre kalite ve ısı dengesi gereksinimi ile belirlenir. Yakıt brülörleri gerektiğinde ek enerji üretmek için kullanılır.

Erimiş fazlar, cüruf ve matın ayrı tabakalar oluşturduğu flaş eritme fırınının yatay yerleşim kısmında toplanır. Cüruf, cürufta kalan değerli metalleri geri kazanmak için kok ve sülfidize edici bir madde ile işleme tabi tutulduğu elektrikli cüruf temizleme fırınına yarı sürekli olarak taşınır. Mat, periyodik olarak kesilir ve serpmeye eriğin suyla söndürülmesiyle granüle edilir. Katı mat granüller, tankın alt kısmına, suyla bir susuzlaştırma eleğine pompalandıkları yerden yerleşirler. Granüller bir kovalı elevatörde bir ara seleye kaldırılır ve daha sonra öğütme için bant konveyörüne alınır ve hidrometalurjik nikel tesisine gönderilir.

İşlem Şekil 9.4'te gösterilmiştir.



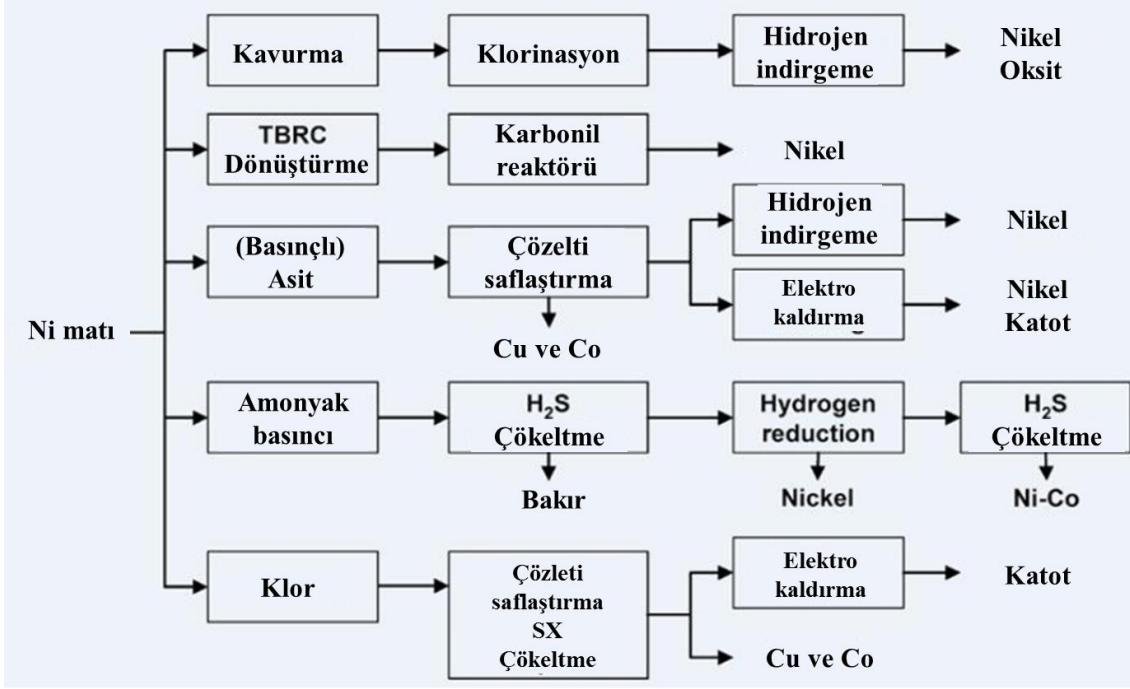
Şekil 9.4: DON süreci

### 9.1.1.3. Mat arıtma süreçleri

Eritme işleminin ürettiği matlar, metal içeriği geri kazanmak ve inceltmek için daha fazla işlemde geçirilmelidir. Nikel mat, demiri geri göndermek ve bakır, kobalt ve değerli metalleri geri kazanmak için çok aşamalı bir rafinasyon işleminden geçmelidir. Mat, pirometalurjik olarak işlenebilir, ancak hidrometalurjik işlemler daha yaygın olarak kullanılır. Çeşitli elektro-filtreleme,

süzme, indirgeme ve çöktürme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Nikel elektrolizle veya hidrojen indirgemesiyle saflaştırılmış çözeltilerden geri kazanılır.

Şekil 9.5, Nikel matı işleme yollarını göstermektedir.



Şekil 9.5: Nikel mat rafinasyon işlemleri için genel akış çizelgesi

Nikel içeren hammaddeler reaktörlerde (atmosferik; sıcaklık <110°C ve basınç 1 bar) ve/veya basınçlı otoklavlarda (sıcaklık > 100°C ve basınç > 1 bar) yıkanır. Yıkama, klorürde (bkz. Bölüm 9.1.1.3.1), sülfatta (bkz. Bölüm 9.1.1.3.2) veya amonyak (bkz. Bölüm 9.1.1.3.3) esaslı solüsyonlarda ve oksidan olarak oksijen veya klor gazı kullanılarak yapılır. Bakır ve demir gibi safsızlıklar küspe olarak çöktürülür. Çoğu durumda, bakır küspesi daha fazla işlenir ve demir küspesi, kirecin içine geri dönüştürülür veya atık alanlarına gönderilir. Nikel çözeltisi, kobalt ve diğer safsızlıkları gidermek için çözücü ekstraksiyonu ve çökeltme işlemlerinin bir kombinasyonu ile saflaştırılır. Kurşun, manganez ve alçı gibi safsızlıklar belirlenen atık alanında biriktirilir.

#### 9.1.1.3.1. Matın klorürle yıkanması, ardından elektro-kazanma

Mat bir klorid çözeltisi içinde bir yüksek sıcaklıkta birkaç aşamada ve bir oksidan olarak klor gazı kullanılarak basınç altında yıkanır. Elektromanyetik hücrelerde klor gazı oluşur ve liç devresine geri döndürülür. Bakır sülfür olarak çökeltilir ve daha sonra demir ve arsenik sızıntıyı saflaştırmak için hidroksitler ve arsenatlar olarak çökeltilir. Bakır sülfür, akışkan yataklı bir fırında kavrulur ve elde edilen kalsin, harcanan bakır elektrolit ile yıkanır. Bakır daha sonra elektro kazanmaya tabi tutulur.

Kobalt, bir organik çözücü kullanarak klorür çözeltisinin çözücü özütlenmesiyle çıkarılır ve elektro-kazanılır. Nikel çözeltisi, kurşun ve manganezin giderilmesi için klor kullanılarak daha da saflaştırılır, ardından klor gazı toplamak için bir diyafram torbasında bulunan titanyumla yapılmış boyutsal olarak kararlı bir anot (DSA) kullanılarak nikelin elektrolize edilmesi sağlanır.

Bu Falconbridge süreci olarak bilinir ve Şekil 9.6'da gösterilmiştir.

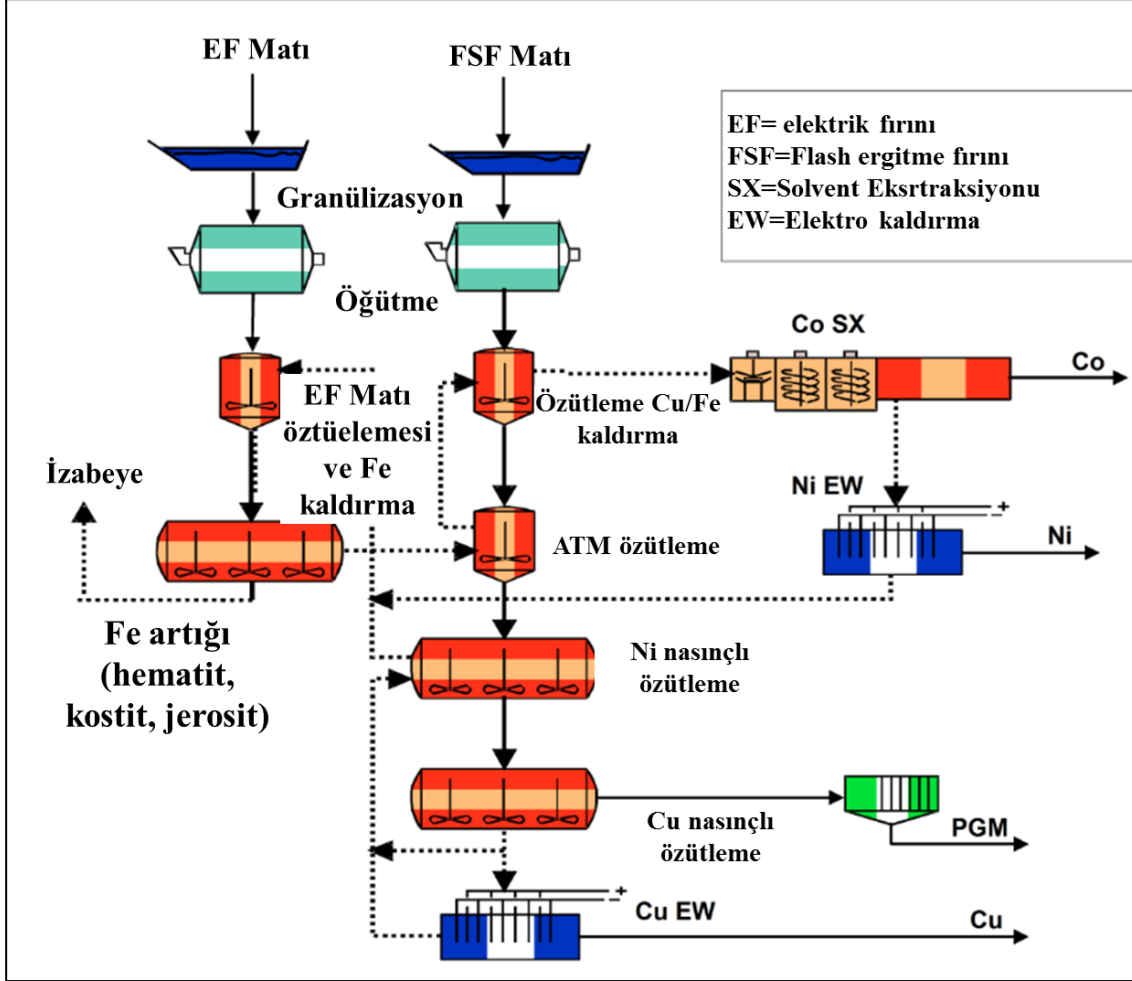




Atmosferik sızıntıdan gelen nikel çözeltisi, kobalt ve safsızlıkları uzaklaştırmak için çözücü ekstraksiyonu ile saflaştırılır. Kobalt, hidrojen kullanılarak elektro-kazanılır veya kobalt tozuna indirgenebilir. Nikel katot üretmek için saflaştırılmış sülfat çözeltisinden elektro-kazanılabilir. [310, Makinen T., Taskinen P. 2006].

Nikel tozu, çözeltiliye amonyak ve amonyum sülfat ekleyerek üretilebilir. Karışım daha sonra bir hidrojen atmosferi kullanılarak bir otoklavda indirgenir. Toz satılır veya briketler halinde sinterlenebilir. Mevcut sülfürik asit amonyak ile nötrale edilir. Amonyum sülfat, satışta geri kazanılır veya işlemden yeniden kullanılır.

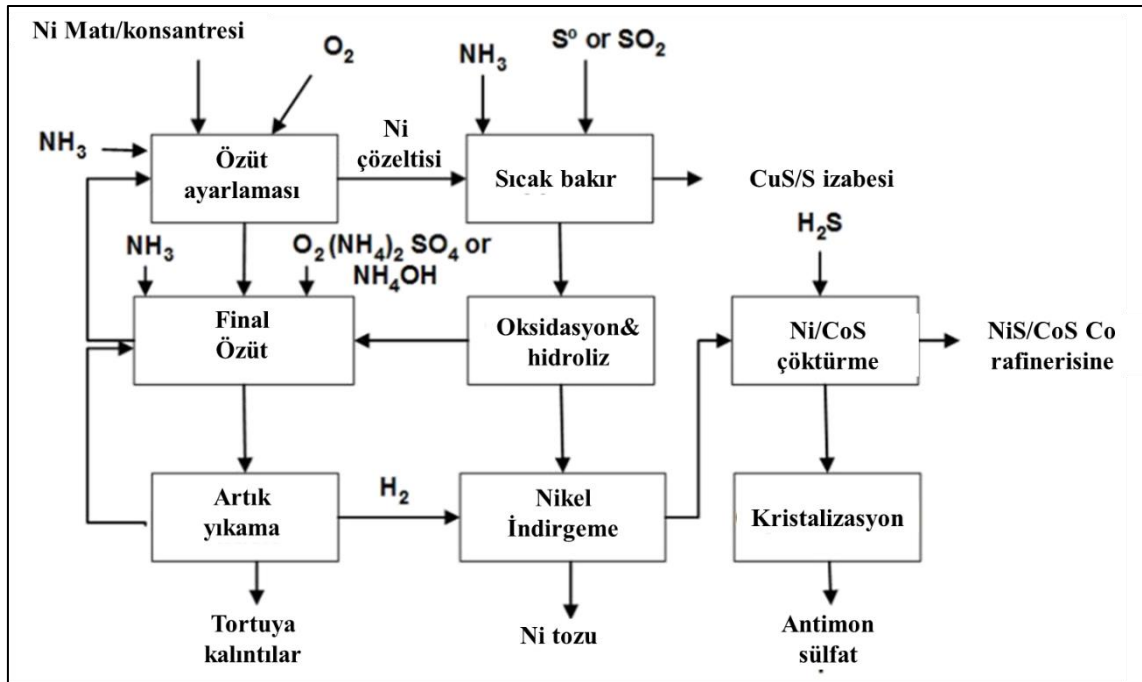
Bu işlem, izabeden ve cüruf temizleme fırınlarından üretilen matların ayrı ayrı işlemden geçirilmesi için iki-akışlı bir süreç halinde geliştirilmiştir. DON arıtma işleminin akış şeması Şekil 9.8'de gösterilmiştir.



Şekil 9.8: DON arıtma sürecinin akış şeması

### 9.1.1.3.3. Amonyak basınçlı öztüleme ve hidrojen indirgeme

Mat, oksidan olarak havayı kullanarak basınçlı otoklavlarda amonyaklı amonyum sülfat çözeltisine ayrıştırılır. Bakır sülfürün çökeltmesinden sonra metalik nikel tozu üretmek için otoklavlarda nikel çözeltisi hidrojen ile indirgenir. Hidrojen indirgeme aşamasında oluşan amonyum sülfat, kristalleştirme ve kurutma ile geri kazanılır. Hidrojen indirgemesinden sonra, çözünmüş nikelin geri kalanı ve tüm kobalt daha fazla işlem için hidrojen sülfür ile çökeltilir [92, Laine ve diğ. 1998] [94, Laine, L. 1998]. Bu Sherritt süreci olarak bilinir ve Şekil 9.9'da gösterilmiştir.



Şekil 9.9: Sherritt amonyak özütleme işlemi

#### 9.1.1.3.4. Ferrik klorür özütlemesi

Mat, kaynama noktasına yakın bir noktada (elektromanyetik hücrelerden üretilen) klor varlığında geri dönüştürülmüş demir klorür kullanılarak çeşitli aşamalarda ayrıştırılır. Sülfür elementel halde kalır ve son solüsyondan süzülür. Demir, daha sonra demir klorürün geri kazanılmasına izin vererek, tributil fosfat kullanılarak çözücü ekstraksiyonu ile uzaklaştırılır. Kobalt, trizooctilamin kullanılarak başka bir çözücü ekstraksiyon aşamasında çıkarılır. Kobalt klorür çözeltisi satılır [92, Laine ve diğ. 1998] [94, Laine, L. 1998].

Krom, alüminyum ve kurşun gibi diğer küçük safsızlıklar, elektroliz, iyon değişimi ve aktif karbon kombinasyonu kullanılarak uzaklaştırılır. Nikel daha sonra titanyum anotlar ve nikel katotlar kullanılarak diyafram hücrelerindeki saflaştırılmış solüsyondan elektro-kazanılır. Klor toplanır ve süzme devresine geri döndürülür.

#### 9.1.1.3.5. Karbonil süreci

Düşük basınçlı karbonil prosesi, nikel rafine etmek için hammadde olarak sülfürik cevheri eriterek üretilen saf olmayan bir oksit kullanır. Bu oksit, hidrojen kullanılarak saf olmayan bir metale indirgenir ve daha sonra metal aktive edilir. Nikel karbonil daha sonra metalin karbon monoksit ile düşük sıcaklıkta ve basınçta tepkimesiyle oluşturulur. Nikel karbonil uçucudur ve katı yabancı maddelerden ayrılarak rafine edilir. Katı tortu, mevcut olan diğer metalleri geri kazanmak için birincil izabeye daha fazla işlenmek üzere geri döndürülür [19, HMIP (UK) 1994], [25, OSPARCOM 1996].

Nikel karbonil gaz reaktörden dışarı geçer ve daha sonra tozlar ve peletler oluşturmak için ısı kullanılarak ayrıştırılır. Nikel kaplı malzemeler üretmek için karbon fiberler gibi diğer substratlar üzerine de ayrıştırılabilir. Ayrışma sırasında, karbon monoksit serbest bırakılır ve daha fazla nikel karbonil üretmek için geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Saf nikel tuzları, nikel peletlerinin asitlerle reaksiyonuyla üretilir. İşlemden çıkan tüm egzoz gazları, herhangi bir nikel karbonil ve karbon monoksiti yok etmek için yakılır. Torba filtresinden sonra, yakıcıdan gelen toz giderilir.

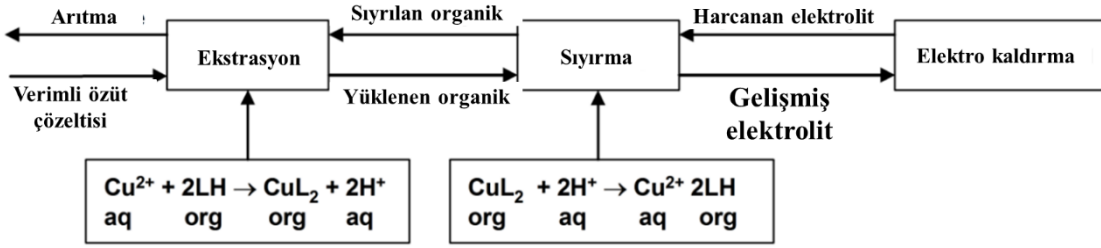
#### 9.1.1.3.6. Mat elektro filtreleme

Nikel mat, anotlara dökülebilir. Bunlar bir klorür/sülfat elektroliti kullanılarak bir diyafram elektrolitik hücresinde çözülür. Anot bölmesinden gelen elektrolit, katot torbası içinden arındırılır ve sirküle edilir. Anotlar ayrıca kükürt içeren balçık toplamak için de torbalanır. Elemental kükürt ve değerli metaller balçıktan elde edilir. Bu süreç düşük bakır içeriğine sahip olan matlarla sınırlıdır [94, Laine, L. 1998].

### 9.1.1.3.7. Solvent ekstraksiyonu

Yukarıda tarif edilen işlemlerin çoğu, demir, kalsiyum ve çinkoyu uzaklaştırmak ve elektrolitikleştirme veya transformasyondan önce nikel ve kobaltı ayırmak için bir çözücü ekstraksiyon aşaması kullanır. Metal iyon kompleksleri, istenen metal iyonlarının organik bir faza ekstre edilebilmesi için şelatlama ajanları kullanılarak oluşturulur. Ardından arzu edilen iyonlar, ikinci sulu fazın koşullarını değiştirerek ikinci bir sulu faza geri ekstre edilir.

Çözücü ve şelatlayıcı (kompleks yapıcı) madde seçimi, belirli metal iyonlarının sulu çözeltilerden ayrılmasına ve konsantre edilmesine izin verir. Çözücü/kenetleme karışımı, ekstraksiyon ve elektro yıkama banyoları arasında geri dönüştürülür. Banyolar, çözücü-su temasına ve daha sonra faz ayrılmasına izin vermek için bir karıştırıcı/çöktürücü içerir. Solvent dumanlarının yayılmasını önlemek için sızdırmaz veya kapalı sistemler kullanılır. Şekil 9.10 genel bir süreç taslağını göstermektedir [239, ENIA 2008].



Şekil 9.10: Solvent ekstraksiyonu (SX) işlem anahattı

### 9.1.1.3.8. Nikel mat rafinasyonu

Eramet, 1970'lerde ortaya çıkan bir rafinasyon süreci geliştirdi (bakınız Şekil 9.11) [239, ENIA 2008].

- çok yüksek saflıkta nikel metali elde etmek;
- tüm yan ürünleri geri kazanmak;
- Katı kalıntı üretimini en aza indirmek.

Pirometalurjik nikel mat, kaynama noktasına yakın geri dönüştürülmüş demir klorürün varlığında klorür ortamında klor ile özütlenir. Özüt tortusunun başlıca bileşeni elementer sülfüdüdür. Bu yan ürün, kavurmadan sonra sülfürik asit üretimine izin verir.

Özüt çözeltilisinin ana bileşenleri nikel, kobalt ve demir klorürlerdir. Alüminyum, krom, manganez ve kurşun gibi safsızlıklar da mevcuttur.

Çözeltilinin tamamlayıcı oksidasyonundan sonra, demir önce özütleyici olarak tributilfosfat (TBP) kullanılarak çözücü ekstraksiyonu ile ekstre edilir. Sıyırma su ile gerçekleştirilir. Demir klorür çözeltilisi, ağırlıkça %40'a kadar FeCl<sub>3</sub> konsantrasyonlarında satılmaktadır. Bu su arıtma işlemlerinde kullanılır.

Kobalt, bir ekstraktant olarak triiizooktylamin kullanılarak çözücü ekstraksiyonu ile demirle boşaltılan çözeltilerden ekstre edilir. Sıyırma su ile gerçekleştirilir. Kobalt klorür, tamamlayıcı saflaştırma işleminden sonra, kimyasal spesiyaller üretimi için hammadde olarak %27'ye kadar CoCl<sub>2</sub> konsantrasyonlarında satılır.

Alüminyum, krom ve kurşun gibi küçük kirlilikler, aşağıdakiler dahil olmak üzere çeşitli ürünler elde etmek için bir besleme malzemesi olarak kullanılan çok saf bir nikel klorür çözeltilisi elde etmek amacıyla bir çökeltme, elektroliz ve aktif karbon kombinasyonu kullanılarak çıkarılır:

- Konsantre, kristalizasyon ve kurutmadan sonra nikel klorür çözeltilisi veya kristaller.
- Yağ, filtrasyon ve sprej kurutma ile nikel hidroksikarbonat.

- Nikel metal (saflık>%99.99), titanyum ve nikel katotlar üzerinde bir klorür ortamında elektroliz ile. Anotlarda üretilen klor, mat özütleme adımında geri dönüştürülür.

Bu nikel üretim prosesi için kullanılan enerji, rafine etme aşamalarının enerji kullanımına uygun olarak 20 ton/ton nikel aralığındadır.

#### Havaya emisyonlar

Süreç havaya aşağıdaki emisyonlara sahiptir:

- Ni: 0,025 kg/t Ni;
- Cl<sub>2</sub>: 0,010 kg/t Ni;
- VOCs: 3,6 kg/t Ni;
- SO<sub>2</sub>: 3,7 kg/t Ni;
- CO<sub>2</sub>: 600 kg/t Ni

#### Suya emisyonlar

Süreç su için aşağıdaki emisyonlara sahiptir:

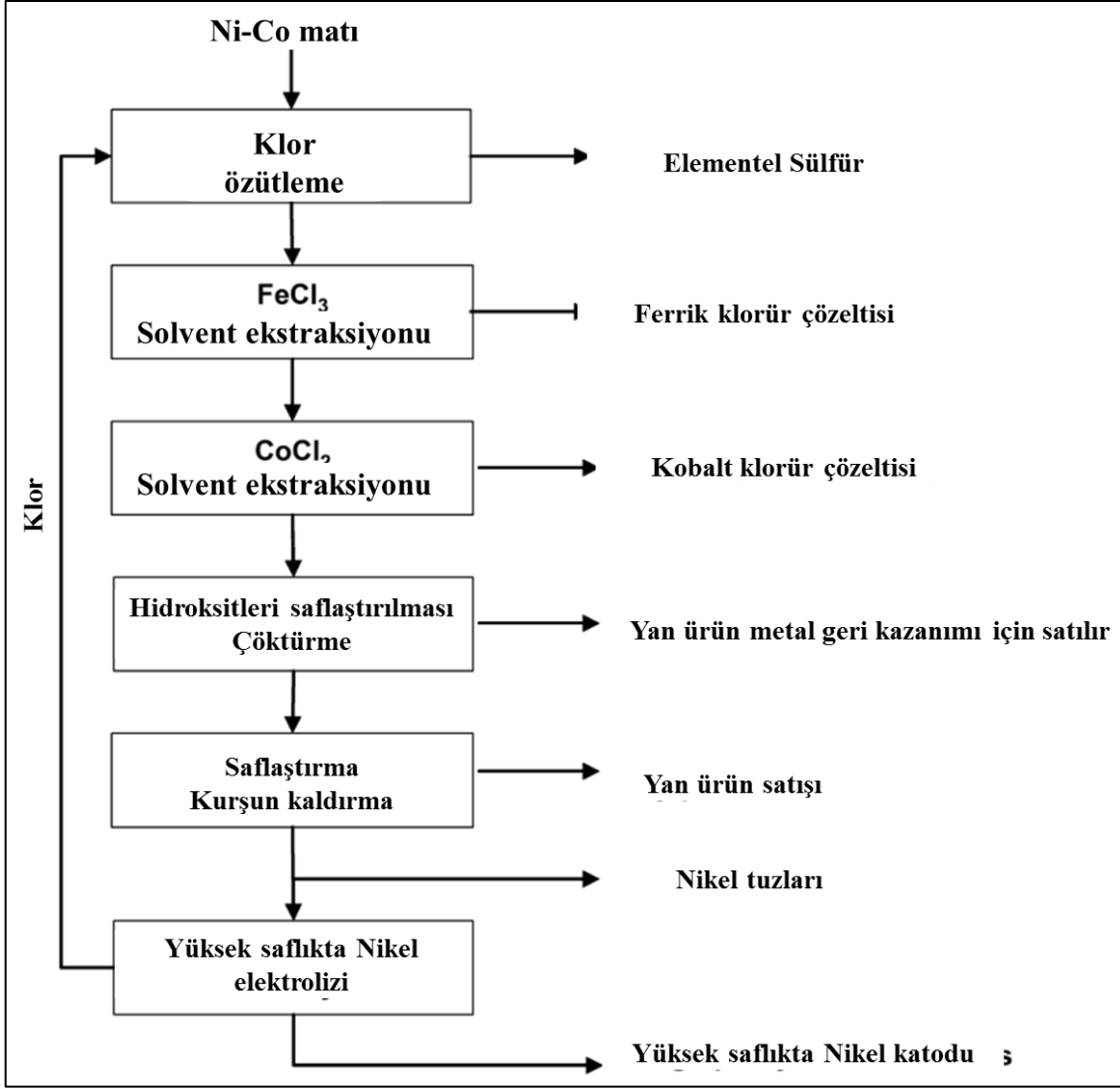
- Ni: 0,017 kg/t Ni;
- Suspended solids: 0,18 kg/t Ni;
- COD:2,0 kg/t Ni.

#### Kalıntılar ve atık üretimi

Burada açıklanan işlemi kullanarak Eramet nikel rafinerisi bertaraf için herhangi bir katı kalıntı oluşturmaz.

Üretilen atık miktarı 22 kg/t Ni'dir. Bu veriler, üretim sürecinin kendisi ile bağlantılı olmayan atıkları içermez.

Eramet arıtma işleminin bir akış şeması Şekil 9.11'de gösterilmiştir.



Şekil 9.11: Eramet rafinasyon sürecinin akış şeması

#### 9.1.1.4. İkincil malzemeden nikel alaşımı üretimi

Süreç, ham madde hazırlama, eritme (boşaltma ve döküm dahil), ingot sıyırma ve giydirme, hurda geri dönüşümü ve yaklaşık 7000 ton/yıllık bir üretim ile 'elektrosfer arıtımı' içerir.

İşlem için hammadde geri dönüştürülmüş hurda, satın alınmış hurda ve işlenmemiş malzemeden oluşmaktadır. Tornalama, talaşlı kesme, vb. şeklinde hurda, yağın santrifüjlenmesi ve/veya yağdan arındırılması için işlemden geçirilir. Hammaddeler, istenen alaşım bileşimine şarj tankları halinde tartılır. Şarj kapları daha sonra ilgili fırına taşınır.

Erime işlemi, bir indüksiyon fırını içinde, kumaş filtreleri ile donatılmış iki ekstraksiyon sisteminden biri tarafından tutulan dumanlarla gerçekleştirilir. Bazı metaller, vakumlu arıtma fırınlarında daha da rafine edilir. Vakum indüksiyonu eritme, 7,5 ton kapasiteli bir fırında gerçekleştirilir. Fırından döküm, vakum veya argon altında gerçekleştirilir. Vakum arkı arıtma, vakum altında katı ingotlar üreterek gerçekleştirilmektedir. Vakum, buhar ejektörleri tarafından sağlanır ve ejektörlerden gelen gazlar, sprey kondansatörler kullanılarak soğutulur. Cüruf elektrikli bir fırında rafine edilir.

Üç döküm tekniği kullanılmıştır: üst döküm, yokuş yukarı döküm ve Durville döküm. Döküm sırasında döküm akışları ve anti-boru bileşikleri kullanılır. Döküm için kullanılan potalar, gaz yakıtlı brülörler tarafından önceden ısıtılmaktadır.

Dökümden gelen ingotlar, kalıntı refrakter materyallerden sıyrılır. Dökme proseslerinden katı atıklar, döküm/pota refrakterleri, cüruflar vs. artık metallerin geri kazanımı için toplanır. Soyulmuş ingotlar daha sonra çeşitli işlemlere tabi tutulabilir: işleme, testere, taşlama ve bilyeli kumlama. Bu işlemlerden gelen toz, talaş ve talaş şeklindeki hurda yeniden işleme veya satış için toplanır.

### 9.1.2. Kobalt üretimi

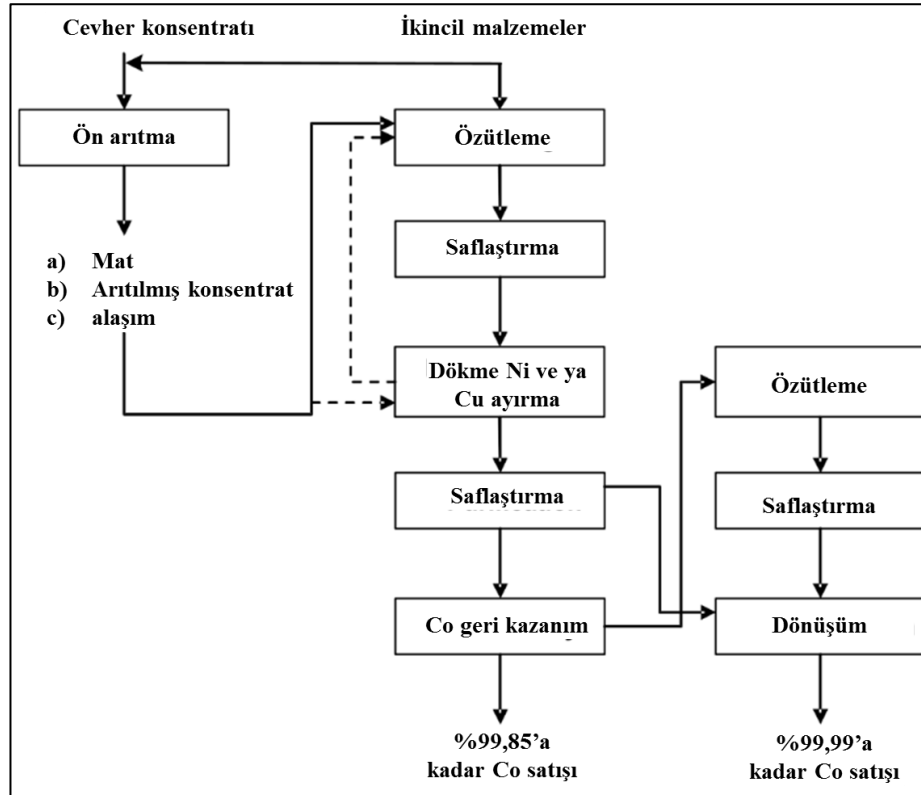
Kobalt, solvent ekstraksiyon (SX) kullanarak ayrıştırmanın ardından nikel geri kazanımı sırasında üretilir ve yukarıda Bölüm 9.1.1.3.7'de açıklanmıştır. Kobalt, diyafram hücreleri kullanılarak nikel ile aynı şekilde satılabilir katot üretmek için çözeltiden elektro-kazanılabilir. [233, COM 2008]. Elektro-kazanma işlemi sülfat veya klor bazlı olabilir.

Kobalt ayrıca çözeltiden, hidrojen indirgemesi ile bir toz olarak geri kazanılabilir. Alternatif olarak, çözelti, daha fazla rafine edilmek veya satış için saf olmayan bir kobalt yan ürünü çökeltmek üzere muamele edilebilir.

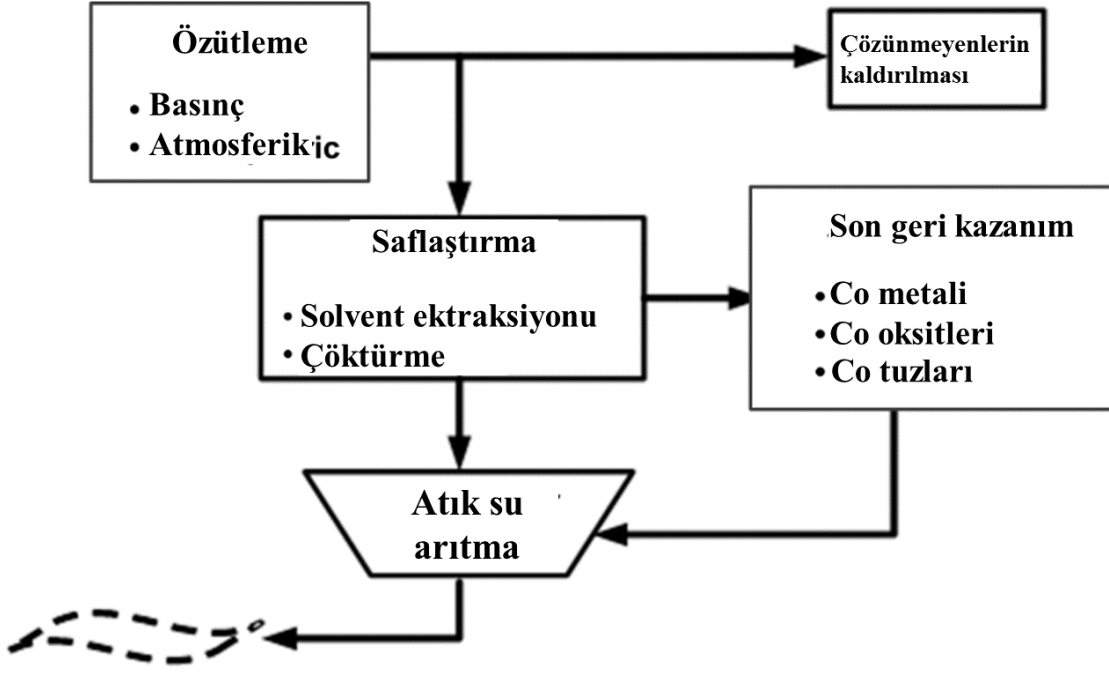
Kobalt, ara maddeler ve geri dönüştürülmüş malzemeler içeren bu ve diğer yan ürünlerin daha da rafine edilmesi, bir sülfürik veya hidroklorik asit ortamında atmosferik ve oksijen basıncı özütlemesi kullanılarak gerçekleştirilir. Hidroksitler, karbonatlar ve amin veya amonyum kompleksleri kullanılarak ayırma da kullanılmaktadır [104, Ullmann's Encyclopedia 1996].

Çözeltileri arıtmak için çökeltme, solvent ekstraksiyonu ve iyon değiştirme teknikleri kullanılır. Kobalt daha sonra metal tozu, metal oksit veya tuzlar olarak geri kazanılır. Ürünler çok çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerle üretilmiştir. Karboksilatların pirolizi, yüksek sıcaklıkta oksit indirgemesi, çökeltme ve kristalleştirme teknikleri, parçacık büyüklüğüne veya gerekli olan diğer özelliklere bağlı olarak kullanılır. [104, Ullmann'ın Encyclopedia 1996].

Bu süreçler ticari olarak gizlidir ve doğada oldukça yere-özdür. Şekil 9.12'de genel bir akış sayfası gösterilmiştir ve Şekil 9.13'te daha spesifik bir süreç gösterilmiştir.



Şekil 9.12: Kobalt üretimi için genel akış çizelgesi



Şekil 9.13: Pratik bir kobalt akış çizelgesi

## 9.2. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

### 9.2.1. Enerji tüketimi

Sülfürik konsantrelerden elde edilen matın üretimi için tüketilen enerjinin, %4-15 oranında nikel içeren konsantreler için nikel tonu başına 25-65 GJ aralığında olduğu bildirilmiştir. Çeşitli arıtma aşamalarında tüketilen enerjinin, nikel tonu başına 17-20 GJ olduğu bildirilmektedir.

### 9.2.2. Hava emisyonları

Nikel ve kobalt üretiminden kaynaklanan havaya ilişkin potansiyel emisyonlar şunlardır:

- sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>) ve diğer asit gazları;
- azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve diğer azot bileşikleri;
- metaller ve arsenik dahil olmak üzere bileşikleri;
- toz;
- klor;
- VOC'ler ve kokular;
- CO ve karboniller (alarm seviyeleri genellikle milyarda 80 parça olarak belirlenir).

Potansiyel olarak başlıca kaynaklardan yayılan maddelerin önemi Tablo 9.3'te verilmiştir ve bu bölümde daha sonra tartışılacaktır.

**Tablo 9.3: Kobalt ve nikel üretiminden kaynaklanan havaya yönelik potansiyel emisyonların önemi**

Bileşik	Kavurma veya ergitme	Özütleme ve saflaştırma	Elektroliz	Solvent ekstraksiyonu	Sülfirik asit tesisi	Son geri kazanım ve dönüşüm
Sülfür dioksit ve trioksit (1) HCl	••• ( )	•	•	•	••	NR
VOC'ler (CO ve kokular dahil)	•	•	NR	••	NR	NR
Klor	NR	••	••	NR	NR	NR
Azot oksitler	1	NR	NR	NR	•	NR



	• ( )					
Toz ve metallere	<sup>1</sup> ••• ( )	•	•	NR	NR	••
<p>(<sup>1</sup>) Sülfürik cevherlerin kavurma veya eritme aşamalarından gelen doğrudan emisyonlar, gaz temizleme aşamaları ve sülfürik asit tesisinde işlenir ve/veya dönüştürülür; sülfürik asit tesisinin kalan sülfür dioksit ve azot oksit emisyonları hala geçerlidir. Yayılı veya kapsamayan emisyonlar da bu kaynaklardan uygundur. NB: ••• Daha çok önemli – • Az Önemli. NR = İlgili değil.</p>						

Sürecin emisyon kaynakları şunlardır:

- kavurma;
- Diğer ön arıtma;
- eritme, dönüştürme ve cüruf işleme;
- süzme ve arıtma;
- solvent ekstraksiyonu;
- elektroliz;
- nihai geri kazanım veya dönüşüm aşaması;
- sülfürik asit tesisi.

### 9.2.2.1. Sülfür dioksit ve diğer asit gazları

En önemli kükürt dioksit emisyonları, kızartıcı veya tozdan çıkan yayılı emisyonlardır. Konvertörün pota transfer ve üfleme aşamalarından ve sülfürik asit tesisinden gelen doğrudan emisyonlardan elde edilmeyen emisyonlar da önemlidir. Fırınların iyi tahlite edilmesi ve sızdırmalığının sağlanması, yayılı emisyonları önler ve toplanan gazlar, bir gaz temizleme tesisine ve daha sonra sülfürik asit tesisine gönderilir.

Temizlendikten sonra, kavurma safhasındaki gazdaki kükürt dioksit sülfürik aside dönüştürülür. Bölüm 2.7.2, bu sektördeki sülfürik asit tesislerinin teknik ve emisyonları hakkında daha fazla bilgi sağlar.

Başlatma ve kapatma sırasında, zayıf gazların dönüştürülmeden yayıldığı durumlar olabilir. Bu olayların bireysel kurulumlar için tanımlanması gerekmektedir ve birçok şirket bu emisyonları önlemek veya azaltmak için proses kontrolüne önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bazı işlemlerden elde edilen sülfür dioksit emisyonları Tablo 9.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 9.4: Bazı nikel ve kobalt işlemlerinden sülfür dioksit üretimi**

İşlem	Ürün	Metal üretimi (t/yr)	Sülfür Dioksit (kg, üretilen ton metal başına)
Öğütme, özütleme	Co ve bileşikleri	5000	0,01
Ni izabesi	Ni, Co, Cu	200 000	18
NB: Veriler, belirli hammaddelere, sülfid cevherinden üretilen matın öğütülmesine ve Cu/Ni sülfidik konsantrasyonlarının eritilmesine işaret etmektedir. Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]			

Elektroliz sırasında, tank evine aerosol (seyreltilmiş hidroklorik ve sülfürik asitler ve metal tuzları) emisyonları vardır. Bu emisyonlar tank evini (doğal) havalandırma veya soğutma kulelerinden terk eder ve yayılı emisyon olarak sınıflandırılır. Sislerin üretimini azaltmak için hücreler köpükler veya plastik boncuklarla kaplanabilir. Hücre odası havalandırması havadan arındırılabilir ve çözelti elektroliz aşamasına geri döner.

Klorür çözeltilerinin elektrolizi sırasında klor oluşur. Bu, sızdırmaz anot bölmesinde toplanır ve özütleme aşamasına geri döndürülür. Klor monitörleri, sızıntıları tespit etmek için kullanılır ve gaz yıkayıcılar, hava ve diğer kaynaklardan klor izlerini gidermek için kullanılır.

### 9.2.2.2. VOC'ler

Çözücü ekstraksiyon aşamalarından VOC'ler salınabilir. Çeşitli solventler kullanılır ve organik tabakada çözünebilir istenen metal ile kompleksler oluşturmak için çeşitli kompleks oluşturu maddeler içerir. Kapalı veya sızdırmaz reaktörler kullanılarak emisyonlar önenebilir veya minimize edilebilir ve bu durumda 30 mg/Nm<sup>3</sup> mertebesinde emisyonlar rapor edilir.

Solventler, doğal olarak alifatik veya aromatik olabilir, ancak genellikle bir karışım kullanılır. VOC'ler toksisitetlerine göre sınıflandırılabilir ancak aromatik ve klorlu VOC'lerin genellikle daha zararlı olduğu ve verimli bir şekilde uzaklaştırılması gerektiği düşünülür. Çözücü buharları, ekstraksiyon aşamasının sıcaklığına ve bu sıcaklıktaki solvent bileşenlerinin buhar basıncına bağlı olarak yayılır. 1000 mg/Nm<sup>3</sup>'e kadar (~ 1 kg/saat) VOC konsantrasyonları bildirilmiştir, ancak çalışma koşulları bilinmemektedir [92, Laine ve diğ. 1998]. Solventlerin ve kullanım koşullarının doğası, tehlikenin değerlendirilebilmesi için belirlenmelidir.

VOC'ler, yoğunlaştırıcı kullanılarak veya havalandırma havası soğutulularak ve solventin daha fazla kullanım için geri kazanılmasıyla çıkarılabilir. Yoğuşmayı takiben üretilen metal tonu başına 0,2 kg kütle emisyonu bildirilmiştir [92, Laine et al. 1998]. Karbon filtreleri veya biyofiltreler ayrıca VOC emisyonlarını azaltmak için de kullanılabilir, ancak solvent geri kazanımına izin vermez.

### 9.2.2.3. Toz ve metaller

Kavurma, eritme ve dönüştürme işlemlerinden kaynaklanan tozun taşınması, doğrudan ve yaygın toz ve metal emisyonları kaynağıdır. Bazı işlemlerde, gazlar, gaz yıkayıcılarda ve kumaş filtrelerinde veya bir sülfürik asit tesisinin gaz temizleme işlemlerinde toplanır ve işlenir. Toz çıkarılır ve süzme işlemine geri verilir. Toz ve büyük partikülleri temizlemek için kumaş filtreler ve gaz yıkayıcılar kullanılır. Bazı işlemlerden gelen toz ve metal emisyonları Tablo 9.5 ve Tablo 9.6'da gösterilmiştir, ancak farklı süreçlerin ve süreç aşamalarının dahil olduğu ve verilerin karşılaştırılmayacağına dikkat edilmelidir [260, Nyberg ve ark. 2000].

**Tablo 9.5: Bazı Avrupa süreçlerinden gelen toz ve metal emisyonları**

İşlem	Ürün	Üretim (ton)	Toz (kg, metal ton başına)	Ni (kg, metal ton başına)
Mat öğütme	Ni	12 000	0,02	0,005
Nikel matının rafinasoyunu	Ni		0,04	NA
Karbonil prosesi	Ni	40 000	0,01	0,005
DON prosesi ve bkır izabesi ( <sup>1</sup> )	Ni, Cu	240 000	0,25	0,02

(<sup>1</sup>) DON prosesi ve bakır izabesi, kurutma, eritme (Cu + Ni), Cu dönüştürücü, cüruf temizleme (Cu + Ni), tüm Ni mat rafinasyon prosesleri ve diğer azaltma işlemlerini içeren bir alandan meydana gelir.  
NA=Mevcut değil.  
Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]

**Tablo 9.6: Kobalt üretiminin bazı süreç aşamalarından kaynaklanan hava emisyonları**

İşlem	Ürün	Üretim (tonnes)	Co (kg, metal ton başına)	Ni (kg, metal ton başına)	VOCs (kg, metal ton başına)
Öğütme/özütme	Co	10 000	0,1	NA	NA
Solvent çıkarma	Co	10 000	NA	NA	4,0
Son geri kazanım veya dönüşüm	Co	10 000	0,8	0,1	NA
<b>Toplam</b>	<b>Co</b>	<b>10 000</b>	<b>0,9</b>	<b>0,1</b>	<b>4,0</b>

NB: NA = Mevcut değil.  
Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]

#### 9.2.2.4. Klor

Klor, bazı özütleme aşamalarında kullanılır ve daha sonra klor çözeltilerinin elektrolizi sırasında üretilir. Özütleme kapları sızdırmazdır ve klorsuz gazın temizlenmesi için klor gazı ıslak gaz yıkama kullanılır.

Elektrolitik hücrelerdeki anotlar bir membran içinde bulunur ve bir toplama dvlumbazı ile kapatılır. Üretilen klor toplanır ve özütleme aşamasında yeniden kullanılır. Sistemler sızdırmazdır ve yayılı emisyonlar sadece membran veya boru hataları sırasında meydana gelir. Klor alarmları, bu tür arızaları tespit etmek için sızıntı ve hücre odalarında yaygın olarak kullanılır ve normalde klor emisyonu yoktur [233, COM 2008].

Atık sudaki klorun varlığı, karışık bir atık suda solvent vb. de mevcutsa organik klor bileşiklerinin oluşumuna yol açabilir.

#### 9.2.2.5. Hidrojen, karbonmonoksit ve karboniller

Karbon monoksit ve hidrojen, nikel ve daha sonra nikel karbonil üretmek için nikelin vapometalürjik rafinasyonunda kullanılır. Bu gazlar, patlayıcı veya çok zehirlidir ve emisyonları önlemek için çok gelişmiş reaktör sızdırmazlıkları ve kontrol ekipmanları kullanılır. Kapsamlı izleme ve alarm sistemleri kullanılmaktadır. Hidrojen ayrıca hidrometalürjik veya pirometalürjik geri kazanım veya dönüştürme işlemlerinde bir indirgeyici madde olarak kullanılır. Son yakıcı kullanılmadığı takdirde, elektrik ark fırınlarında karbon monoksit de üretilir. Patlayıcı gaz karışımlarını önlemek için orantılı ekipman ve uygun gaz egzoz sistemlerini içeren sağlam proses tasarımı kullanılır.

Karbon monoksit geri kazanılır ve atık işlem gazları en sonunda mevcut olabilecek herhangi bir karbon monoksiti veya karbonili yok etmek için yakılır. Nikel karbonil, geri kazanılan nikel oksite dönüştürülür.

#### 9.2.2.6. Azot oksitler

Kavurma ve ergitme aşamaları potansiyel azot oksit kaynaklarıdır ( $\text{NO}_x$ ).  $\text{NO}_x$ , konsantratlarda veya termal  $\text{NO}_x$  olarak mevcut olan azot bileşenlerinden oluşturulabilir. Üretilen sülfürik asit,  $\text{NO}_x$ 'in büyük bir bölümünü emebilir ve bu nedenle sülfürik asit kalitesini etkileyebilir. Kavurma aşamalarından sonra yüksek seviyede  $\text{NO}_x$  mevcutsa, ürün kalitesi ve çevresel nedenlerden dolayı kavurma gazlarının arıtılması gerekebilir. Direkt eritme, cüruf kokusu dışında oksijen zenginleştirilmesi kullanılır ve termal  $\text{NO}_x$ 'ü azaltabilir. Oksi-yakıt brülörleri kullanan diğer fırınlar da  $\text{NO}_x$ 'te bir azalma gösterirler, ancak sıcaklık artışı ve azot muhtevası önemli olduğunda, daha düşük oksijen zenginleştirme seviyelerinde tersi doğru olabilir. Tüm süreçlerin aralığı 20–400 mg/Nm<sup>3</sup>tür.

#### 9.2.2.7. Yayılı emisyonlar

İşlem emisyonlarının yanı sıra, yayılı emisyonlar meydana gelir. En büyük yayılı emisyon kaynakları şunlardır:

- Konsantrelerin depolama ve elleçlenmesinden kaynaklanan tozlar;
- kavuruculardan, izabelerden ve dönüştürücülerden olan sızıntı;
- özütleme ve arıtma kaplarının egzoz gazlarından gelen tozlar;
- solvent ekstraksiyonundan ve elektro-kazanım ünitelerinden gelen egzoz gazları (HCl, Cl<sub>2</sub> ve VOC dahil);
- döküm fırınlarının egzoz gazlarından gelen tozlar;
- bina havalandırma havası dahil olmak üzere çeşitli emisyonlar.

Yayıllı emisyonların ölçülmesi ve tahmin edilmesi zor olmakla birlikte, başarılı bir şekilde kullanılan bazı yöntemler vardır (bkz. Bölüm 2.3.5). Tablo 9.7, eritme ve konvertör havalandırma gazlarının biriktirildiği ve kurutucu gazlarla işlendiği bir birincil izabeden bazı tahminler vermektedir.

**Tablo 9.7: İkincil duman yakalama ve yayıllı emisyonların önemi**

Emisyonlar	Birincil yakalama (t/yr)	İkincil yakalama (t/yr)	Yayıllı (t/yr)
Sülfür dioksit (1999)	523	2242	147
Sülfür dioksit (2004)	630	1976	248

Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]

Tablo 9.7, havalandırma gazlarının toplanmadığı ve işlenmediği durumlarda yayıllı emisyonların birincil eritme işleminde önemli olabileceğini göstermektedir. Bu durumda, yayıllı emisyonlar azaltılmış emisyonlardan çok daha yüksek olurlar. Rafinasyon işlemlerinin daha düşük yayıllı emisyonlara sahip olduğu rapor edilir ve karbonil işlemi özellikle iyi bir şekilde sızdırmaz hale getirilir. Yayıllı emisyonları azaltma eylemi birçok süreçte gerekli olabilir.

Dumanların NaOH çözeltisi ile işlenmesiyle granülasyon dumanlarından kaynaklanan yayıllı emisyonların azaltılması mümkündür. Bunları azaltmanın bir diğer yolu, lavarlayıcılar üzerindeki kapalı, havalandırılmalı kapakları kullanmaktır. Bu geciktiriciler, yakıt ya da tercihen elektrikle ısıtılan kapaklar kullanılarak ısıtılabilir, ki bu daha sonra salınan az miktarda gaz sayesinde yayıllı emisyonların verimli bir şekilde toplanmasını sağlar.

Erimiş malzeme taşınmasından kaynaklanan yayıllı emisyonlar da önemlidir. DON prosesinde, flaş eritme ve flaş dönüştürme işlemlerinde olduğu gibi, erimiş malzemenin pota ile taşınması söz konusu değildir ve böylece yayıllı emisyonların kontrol edilmesi daha kolaydır.

Dağınık emisyonların toplanması Bölüm 2.12.4'te açıklanmıştır.

### 9.2.3. Suya emisyonlar

Metaller ve bunların bileşimleri ve süspansiyon halindeki materyaller, suya yayılan temel kirleticilerdir. İlgili metaller bakır, nikel, kobalt, arsenik ve kromdur. Diğer önemli maddeler, florürler, klorürler ve sülfatlardır.

Olası atık su kaynakları:

- hidrometalurjik saflaştırma işlemleri;
- Mat granülasyon;
- ıslak gaz yıkayıcılardan gelen atık sular;
- ıslak elektrostatik çökticilerden gelen atık sular;
- cüruf granülasyonundan atık su;
- anot ve katot yıkama sıvısı atığı;
- pompaların sızdırmazlık suyu;
- ekipman, zemin vb. Temizlik dahil olmak üzere genel işlemler;
- Soğutma suyu devrelerinden deşarj;
- yüzeylerden (özellikle depolama alanlarındaki) ve çatılardan yağmur suyu akması;

Islak gaz temizlemeden (kullanılmışsa) atık sular, kirletici, dönüştürücü ve akışkan yataklı kavurma aşamaları en önemli kaynaklardır. Diğerleri temizlik ve çeşitli kaynaklar. Özütleme aşamaları genellikle kapalı bir devrede çalıştırılır ve drenaj sistemleri yalıtılır ancak iyi sızıntı önleme ve algılama sistemleri kullanılmadıkça potansiyel problemler vardır. Özütleme aşamasında elektrolit sızdırma sıvıları kullanılır.

#### 9.2.3.1. Azaltım tesislerinden gelen atık sular

Özütleme ve kavurma işlemlerinden sonra ıslak gaz yıkayıcılar kullanılırsa, asidik bir çözelti oluşur. Gaz yıkayıcı, florürleri, kloru, klorürleri, çoğu cıva ve selenyum ile mekanik gaz arıtımını

geçen bazı partikülleri temizler. Kirletici maddelerin birikmesini önlemek için, bir miktar sıvı, gaz yıkayıcıdan sürekli olarak karıştırılmalı ve daha sonra işlenmelidir. Çözünmüş SO<sub>2</sub> deşarjdan önce çıkarılır. Zayıf asit ayrıca konsantre edilerek ve bir flaş eritme fırınının alınma şaftına geri beslenerek işlenebilir.

Islak ESP'ler ayrıca asidik bir ıslak gaz yıkama sıvısı üretir. Bu, filtrelemeden sonra geri dönüştürülür veya konsantre edildikten sonra, flaş fırının emme miline geri döndürülür. Kirletici maddelerin birikmesini önlemek için bu devreden bir miktar sıvı alınmalıdır. Bu boşaltma sıvısı, boşaltımdan önce işlenir ve analiz edilir.

Tablo 9.8, arıtmadan önce gaz temizleme atıklarının kompozisyonunun bir göstergesini vermektedir.

**Tablo 9.8: Gaz temizleme atıklarının tipik bileşimi**

Kirletici	Konsantrasyon (çözünmemiş)	Askıda katılarını yüzdesi
Katılar		250–1500 mg/l
Sülfat	13–25 g/l	
klorürler	1,3–1,8 g/l	
Floridler	0,3–0,5 g/l	
Kobalt	0,1–9 mg/l	5–30
Nikel	0,1–10 mg/l	10–60
Bakır	5–15 mg/l	< 0,05
Çinko	0,1–2,5 g/l	2–6
Kadmiyum	1–5 mg/l	5–50
Kurşun	1–3 mg/l	

### 9.2.3.2. Çeşitli kaynaklar

Elektroliz sırasında kullanılan elektrotların ve membran torbaların yüzeyde biriken malzemeyi çıkarmak için periyodik olarak durulanması gerekir. Manganez dioksit, çözünmüş manganez ile oksijenin reaksiyonu ile anotların yüzeyinde oluşturulabilir. Anotların durulandıktan sonra manganez, yeniden kullanım için durulama suyundan ayrılır. Katotlar kobalt veya nikel tabakalarının çıkarılmasından sonra temizlenir. Anot ve katot yıkama sıvısı atık suları asidiktir ve bakır, nikel, kobalt ve askıda katı madde içermesi muhtemeldir.

Mat veya cüruf granülasyonundan gelen granülasyon suyu, genellikle kapalı bir devre sisteminde yeniden sirküle edilir. Klor özütleme işlemlerinin bazı soğutma devrelerinde kalıcı organik klor bileşikleri ve PCDD/F oluşumu raporları mevcuttur.

Hidrometalurjik ayırma ve dönüştürme işlemlerinden gelen filtreler ve atık sular, metalleri ve asılı katıları uzaklaştırmak için işlemde geçirilir. Bu işlemin ürünleri, bileşimlerine ve değerlerine bağlı olarak akış yukarı işlemlere geri döndürülebilir. Islak ESP bu amaçla kullanılabilir. Potansiyel atık su kaynakları Tablo 9.9'da rapor edilmiştir.

**Tablo 9.9: Potansiyel atık su kaynaklarının ve arıtma seçeneklerinin özeti**

İşlem birimi	Çalışma/kaynak	Kullanım/arıtma seçeneği
Genel	Yollardan, sahalardan, çatılardan, yolların ıslak temizliğinden, kamyonların temizliğinden vb.	Atık su arıtma tesisi/yeniden kullanımı Atık su arıtma tesisi Devridaim, atık su arıtma tesisi
Ergitme işlemi	Fırın, makine ve ekipmanlardan soğutma suyu	Devridaim
Mat veya cüruf granülasyonu	Islak ESP atık su (gerekirse) Granülasyon suyu	Devridaim, atık su arıtma tesisi Devridaim

Gaz temizleme sistemi	Gaz soğutmalı kondens, ıslak ESP, Cıvadan kondens giderimi kaçak	Askıya alınmış tozların çıkarılması ve yem olarak veya atık su arıtma tesislerinde tekrar kullanılması Atık su arıtma tesisine cıva çıkarıldıktan sonra
Sülfirik asit tesisi	Soğutma suyu ekipmanları, kaçak	Devridaim Atık su arıtma tesisi
BESi depolama	Yüzey suyu (yağmur/nemlendirme)	Atık su arıtma tesisi
Sinter tesisi	Islak gaz yıkayıcı (sinter ince soğutma)	Atık su arıtma tesisi
Kavurucu gaz temizleme	Islak gaz temizleme	Atık su arıtma tesisi
Özütleme	Gaz yıkayıcı dahil genel işlemler	Metallerin geri kazanımı
Saflaştırma	Genel işlemler Fırın keki	Metallerin geri kazanımı Ters akışlı yıkama
Elektroliz	Hücre, anot ve katot temizliği	Metallerin geri kazanımı
Bütün işlem birimleri	Bakım	Atık su arıtma tesisi
Atık sı arıtım tesisi	Atık madde arıtma	Belirli uygulamalar için yeniden kullanım/ deşarj

Tablo 9.10 ve Tablo 9.11, bazı Avrupa bölgeleri için üretilen suya ve ton başına kütle emisyonlarına ilişkin emisyon verilerini açıklamaktadır [239, ENIA 2008].

**Tablo 9.10: Atık su analizlerine örnekler**

İşlem	Atık (m <sup>3</sup> /d)	Akış (m <sup>3</sup> /t)	Ana bileşenler (mg/l)					
			Cu	Zn	As	Co	Ni	COD
Co	NA	200	< 0,1	< 1,5	< 0,1	< 1,5 ( <sup>1</sup> )	< 1,0	25
Cl özütleme	NA	55	0,1	NA	NA	0,2	0,7	NA
Cl özütleme	NA	NA	1,0	1,0	NA	0,25	1,0	NA
Karbonil	NA	450	0,4	NA	NA	0,1	1,4	NA
İzabe + özütleme	10 900	NA	10 g/t	4 g/t	2 g/t	NA	10 g/t	NA

(<sup>1</sup>) Co emisyonu, üretilen Co'nun tonu başına 0.5 kg'dır.  
(<sup>2</sup>) İzabe + özütlemenin verileri, proses suları, soğutma suyu, asitli tesis suları ve yağmur suyunu kombine bir Cu ve Ni eritme suyundan ve nikel özütlemesinden alır.  
NB: NA = Mevcut değil.  
Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]

**Tablo 9.11: Avrupa işlemleri için üretilen ton başına kütle emisyonu**

İşlem	Atık su hacmi (m <sup>3</sup> /d)	Nikel emisyonu (g, ton başına üretilen nikel)
Mat öğütme ve özütleme	1640	15.7
Mat öğütme ve özütleme	3233	16
Nikel eritme and mat arıtma ( <sup>1</sup> )	1900	29.6
Karbonil süreci	6615	30

(<sup>1</sup>) Nikel eritme ve mat rafinasyon verileri hem Cu hem de Ni eritme ve nikel özütleme işlemlerini kapsamaktadır.  
Kaynak: [ 239, ENIA 2008 ]

#### 9.2.4. Proses kalıntıları

Metallerin üretimi, Avrupa Atık Kataloğunda (94/3/EEC sayılı Konsey Kararı) listelenen birkaç yan ürün, kalıntı ve atığın üretilmesi ile ilgilidir. En önemli işleme-özümlü kalıntıları bu bölümde listelenmiştir.

Sıvı atıkların arıtılması sonucu kalıntı ortaya çıkar. Ana artıklar atık su nötralizasyon tesisinde üretilen alçı ( $\text{CaSO}_4$ ) atık ve metal hidroksitlerdir. Bu atıkların bu arıtma tekniklerinin çapraz-medya etkisi olduğu düşünülür, ancak çoğu metallerin değerlerine bağlı olarak geri kazanılması için metalürjik işleme geri dönüştürülür.

Gazların işlenmesinden kaynaklanan toz ve/veya çamurlar, kıymetli metaller ve bakır vb. gibi diğer metallerin üretimi için hammadde olarak kullanılırlar veya geri kazanım için kirletici veya süzdürme devresine geri gönderilebilirler.

#### 9.2.4.1. Çökeltme işlemlerinden kaynaklanan çökeltiler

Demir bazlı katıların üretimi, kullanılan işleme bağlı olarak önemli miktarda atık oluşturur. Farklı tipte tortuların bileşimlerinin bir örneği Tablo 9.12'de gösterilmiştir.

**Tablo 9.12: Farklı tipte tortuların örnek bileşimleri**

İşlem	Fe (%)	Zn (%)	Co (%)	Cu (%)	Ni (%)
Klorür özütleme işleminde demir hidroksit kalıntıları	40	NA	0.1	< 0.1	1–2
Cips kalıntıları	NA	25	2–3	NA	NA
Atık su arıtma tesisi	< 10	< 10	< 0,5	< 1	< 0,05
NB: NA=Mevcut değil					

Bu kalıntıların bertaraf edilmesi, malzemeyi içermek için özel olarak inşa edilmiş, astarlı havuzlar kullanıldığı için önemli maliyetlere neden olabilir. Sızıntularla ilgili olarak özellikle dikkat edilir ve bu havuzların operatörleri yeraltı suyunu izlemek zorundadır. Bu önemli bir Çapraz ortam etkisidir. Bir site yeraltındaki kaya oyuklarında atıkları biriktirir.

#### 9.2.4.2. Pirometalurjik cüruflar ve kalıntılar

Eritme işleminden elde edilen cüruflar genellikle cüruf temizlemesinden sonra çok düşük konsantrasyonlarda sızan metaller içerir. Bu nedenle, inşaat, aşındırıcılar ve diğer amaçlarla kullanım için uygundur. Cüruf çıkışı, konsantrenin kaynağına bağlı olarak üretilen metalin ağırlığının dört ila on katı arasındadır.

Tablo 9.13, bazı nikel cüruflarının bileşimine örnekler vermektedir. Kesin kompozisyon ayrıca konsantrenin kaynağına da bağlı olacaktır [139, Riekkola-Vanhanen, M. 1999].

**Tablo 9.13: Tipik nikel cüruflarının örnek kompozisyonları**

Bişeşik	Yalama yalazlı fırın	Elektrik Fırını	Outotec flash <sup>(1)</sup>
Nikel (%)	0,2	0,17	0,1–0,3
Kobalt (%)	0,1	0,06	0,1–0,25
Bakır (%)	0,08	0,01	0,05–0,25
Demir (%)	38	NA	35–43
Silika (%)	36	35	30–39
Kireçtaşı (%)	2	NA	0,5–7
<sup>(1)</sup> Bir elektrikli fırında temizlendikten sonra NA=Mevcut değil.			

Üye Devletler tarafından bir dizi standart sızıntı testi kullanılmaktadır ve bunlar söz konusu ülkeye özgüdür. Nikel cürufları, AB'de Atık Düzenlemelerinin Sınır Ötesi Gönderimi'nin amber listesinde yer almaktadır. Eritme ve rafine etme safhaları sırasında çıkan cüruf ve katılar, geri kazanım için uygun olan metalleri içerir. Tablo 9.14, nikel ve kobalt üretim süreçlerinden katı artıklar için bazı arıtma veya yeniden kullanma seçeneklerini göstermektedir.

**Tablo 9.14: Nikel ve kobalt üretim süreçlerinden katı artıklar için bazı arıtma veya yeniden kullanma seçenekleri**

Proses adımı	Katı çıktı	Kullanım/Arıtma seçeneği
Otoklav	Kalıntı	Eritme fırını

Demir kaldırma	Çökelti	Eritme fırını veya bertarafı
Azaltma	Filtre toz	Eritme fırını
Basınçlı özütleme	Sülfat artığı	Cu geri kazanımı
Bakırsızlaştırma	Cu çimentosu	Cu izabesi
Nikel ve kobalt reenerasyonu	Saf olmayan Nikel karbonat	Saf nikel sülfat üretimi
Cüruf arıtma	Temiz cüruf	İnşaat
As, vb kaldırılması	Çips ferrit arsenat	Özel bertaraf veya geri kazanım
Atık su arıtma	Çökelti	Diğer metallerin geri kazanımı

### 9.2.4.3. Diğer materyaller

Bileşimine ve değerine bağlı olarak, farklı proses aşamalarından veya genel atık su arıtımından kaynaklanan diğer artıklar veya tortular geri dönüştürülebilir veya nihai bertaraf için gönderilebilir.

## 9.3. MET'in belirlenmesinde dikkate alınacak teknikler

Bu belgenin "MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler" başlıklı bölümleri, genel olarak, belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevre korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için hepsi ticari olarak mevcut bir dizi teknik sunmaktadır. İyi bir çevresel performansı gösteren teknikleri göstermek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstri, Avrupa Üye Devletleri ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak süreçler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki süreçlere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili süreçlerin kontrol ve işletim şeklini etkiler. Diğer sektörler tarafından kullanılan teknikler özellikle kükürt geri kazanım sistemlerinin kullanımına ilişkin olanlar için de geçerlidir.

### 9.3.1. Nikel üretimi

#### 9.3.1.1. Malzeme alımı, depolama ve taşıma süreçleri

##### 9.3.1.1.1. Malzemelerin alımı, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

Hammaddelerin nikel üretimi için alınması, depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (bkz. Bölüm 2.12.4.1) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar BREF'de ele alınmıştır [290, COM 2006].

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Tehlikeli maddelerin toplanması ve güvenli şekilde saklanması;
- ekstraksiyon gazı sistemleri, bir torba filtre ile takip edilir (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Hammaddeler konsantreler, klor, diğer gazlar, ara ürünler, akıntılar ve yakıttır ve diğer önemli malzemeler ürünler, sülfürik asit, cüruf ve proses artıklarıdır.

Teknik süreçlerle ilgili sorunların listesi ve yönetimi aşağıda verilmiştir.

- Toz oluşturma potansiyeline sahip mat gibi ara ürünler, genellikle yalıtılmış ve özel bir binada uygun havalandırma ve toz tutma sistemleri kullanılarak ele alınmalıdır.
- Klor, oksijen ve diğer gazlar, sızıntıları önlemek ve gazları içermek için özel güvenlik gereksinimlerine göre ele alınmalıdır.



- Bu gazlar genellikle rejenere edilir ve geri dönüştürülür, yani doğrudan işleme geri döndürülür veya daha sonra yeniden kullanılmak üzere saklanır.
- İşlem sırasında üretilen asit, çift duvarlı tanklarda ve/veya kimyasal dirençli tutma çubuklarına yerleştirilmiş tanklarda saklanmalıdır. Sülfürik asit tesisinden asit çamurları ve ıslak gaz yıkama sistemlerinden gelen zayıf asit, yerel olarak arıtılır veya işlenir ve diğer uygulamalar için ikincil hammaddeler olarak kullanılabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Mümkünse işlemde tozun yeniden kullanılması.
- Malzeme sızıntısının önlenmesi.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Operasyonel ve performans verileri Tablo 9.15'te özetlenmiştir.

**Tablo 9.15: Bir nikel fabrikasında yükleme ve yerinde naklieden kaynaklanan toz emisyonları**

Tesis	Teknikler	Emisyonun kaynağı	Toz (mg/Nm <sup>3</sup> )			Görüntüleme sıklığı
			Min.	Ort.	Maks.	
Tesis E	Torba filtre	Ni matının yükleme ve yerinde nakliyesi	0,1	2,1	15,6	Sürekli ölçüm (Günlük ortalama)
<i>Kaynak:</i> [ 378, Industrial NGOs 2012 ]						

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Hammadde geri kazanımı.
- Çevresel ve sağlık için yasal düzenleme gereksinimleri.

### Örnek tesisler

TEsis D (UK) ve Tesis E (NO).

### Referans literatür

[291, COM 2001]

#### 9.3.1.2. Malzeme ön işlem süreçleri

##### 9.3.1.2.1. Cevher hazırlama ve zenginleştirmeden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) ve su püskürtme;
- sedimentasyon ve flotasyon (koyulaştırıcı);
- drenaj sistemi.

### Teknik açıklama

Hazırlama ve zenginleştirme kuru veya ıslak cevher üzerinde gerçekleştirilen işlemleri kullanabilir. Emisyonların azaltılması, tortu miktarının azaltılması ve suyun geri işleme tesisine geri dönüştürülmesi amacıyla toz bastırma, dökülme ve su geri kazanımına odaklanır.

Toz bastırma, torba filtre kullanan tahliye sistemleri su püskürtme sistemleri kullanan azaltma yöntemi ile yönetilebilir.

Su geri kazanımı, koyulaştırıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Malzemenin özelliklerine en uygun tasarımın değerlendirilmesi için özel testler gereklidir. İlke, parçacıkların serbestçe yerleşmesine izin vermek için yer çekimini kullanmaktır. Su toplanmasını iyileştirmek için topaklayıcılar ve/veya pıhtılaştırıcılar kullanılabilir.

Kuru tortular veya sınırlı su içeriği olanlar, sahadaki kalıntı depolama alanında kolayca yönetilebilir.

Potansiyel dökülmelerin etkilerini kontrol etmek için, tesis bir drenaj sistemi ile inşa edilmeli, böylece yüzey akıntısı bir çamur kolektöründe toplanmalıdır.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının önlenmesi ve azaltılması.
- Hammaddelerin korunması, filtre tozu olarak proseste tekrar kullanılır.
- Su kullanımının azaltılması.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Bir koyulaştırıcının kullanımı genellikle topaklaştırıcılar ve/veya pıhtılaştırıcıların kullanımı ile ilişkilidir. Flokulanlar genellikle organik polimerlerdir, pıhtılaştırıcılar ise organik veya mineraldir. Dozaj genellikle 5 g/t ile 50 g/t kuru kalıntı arasındadır, ancak bazı durumlarda ton başına birkaç yüz gram'a ulaşabilir. Bu adım yeterli su geri kazanımı sağlamazsa, işlem santrifüjlü makineler veya filtreler kullanılarak artırılabilir. Santrifüj, yer çekiminin etkisini artıracak ve çökme hızını artıracaktır.

Katıları sıvıdan ayırmak için iki tip filtre kullanılabilir: vakum tipi filtreler ve basınç tipi filtreler, ikincisi, suyu tutan ve vakumlu filtre ürünlerini bloke edebilen daha yüksek ince taneli/kil muhtevası olan malzemeyi işlemede daha verimlidir. Bu teknolojilerin kullanımı, tesis işlemlerine geri dönüştürülebilir düşük askıda katı madde içeriği ile su sağlamalıdır.

### Çapraz ortam etkileri

Kimyasalların kullanımı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel yasal düzenleme gerekliliği.
- Süreçlerin tekno-ekonomik düzene sokulması.

## Örnek tesis

Tesis F (FR).

## Referans literatür

Referans literatür bildirilmedi.

### 9.3.1.2.2. Nikel cevherinden kaynaklanan emisyonları önlemek ve azaltmak için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Sıcak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1);
- Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Döner kurutucularda, yakıtın ayrı bir haznede veya geri dönüştürülmüş gazda yakılmasıyla üretilen sıcak gaz, ıslak konsantre veya besleme karışımı ile temas ettirilir ve içerilen su, gaza buharlaştırılır. Brülörün alevi, besleme karışımı ile doğrudan temas etmez. Yanma gazı, kurutma tamburuna girmeden önce 500 ° C'lik bir sıcaklığa soğutulur. Sülfürün tutuşmasını önlemek için soğutma yapılmalıdır. Eğer sülfürler tutuşur ve oksitlenirse, konsantratların ısı değeri düşer ve sülfür dioksit oluşur. Bu nedenle, kükürt dioksit oluşumunu en aza indirmek için kurutma gazının soğutulmasıyla tutuşmanın önlenmesi gerekir.

Sülfür oksidasyonu önleme ayrıca nitrojen koruması ve anot fırını gibi düşük sıcaklık ve geri dönüşüm gazları kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Döner kurutucudan çıkan gazdan çıkan baca tozları, bir elektrostatik çökeltici ve bir torba filtre kullanılarak çıkarılır. Toplanan tozlar ham madde olarak proses akışına geri döndürülür.

Buharlı kurutucularda, operasyonel buhar sıcaklığı 130–214°C'dir. Buhar kurutucunun verimi, buharın basıncına/sıcaklığına bağlıdır; basıncı 18-20 bar'a çıkararak kapasite artırılabilir. Konsantrenin suyunu çıkarmak için az miktarda taşıyıcı hava veya nitrojen (oksidasyonu önlemek için) kurutucuya verilir. Bir buhar kurutucusundan çıkan hava/çıkış gazı miktarı, döner kurutucununkinden çok daha küçüktür ve bir torba filtresinde tozun giderilmesi için muamele edilir.

ESP, sıcak eritici atık gazının ve soğutulmuş gaz için torba filtresinin temizlenmesi için en yaygın toz azaltma cihazıdır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Toplanarak geri kazanılan hammadde tozları bu süreçte yeniden kullanılır.
- Dolaylı bir buharlı kurutucu kullanıldığında, sıcaklık ateşleme gerçekleşmeyecek kadar düşük olur ve dolayısıyla SO<sub>2</sub> oluşumu önlenecektir.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Fosil yakıt kullanımının azaltılması için, doğrudan döner tamburlu kurutucu, işlemin diğer kısımlarından geri dönüştürülmüş gaz kullanabilir, fakat aynı zamanda kurutma için gereken ısıyı üretmek için yakılacak bir miktar yakıtı ihtiyaç duyar.

Buhar bobin kurutucuları, birincil ısıtma ve atık gazların dönüşümünden gelen ve atık ısı kazanı içinde geri kazanılan buharı kullanır. Buhar tüketimi, konsantrelerin nemine ve muhtemel ikincil besleme malzemelerine bağlı olarak, konsantre ton başına 150-180 kg'dır.

## Bölüm 9

Tesis A'nın kurutucu çıkış gazları, partiküllerin atmosfere salınmasını azaltmak için bir elektrostatik çöktürücü ve torba filtre ile ayrılır. Operasyonel ve performans verileri Tablo 9.16'da özetlenmiştir.

**Tablo 9.16: Bir nikel üretim tesisinde döner kurutucudan çıkan emisyonlar**

Tesis	Kurutma tipi	Kapasite	Isıtma	Atık gaz arıtma	Emisyonlar (Min.–Ort.–Maks.)
Tesis A	Döner kurutucu	60 t/h	Ağır yağ ~ 10 kg/t besi	Sıcak ESP ve torba filtre	Sürekli ölçümler Gaz akışı: 53 070–66 350–75 510 Nm <sup>3</sup> /h günlük ortalama olarak Toz: 0.02–0.21–3.59 mg/Nm <sup>3</sup> günlük ortalama olarak SO <sub>2</sub> : 8–188–481 mg/Nm <sup>3</sup> günlük ortalama olarak
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]					

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış.

Torba filtre ve ESP

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Sıcak ESP'ler ve torba filtreler genellikle yeni ve mevcut tesislere kurutucu çıkış gazları dikkate alınarak uygulanabilir. Kullanılan kurutucu tipleri, buhar tedarikinin güvenilirliği gibi sahaya özgü koşullara bağlıdır. Genellikle eritme otomatları güvenilir buhar tedarikçileridir, çünkü eritme süreçleri sürekli süreçlerdir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Çevresel yasal düzenleme gerekliliği.
- Hammadde geri kazanımı.

### Örnek tesis

Tesis A (FI).

### Referans literatür

[378, Endüstriyel STK'lar 2012]

#### 9.3.1.3. Pirometalurjik dönüşüm süreçleri

##### 9.3.1.3.1. Birincil nikel üretiminde fırınların yüklenmesinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

### Açıklama

Dikkate alınacak teknik, pnömatik yoğun fazlı konveyör ve havalı bant gibi kapalı taşıma sistemlerinin kullanılmasıdır; fire, besleyici ve konsantre brülör.

### **Teknik açıklama**

Demir dışı eritme işlemlerinde, mümkün olduğunca dengeli bir besleme sağlamak için besleme sistemine güvenmek önemlidir.

Pnömatik-yoğun fazlı konveyörde, malzeme akışkanlaştırılmadan partiler halinde aktarılır. Bu taşıma sistemi, düşük taşıma havası gereksinimlerine sahiptir.

Fire besleyiciler, malzemeyi konsantre yakıcıya taşıyan hava sürgüsüne dengeli bir kütle akışı sağlar. Bir fire besleyici, bir besleme kabı ve altında bir vidalı konveyör ile donatılmış bir dozlama haznesinden oluşan bir gravimetrik besleme sistemidir. Besleme karışımı, fire besleyiciden bir hava kanalı üzerinden bir besleme oluğu aracılığıyla düşer. Hava sürgüsü besleme karışımını kapalı bir alanda flaş eritme fırını konsantresine taşır ve besleme miktarında küçük dalgalanmalar çıkarır. Hava sürgüsünün çalışması gürültüsüz ve tozsuzdur. Hava kaydırma eğiminin açısı ayarlanabilir ve hava sürgüsü otomatik bir kubbe valfi ile sağlanır. Akışkanlaştırma havası besleme karışımı ile birlikte flaş eritme fırını içine akar. Hava kaydırak sistemi, aynı zamanda, ilk hava kızaklarının, ağırlık kaybı olan ünitelerden besleme karışımını topladığı ve tozların verildiği bir besleme oluğuna tahliye ettiği iki aşamada da çalışabilir. Besleme oluğu, son hava kaydıracağı üzerinden brülöre iletilmeden önce beslemenin uygun şekilde karıştırılması içindir.

Konsantre brülörler, yüksek oksijen zenginleştirmesi ve konsantrenin reaksiyon alevi içine eşit dağılımı için özel olarak tasarlanmıştır. Konsantre brülörün ana işlevi, katı besleme ve proses gazı düzgün bir şekilde karıştırmaktır. Besleme karışımının süspansiyon içinde iyi bir şekilde yanması, son teknoloji konsantre brülörün sağladığı doğru ve eşzamanlı besleme karışımı ve proses gazı hız kontrolleri ile sağlanır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Yayıllı emisyonların azaltılması.

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis A'da, pnömatik konveyörden taşıyıcı gaz, konsantre kurutucu kapalı gaz işlemine (sıcak ESP ve torba filtre) yönlendirilir, bkz. Bölüm 9.3.2.2'deki emisyon verileri.

### **Çapraz ortam etkileri**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Genel olarak uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Enerji kullanımı ve havalandırma maliyetleri çok düşüktür.

### **Uygulama için itici güç**

İşyerinde tozun önlenmesi.

### **Örnek tesis**

Tesis A (FI).

### Referans literatür

[310, Makinen T., Taskinen P. 2006]

#### 9.3.1.3.2. DON sürecinden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Atık ısı kazanı ve sıcak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1) ve ardından ıslak ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.2), civa ve arsenik giderme sistemi (bkz. Bölüm 2.12.5.5) ve sülfürik asit tesisi (bkz. Bölüm 2.12.5.4.1 ve 2.12.5.4.2);
- kireç enjeksiyonlu ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2) veya torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- sıcak siklon ve sodyum hidroksit çözeltili venturi yıkayıcı;
- kapalı ve davlumbazlı savaklar.

##### Teknik açıklama

Sürekli çıkan atık gaz akışı, fırını çıkış şaftından terk eder ve bir konveksiyon bölümü ile takip edilen bir radyasyon bölümünden oluşan zorlanmış sirkülasyon atığı ısı kazanı (ısı geri kazanım kazanı olarak adlandırılır) içinde soğutulur. Isı geri kazanım kazanı, doymuş buhar üreten bir zorlanmış sirkülasyon kazanıdır. Baca tozunun bir kısmı kazanda çöker. Baca tozunun geri kalanı bir elektrostatik çökelticide çıkarılır. Atık ısı kazanı içinde ve elektrostatik çökelticide çıkan tozlar, birincil besleme ile birlikte flaş eritme fırını içine geri dönüştürülür.

Atık gaz, yüksek, dalgalanmayan bir sülfür dioksit konsantrasyonuna sahiptir ve tozdan ve gaz temizlemeden sonra sülfürik asit tesisinde sülfürik aside dönüşerek gazdan SO<sub>2</sub> geri kazanılır. Gaz yıkama bölümünde toplanan zayıf asidin tekrar SO<sub>2</sub>'ye, oksijene ve suya ayrıştırılması için emme şaftına enjekte edilerek geri dönüşü sağlanabilir, böylece SO<sub>2</sub> oluşumu asit fabrikasında geri kazanılabilir.

Cüruf ve mat dolgular, boşaltma delikleri ve granüle havuzları, yaygın gazların toplanması için davlumbazlarla kaplıdır. Havalandırma gazları, torba filtrelerden önce bir ıslak gaz yıkayıcısı veya kuru kireç enjeksiyonu ile temizlenir.

Granülasyon gazı, sodyum hidroksit çözeltisi ve yüksek basınçlı çok Venturi yıkayıcı kullanılarak temizlenir. SO<sub>2</sub> sökme verimliliği esas olarak pH ve gaz oranına bağlı olarak değişir ve toz giderme verimliliği esas olarak ıslak gaz yıkama memesindeki çözelti basıncına bağlıdır. Gazın CO<sub>2</sub> içermesi durumunda, pH'nın 7'den düşük olması gerekir, ancak eğer gaz CO<sub>2</sub> içermiyorsa, pH daha yüksek olabilir. Islak gaz yıkama işleminden çıkan sızıntı çözeltisi, granülasyon suyunun nötralizasyonu için kullanılır ve granülasyondan çıkan atık su çıkış tesisine gider.

Dağıtılmış kontrol sistemleri (DCS), malzeme besleme hızını, kritik süreci ve yanma koşullarını ve gazların eklenmesini kontrol etmek için kullanılır. Sıcaklık, fırın basıncı (veya düşük basınç) ve gaz hacmi veya akışı gibi çeşitli parametreler, işlemlerin kontrol edilmesine ve kritik parametreler için alarmların sağlanmasına izin verecek şekilde ölçülür.

Cüruf ve mat, aralıklarla alınan örnekler temelinde analiz edilir, böylece proses koşullarının kontrolü mümkün olduğunca yumuşak tutulur.

DON eritme işlemi sürekli ve pota taşımaya gerek yoktur, mat ve cüruf kaplı ve davlumbazlı savaklar üzerinden aktarılır.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Yayılı emisyonların azaltılması.
- Toz, metal ve sülfür dioksit emisyonlarının azaltılması.

- Atık ısı kazanı ile geri kazanılan ısı, buhar ve elektrik olarak kullanılır. Isı geri kazanım kazanından üretilen buhar, kurutma, diğer üretim ihtiyaçları veya elektrik enerjisi veya bölgesel ısıtma üretimi için kullanılır.
- SO<sub>2</sub>, çift kontak/çift absorpsiyon prosesi kullanılarak asit tesisindeki sülfürik asit ürünü şeklinde geri kazanılır.
- Toz giderme sistemlerinde (kazan ve elektrostatik presipitatör) toplanan baca tozları eritme fırınına geri dönüştürülür.
- Besleme malzemesinin ergitme için doğal kimyasal enerjisinin oksijenle zenginleştirilmesi ve kullanılması, kullanılan yakıt miktarında ve sera gazı emisyonlarındaki azalmanın azalmasına izin verir.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis A'nın eritme ocağından çıkan atık gazlar, atık ısı kazanında soğutulur; Isı, diğer işlemlerde kullanılmak üzere dağıtılan yüksek basınçlı buhar olarak geri kazanılır. Soğutulmuş atık gazları daha sonra, asit tesisine ve SO<sub>2</sub> sabitlemesine girmeden önce toz tutulması için sıcak bir ESP'ye yönlendirilir.

Cürüflü rögarlarda havalandırma davlumbazları kullanılır; Havalandırma havası atmosfere salınmadan önce merkezi torba filtresine yönlendirilir. Sürekli kuru kireç enjeksiyonu, SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak ve tozdan arınmayı arttırmak için kullanılır. Cürüflü çamaşır suyu, çevresel etkileri (dumanları) azaltmak için kapaklarla kaplıdır. Cüruf metallerin geri kazanımı için bir EAF içinde daha fazla işlenir.

Mat deliklerinin havalandırma gazları, sodyum hidroksit ile SO<sub>2</sub> azaltımı için bir Venturi gaz yıkayıcıya yönlendirilir. Sıcak bir siklon, ıslak gaz yıkayıcıdan önce kaba tozları yakalar; ince parçalar, gaz yıkama çözeltisinde yakalanır.

Operasyonel ve performans verileri Tablo 9.17'de özetlenmiştir.

**Tablo 9.17: DON sürecinden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Fırın Tipi	Kapasite	Birincil gaz elleçleme	Birincil gaz arıtma	İkincil gaz toplama kaynağı	İkincil gaz arıtma	Emisyonlar (Min.–Ort.–Maks.)
Tesis A	DON FSF, tek jetli yakıcı, oksijen zenginleştirme 80–90 %	1320 t/d	WHB ve ESP buharı 40 t/h	Çift kontaklı/çift absorpsiyonlu asit tesisi	Cüruf deliklerinden havalandırma gazları	Kuru kireç enjeksiyonlu torba filtre	Toz: 0,01–0.14–5 mg/Nm <sup>3</sup> (sürekli) SO <sub>2</sub> : 40–337–721 mg/Nm <sup>3</sup> (sürekli)
					Mat deliklerinden havalandırma gazları	NaOH ile sıcak siklon Venturi gaz yıkayıcı	SO <sub>2</sub> : 50–100–300 mg/Nm <sup>3</sup> (periyodik ölçüm)
Kaynak: [378, Industrial NGOs 2012],[ 409, Finland 2013 ] [ 378, Industrial NGOs 2012 ], [409, Finland 2013]							

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Kimyasal madde kullanımı.
- Islak gaz temizleme sistemleri, deşarjdan önce arıtılması gereken atık ve atık su üretir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Toz, metal ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.
- Sülfürün geri kazanımı.

### Örnek tesis

Tesis A (FI).

### Referans literatür

[310, Makinen T., Taskinen P. 2006], [410, Mäkinen ve diğ. 2005], [411, Taskinen ve diğ. 2001]

#### 9.3.1.3.3. EAF'den kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Son yakıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1);
- ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2) veya torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4)
- kireç enjeksiyonu ile;
- sıcak siklon ve sodyum hidroksit çözeltili Venturi gaz yıkayıcı;
- kapalı ve kapüşonlu yağmurluklar.

#### Teknik açıklama

Cüruf, soğutulmuş ve kapalı cüruf içinde, halihazırda yüklü olan kok tabakasından elektrik fırınına akan eritme fırınından periyodik olarak ayrılır.

Elektrik fırınındaki cüruf tapalanır, granüle edilir ve cüruf deposuna taşınır ve inşaat mühendisliği amacıyla kullanılır.

Karbon monoksit içeren elektrikli fırın gazı, önce fazla hava ile su soğutmalı bir yanma odasında yakılır ve daha sonra soğutulur. Yığına girmeden önce gaz, Ca(OH)<sub>2</sub> enjeksiyon ve bir torba filtre veya ıslak gaz yıkama ile temizlenir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- İnert cüruf yan ürünü üretilir.
- Gaz ve gaz temizliği ile CO ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis A'daki cüruf temizleme fırınından çıkan işlem gazları, merkezi torba filtresine yönlendirilmeden önce seyreltilir ve soğutulur. Cürüflü rögarlarda havalandırma davlumbazları



kullanılır; Havalandırma havası atmosfere bırakılmadan önce aynı merkezi torba filtresine yönlendirilir. Sürekli kuru kireç enjeksiyonu, SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak ve tozdan arınmayı arttırmak için kullanılır.

Atık cüruf savakları, çevresel etkileri (dumanları) azaltmak için davlumbazlarla kaplıdır. Atık cüruf su ile granüle edilir.

Mat deliklerden gelen havalandırma gazları, sodyum hidroksit ile SO<sub>2</sub> azaltımı için Venturi gaz yıkayıcıya yönlendirilir. Sıcak bir siklon, yıkayıcıdan önce kaba tozları yakalar; ince parçalar, gaz yıkama çözeltisinde yakalanır.

Operasyonel ve performans verileri Tablo 9.18 ve Tablo 9.19'da [378, Endüstriyel STK'lar 2012] özetlenmiştir.

**Tablo 9.18: EAF'den gelen emisyonlar**

Tesis	Fırın tipi	Besi	Atık gaz arıtma	Emisyonlar (Min.-Ort.-Maks.)
Tesis A	EAF, 3 elektrod (Søderberg)	Flaş fırın cürufu	Merkezi torbalı filtreden önce yanma sonrası	Toz: 0,01–0,14–5 mg/Nm <sup>3</sup> (sürekli) SO <sub>2</sub> : 40–337–721 mg/Nm <sup>3</sup> (sürekli)

**Tablo 9.19: Cüruf deliğın ve mat deliğı granülasyon gazından kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	Fırın	Havalandırma kaynağı	Atık gaz arıtma	Emisyonlar (Min.-Ort.-Maks.)
Tesis A	EAF	Cüruf deliğı	Kuru kireç enjeksiyonlu merkezi torba filtre	Toz: 0.01–0.14–5 mg/Nm <sup>3</sup> (Sürekli) SO <sub>2</sub> : 40–337–721 mg/Nm <sup>3</sup> (Sürekli)
		Mat deliğı granülasyon gazı	NaOH ile sıcak siklon Venturi gaz yıkayıcı	SO <sub>2</sub> : 20–80–250 mg/Nm <sup>3</sup> (periyodik ölçümler)

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.
- Kimyasal madde kullanımı.
- Islak gaz temizleme sistemleri, deşarjdan önce arıtılması gereken atık ve atık su üretir.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenleme gerekliliğı.

### Örnek tesisler

Tesis A (FI) ve Fortaleza'da (Brezilya) bir tesis.

### Referans literatür

[310, Makinen T., Taskinen P. 2006], [410, Mäkinen ve diğ. 2005], [411, Taskinen ve diğ. 2001]

#### 9.3.1.3.4. Nikel dönüştürme işleminden kaynaklanan emisyonları önleme ve azaltma teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler, yakalama davlumbazlarının kullanılması, negatif basınç altında operasyonların yapılması (bkz. Bölüm 2.12.4.3) ve torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

##### Teknik açıklama

Fransa'daki Tesis F'nin nikel dönüştürme işlemi, nikel mat üretmek için ergitme fırınından oksitleyici ve sülfürize edici ham ferro-nikeli içerir. Bu işlem için, iki Peirce-Smith dönüştürücüsü, cüruf geri dönüşümüyle iki aşamalı bir işlemde kullanılır. Nikel ihtiva eden mat, yüksek saflıkta nikel tuzları ve nikel metalinin klorür özütleme ve elektro-kaplama kullanılarak üretilmesi için başka bir Fransız fabrikasında işlenir. Demir, solvent ekstraksiyonu ile ferrik klorit olarak uzaklaştırılır ve bazı kobalt klorür de çıkarılır.

Üfleme sırasında, işlem gazı dönüştürücüden çıkarılır ve yakalanır. Tahliye fanı kontrolü, gazın duman çıkarma sisteminin dışına kaçmasını önlemek için konvertörün ağızındaki basıncı atmosferik basınç altında tutacak şekilde ayarlanır. Duman çıkarma sistemi, aşağı akış yönünde torba filtrelerine bağlanır. Yerleştirme ya da musluk süreleri sırasında, gaz egzoz ekipmanı, dönüştürücü bölmesine yayılmasını önlemek için de ayarlanır.

Egzoz gazı daha sonra doğal veya zorlanmış konveksiyon altında bir ısı eşanjörü ile soğutulur ve toplanan toz bir torba filtre ile filtrelenir.

Sürecin termodinamik dengesine bağlı olarak proses buharlarındaki konsantrasyonlar önemsiz olduğundan SO<sub>2</sub> emisyonları bir sorun değildir.

##### Elde edilen çevresel faydalar

- Metal açısından zengin toz emisyonlardan havaya toplanabilir ve cevher ergitme işleminde geri dönüştürülebilir.
- Havadaki partikül emisyonları önemli ölçüde azaltılmıştır.

##### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Toz emisyon seviyeleri 15 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha düşüktü.

Sıvı atıkların çok az önemi vardır çünkü gaz arıtma işlemi kuru bir işlemdir ve sıvı atık oluşumu sadece ekipmanın bazı bölümlerinin soğutulmasından kaynaklanır (yoğuşma).

En büyük atık miktarı, yıllık 15 000 tonluk bir nikel mat üretimi için 75 000 tona ulaşan katı cüruftür. Cüruf 60 tonluk dönüştürücüye bağlanır ve daha sonra ortam sıcaklığına kadar soğumaya bırakıldığı özel bir alana taşınır. Son olarak, bu cüruf (atık olarak kategorize edilir) özel bir depolama alanına aktarılır.

Emisyonların havadan yönetilmesinden kaynaklanan tozlar aşağı akış yönünde toplanır. Çoğunlukla metalik ve metalik olmayan oksitlerden (FeO, NiO, MgO ve SiO<sub>2</sub>) oluşan bu toz, torba filtrelerde toplanır. Toz, prosese daha fazla giriş yapmak için bir araya getirilecek özel bir arıtma gerektirir (cevher içicisine daha erken bir aşamada). Farklı bağlayıcı seçenekler arasında, kullanımı ve işletilmesi kolay olduğu için beton kullanılabilir.

Dönüştürme işleminde üretilen diğer katı atık maddeler pota sakalı ve hurdadır. Bu malzemeler 60 tonluk dönüştürücüde geri dönüştürülür.

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Çevresel yasal düzenleme gerekliliği.

### Örnek tesis

Tesis F (FR).

### Referans literatür

Referans literatür bildirilmedi.

#### 9.3.1.4. Hidrometalurjik nikel arıtma işlemleri

##### 9.3.1.4.1. Atmosferik ve basınç liçinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- sızdırmaz veya kapalı proses ekipmanı (reaktörler, yerleşimciler ve basınç otoklavları/gemileri);
- proses gaz akışını en aza indirmek ve hammadde geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak için özütleme aşamalarında hava yerine oksijen veya klor;
- torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya ıslak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2);
- kritik sızıntı ve azaltma ekipmanı parametreleri için çevrimiçi izleme ve kontrol.

#### Teknik açıklama

Özütleme işleme ekipmanı (reaktörler, yerleşimciler, basınçlı otoklavlar/kaplar, gömme tankları) sızdırmaz hale getirilir ve proses gazları toplanır ve atmosfere bırakılmadan önce torba filtreler veya ıslak gaz yıkayıcılar gibi azaltma ekipmanlarında (bkz Bölüm 2.12.5) arıtılır. Azaltım ekipmanından gelen artıklar serbest bırakılır ve atık sular, su kullanımını değiştirmek veya azaltmak için özütleme aşamalarına beslenir.

Özütleme işleminin ve azaltma ekipmanının kritik parametrelerinin çevrimiçi izlenmesi ve kontrolü, nikel geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak ve aynı zamanda emisyonları en aza indirmek için gereklidir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Azaltım kalıntılarını geri dönüşüme sokarak nikelin daha verimli toplanması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

## Bölüm 9

Atmosferik ve basınçlı özütleme tesislerinin ana işletim ve performans verileri Tablo 9.20 ve Tablo 9.21'de özetlenmiştir.

**Tablo 9.20: Sülfat bazlı atmosferik ve basınç özütlemesinden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	İşlem Tipi	Kapasite	Azaltma tekniği	Nikel (mg/Nm <sup>3</sup> )			Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
				Min.	Ort.	Maks.		
Tesis C	Atmosferik ve basınçlı özütleme/ sülfat/oksijen	66 000 t Ni/yr	Islak gaz yıkayıcı	0,01	0,2	1,3	Periyodik görüntüleme (yılda 12 defa)	Örnekleme boyunca ortalama
				< 1000 kg/yıl				

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Tablo 9.21: Atmosferik emisyonlar ve klor gazı ile basınçlı özütleme emisyonları**

Tesis	İşlem Tipi	Kapasite	Azaltma tekniği	Nikel (mg/Nm <sup>3</sup> )			Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
				Min.	Ort.	Maks.		
Tesis E	Atmosferik ve basınçlı özütleme- klor gazı kullanımı	92 000 t Ni/yıl	Islak gaz yıkayıcı	0.1	0.23	0.87	Periyodik görüntüleme (yılda 52 defa)	Örnekleme boyunca ortalama

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımındaki artış (ıslak gaz yıkayıcılarını kullanırken enerji tüketiminde küçük artış).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Torba filtreleri ve ıslak gaz temizleyiciler genellikle uygulanabilir.

### Ekonomi

C tesisi 2009 yılında, her biri yaklaşık 500 000 Euro'luk bir maliyetle yeni ıslak gazlı gaz yıkayıcıları devreye aldı.

### Uygulama için itici güç

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesisler

Tesis C (FI) ve Tesis E (NO).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.1.4.2. Solvent ekstraksiyonu saflaştırmasından (sülfat rotası) kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

### Açıklama

Özütleme aşamasından gelen solüsyonların rafine edilmesi sırasında çözücü ekstraksiyonundan (SX) kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri, aşağıda belirtilen tekniklerin bir veya bir kombinasyonudur.

Düşük kesme mikserleri için:

- damlacık boyutunu optimize etmek ve buharlaşan çözücü miktarını azaltmak ve metal kompleksinin çözünmesini desteklemek için hava ile teması en aza indirmek için çözücü/sulu karışım için düşük kesmeli bir mikser kullanılması;
- emisyonu azaltmak için mikser ve ayırıcı ve yerleşim aşamaları için kapakların kullanılması
- Sulu fazda hava ve taşınan VOC'lar;
- Havalandırma havasını (kondansatörler, soğutucular, karbon filtreler ve biyofiltreler) arıtmak için azaltma ekipmanının kullanılması;
- Sistemin enerji tüketimini azaltmak için düşük kesme mikserleri ve değişken hızlı pompalama kullanımı.

Yüksek kesmeli karıştırıcılar için:

- Yüksek kesme pompası karıştırıcı türbin pervaneli geleneksel mikser-yerleşimciler;
- Tamamen kapalı tanklar emisyonları önler ve merkezi havalandırma fanına bağlanır;
- soğutma kuleleri ile basit bir azaltma ve ardından fanın önce yoğunlaştırılmış VOC'leri geri kazanmak için yerleştirme kanalı.

### Teknik açıklama

SX kabuklarından çözücü dumanlarının yayılmasını önlemek için sızdırmaz veya kapalı sistemler kullanılır.

Havalandırma havasının sofistike bir şekilde muamele edilmesi de mümkündür, ancak yüksek hava hacimleri, düşük VOC içeriği ve yüksek maliyetleri nedeniyle, genellikle uygulanmaz. Havalandırma borusuna yükleme ve sıyırma alanından bir soğutma kulesi monte edilir. VOC içeren su daha sonra SX işlemine besleme suyu olarak kullanılabilir. Ekstraksiyondan gelen VOC'lerin emisyonu, havalandırma havası miktarı ile yaklaşık orantılıdır. Havalandırma sistemindeki hava akışını mümkün olduğunca düşük tutmak için, operatörlerin çalışma ortamından ödün vermeden, bu nedenle emisyonları mümkün olduğunca düşük tutmak önemlidir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya VOC emisyonlarının en aza indirilmesi.
- Düşük kesme mikserleri ve değişken hızlı pompalama, sistemin enerji tüketimini azaltır.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Nikel üretiminde solvent ekstraksiyon tesisleri için ana operasyonel ve performans verileri Tablo 9.22'de özetlenmiştir.

**Tablo 9.22: Çözücü ekstraksiyon rafinajından kaynaklanan VOC'lerin emisyonları**

Tesis	İşlem Tipi	Kapasite	Azaltma tekniği	VOC'ler (mg/Nm <sup>3</sup> )			Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
				Min.	Ort.	Maks.		
Tesis C	Co ve CaSX/ sulfat	140 m <sup>3</sup> /saate kadar nikel sülfat solüsyonunu arıtma	Sızdırmaz/kaplı kabuklar, düşük kesme karıştırıcı, değişken hızlı pompalar	3	42	134	Periyodik görüntüleme (yılda 2 defa)	Örnekleme boyunca ortalama
				< 100 t/yıl				
				3,5kg/h	4,9kg/h	7,0kg/h		
				< 70 t/yıl				

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

**Çapraz ortam etkileri**

Bilgi verilmedi.

**Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler**

Kabuk kapakları yeni ve mevcut ekstraksiyon kabuklarına uygulanabilir.

**Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

**Uygulama için itici güç**

VOC emisyonlarının azaltılması.

**Örnek tesisler**

- Düşük kesme karışımı: Tesis C (FI).
- Yüksek kesme karışımı: Tesis E (NO).

**Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

**9.3.1.4.3. Nikel mat rafinasyon işleminden kaynaklanan emisyonları azaltmak için, klor ile klorür özütleme (klorin)****Açıklama**

Dikkate alınacak teknik bir torba filtresinin kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

**Teknik açıklama**

Nikel mat arıtma işlemi Bölüm 9.1.1.3.8'de açıklanmıştır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

- Yan ürünler (veya atıklar) yeniden kullanım için kimyasal ara ürünler olarak satılmaktadır.
- Kullanılamaz süreç atıkları oluşumu en aza indirilmiştir.

**Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis B'nin rafine etme sürecinin temel çevresel performansı aşağıda özetlenmiştir (2007'den 2011'e kadar olan ortalamalar)

Tesis B'nin rafinasyon sürecinin enerji tüketimi, üretilen nikel tonu başına 20 GJ aralığındadır.

**Tablo 9.23: B Tesisindeki nikel mat arıtma işleminden kaynaklanan toz emisyonları (klorin hattı)**

İşlem Tipi	Azaltma Tekniği	Nikel (mg/Nm <sup>3</sup> )			Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
		Min.	Ort.	Maks.		
Nikel klorür tuzları üretimi	Torba filtre	0,04	0,53	1,4	Periyodik görüntüleme	Örnekleme periyodu boyunca ortalama

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Tesis B'nin rafinasyon prosesi, önemli miktarda katı kalıntı üretmez. Toplam katı atık üretimi 22 kg/t Ni'dir.

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi verilmedi.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Bilgi verilmedi.

### Örnek tesisler

Tesis B (FR).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.1.4.4. Elektro-kazanımdan kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Sıcaklık, akış ve elektrik kullanımı gibi kritik süreç parametrelerinin çevrimiçi izlenmesi;
- klor gazının toplanması ve yeniden kullanılması ve boyutsal olarak kararlı bir anodun (DSA) kullanılması;
- aerosollerin havaya salınmasını önlemek için polistiren boncuklu hücrelerin kaplanması;
- hücreleri stabil bir köpük tabakası ile kaplamak için köpükleştirici ajanların kullanılması.

##### Teknik açıklama

Elektro-kazanım işlemi anotta gazlar üretir ve çözeltinin yüzeyinde patlayan elektrolit içindeki kabarcıklar nedeniyle metal içeren asit sisi üretebilir.

Klorid bazlı elektro-kazanım sırasında, klorür iyonları anotlara çekilecek ve klor gazı olarak deşarj edilecektir. Boyutsal olarak kararlı anot (DSA) olarak adlandırılan anot, bir diyafram içinde bulunur ve bir toplama başlığı ile kapatılır. Doğrudan anoddan toplanan klor gazı, merkezi bir sisteme üflenir ve özütleme aşamasına geri döndürülür. Elektro-kazanım sırasında, polistiren boncuklar, yüzeye fırlayan elektrolit çözeltisindeki kabarcıkların oda atmosferine ve son olarak havaya girmesini önlemek için hücrelerin üzerine bir kapak olarak kullanılır. Tüm hücrenin sürekli olarak polistiren boncuklarla kaplanması önemlidir. Elektrolit elektro-kazanım tankından geçtikten sonra iki faza ayrılır. Anotludan anyonlu anolit kloru uzaklaştırmak için bir tanka nakledilir ve daha sonra elektro-kazanım tankındaki çökmeden klorsuz anolit ile karıştırılır. Süre sonunda klor gazı tekrar kullanılır.

Sülfat bazlı elektro-kazanım sırasında, aşağıdaki reaksiyon gerçekleşir:  $\text{NiSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2$ . Nikel sülfat çözeltisi katotların bulunduğu diyafram torbalarına beslenir. Nikel katotlarda çökeler. Sülfat iyonları su ile reaksiyona girer ve süzdürme aşamasına geri dönüştürülen sülfürik asit üretir. Anottan gelen oksijen gazı, çalışma ortamına ve havalandırmaya atmosfere

## Bölüm 9

birakılır. Anot gazları nikel ve asit dumanları içerir. Bu maddelerin emisyonları, hücrelerdeki çözeltinin yüzeyinde stabil bir köpük tabakası tutularak en aza indirgenir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya klor gazı, asit ve metal emisyonlarının azaltılması.
- Enerji kullanımının azaltılması (çevrimiçi izleme ve parametrelerin optimizasyonu).

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

E tesisinde klor gazı toplanır ve tekrar kullanılır, elektrokimyasaldan havaya doğrudan klor salınımı olmaz (diğer süzme veya saflaştırma aşamalarında klorun tekrar kullanımından kaynaklanan havaya dolaylı emisyonlar meydana gelir ve ilgili süreç adımı hesapta katılır.). Rafinasyon işleminde enerji tüketimi yaklaşık 20 GJ/Mt nikel üretmektedir.

Tablo 9.24: Elektro-kazanım sürecinden kaynaklanan emisyonlar

Tesis	İşlem tipi	Kapasite	Azaltma tekniği	Nikel (mg/Nm <sup>3</sup> )			Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
				Min.	Ort.	Maks.		
Tesis C	Sülfat bazlı elektro-kazanım	20 000 t Ni/yıl	Hücrede çözeltinin yüzeyindeki stabil köpük tabakası	0,3	0,5	0,8	Periyodik görüntüleme (Yılda 24 defa)	Örnekleme periyodu boyunca ortalama
				1500 kg/yıl		2500 kg/yıl		
Tesis E	Hidrometalurjik arıtma işlemi ve klor bazlı elektro-kazanım	92 000 t Ni metal/yıl	Asit/metal buharı yayılmasını önlemek için elektro-kazanım hücrelerinin polistiren boncuklarla kaplanması	0,3		0,5	Periyodik görüntüleme (Yılda 3 defa)	

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Klor gazı toplanması için enerji kullanımında çok küçük artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Avrupa'da nikel üretimi için çok sınırlı sayıda klor bazlı elektro-kazanım sahası bulunmaktadır (bilinen tüm alanlar BREF'de temsil edilmektedir). Bu, klor koleksiyonunun alaka düzeyini sınırlayacak ve diğer endüstrilerde veya üretim alanlarında yeniden kullanılacak.

### Ekonomi

DSA'lar ek bakım ve satın alma maliyetleri anlamına gelir.

Klor gazı ve sülfürik asitin tekrar kullanılması, proses için bunları satın alma ihtiyacını azaltır.

### Uygulama için itici güç

Klor gazı, asit ve metal emisyonlarının havaya indirgenmesi.



## Örnek tesisler

Tesis C (FI) ve Tesis E (NO).

## Referans literatür

[412, Norveç Çevre Ajansı 2012]

### 9.3.1.4.5. Karbonil prosesten hava emisyonlarını azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Atık gazların toplanması (bkz. Bölüm 2.12.4.3);
- Son yakıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1);
- Torba filtresi (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

#### Teknik açıklama

Karbonil işleminden çıkan (bir karbon monoksit ve nikel karbonil karışımı ve hidrojen içeren) ve sistem arındırmalarından ve tesis boşaltmalarından çıkan gazlar toplanır ve bir merkezi havalandırma gazı manifolduna iletilir. Havalandırma gazı manifoldu daha sonra atık gazları kontrollü bir şekilde termik oksidasyon için yanma odasına besler.

Yanma odası, ısıya dayanıklı bir refrakter malzeme ile kaplanmış bir hava soğutmalı çelik mahfaza içerir. Yanma odası, biri doğal gaz (yakıt yakıcı) ve diğeri atık gaz (fırın indirgeme aşamasından kalan hidrojen) ile beslenen iki yüksek yoğunluklu brülör ile ısıtılır. Gaz brülörleri, tasarım bakımından aynıdır ve fırına teğet olarak monte edilir; bu tasarım, yanma odasında, tam yanmaya yardımcı olmak için türbülanslı bir hareket sağlar. Brülörlerin her biri, brülörü suyla soğutmak için ve biri gerekirse sıcak gazların söndürülmesi için indükte edilen havayı itmek üzere eş merkezli bir halka içerir. Yanma işleminde, karbon monoksit ve nikel karbonil, brülördeki hava ile karıştırılır ve yakılır.

Oluşan nikel oksit katıdır ve yanma gazı akışında ince toz parçacıkları formundadır. Toksik olmayan atık (boşaltma) hidrojen, atık gaz yakıcıya bir destek yakıtı olarak manifoldun içine beslenir. Atık hidrojenin basıncı, zemin seviyesinde bir su kili ile izlenir ve kontrol edilir. Bir alev arızası durumunda, kireç kabı bir boşaltma noktası aracılığıyla atmosfere havalandırılır. Hidrojen gazı aşağıda açıklandığı gibi reaksiyona girer.

Yanma odasının aşırı ısınması olmadan zehirli ve yanıcı gazların tahrip olmasını sağlamak için üç temel kontrol uygulanır:

- Ana kontrol, mevcut herhangi bir zehirli gazın oksitlenmesi için minimum sıcaklığın korunmasını sağlamaktır; bu, yakıt akışına gaz akış oranını ayarlayarak yapılır.
- İkinci kontrol, yanma odasının maksimum çalışma sıcaklığının, fırını yapmak için kullanılan malzemeler için fazla sıcak olmamasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sıcaklığı kontrol etmek için, birincil hava dönüş karbon monoksit yakıcısına yönlendirilir ve eğer bu yeterli değilse, ikincil hava brülöre kabul edilir.
- Üçüncü kontrol, yanma odasından çıkan gazların izin verilen maksimum sıcaklığının aşılmasını sağlar; Sıcaklık maksimum seviyeye yaklaştıkça, bir çift damper fırına söndürme havası vermek için açılmaya başlar ve bu nedenle sıcak havayı soğuk hava ile seyreltilir.

Yanma odasının çıkış kanalı, ısıya dayanıklı çelik flanşlarla donatılmıştır. Haznelerin açısı, yanma gazlarının odadan akış hızını kontrol etmek ve gerekirse çıkış kanalını kapatmak için değiştirilebilir. Çıkış kanalı bir egzoz girer. Yanma gazları ve parçacıkları çıkış körüklerinden gaz filtresi sistemine beslenen egzoz manifolduna akar.

## Bölüm 9

Yanma gazı akımı, her biri bir giriş ve çıkış damperi olan filtre kaplarından oluşan bir ters jet filtre sisteminden geçirilir. Her filtre, ana parçacık akışının geçişine izin verirken, mikron partiküllerine kadar olan toz parçacıklarını tutabilen filtre torbaları içerir. Toz filtrelerinin bir patlak torba algılama sistemi vardır ve bir ters jet darbe sistemi kullanılarak kendi kendini temizlerler.

Toplanan parçacıklar filtrelerin altında yer alan bunkerlere iner, bunlar döner valfler yoluyla bulamaçlı kaplara boşaltılır. Burada toz sürekli su akışıyla karışır. Elde edilen bulamaç rafineri atık su arıtma tesisine deşarj edilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya nikel ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması.
- Doğal gaz yönetimini iyileştirerek atık gaz akışından nikel geri kazanımı.
- Hidrojen atık gazının yanma için destek yakıtı olarak karbonil işleminde tekrar kullanılması.
- Yüksek basınçlı nikel ekstraksiyonu ile daha fazla işlenebilen stabilize edilmiş bir fırın kalıntısı elde edilmesi.
- Yüksek basınçlı nikel çıkarımını takiben kobalt/bakır ekstraksiyonu yapılabilir.

Bakır/kobalt ekstraksiyonu daha sonra yüksek bir PGM konsantrasyonu bırakır (platin grubu metalleri). Daha sonra PGM ekstraksiyonu yapılabilir ve bu da cevherden metallerin tamamen ekstraksiyonu ile sonuçlanır.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis D'de işletilen karbonil prosesi emisyon verileri Tablo 9.25'te özetlenmiştir.

**Tablo 9.25: Karbonil sürecinden kaynaklanan emisyonlar**

Tesis	İşlem Tipi	Azaltım tekniği	Kirletici	Min. (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ort. (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. (mg/Nm <sup>3</sup> )	Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
Tesis D	Karbonil prosesi	Son yakıcı, ardından bir torba filtre	Toz	0,03	0,98	7,4	Sürekli görüntüleme	Günlük ortalama
			Ni	0,003	0,06	0,3	Periyodik görüntüleme (yılda iki defa)	Ortalama örnekleme periyodu
			CO	265	297	329		
			SO <sub>2</sub>	13,6	18,5	23,4		
NO <sub>x</sub>	4,9	6,3	7,7					

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış (doğal gaz tüketimi).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Parçacık nikel oksit için toksik nikel karbonil gazın tamamen oksidasyonu.

- Birincil karbonil proseten metallerin yüksek verimli geri kazanımı, atık gaz ve atık su arıtma prosesleri ile geri kazanılan malzemeden metallerin daha fazla geri kazanımı ile birleşti.
- Çevresel yasal düzenleme gerekliliği

### Örnek tesisler

Tesis D (İngiltere).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.1.4.6. Nikel tozu ve nikel briketler üretirken hidrojen azaltma işlemlerinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri (basınç süreçleri)

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- kapalı veya kapalı proses ekipmanı (reaktörler, yerleşimciler ve basınç otoklavları/kaplar, toz taşıyıcılar, ürün siloları);
- torba filtreler (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya ıslak gaz yıkayıcılar (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2);
- kritik azaltma işlemleri ve azaltma ekipmanı parametreleri için çevrimiçi izleme ve kontrol.

#### Teknik açıklama

Genel olarak, hidrojen indirgeme süreci aşağıdaki gibidir (daha ayrıntılı süreç açıklamaları Bölüm 9.1.1.3'te sunulmuştur). Çözücü ekstraksiyonundan saflaştırılmış nikel çözeltisi, hidrojen indirgeme işleminin bir 'ham maddesi' olarak kullanılır. Gerekirse, nikel sülfat çözeltisine amonyak ve amonyum sülfat ilave edilir. Metalik nikel tozu üretmek için karışık besleme çözeltisi otoklavlarda hidrojen ile indirgenmiştir. Toz satılır veya briketler halinde sinterlenebilir. İndirgeme işleminde üretilen sülfürik asit amonyak ile nötralize edilir. Oluşan amonyum sülfat çözeltisi, daha fazla işlem için hidrojen sülfür ile çöktürülmüş az miktarda nikel ve kobalt içerir. Amonyum sülfat, kristalizasyon ve kurutma ile geri kazanılır.

İndirgeme işlemi bir parti prosesidir ve çeşitli otoklavlarda yüksek bir sıcaklıkta (yaklaşık 200°C) ve yüksek basınçta (yaklaşık 30 bar) gerçekleşir. Sıcak, su içeren otoklav gazları, bir yıkama reaktifi olarak sülfürik asit kullanılarak gaz yıkayıcılarında işlenir. İşlem koşulları amonyakın iyileşmesini zorlaştırır. Kritik proses ve yıkayıcı parametrelerinin sürekli izlenmesi ve kontrolü, amonyak emisyonlarının havaya indirgenmesi için çok önemlidir.

Tozdan nikel briketlerin üretimi, işyeri ortamına toz oluşumunun ve yayılmasının mümkün olduğu birkaç aşamayı kapsamaktadır. Tüm konveyörler, silolar ve proses ekipmanlarının kapalı olması ve gazların azaltılması ekipmanı tarafından arıtılması gerekmektedir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Havaya nikel ve amonyak emisyonlarının önlenmesi veya azaltılması.

#### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Hidrojen indirgeme süreçleri için ana operasyonel ve performans verileri Tablo 9.26'da özetlenmiştir.

Tablo 9.26: Nikel tozu ve briket üretirken hidrojen azaltma işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar

Tesis	İşlem Tipi	Kapasite	Azaltım tekniği	Kirletici	Min.	Ort.	Maks.	Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
Tesis C	Hidrojen indirgemesi , Ni tozu ve briket üretimi	40 000 t/yıl	Torba filtreleri (nikel tozu için) ve ıslak gaz yıkayıcılar (amonyak için)	Ni (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,05	0,6	3,7	Periyodik görüntüleme (Yılda 12 defa)	Ortalama örnekleme periyodu
					< 1000 kg/yıl				
					< 200 t/yr				
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]									

### Çapraz ortam etkileri

Azaltım ekipmanı kullanırken enerji tüketiminde küçük artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Havaya emisyonlar için azaltım teknikleri yeni ve mevcut hidrojen redüksiyon tesislerine uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Emisyonların azaltılması.

### Örnek tesisler

Tesis C (FI).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.1.5. Atık su

##### 9.3.1.5.1. Atık su oluşumunu önleme teknikleri Bkz. Bölüm 2.12.6.1.

##### 9.3.1.5.2. Atık su arıtma

### Açıklama

Soğutma suyu hariç, çıkış suyunun deşarjdan önce arıtılması için gerekli olan teknikler şunlardır:

- Bazı durumlarda arıtma öncesi teknikleri;
- kimyasal çöktürme;

- sedimantasyon veya flotasyon;
- filtrasyonu.

### Teknik açıklama

Demir dışı metallerin üretimi, farklı sıvı atıklarının üretimi ile ilişkilidir.

### Arıtma öncesi teknikleri

Bazı durumlarda, kaynaklara bağlı olarak, atık suyu önceden işlemek gerekebilir.

Bir kanalizasyon sisteminde toplanan atık su genellikle kaba ve askıda parçacıklar, çözünmüş metaller ve tuzlarla kirletilir. Çatılar, yollar ve depolar, yer altı suyu iyileştirme ve soğutma kulelerinden gelen drenaj suları, endüstriyel temizlik faaliyetlerinin suyu ve nötr proses sularından oluşan sular ve yağmurlama sularından oluşabilir.

Kanalizasyon suyundaki kaba, yüzen fraksiyonlar, suyun daha fazla arıtılmasından önce eleklerle çıkarılmalıdır. Kanalizasyon suyundaki kaba, çöktürme fraksiyonları ilk önce bir tamponlama havzasında veya çöktürücüde, muhtemelen bir polielektrolit ilavesiyle, çöktürülerek uzaklaştırılır. Bir tırmık, yerleşmiş parçacıkları toplar ve toplanan çamur daha sonra bir pres filtresinde veya bir santrifüj filtresinde filtrelenir. Bu çamur genellikle değerli metaller içerdiğinden, üretim sürecine yeniden girer. Bu ön işlemde kaynağın su, üretim ve aşağı metal işleme tarafından üretilen atık su için tarif edildiği gibi daha da arıtılmaktadır.

Nikel üretiminden çıkan atık su, askıda partiküller, asitler, çözünmüş metaller ve tuzlar içerebilir. Ayrıca, suyun sıcaklığı da gelen işlem suyu veya soğutma suyu olarak bir endişe kaynağı olabilir.

### Kimyasal çökelme

Çözünmüş metaller ve diğer çözünmüş elemanlar, önce bunları çözünmez bir duruma getirerek giderilecektir:

- Bir bazın (ör., Sodyum veya kalsiyum hidroksit) eklenmesi, tipik olarak 10 ila 11,5 arasında bir pH'ta çözünmeyen metal hidroksitlerin çökmesini sağlar.
- Kalsiyum hidroksitin (kireç sütü) eklenmesi, atık suda bulunan sülfatları alçıtaşı ve florit olarak kalsiyum flüorür olarak birlikte çökeltecektir. +/- 1'lik bir pH'ta uygulanması, yeniden kullanılmak üzere yeterince temiz olan bir tür alçıtaşı üretebilir.
- Alkali koşullarda sülfür (örn., Disodyum sülfür, sodyum hidrojen sülfür, trimerkapto-sülfo-triazin (TMS)) eklenmesi, metalleri çözünmeyen metal sülfidler olarak çökeltilir. Bu teknik aynı zamanda TI + giderimi için atık suyun parlatılması için hidroksit çöktürmesinden sonra da kullanılabilir.
- Demir (demir sülfat veya demir triklorür) ilavesi arsenik için suyu parlatır; Bir bazın eş zamanlı olarak eklenmesi, +/- 10'luk bir optimal pH'ı korumak için gerekli olabilir.
- Çökelme, parçacıkları çarpıştıran ve daha büyük parçacıklar oluşturacak şekilde kaynaştıran bir polielektrolit eklenerek etkinleştirilir.

Karmaşık atık su için, farklı pH seviyelerinde ve yukarıda açıklanan tekniklerin bir kombinasyonu ile çok aşamalı bir işlem gerekebilir.

### Sedimantasyon/flotasyon ve filtrasyon

Asılı parçacıklar, çökelmiş metaller, alçıtaşı ve kalsiyum florür, atık sulardan çöktürücüler tarafından uzaklaştırılır. Bu işlemi uyarmak için bir polielektrolit eklenir. Çöktürücüler içindeki saf sudan ayrılan çamur, değerli metalleri geri kazanmak için metal üretim işlemine atılabilir ya da yeniden üretilen bir susuzlaştırılmış kek üretmek için bir filtre ya da bir santrifüj filtresinde filtrelenir. Daha büyük tesislerde, farklı atık su akışlarının arıtılması, iki farklı çamur oluşturarak metal geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak amacıyla ayrı ayrı gruplandıkları ve ayrı ayrı işlem gördükleri boru sonu tesisatında gerçekleştirilir.

Boşaltmadan önce, saflaştırılmış suyun pH'sı hidroklorik asit ilavesiyle veya CO<sub>2</sub> enjeksiyonu ile ayarlanmalıdır.

Arıtılmış atık su veya temassız soğutma suyunun sıcaklığı deşarj veya yeniden kullanım için çok yüksek olduğunda, su soğutulmalıdır (soğutma kuleleri, ısı değiştiriciler). Metal içerik oluşturulmasını önlemek için ham atık suyun soğutulması için açık soğutma kuleleri kullanılmamalıdır. Bu nedenle korozyon ve aşınmayı önlemek için iletkenlik dikkate alınmalıdır.

Arıtmadan sonra, saflaştırılmış su, soğutma, serpm ve bazı işlemler için yeniden kullanılabilir. Saflaştırılmış suyun tuz içeriği yeniden kullanım için sorunlara yol açabilir, örn. ısı değiştiricilerinde kalsiyum çökmesi. Bununla birlikte, bu (genellikle ılık) suda legionella büyümesi riskine dikkat edilmelidir. Bu, suyun tekrar kullanımını sınırlayabilir.

Atık su arıtma işlemi, katkı maddelerinin dozlanması veya akış oranlarının ayarlanması için ilgili parametrelerin yeterli şekilde ölçülmesiyle kontrol edilmelidir. Ölçümler, pH, redoks potansiyeli, akış hızı ve iletkenlik ölçümü gibi çevrimiçi olabilir. Bu tür ölçümler doğrudan katkı maddelerinin dozajını yönlendirebilir. Metal içeriği, akış oranı ile orantılı olarak alınan bir örnekten, örn. atıkların son kontrolünden veya proses kontrolü için işlem sırasında alınan pota örneklerinden. Analiz AA (atomik absorpsiyon) veya ICP (indüktif olarak eşleşmiş plazma) ile hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir; bu ikinci teknik, daha düşük tespit limitleri ve daha geniş bir parametre aralığı sağlar. Bir tampon tankına sahip olma durumunda ve işlemdeki atık suyun kalma süresi nispeten uzun olduğu zaman, nokta numuneleri ve anlık bir analiz, tepki vermek ve işlemi ayarlamak için yeterli olabilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Askıdaki ve iri taneciklerin, metallerin, asitlerin, sülfatların ve floridlerin atık sudan çıkarılması, boşaltma veya tekrar kullanıma uygun hale getirilmesi.
- Yeniden kullanım için bir çamurun üretimi (satış için saf alçı, üretim sürecine yeniden kazandırılabilen değerli metallerle çamur), böylece atıkların bertaraf edilmesini önler.
- Bertaraf edilecek atık miktarını azaltan daha yüksek konsantrasyonda zararlı metaller (kadmiyum, arsenik) içeren bir çamurun üretilmesi.
- Tesis içinde yeniden kullanıma uygun su üretimi, örn. yağmurlama, soğutma, endüstriyel temizlik ve bazı işlemler için.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Tesis D'deki atık su arıtma tesisi, giriş haznesinde toplanan tüm proses atıklarını (yüzey ve yol drenaj suyu, tesis sızıntıları, yıkama suyu, çatı akıntısı ve yağmur suyu) arıtmak üzere tasarlanmıştır. Operasyonlardan filtrat, acil durum tankından herhangi bir dönüş ile birlikte, bu giriş kollektörü de toplanır.

Ham atık, kostik soda ilavesiyle pH'ın 10,2'ye yükseltildiği bir kostik dozaj tankına pompalanır. PH-ayarlı atık su akıntısı, katıların, kalınlaştırıcının tabanına süspansiyondan çıkmasına izin verildiği kalınlaştırıcıya akar.

Arıtılmış su, bir karbon dioksit enjeksiyonu kullanılarak pH'ın 9.2'ye ayarlandığı, berraklaştırılmış su tankına bir savaktan taşar. Su daha sonra dereceli kum filtreleri kullanılarak süzülür.

Kum filtrelerinin her biri, toplanan katıları serbest bırakmak ve filtrenin temiz su tankından suyu yıkaması için filtrenin yıkanması için akışkanlaştırıcı hava kullanarak her 24 saatte bir yıkama işlemine tabi tutulur. Kum filtrelerinden geri yıkama, yıkama suyu toplama tankında toplanır ve daha sonra geri dönüş pompaları vasıtasıyla giriş kollektörüne pompalanır. Filtrelenmiş su, nehre boşaltılmadan önce pH'sının karbon dioksit veya sülfirik asit kullanılarak 6 ila 9 arasında ayarlandığı asit dozaj tankına geçer. Yüksek veya düşük pH durumunda, deşarj acil depolama tanklarına yönelir.

Koyulaştırıcılardaki çökeltilmiş katı maddeler, bir plaka ve çerçevesiz baskı filtresi kullanılarak filtre edilmeden önce çamur tutucu tanklara aktarılır. Filtrat, giriş kollektörüne geri döndürülür.

Filtre keki ekstrüde edilir ve kurutma teli içinden dolaşan sıcak hava kullanılarak bir bant kurutucu üzerinde kurutulur. Kurutulmuş katı maddeler, nakliye ve ileri işleme için torbalaşmadan önce bir ürün haznesine yükseltilir.

Plant D, Tablo 9.27'de gösterilen emisyonları rapor eder.

**Tablo 9.27: Tesis D'den suya emisyonlar**

Kirletici	Min. (mg/l)	Ort. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Veri elde etme yolu
Ni	0,1	0,56	3,2	Periyodik kompozit örnekleme ve ölçüm (tek bir kompozit yapmak için günde iki örnek)
Çözünebilir Ni	0,1	0,41	2,5	
Co	0,1	0,1	0,2	
Cu	0,1	0,1	0,2	

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

C ve A tesisleri aynı bölgede faaliyet gösterir. Tesis A, bakır ve nikel kirleticilere sahiptir ve Tesis C'nin bir nikel rafinerisi (özütme, çözücü ekstraksiyonu, elektro-kazanma, hidrojen indirgemesi) ve yerinde bir kimyasal tesis vardır. Her iki şirket de atık su arıtma tesislerine sahiptir. Tesis A, Tesis C yüzeyinin ve atık alan sularının bir kısmını ele alır.

Tesis A atık su arıtma tesisi Bölüm 3.3.6.2'de açıklanmıştır. Bu tesis ile ilgili emisyon değerleri, Tablo 9.28'de bulunabilir.

**Tablo 9.28: Tesis A'dan Suya Emisyonlar**

Tesis	Azaltma tekniği	Kirletici	Minimum (mg/l)	Ortalama (mg/l)	Maksimum (mg/l)	Veri elde etme yolu	Ortalama Tipi
Tesis A (bakır ve nikel izabesi)	1) Birincil çöktürme 2) Çöktürme: Metaller sodyum hidroksitli metal hidroksitler olarak çöktürülür (pH yaklaşık 10.5) 3) Actiflo © arıtma: I) Ferrik sülfat (koagülant) eklenir II) Mikrosand akıntıya enjekte edilir ve homojen bir çözelti oluşturacak şekilde karıştırılır. III) Flokulan akıma eklenir IV) Ağır floplar çöktürmenin tabanına yerleşir ve temiz su çöktürmeyi taşıma olarak terkeder. Çöktürme ayrılmayı geliştirmek için lamel ile donatılmıştır. Çöktürmenin alt kısmındaki çamur, kumun prosese ayrılmasını sağlayan hidrosiklonlara pompalanır ve metal çamuru, çöktürme havuzuna pompalandığı ve cüruf toplama tesisine nakledildiği yer olan birincil çöktürme yoluyla çıkarılır.	Cu	< 0,01	0,0	1,8	Sürekli kompozit örnekleme	Günlük ortalama
		Ni	< 0,01	0,06	1,9		
		Zn	< 0,01	0,02	0,4		
		Pb	< 0,008	0,009	0,05		
		As	< 0,01	0,02	0,4		
		Cd	< 0,001	0,003	0,08		
		Hg	< 0,0001	0,0002	0,006	Sürekli görüntüleme	Yıllık ortalama
Debi	490 m <sup>3</sup> /h	1348 m <sup>3</sup> /h	3100 m <sup>3</sup> /h				

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Plant C'nin atık su arıtma tesisine yapılan besleme, kimyasal tesis proses suları, yüzey suları ve rafineri proses sularından oluşur. Suların arıtılması şu şekildedir:

- sodyum hidroksit veya sodyum karbonat kullanılarak pH kontrolü;
- Gerekirse topaklayıcı ve pıhtılaştırıcı kullanılır;
- Çöktürme: katı maddeler süzme aşamasına geri dönüştürülür; çökelme havzaları ve Kokemäenjoki nehrine bırakılmadan önce su filtrelenmiştir.

Tablo 9.29: Tesis C'den Kaynaklanan Emisyonlar

Tesis	Azaltma tekniği	Kirletici	Min. (mg/l)	Ort. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
Tesis C (nikel rafinerisi ve kimyasal tesis)	Gerekirse pH kontrolü, flokülasyon ve pıhtılaştırma, çöktürme, kum filtreleri	Ni	0,02	0,2	0,9	Sürekli kompozit örnekleme	Günlük ortalama
		Cu	< 0,01	0,02	0,4		
		Zn	< 0,01	0,2	0,8		
		U	< 0,01	0,2	0,6		
		Pb	< 0,01	0,03	0,6		
		As	< 0,01	< 0,01	0,06		
Debi	33 m <sup>3</sup> /h	86 m <sup>3</sup> /h	115 m <sup>3</sup> /h	Sürekli görüntüleme	Aylık ortalama		

Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

B Tesisi, atık su arıtma tesisinden (fiziko-kimyasal arıtma) sonra aşağıdaki emisyonları bildirmektedir.

Tablo 9.30: B İşletmesinden Kaynaklanan Emisyonlar

Tesis	Azaltma tekniği	Kirletici	Min. (mg/l)	Ort. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Veri elde etme yolu
Tesis B	Fiziko kimyasal arıtma	Ni	0,02	0,55	1,5	Tekil rasgele örnekleme
		Fe	< 0,01	0,2	2	
		Co	< 0,005	0,05	0,5	
		Cu	< 0,005	0,03	0,5	
		Toplam askıda katılar	NR	0,2 kg/t Ni	NR	NR
		TVOC	NRD	0,17 kg/t Ni	NRD	NR

NB: Atık sudaki kloritlerin varlığı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD) parametresinin analizine engel olur; Bu nedenle analitik sonuçlar temsil edici değildir. Tesis B rafine prosesi, atık su atığındaki organik bileşiklerin nihai varlığını işaretlemek için COD yerine Toplam Organik Karbonu (TOC) analiz eder.  
NR = Bilgi verilmedi.  
Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

Tesis E'nin atık su arıtma tesisinden gelen suya emisyonlar aşağıdaki tabloda rapor edilmiştir.

Tablo 9.31: Tesis E Emisyonları

Tesis	Azaltma tekniği	Kirletici	Min. (mg/l)	Ort. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Veri elde etme yolu	Ortalama tipi
Tesis E	İlk adım, düşük bir pH'ta (5.5'in altında) karıştırılarak ve havalandırılarak CO <sub>2</sub> 'nin uzaklaştırılması için bir havalandırma tankıdır. İkinci tank, metalleri hidroksitler olarak çöktürmek için NaOH kullanan bir çöktürme tankıdır. Katı faz filtrelenir ve prosese geri döndürülür, filtrat soğutma suyu ile karıştırılır ve denize gönderilir.	Ni	0,06	0,10	0,13	Sürekli kompozit örnekleme	Bir ay boyunca günlük örneklerin kompozit örneği
		Fe	0,02	0,06	0,13		
		Co	0,01	0,02	0,04		
		Cu	0,02	0,03	0,05		
		As	0,009	0,03	0,11		

Kaynak: [ 378. Industrial NGOs 2012 ]

Tesis G, üretilen atık su için (sıhhi su, proses suyu ve yağmur suyu karışımı) merkezi bir atık su arıtma tesisi kullanan çok metalli bir tesistir. Bu atık su arıtma tesisinin ve emisyon değerlerinin tanımı Bölüm 3.3.6.2'de bulunabilir.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji kullanımında artış.



- Reaktif kullanımı.
- Şaft fırınında geri dönüştürmek veya atılmak için atık üretimi.
- Sudan havaya ısı transferi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Uygulanacak teknikler, üretim süreçlerinin, hammadde ve yerel koşulların özgüllüğünü dikkate almak zorundadır. Ayrıca, alıcı su kütlesinin büyüklüğü ve akış hızı, uygulanacak tekniklerin seçiminde bir rol oynayabilir.

Hidrojen sülfür oluşumunu önlemek için asidik koşullara sahip sülfidlerin temasından kaçınılmalıdır. Fazla sülfürü uzaklaştırmak için çökeltiden sonra ferrik sülfat eklenebilir.

### Ekonomi

C tesisi atık su arıtma tesisine 2002 yılında başlamıştır. Yatırım maliyeti 3,5 milyon Avro'dur. Yıllık işletme giderleri yaklaşık 400 000 Euro'dur.

Plant A, 2009 yılında yeni atık su arıtma tesisine başladı. Yatırım maliyeti 4 milyon Avro civarındaydı. Yıllık faaliyet giderleri yaklaşık 800 000 Euro'dur.

### Uygulama için itici güç

Düzenlemelerle yönetilen atık su emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

Tesis A (FI), Tesis B (FR), Tesis C (FI), Tesis D (İngiltere), Tesis E (NO), Tesis F (FR) ve Tesis G (BE).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.1.6. Proses kalıntıları

##### 9.3.1.6.1. Kalıntı ve atıkların önlenmesi ve en aza indirilmesi teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Metallerin geri kazanımı için aynı veya başka bir işlemde kalıntıların ve atıkların yeniden kullanılması;
- harici tesislerde geri kazanım;
- Aşağıdaki teknik açıklamada gösterildiği gibi diğer yararlı uygulamalar için arıtma.

### Teknik açıklama

Nikel üretiminde oluşan kalıntı ve atık miktarı esas olarak kullanılan hammaddelerin bileşimine bağlıdır. Hammaddeler, belirli proses aşamalarında çöktürülmesi ve ekstrakte edilmesi gereken farklı konsantrasyonlarda safsızlıklar içerir. Bazı kalıntılar REACH yönetmeliğine göre taşınan veya yerinde izole edilmiş ara ürünler olarak kaydedilir ve iç veya dış proseslerde ham veya inşaat malzemesi olarak kullanılır. Tekrar kullanılamayan tortular, atık olarak sınıflandırılır ve uygun bir arıtmadan sonra stabilize edilir sonra çevre düzenlemesi gerekliliklerine göre depolanır.

Eritme işlemlerinde oluşan kalıntılar demir ve silika bazlı cüruftur. Genellikle cüruflar çok düşük konsantrasyonlarda sızan metaller içerir ve bu nedenle inşaat, aşındırıcı maddeler ve diğer

amaçlarla kullanılabilirler. Cüruf çıkışı, üretilen metalin ağırlığının dört ila on katıdır. Tekrar kullanılmayan cüruf, depolama sahasına atılır.

Hidrometalurjik süzme ve saflaştırma yolunda oluşan artıklar, farklı işlem aşamalarında çökeltilir. Çökeltilerin miktarı esas olarak hammaddelerin kalitesine ve çökeltme verimliliğine bağlıdır. Hidrometalurjik işlem yolundaki ana kalıntı fraksiyonlarından biri demir kalıntısıdır (jarosit veya goetit formunda). Demir artığı esas olarak depolama sahasına atılır. Üretilen demir artığı miktarı tamamen hammaddedeki demir yoğunluğuna bağlıdır. Tesis beslemesinde bulunan nikelden başka elementler, saf nikel ürün elde etmek ve kapalı hidrometalurjik devrede bu tür elemanların birikmesini önlemek için çıkarılmalı ve kaldırılmalıdır. Çıkarılan elementlerin bazıları, yerinde izole edilmiş veya taşınan satılabilir ara ürünlerde konsantre edilmişlerdir ve REACH düzenlemesine göre kayıtlıdır.

Gaz arıtma tesisinden gelen artıklar, su ile karıştırılır (çok ince nikel tozları potansiyel olarak piroforiktir, bu nedenle ıslatılırlar), doğrudan atık su arıtma tesisine arıtma ve geri kazanım için beslenen bir bulamaç oluşturmak üzere karıştırılır. Atık su arıtma tesisinden gelen kuru atık kalıntı metal geri kazanımı için suya gönderilir. Fırınlardaki kalıntı, nikel basınç ekstraksiyon sistemine aktarılır, ardından bakır ve kobalt ekstraksiyonu yapılır. Elde edilen materyal daha fazla platin grubu metal geri kazanımı için gönderilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Satılabilir ara ürünlerin, dahili/harici olarak işlenmesi ve faydalanması için maksimizasyonu.
- İncertleştirilmesi ve depolanması gereken atıkların en aza indirilmesi.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Eritme ve rafineri aşamalarında nikel üretiminde oluşan tipik atık akışı ve kalıntılar Tablo 9.32'de verilmiştir.

**Tablo 9.32: Eritme ve rafineri aşamalarında nikel üretiminde oluşan tipik atık akışı ve kalıntılar**

Tesis	Proses Tipi	Artık/ atık	İşlemin yapıldığı yer	Sonraki arıtma seçenekleri
A	DON ve EAF eritme	Granül cüruf	EAF	Nihai tasfiye/İNŞAAT/aşındırıcılar
		Atık gaz tozu	EAF	Çinko üretimi için hammadde
		Mat granülasyonu Atık gaz tozu	DON ve EAF	Nikel rafinerisi/yeniden eritme için hammadde
B	Klor bazlı özütleme, elektro-kazanım ve kimyasal üretim	Sülfür artıkları	Mat hazırlanması (filtreleme)	Sülfürik asit üretimi için hammadde/Stabilizasyon ve nihai bertaraf/nikel eriticiye beslemek
C	Sülfat esaslı özütleme, solvent ekstraksiyonu, elektro-kazanım, hidrojen indirgemesi ve kimyasal üretim	Demir artıkları	Özütleme	Stabilizasyon ve nihai bertaraf / nikel eriticiye beslemek
		Metal (Zn) karbonat artığı	Solvent extresi	Stabilizasyon ve nihai bertaraf / çinko üretimi için hammadde Bakır üretimi için hammadde
		Bakır artığı	Özütleme	Bakır üretimi için hammadde
E	Klor bazlı özütleme, solvent ekstraksiyonu, elektro-kazanım	Bakır artığı	Özütleme	Bakır üretimi için hammadde

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Çapraz ortam etkileri

- Yağış için kimyasal madde kullanımı.
- Enerji kullanımında artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### **Ekonomi**

Bilgi verilmedi.

### **Uygulama için itici güç**

Fabrika işlemlerinin sürdürülebilirliği.

### **Örnek tesisler**

Tesis A (FI), Tesis B (FR), Tesis C (FI) ve Tesis E (NO).

### **Referans literatür**

Referans literatür verilmedi.

#### **9.3.1.7. Enerji verimliliği ve indirgeme**

##### **Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Eritme fırınlarında oksijen bakımından zengin hava kullanılması ve dönüştürücülerdeki oksijen;
- Yüksek basınçlı buharın, eritme ve dönüştürme aşamalarında üretilen sıcak, SO<sub>2</sub> içeren gazlardan üretildiği ısı geri kazanım kazanları;
- baca gazı enerjisinin kullanılması;
- Sıcak gaz veya çözelti akışlarından ısıyı geri kazanmak için ısı değiştiriciler.

##### **Teknik açıklama**

Enerji verimliliğinin artırılması ve dış yakıt tüketiminin azaltılması, atık ısının geri kazanılması veya enerji talebini azaltmak için teknikler kullanılarak sağlanabilir.

*Eritme fırınlarında oksijen bakımından zengin hava kullanılması ve dönüştürücülerdeki oksijen*

Eritme ve dönüştürme adımları: geleneksel eritme yolunda, ilk olarak düşük dereceli nikel mat üretilir. Elde edilen mat, bir dönüştürücüde düşük demir nikel matına dönüştürülür. Her iki işlem adımında, oksijen zenginleştirme, bir otojen işlem noktasına ulaşmak için kullanılır. Oksijen zenginleştirmesinin kullanılması, özellikle dönüştürme aşamasında geri dönüşlerin, hurdaların ve diğer ikincil malzemelerin erimesine izin verir. Ayrıca, toplam gaz akışı azaldıkça, fanların elektrik tüketimi (proses gazı, havalandırma vb.) azaltılır.

Doğrudan nikel flaş eritme (DON) teknolojisinde, düşük bir demir içeriğine sahip yüksek dereceli nikel mat, flaş dönüştürücü fırınında müteakip dönüştürmeden doğrudan üretilmektedir. Kurutulmuş besi karışımı, oksijen bakımından zengin işlem havası ve dağıtım havası konsantre brülörde karıştırılır. Konsantre, reaksiyon şaftındaki türbülanslı gaz-katı süspansiyonda tutuşur ve yanar. Konsantre beslemenin oksidasyonu geleneksel işleminden daha ileri alınır. Bu yanma işlemi, büyük miktarda enerji üretir ve yükün erimesine neden olur. Flash eritme, konsantrenin tepkime ısısını kullanması nedeniyle enerji verimli bir işlemdir ve bu nedenle harici yakıt yalnızca zaman zaman gereklidir. Bir flaş eritme fırını içinde oksijen zenginleştirmesinin kullanılması, enerji tüketimi üzerinde önemli bir tasarruf etkisine sahiptir ve daha iyi kirlilik kontrolü ile sonuçlanır. Bu işlem kullanılarak üretilen mat düşük demir ve yüksek nikel içeriğine sahiptir. DON süreci, çevre ve enerji tüketimi açısından önemli olumlu bir etkiye sahip olan ayrı bir dönüşüm adımı oluşturmuştur.

*Isı geri kazanım kazanı*

Eritme fırını veya dönüştürme kabında üretilen sıcak, SO<sub>2</sub>-zengin gaz ısı geri kazanım kazanına iletilir. Atık ısı kazanı içinde, gaz enerjinin geri kazanıldığı buhar üretilerek soğutulur. Buhar, örneğin konsantre maddelerin kurutulmasında ve otoklavlarda olduğu gibi çeşitli işlemlerin ısıtma ihtiyaçları için kullanılır. Elektrik ve bazı yerlerin ısıtılması için gerekli ısı santraldeki ekstra buhardan üretilir.

Dolaylı buhar bobin kurutmada, eritme fırını ile bağlantılı ısı geri kazanım kazanında üretilen doymuş buhar kullanılır.

### *Baca gazı enerjisinin kullanımı*

Direkt kurutmada, sıcak gaz, yakıtın yanmasıyla ayrı bir odada üretilir. Sıcak gazın enerji içeriğini diğer proses adımlarından geri kazanmak için, anot fırını egzoz gazları kısmen kurutucuya geri dönüştürülebilir.

### *Sıcak gazdan veya çözelti akışlarından ısıyı geri kazanmak için ısı değiştiriciler*

Cüruf temizliği ile ilgili olarak, eritme/dönüştürme cürufundaki metaller bir demir fırınında demir içeren bir nikel mat olarak uzaklaştırılır. Elektrikli fırın gazları önce yakılır ve sonra soğutulur. Gaz soğutmasından gelen ısı, bir ısı değiştirici ile giderilir ve elektrikli fırın için katkı maddeleri veya kok kömürünün ısıtılması ve kurutulması için kullanılır.

SO<sub>2</sub> içeren gazdan sülfürik asitin üretimi, çıkartılan ve kullanılan ekstra enerji üretir. Sülfür dioksitin kükürt trioksite oksidasyonu ekzotermik bir reaksiyondur. Bu oksidasyon ile üretilen enerjinin bir kısmı, diğer proses ünitelerini ısıtmak için ara suya ısı değiştirici kullanılarak aktarılır veya bölgesel ısıtma için ikinci bir ısı değiştiricisine gönderilir.

Asitin soğutulması, enerjinin ara suya çıkarıldığı bir ısı değiştirici kullanılarak gerçekleştirilir. Ara sudan gelen enerji, ikinci ısı eşanjörü aracılığıyla bir bölge ısıtma hattına hareket eder veya diğer işlem ünitelerini ısıtır.

Klorlu süzdürme işlemi oldukça ekzotermiktir ve süzdürme tanklarından çıkan gazdaki buhar yoğunlaşır ve ısıtma, ofis ve fabrika binaları için dağıtılan ayrı bir glikol devresine geri kazanılır.

Nikel tank evindeki anoliti geri dönüştürmeden önce, çözelti soğutulmalıdır. Yeniden kullanmadan önce anoliti soğutmak için bir ısı değiştirici kurulur ve ısıtılmış su, sıcak su kullanan veya tesisin diğer alanlarında temizlik amacıyla kullanılan diğer işlemlere dağıtılır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

- Enerji tüketiminin azaltılması.
- Havaya emisyonların azaltılması (çoğu durumda geri kazanılan enerji, fosil yakıtın yerini alır).

### **Çevresel performans ve operasyonel veriler**

Tesis A: Nikel izabesinin doğrudan elektrik tüketimi, örneğin oksijen ve basınçlı hava (gereksiz tüketim) hariç olmak üzere üretilen 1400–1800 kWh/ton metaldir. Kirleticideki akaryakıt tüketimi, konsantre kurutma, flaş fırın yakıtı ve FSF ve EF'yi ısıtmak için yakıt dahil olmak üzere üretilen 300-400 kg/t metaldir. Nikel izabesindeki kok tüketimi, cüruf temizleme elektrikli fırında kok indirilmesi de dahil olmak üzere 200–250 kg/t metal üretilmiştir.

Tesis C: Rafineri elektrik tüketimi, 3000-4000 kWh/t nikel üretmektedir. Isı tüketimi 7 000–9 000 kWh/t nikel üretilmektedir. Tesis A'nın bakır ve nikel izabeleri ve Tesis C'nin rafinerileri aynı bölgede faaliyet göstermektedir. Tesis firmalarının ortak ısı geri kazanım sistemleri vardır. Sahada kullanılan ısının yaklaşık %50-70'i farklı proses adımlarından geri kazanılmaktadır.

Tesis E: Rafineri elektrik tüketimi, üretilen yaklaşık 5 MWh/ton nikel, bakır ve kobalttır. Bu tesis, sülfürik asit tesisinden bölge ısıtması için 40 000–45 000 MWh/yıl teslim etmektedir. Ekzotermik klorlu özütleme işlemi, binaların ısıtılması için 12 MW'lık bir katkı sağlar. Temizleme suyunun ısıtılması için anolit soğutması için kullanılan ısı eşanjörü 40 000–50 000 MWh/yıl kapasiteye sahiptir.

### Çapraz ortam etkileri

Bilgi verilmedi.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

Tesis işletmesinin sürdürülebilirliği; teknikler ekolojik ve ekonomiktir.

### Örnek tesisler

Tesis A (FI), Tesis C (FI) ve Tesis E (NO).

### Referans literatür

[413, Warner ve diğ. 2007]

## 9.3.2. Kobalt üretimi

### 9.3.2.1. Kobalt solvent ekstraksiyon işleminden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Dikkate alınacak teknikler aşağıdaki gibidir:

- Sıvı-sıvı temaslı mikser-çöktürücüde organik ve sulu çözeltinin buharlaşmasını azaltan düşük makaslama pompalarının kullanılması. Düşük makaslama karışımının kullanılması ayrıca çözücü ekstraksiyon işlemlerinde kaba olarak adlandırılan kararlı emülsiyon çökeltisi atıklarının oluşumunu da azaltır.
- Yüksek kesmeli bir karıştırıcının kullanılması.
- Mikser-çöktürücü birimleri işyeri ortamına VOC emisyonlarını önlemek için sızdırmaz hale getirilir.

#### Teknik açıklama

Sulu besleme solüsyonundaki kobalt (II) iyonlarının seçici olarak ayrıldığı ve çoğunlukla nikel içeren bir işlem çözeltisinden konsantre edildiği bir hidrometalurjik çözücü ekstraksiyon işlemi. Kobalt içeren sulu besi kimyasal ekstrakt içeren organik bir çözelti ile sıvı-sıvı kontaktöründe karıştırılır. Bu da organik akışın çözülmesine neden olan kobaltlı bir ortagonometralik kompleks oluşturur. Kobalt ekstraksiyon kimyasalları tipik olarak asidik iyon değiştiriciler olduklarından, ekstraksiyon reaksiyonu sırasında asit üretilir, bu da pH'ın bir alkalın nötralize edici ajan ile kontrol edilmesini gerektirir, örn. amonyak veya sodyum hidroksit. Kobalt yüklü organik faz, ekstraksiyon kimyasalları tamamen hedef metale karşı seçici olmadığından ve organik fazın tipik olarak kobalt içeren sulu bir çözelti ile karıştırılmasıyla safsızlıkların uzaklaştırıldığı bir temizleme adımı takip ettiğinden, bazı birlikte ekstre edilmiş safsızlıklar içerecektir. Kobalt daha sonra organik çözeltiyi parçalayan ve kobalt iyonlarını serbest bırakan azaltılmış bir pH'ta sulu çözelti ile karıştırarak

ekstraksiyon reaksiyonunu tersine çevirerek organik fazdan bir sulu çözeltiye ayrılır. Ayrılan organik çözücü daha sonra ekstraksiyon aşamasına döndürülür.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Havaya VOC emisyonlarının en aza indirilmesi.
- Katı atıkların azaltılmış oluşumu.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Bilgi verilmedi.

### Çapraz ortam etkileri

- Enerji tüketiminde artış.
- Ekstraksiyon kimyasallarının nötralizasyonu ve amonyum sülfat üretimi için amonyak kullanımı. Yıkama ve sıyırma aşamaları için saflaştırılmış su yapmak gereklidir.
- Kobaltın sıyırılması için asit kullanımı.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Kobaltın solvent ekstrasyonu yoluyla ayrılması, kobalt içeren nikel içeren hammaddelerin işlendiği işlemlere uygulanır. Yüksek saflıkta bir ürün elde etmek için, kobaltın çözücü ekstraksiyonundan önce, çinko, demir, kalsiyum, manganez ve bakır yem çözeltisinden çıkarılmalıdır. Ekstraksiyon ve yıkama aşamalarında pH seviyelerini ayarlamak için kimyasal bir nötralizasyon adımı kullanılır. Kobalt, örneğin kobalt elektro-kazanım için bir besi olarak uygun, yüksek konsantre, yüksek saflıkta bir çözelti olarak geri kazanılır.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Yüksek saflıkta bir ürün veren seçici kobalt ayrımı.
- Düşük enerji ve kimyasal tüketim.
- Düşük atık üretimi.

### Örnek tesisler

Norilsk Nickel Harjavalta (FI), OMG Kokkola Kimyasalları (FI), Murrin Murrin (Avustralya), Kasese Cobalt Şirketi (Uganda), Knightsbridge Cobalt (Güney Afrika) ve Anglo Platinum Rustenburg Base Metals Rafinerisi (Güney Afrika).

### Referans literatür

[414, Peek ve diğ. 2009]

#### 9.3.2.2. Karışık hidroksit ve karışık sülfür çökmesinden kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Gerekli olduğu düşünüldüğünde sınırlı işlem ekipmanının kullanılması (reaktörler, çöktürücüler, filtreler);
- Kapalı sıvı ve çamur taşıma sistemlerinin (borular ve kapalı savaklar) kullanımı;
- Yıkama suyunun fazla kullanılmasını önlemek için yüksek verimli katı ayırma ve yıkama sistemlerinin kullanılması;

- Büyük gaz hacimlerini önlemek ve çökeltme işleminin performansını arttırmak için yüksek dereceli hidrojen sülfür gazı veya diğer çökeltme ortamlarının kullanılması;
- Gazdan arındırma işlemi için azaltma ekipmanlarının (torba filtreler, ıslak gaz temizleyiciler, vb.) kullanılması;
- Azaltma kalıntıları ve atık sularının geri dönüştürülmesi;
- Kritik süzme ve azaltma ekipmanı parametreleri veya başka bir eşdeğer uygun izleme yöntemi veya standart işletim prosedürü için çevrimiçi izleme ve kontrol kullanımı;
- Aşırı kimyasal tüketimini önlemek ve verimli metal geri kazanımı sağlamak için çevrimiçi izleme ve kritik proses parametrelerinin (örn., Reaktif kullanım oranı) kontrolünü kullanma.

### Teknik açıklama

Karışık hidroksit (MHP) ve karışık sülfür (MSP) süreçleri aşağıdaki adımlardan oluşur:

Karışık hidroksit süreci:

- MHP çökeltme, atmosferik bir reaktörde, örneğin bir bazik kimyasalın eklenmesiyle gerçekleştirilir. Örneğin sodyum hidroksit.
- Yağış kontrolü, çökeltme reaktöründeki pH'ı ve sonuç olarak çıkan solüsyondaki metal konsantrasyonunu temel alır.
- Çökeltme reaktöründen gelen bulamaç koyulaştırılır ve koyulaştırılmış katıların bazıları, çökeltme aşaması için çekirdek olarak hareket etmek üzere çökeltme aşamasına geri dönüştürülür. Kalınlaştırılmış katıların çoğu, filtrasyon aşamasında daha ileri işleme tabi tutulur.
- Çökeltmiş katı maddeler filtrasyon ile kalınlaştırıcının altından ayrılır ve filtre keki gerektiğinde su ile yıkanır.
- Nakliyeden önce, üretilen katı maddeler kurutulur (gerekirse) ve uygun şekilde paketlenir.

Karışık sülfür süreci:

- MSP besleme çözeltisinin ön nötralizasyonu gerekli olabilir.
- MSP çökeltmesi, hidrojen sülfür gibi bir sülfür kaynağı eklenerek atmosferik bir reaktörde gerçekleştirilir. Çökeltme reaktörü çamurunun sülfür çökeltme reaksiyonunda oluşan sülfürik asidi yok etmek için nötralize edilmesi gerekir.
- Yağış kontrolü, çökeltme reaktöründeki pH'ı ve sonuç olarak çıkan çözeltideki metal konsantrasyonunu temel alır; gaz fazında hidrojen sülfür gazı oluşumunu önlemek için pH kontrolü şarttır.
- Çökeltme reaktöründen gelen bulamaç koyulaştırılır ve koyulaştırılmış katıların bazıları, çökeltme aşaması için çekirdek olarak hareket etmek üzere çökeltme aşamasına geri dönüştürülür. Çekirdek geri kazanımı, çökeltme partikül büyüklüğünü artırır ve katı maddelerin ayrılma özelliklerini geliştirir, böylece yıkama suyu tüketimini azaltır. Kalınlaştırılmış katıların çoğu, filtrasyon aşamasında daha ileri işleme tabi tutulur.
- Çökeltmiş katı maddeler filtrasyon ile kalınlaştırıcının altından ayrılır ve filtre keki gerektiğinde su ile yıkanır.
- Ana likörün kullanımına bağlı olarak, likördeki artık serbest hidrojen sülfidin yok edilmesi için ilave bir havalandırma aşaması gerekebilir.
- Göndermeden önce, üretilen katı maddeler kurutulur (gerekirse) ve uygun şekilde paketlenir.

Sülfid çöktürme işlemlerinde, ekipmandan gelen havalandırma gazları, bir alkali ıslak gaz yıkayıcıda temizlenir. En önemli proses parametrelerinin (sıcaklık, pH, metal konsantrasyonları) on-line veya diğer yeterli ölçüm ve kontrolü, güvenli ve sağlıklı operasyonel sonuçları (minimum gaz emisyonları, değerli bileşenlerin iyi bir şekilde geri kazanımı ve yüksek tortu kalitesi) sağlamak için gerçekleştirilir.

### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz, metal ve diğer bileşik emisyonlarının önlenmesi veya azaltılması.

- Nikel ve kobaltın daha verimli geri kazanımı.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

**Tablo 9.33: Kokkola kobalt tesisinin emisyonları**

İşlem	kg Co/t metal	kg Ni/t metal	kg VOC/t metal	kg H <sub>2</sub> S/t metal
Öğütme/özütleme	0.1	NR	NR	2
Solvent ekstraksiyonu	NR	NR	2	NR
Son geri kazanım ve dönüşüm	NA	0.0.81	NR	NR
Toplam kobalt üretimi	0.9	0.1	4	2

NB: Üretim: 10 000 t Co/yıl.  
NA = MEvcut değil. NR = İlgili değil.

### Çapraz ortam etkileri

Islak gaz yıkayıcıları kullanırken enerji tüketiminde artış.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Genel olarak uygulanabilir.

### Ekonomi

Bilgi verilmedi.

### Uygulama için itici güç

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.

### Örnek tesis

Kokkola (FI).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

#### 9.3.2.3. Elektro-kazanımdan kaynaklanan emisyonları azaltma teknikleri

##### Açıklama

Sülfat bazlı işlemler için göz önüne alınması gereken teknik, aerosollerin havaya salınmasını önlemek için içi boş plastik küreler veya polistiren boncuklar kullanılarak hücrelerin örtülmesidir.

Klorür bazlı işlemler için göz önünde bulundurulması gereken teknikler, özütleme işleminde klor gazı toplanması ve yeniden kullanılması ve boyutsal olarak kararlı bir anodun (DSA) kullanılmasıdır.

##### Teknik açıklama

Sülfat bazlı çözeltilerde, ana anot reaksiyonu, sülfürik asit aerosollerini ortam havasına (asit sisi) taşıyabilen oksijen kabarcıkları üretir. Tesise bağlı olarak, hava-elektrolit arayüzü içi boş plastik küreler veya polistiren boncuklar kullanılarak fiziksel olarak bloke edilir.

Sülfat bazlı prosesteki katotlar genellikle paslanmaz çelikten yapılır ve sıyırma işlemine yardımcı olmak için genellikle 'serbestleştirici madde' olarak bir jelatin dip kullanılır. Diğer ucunda, bazı



safsızlıklar kendiliğinden soyulmaya neden olabilir. Bu riski aşmak için, tesisler işaretli veya desenli katotlar kullanarak plaka yerine küçük yuvarlak üretirler. En yaygın kullanılan anot malzemesi antimon ile alaşımlıdır.

Klorür bazlı çözeltilerde, anotta klor gazı oluşur. Anodu kapsüllemek için bir elektrolit geçirgen diyafram bezi anot torbası kullanılır ve tipik olarak özütleme işleminde kullanılmak üzere klorürün torbanın üstünden ayrılması (ve geri kazanılması) için bir klor gazı çıkarma düzeneği kullanılır.

Klorür bazlı bir işlemde, katotlar titanyumdan veya titanyum ana boşluklarında yetiştirilen kobalt başlangıç tabakalarından yapılabilir. Anot malzemesi kaplı titanyumdur (genellikle boyutsal olarak kararlı anotlar olarak adlandırılırlar). Tipik olarak, kaplama katalitik bileşen olarak  $RuO_2$  içerir.

### Elde edilen çevresel faydalar

Yaygın sülfürik asit sis veya klor gazı emisyonlarının önlenmesi.

### Çevresel performans ve operasyonel veriler

Avrupa'daki tek elektro-kazanım kobalt tesisi, Norveç'teki Tesis E'dir (2010 yılında 3208 ton kobalt katodu üretti). Dünyadaki sadece iki fabrikadan biridir (Sumitomo, Japonya ile birlikte) klorür bazlı prosesi kullanır.

### Çapraz ortam etkileri

Enerji kullanımında artış (sülfat çözeltilerinde asit buharının hücrenin uzaklaştırılması, klorür çözeltilerinde klor gideriminin giderilmesi).

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

Bilgi verilmedi.

### Örnek tesis

Tesis E (NO).

### Referans literatür

Referans literatür verilmedi.

## 9.4. Gelişen teknikler

Sülfürik cevherlerden nikel üretimi için düşük basınçlı ve atmosferik özüt kullanımı konusunda çeşitli gelişmeler bildirilmiştir. Ana süreçler şöyledir: [139, Riekkola-Vanhanen, M. 1999]

- Activox özüt: 100°C ve 10 bar'da ince öğütme ve özütleme.
- CESL prosesi: ferrik klorür kullanılarak sülfat çözeltisinde klorür özütü.

Prosesler pilot aşamada kanıtlanmıştır.

- Endonezya'da Eramet Weda Bay Nickel projesi için hem limonit hem de saprolit cevherlerinden nikel ve kobalt bileşikleri üretmek için bir hidrometalurjik işlem geliştirilmiştir. İşlem, nikel lateritik cevheri orta ila yüksek saprolit oranına sahip olacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır. Sistem, cevher gövdesinin geri kazanımını optimize eden ve böylece atık malzemenin üretimini önemli ölçüde azaltan farklı litolojik tabakaların bir kompozit karışımını işleyebilir. 2005'ten bu yana sürekli olarak endüstriyel 35'in üzerinde firmada pilot testlerin (iyi sonuçlar üreten) (86 haftadan fazla), çevresel performansın endüstriyel sürece dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Entegre çevresel performansın optimizasyonu, tam endüstriyel ölçek öncesi son adımdır. Weda Bay Nickel projesinin başlatılması. Hidrometalurjik işlem, atmosferik basınçta ve yaklaşık 100°C'de

bir sülfürik asit ortamında çalışır. Sülfürik asit üretim ünitelerinden gelen ısı, enerji üretmek için fosil yakıtların kullanımını önemli ölçüde azaltacak şekilde buhar üretmek için kullanılır. Toplam işlemle üretilen sera gazlarının yaklaşık 5.8 ton/ton nikel olduğu tahmin edilmektedir.

- Demir ve manganez bazlı katı artıklar işlem tarafından üretilecektir. Her iki artık da çevre için güvenli olarak sınıflandırılmıştır. Aynı ayrı ve özel olarak tasarlanmış sudan arındırılmış kalıntı stoklarında ayrı olarak stoklanacaklardır.
- Sıvı atık suları nötralize edilecek ve yerinde kum filtrelerinden geçirilecektir. Atık su arıtma işleminden elde edilen çökeltiler, hidrometalurjik işlemde tamamen geri dönüştürülecektir. [139, Riekkola-Vanhanen, M. 1999]
- Üç yeni tesis yapım aşamasındadır [139, Riekkola-VANHANEN 1999 M] veya sülfürik asit kullanan lateritlerin basınçla yıkanması için devreye alma aşamasındadır. Bu süreçler Küba'daki yerleşik Moa Bay işlemine benzer, ancak diğer metalleri çıkarmak için farklı saflaştırma aşamaları kullanılır. Lateritler için atmosferik klorür liç işlemi de geliştirilmektedir.
- Almanya'da, oksijen-yakıt ocağı ve sülfat çözeltilerinden çözücü ekstraksiyon rafine etme sistemi kullanılarak kalıntılardan nikel ve çinko elde etmek için bir işlem başlatılmaktadır. Bu konuda hiçbir veri bildirilmedi.

### 9.4.1. Nikel komplekslerinin termal ayrışması

#### Açıklama

Düşük saflıkta bakır anodun elektrolitik arıtılmasından harcanan elektrolitik sızıntının elektrik fırınında inert bir atmosfer altında nikel tozu üretimi.

#### Teknik açıklama

Metallo-Chimique, aşağıdaki işlemi kullanarak nikel üretir.

Nikel, nikel bakımından zenginleştirilmiş elektroliz çözeltilerinden çökeltme ile geri kazanılır. Nikel (kompleks) çökeltilmesi, kapalı bir reaktör kabındaki nikel sülfatın kanşınlanmış çözeltilisine bir organik kompleks oluşturucu madde ilave edilerek gerçekleştirilir. Çözelti, bakır katot üretimi sırasında düşük saflıkta bakır anotların elektrolitik rafinasyonundan elde edilir. Çözünmeyen nikel kompleksi filtrasyon ile ayrılır.

Nikel komplekslerinin ince bölünmüş tozlara termal olarak ayrışması, bir elektrikli fırın içinde inert bir atmosfer altında gerçekleştirilir. Sonuç, bir briket tozu ile soğutulur ve bir konveyör tarafından briketleme için bir toz presine aktarılır. Ortaya çıkan briketler büyük torbalara beslenir.

Emisyonları azaltmak için, iki aşamalı bir NaOH gaz yıkayıcı kurulur. 7500 m<sup>3</sup>/s kapasiteye sahiptir. Gaz yıkayıcı, reaktör tanklarından ve elektrikli fırından gelen havayı iyileştirir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Nikel metali geri kazanımı.
- Emisyonların azaltılması.

#### Çevresel performanslar ve operasyonel veriler

2011–2012 yıllarındaki spot numune ölçümlerine dayanan gaz yıkayıcının operasyonel verileri, akışın 1500-7500 Nm<sup>3</sup>/saat olduğunu ve toz emisyonlarının 0.7–2.5 mg/Nm<sup>3</sup> olduğunu göstermektedir.

#### Çapraz ortam etkileri

- Yatırım maliyetinde artış (kurulacak ek ekipman nedeniyle).
- Enerji tüketiminde artış.
- Katkı maddelerinin kullanımı nedeniyle işletme maliyetinde artış.
- Su akışını uygun bir şekilde arıtma gerekliliği.

### **Uygulanabilirliğe teknik bakış**

Bilgi verilmedi.

### **Ekonomi**

Gaz yıkayıcıyı kurmanın maliyeti yaklaşık 100 000 Euro'dur.

### **Uygulama için itici güç**

- Emisyonların azaltılması.
- Hammadde tasarrufu.
- Sıkı emisyon standartları ve diğer yasal gereklilikler.

### **Örnek tesis**

Metallo-Chimique (BE).

### **Referans literatür**

[ 415, Nickel Institute 2013 ]



## 10. KARBON VE GRAFİT ELEKTROT, KATOT VE PROFİL ÜRETİM PROSELERİ

### 10.1. Uygulanan işlemler ve teknikler

Çeşitli karbon ve grafit ürünleri üretmek için kullanılan birçok proses bulunmaktadır. Karbon veya grafit elektrotlar ve fırın kaplamaları, özellikle birincil alüminyum ergitme ve demir-alaşımları ve çelik üretimi gibi çeşitli üretim prosesleri için üretilir. Bu bölüm, alüminyum üretiminde kullanılmak üzere tasarlanmamış karbon ve grafit elektrotların, katotların ve profillerin üretimini kapsamaktadır.

Tüm proseslerde macun, elektrot ve profil üretiminde kok, antrasit, grafit ve zift gibi hammaddeler kullanılmaktadır.

Geleneksel olarak, sektörde proses adımları şunlardan oluşmaktadır;

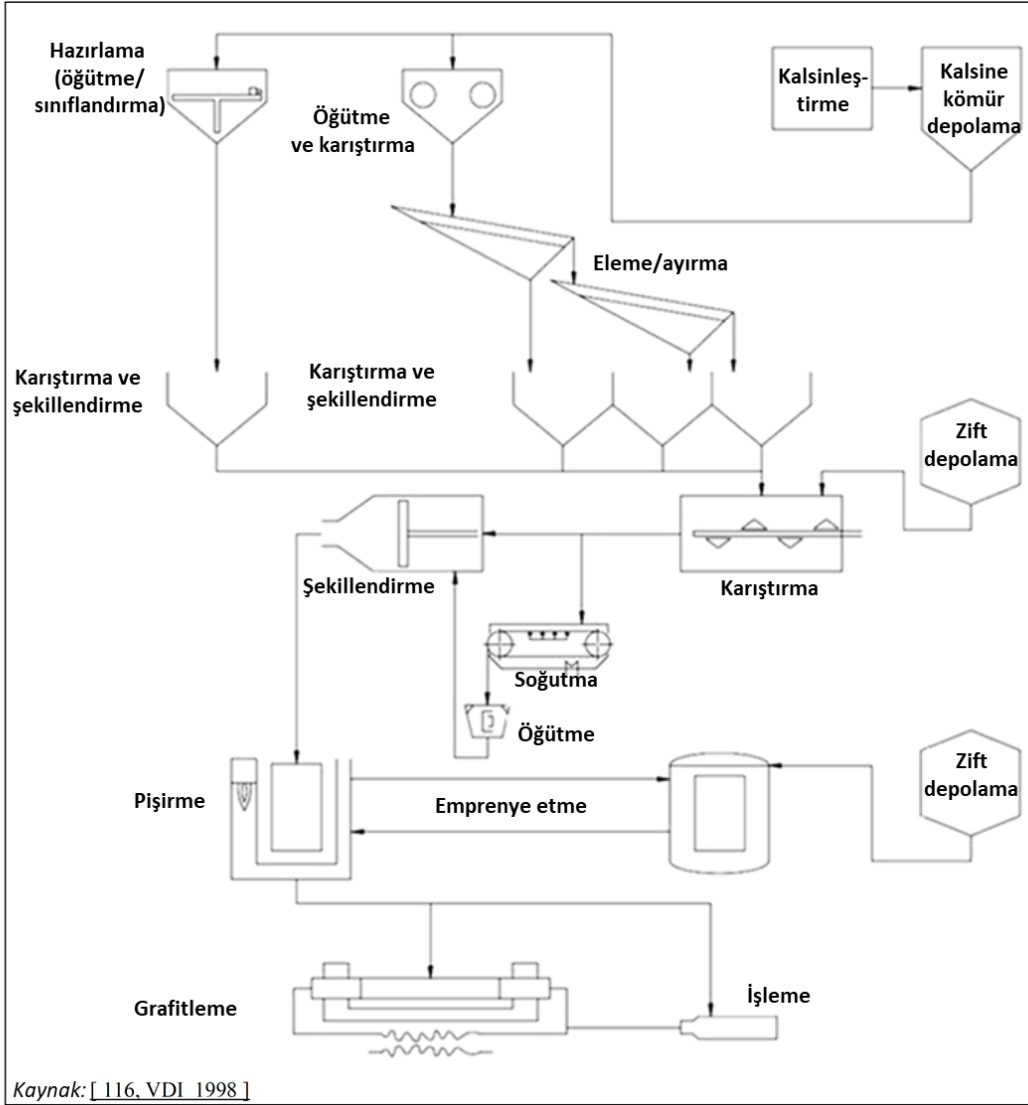
- Tedarik, depolama, hazırlama, karıştırma ve şekillendirme (yeşil departman olarak adlandırılır),
- Pişirme, emprenye etme ve yeniden pişirme (aynı zamanda pişirme tesisi olarak da bilinir),
- Grafitleşme,
- İşleme,
- Paketleme ve gönderme.

Ana ürün tipleri ve proses aşamaları Tablo 10.1 ve Şekil 10.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 10.1: Karbon ve grafit ürünleri için malzeme ve proses basamaklarının genel görünümü**

Giren malzemeler	Proses	Ürünler
Antrasit kömürü Kalsine edilmemiş kok	Kalsinleştirme	Kalsine antrasit Kömür Kok
Kalsine antrasit kömürü Kok Grafit Zift, katkıları, reçineler (katılar)	Depolama, taşıma, öğütme, eleme	
Zift, katkıları, reçineler (sıvılar)	Depolama, taşıma,	
Kalsine antrasit kömürü Kok Grafit Zift, katkıları, reçineler (katı ve sıvılar)	Karıştırma	Macun
Macun ve yeşil toz	Şekillendirme	Yeşil profiller ve yeşil toz
Yeşil profiller	Fırınlama	Fırınlanmış profiller
Piştirilmiş profiller Grafit profiller Zift, katkıları, reçineler	Emprenye etme	Emprenye edilmiş profiller
Emprenye profiller	Yeniden fırınlama	Yeniden piştirilmiş profiller
Piştirilmiş veya yeniden piştirilmiş profiller	Grafitleme	Grafit profiller
Piştirilmiş ve grafitlemiş profiller	İşleme	Grafit ve karbon bileşenler

Kaynak: [ 116, VDI 1998 ].



Şekil 10.1: Karbon ve grafit üretiminin gösterimi

### 10.1.1. Kalsine malzeme üretim prosesleri

Kalsine etme, bir hammaddeden nemi ve uçucu maddeleri uzaklaştırmak için kullanılan bir ısıtım prosesidir. Kalsine edilmemiş kömür (örn. antrasit) ve kok (örn. zift koku, metalürjik kok ve petrokok) kalsinasyon için uygun malzemeler arasında bulunmaktadır. Bu hammaddeler, fırının alt kısmında gerçekleştirilen deşarj oranı ile kontrol edilen fırın içi akışıyla, fırının tepesinde tutulur. Bu işlem sırasında nem, kükürt ve uçucu maddeler açığa çıkar.

İki tür kalsinasyon prosesi vardır: elektriksel kalsinasyon fırını prosesi ve gaz kalsinatör prosesi.

Elektriksel bir kalsinasyon fırını ısıtım için elektrik gücü kullanır. Gerekli elektrik akımı, fırının tepesine yerleştirilen bir karbon elektrot ve altta bir karbon elektrot veya fırının tepesinde konumlandırılmış iki grafit elektrot ve altta bir karbon fırın astarı aracılığıyla fırına sağlanır. Fırındaki malzeme 1200-3000 °C aralığındaki sıcaklıklara kadar ulaşır. Karbonlu malzemedeki kül bileşenleri fırının en sıcak bölgelerinde buharlaşır ve radyal olarak dışarıya aktarılır, burada daha soğuk malzeme veya fırın astarı üzerinde yoğunlaşırlar. Kül bileşenleri, sonunda fırının tabanındaki kalsine materyal ile birlikte çekilir. Ortaya çıkan tüm gazlar fırının tepesinden yakılır.

Bir gaz kalsinatör, kalsinasyon işleminden çıkan tüm uçucu maddeleri, ısıtım için gerekli olan sıcaklığa ulaşması için yakıt olarak kullanır. Sıcaklık aralığı 1200–1350 °C'dir.

Her iki durumda da yukarıda bahsedilen gazların tutuşması sonucunda H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyonları ortaya çıkar. Kalsine malzemeler normalde yeşil macunda hammadde olarak kullanılırlar Çelik üretimi ve dökme demir için karbon güçlendirici olarak da kullanılabilirler.

### 10.1.2. Macun, yeşil toz ve yeşil profil üretim prosesleri

Yeşil macun üretimi, tüm karbon ve grafit ürünlerinin üretimi için başlangıç noktasıdır. Tüm yeşil macunlar, farklı türde kalsine edilmiş kok ve kömürden oluşan ve %40'a varan oranlarda bir tutkal görevi gören zift içeren bir karışımdan üretilmektedir. Özel grafit ürünler için reçineler de bağlayıcı olarak kullanılabilir. Sülfür ve metaller gibi diğer katkı maddeleri, özel grafit ürünlerine istenilen fiziksel özellikleri vermek için hammadde karışımlarına eklenebilir.

Koklar, kaynağına bağlı olarak metal (örn. nikel) ve kükürt bileşikleri gibi maddeler içerebilirler. Yüksek derecede tavllanmış metalurjik ve linyit kokları ambalaj için yardımcı olarak kullanılmaktadır. Kalsine ve tavllanmış koklar kendi başlarına hidrokarbon ve PAH içermezler.

Katı hammaddeler normalde sızdırmaz konveyör veya yoğun fazlı pnömatik sistemlerle transfer edilir ve silolarda depolanır. Sıvı zift erimiş halde taşınır ve pompalanarak aktarılır ve ısıtılmış tanklarda depolanır. Depo havalandırma gazları hidrokarbon dumanı içerir ve genellikle temizlenir. Genellikle son yakıcılar, kondenserler veya gaz yıkayıcılar ve tank gazlarının geri-havalandırmaları kullanılır.

Hammaddeler mekanik olarak hazırlanır (ezme, öğütme, eleme) ve ısıtılmış karıştırıcılarda karıştırılır. Karışımdaki zift oranı, uygulamaya göre ve macunun taşınmasını sağlayacak şekilde ayarlanır.

Grafit ürünleri ve özellikleri çok çeşitli olduğu için, hazırlama ve karıştırma aşamaları önemlidir ve bu ürünlerin özellikleri genellikle belirli bir tane boyutuna bağlıdır. Ezme veya öğütme tekniğinin seçimi, belirli bir ürün için gerekli olan karbon parçacık boyutuna göre yapılır.

Hammaddeler, sabit bir besleme malzemesi üretmek için karıştırılır ve ürüne bağlı olarak belirli bir tarifi hazırlamak için tartım sistemleri kullanılır. Ürün gereksinimine, hammaddenin parçacık boyutuna ve gereken verime bağlı olarak çeşitli karıştırıcılar kullanılır. Yığınların katılaşmasını önlemek ve içeriğin etkili bir şekilde boşaltılmasını sağlamak için ısıtılmış karıştırıcılar ve helezon taşıyıcılar (tipik olarak 200 °C'de) kullanılır. Genellikle yoğurucu tipi karıştırıcılar, kürekli karıştırıcılar ve sürekli karıştırıcılar kullanılır. İşlemin ölçeğine bağlı olarak sürekli veya kesikli işlemler uygulanır.

Yeşil karışım, gerekli profilleri üretmek için bir şekillendirme prosesinden geçirilir. Genellikle kalıplama, ekstrüzyon ve titreşimli sistemler kullanılmaktadır. Özel karbon üretimi sırasında yeşil profiller, fazla reçinenin giderilmesi için alkol ile yıkanabilir. Büyük profiller bir kapalı devre su banyosunda da soğutulabilir.

Söderberg macunu kullanılması durumunda, karışım elektrot kabuğuna eklenebilecek şekilde üretilir. Söderberg macunu normalde birincil alüminyum endüstrisindeki elektrotlar için kullanılır, ancak macun diğer uygulamalarda, örneğin demirli alaşımların üretimi için elektrikli fırınlarda kullanılmak üzere presleme ve şekillendirme ile elektrotlar halinde de yapılabilir. Söderberg elektrotları da bir şekillendirme prosesi ile macundan üretilir. Bu durumda, yeşil elektrotlar gerekli boyut ve şekle getirilir [75, Nordheim, E. 1998]. Bu elektrotlar, daldırılmış elektrik ark ocaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bazı farklılıklar bulunmaktadır, örneğin elektrottan fırın beslemesini sağlamak için içi boş elektrotlar yapılabilir ve üretim problemlerinin üstesinden gelmek için kompozit elektrotlar yapılabilir.

Hammadde depolama ve taşıma işlemlerinde kapalı teslimat ve taşıma sistemleri ve entegre toz filtreleri kullanılmaktadır. Sıvı zift iletim ve depolama sistemlerinde, depolama sırasında tankın havalanmasını sağlamak için tank geri havalandırıcıları ve yoğuşturucular kullanılmaktadır. Katı zift, kapalı kaplarda veya kapalı büyük torbalarda dökme olarak teslim edilir.

Taşıma ve mekanik işlemler sırasında ortaya çıkan toz torba filtreler ile toplanır. Tüm işlem

aşamalarından gelen gazlar, son yakıcılar (TO'lar veya RTO'lar), ıslak veya kuru gaz yıkayıcılar, ESP'ler veya bu sistemlerin kombinasyonları gibi farklı türdeki azaltma sistemleri tarafından toplanır ve arıtılır. Özel karbon üretiminde yıkama aşamalarından gelen çözeltiler ekstrakte edilir ve mümkünse tekrar kullanılır veya biyofiltrelerde uzaklaştırılır.

### 10.1.3. Pişirilmiş profil üretim prosesleri

Yeşil profillerin pişirildiği pişirme prosesi sırasında, zift, malzemeyi elektriksel olarak iletken hale getiren zift kokuna dönüştürülür. Yeşil profiller havasız ortamda 700 °C'den 1300 °C'ye kadar sıcaklıklarda pişirilir. Pişirme işlemi 28 gün kadar sürebilir. Bu ısıl işlem sonucunda profiller ağırlıklarının %20'sini kaybedebilir.

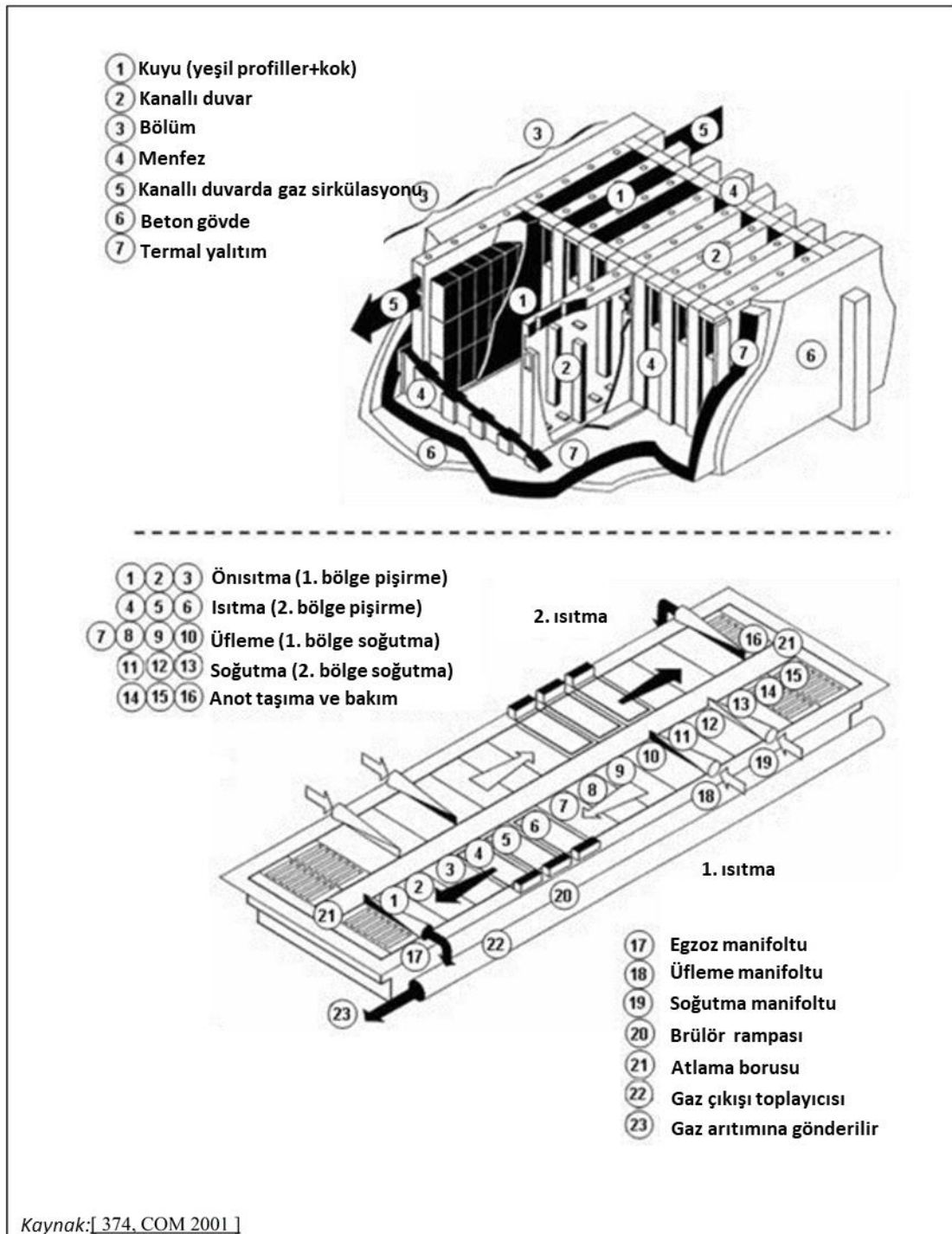
Pişirme aşamasında çok bölmeli fırınlar (kapalı veya açık halka fırınlar gibi) ve tek odalı fırınlar (araba tabanı veya kuyu tipi fırınlar gibi) kullanılır.

Halka fırınlar, yeşil profilleri içeren çok sayıda kuyudan oluşur. Bu kuyuları refrakter tuğla duvarlar ayırır ve atık gazların çıkması için oluklar oluşturulur. Yeşil profiller pişirme fırınında sıralanır ve ısıtma kanalları oluşturulur. Kok katmanları bölümleri ayırır ve oksidasyonu önler. Bu kok, ısıtma ve soğutma döngüsü sırasında, tonlarca yeşil malzeme başına 14 kg'a kadar tüketilir ve kalan kok yeniden kullanılır. Herhangi bir zamanda, fırının ayrı bölümlerindeki kuyular doldurulur, ısıtılır, soğutulur veya boşaltılır [91, OSPARCOM 1992].

Hareketli gaz ateşlemeli brülörler kullanılarak sıcak hava kanallardan geçirilir ve profiller pişirilir. Kanallar, dumanı tutmak için negatif basınç altında tutulur. Isıtma döngüsünün sonunda, kanallar bölümü soğutmak için hava üfleyicilere bağlanır. Soğutulan fırın bölümünden geçen sıcak hava daha sonra brülörlerden veya sistemin o kısmının önceden ısıtılması için diğer fırın bölümlerinden geri dönüştürülür [116, VDI 1998].

Pişirme için iki ana halka fırın türü kullanılır: açık ve kapalı. Açık fırınlarda yatay bir kanal kullanılırken kapalı fırınlarda dikey bir baca kullanılır. Açık fırının yatay kanalları ayrı ve paraleldir, bu da ısıtma döngüsünün her bir kanal için optimize edilmesini sağlar ve böylece yakıt tüketimini azaltır [91, OSPARCOM 1992]. Tipik bir açık fırın Şekil 10.2'de gösterilmiştir.



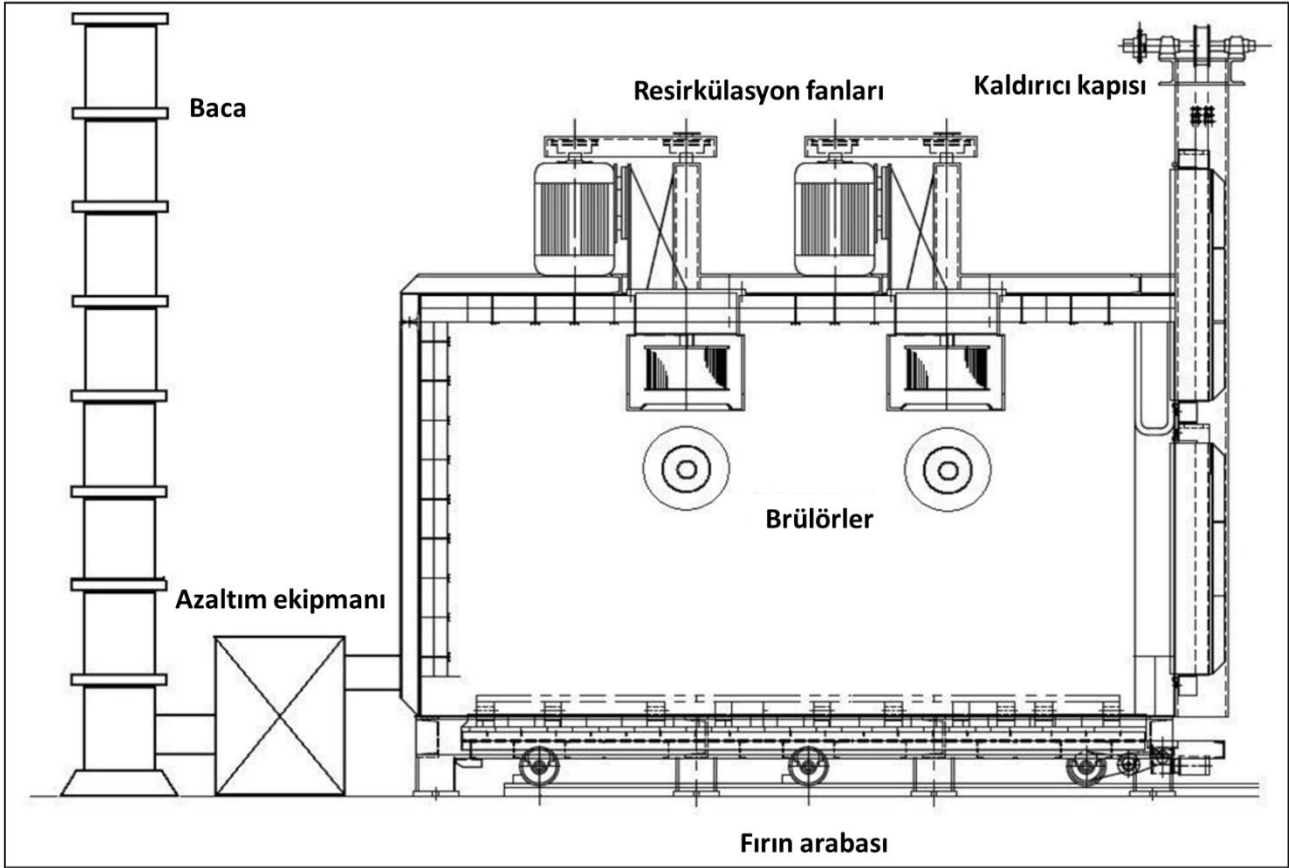


Şekil 10.2: Çok odalı fırının (açık halka fırın) genel görünümü

Fırında çok sayıda odanın kullanılması, bir bölümden gelen ısının diğer bölümlerde kullanılmasını sağlar.

Araba tabanlı fırın tek odalı bir fırındır. Araba tabanı konseptinde, araba (fırın yatağı veya tabanı olan), demiryolu tekerlekleri üzerine monte edilmiş bir mobil platform olarak yapılandırılmıştır. Fırından çıkarılabilir ve yükleme veya boşaltma alanlarına gidebilir.

Araba tabanlı fırın, zemin üstüne inşa edilen ve refrakter ısı yalıtımı ile kaplanmış çelik bir kabuktan oluşur. Fırının giriş ucu, aşağıya doğru/kapalı pozisyonda iken, iki tarafa ve tavana yapışan dikey bir hareket kapağı ile kapatılır. Araba, kabuğun üç duvarına ve kapağa bir su oluğu (arabada) ve sızdırmazlık bıçakları (kabuk üzerinde) vasıtasıyla kapatılarak yalıtılmıştır. Çatıda monte edilen fanlar, fırının tepesinden yatağa giden havayı hareket ettirerek ısının yukarıdan aşağıya doğru yayılmasını sağlar.



Şekil 10.3: Tek odalı fırının genel görünümü (araba tabanlı fırın)

Bir yükleme istasyonunda, yeşil profiller sagger adı verilen silindirik bir kutuya yerleştirilir ve ısıtma işlemi sırasında profillerin deformasyonunu önlemek için ambalaj malzemesi ile doldurulur. Daha sonra, yüklü saggerlar fırına taşınmak üzere fırın arabasına yerleştirilir. Araba tabanlı fırın yüklendiğinde ve kapı kapatıldığında, ısıtma döngüsü başlar.

Araba tabanlı fırın, herhangi bir ambalaj malzemesi olmadan pişirmek için de kullanılabilir. Daha sonra yeşil veya emprenye edilmiş profiller, dikey veya yatay çerçevelerde istiflenir.

Pişirme işlemi için kullanılan çevrim farklı adımlardan oluşur ve fırın özelliklerine, ürün boyutuna ve bağlayıcı içeriğine bağlı olarak değişebilir. Pişirme işlemi sırasında fırın odasından gelen sıcak hava, arıtmadan sonra bacaya gönderilir. Sıcak havanın özellikleri, üretildiği ısıtma döngüsü basamağına bağlıdır.

Pişirme döngüsü bittikten sonra, kapı açılır ve araba fırından çıkarılır ve profillerin kutulardan çıkarıldığı bir boşaltma istasyonuna gönderilir. Saggerlar içinde bulunan ambalaj malzemesi yeniden kullanılır.

Tünel fırınları, küçük ölçekli özel karbon üretimi için kullanılır. Tünel fırını, ambalajlanan malzeme ile doldurulmuş bir sagger içinde ateşlenen bölge boyunca taşınan, ön şekillendirme yapılmış formlarla beslenir. Fırında yakıt olarak genellikle gaz veya petrol kullanılır ve genellikle yakıt veya yanma havasını ısıtmak için bir geri kazanım sistemi kullanılır.

#### 10.1.4. Emprenye edilmiş profil üretim prosesleri

Emprenye, nihai ürünün özelliklerini iyileştirmek için gerçekleştirilen isteğe bağlı bir aşamadır.

Pişirilmiş profillere ziftler, reçineler, erimiş metaller ve diğer reaktifler, eklenebilir (özel uygulamalarda, grafit proiller de emprenye edilebilir) ve bunlar karbonize edilmiş malzemede oluşan boşlukları doldurmak için kullanılır. Vakumlu veya vakumsuz sıcak kömür katranı zifti ile ıslatılır ve otoklavlama yapılır. Ürüne bağlı olarak kesikli veya yarı sürekli işlemler gibi çeşitli emprenye teknikleri kullanılır. Emprenye etme döngüsü genellikle profillerin ön ısıtılması, emprenye etme ve soğutmayı içerir. Sertleştirici bir reaktör de kullanılabilir. Emprenye edilecek elektrotlar, termal oksitleyicinin atık ısısı ile önceden ısıtılabilir.

Sadece özel karbonlar çeşitli metallerle emprenye edilir.

#### 10.1.5. Emprenye edilmiş profillerden yeniden pişirilmiş profil üretim prosesleri

Yeniden pişirme sadece emprenye edilmiş profiller için kullanılır.

Emprenye edilmiş şekiller, ürünün büyüklüğüne ve karmaşıklığına bağlı olarak tünel, tek odalı, çoklu odalı, dairesel ve itme çubuklu fırınlar gibi çeşitli fırınlar kullanılarak 1300 °C'ye kadar sıcaklıklarda yeniden üretilir. Sürekli pişirme de yapılır. Fırın işlemleri, profil pişirme işlemi için kullanılanlara benzerdir, ancak fırınlar genellikle daha küçüktür.

#### 10.1.6. Grafitleştirilmiş profil üretim prosesleri

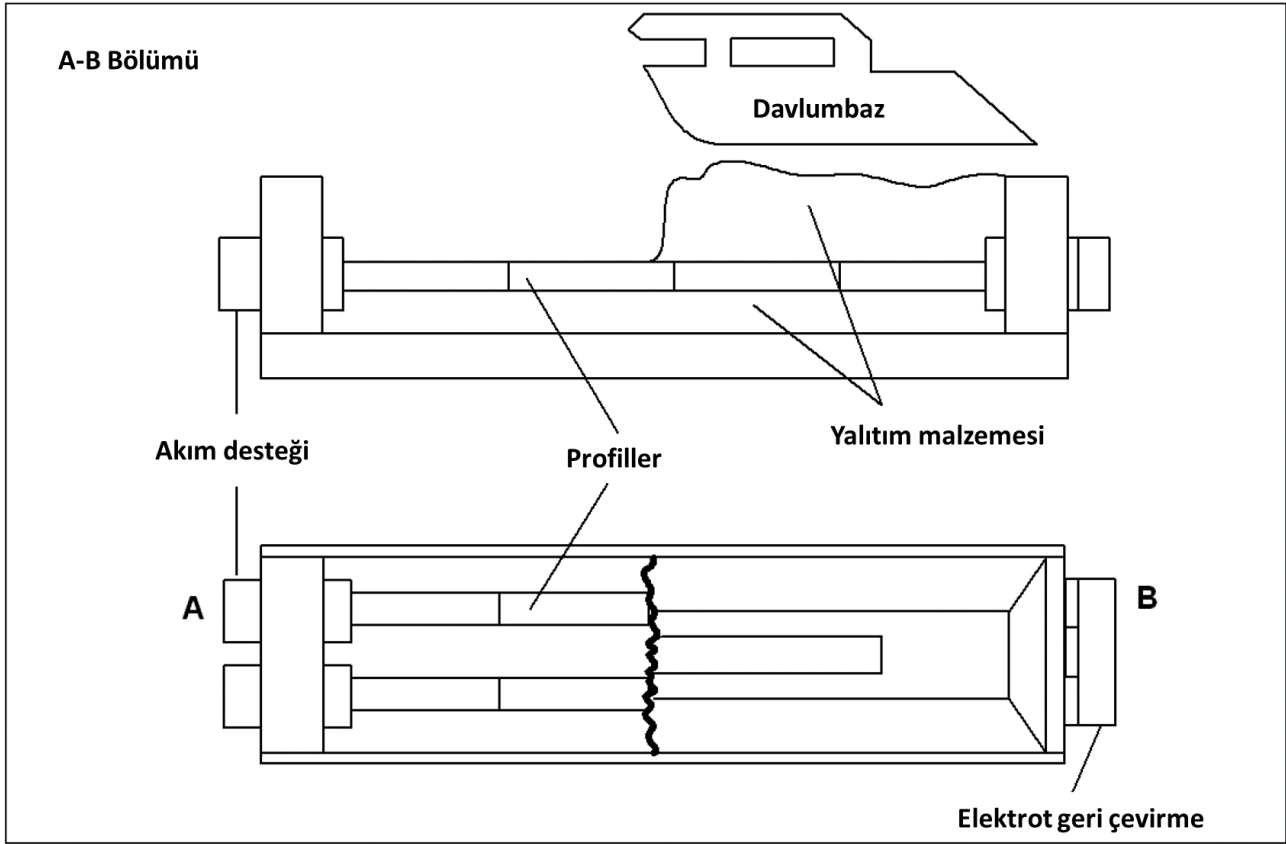
Pişirilmiş veya yeniden pişirilmiş profiller daha sonra grafitleştirme işlemine tabi tutulabilir.

Grafit, pişirilmiş karbonlu malzemenin grafitleştirme denilen işlem ile grafit haline dönüştürülmesiyle üretilir. Bu yöntem, malzemenin 2200 °C'den 3300 °C'ye kadar sıcaklıklarda ısıtılmasıyla gerçekleştirilir. Grafitleştirme işlemi sırasında, az ya da çok önceden hazırlanmış karbonlu materyal, üç boyutlu olarak hazırlanan bir grafit yapısına dönüştürülür. Ürünlerin boyutlarına ve şekillerine ve kullanılan hammaddeye bağlı olarak endüstriyel kullanımda iki tip fırın vardır. Grafitleştirme, Acheson veya Castner fırınlarında gerçekleştirilir.

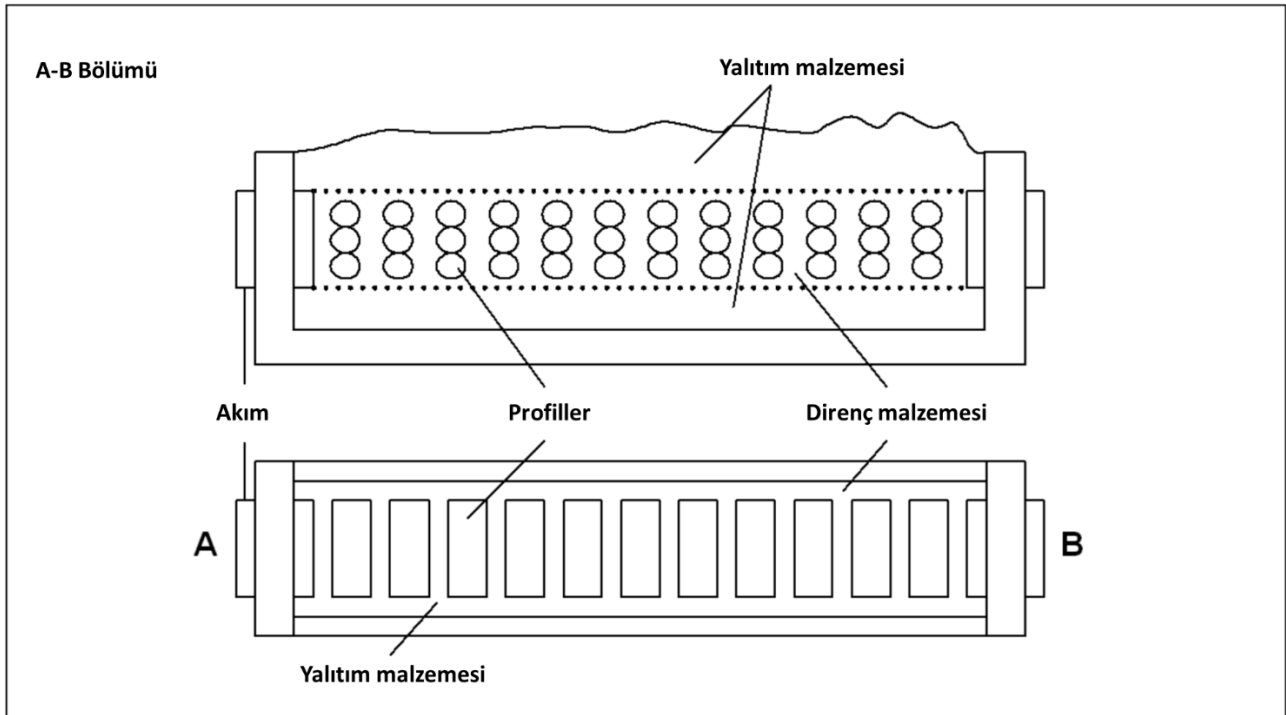
Her iki fırın da refrakter malzemenin yapılmış elektrik rezistanslı fırınlardır. Fırına uygulanan akım iki fırını birbirinden ayırmaktadır. Acheson fırınında, profiller fırın gövdesinin içine yerleştirilir ve boşluklar kok-grafit karışımı (direnç paketi) ile doldurulur ve akım direnç paketinden ve profillerden geçirilir. Castner fırınında, profiller akım yolunun tamamını oluşturur ve mevcut verimlilikte kazanımlara yol açar.

Özel ürünler için tünel fırınlar, indüksiyon fırınları veya vakumlu grafitleştirme fırınları gibi diğer özel fırınlar da kullanılmaktadır.

Castner ve Acheson fırınları Şekil 10.4 ve Şekil 10.5'te gösterilmiştir.



Şekil 10.4: Castner grafitleştirme fırını



Şekil 10.5: Acheson grafitleştirme fırını

Sadece küçük yayılı toz emisyonları ve karbon oksitlerin tavan hattında iyi dağılmış olduğu durumlarda davlumbaz kullanılmamaktadır.

Acheson fırını, düzensiz ölçülü ve kesitli, pişirilmiş veya yeniden pişirilmiş profiller için kullanılır. Fırın yükü, genellikle fırının eksenine dik olan yatay bir yatak içinde bloklar halinde düzenlenir. Bu segmentler arasındaki boşluk, silisyum karbür, kok, talaş ve kum karışımından oluşan bir direnç malzemesi ile doldurulur. Akım beslenen yük üzerine, fırının dar taraflarında iki su soğutmalı baş elektrotu ile verilir. Fırın yükü, kok kömürü, kum, karbon siyahı ve/veya talaş karışımı ile termal olarak izole edilir, böylece karbonlu materyal oksidasyona karşı korunur. Fırının elektrik direnci, grafitleşme derecesinin artması ile azaldığından, baş elektrotlarına giden güç, transformatörler tarafından kontrol edilmekte ve ayarlanmaktadır. Fırının büyüklüğüne ve çalışma moduna bağlı olarak, bir çalışma döngüsü soğutma işlemi de dahil iki ila altı hafta sürmektedir.

Castner fırını paralel yüzleri ve eşit kesitleri olan profiller için kullanılır. Boylamsal grafitleştirme (uzunlamasına dizi), bir fırın yükünün, aralarında bir direnç materyali olmaksızın, üst üste bir diğere doğrudan bağlanması ile karakterize edilir. Oksidasyona ve yüksek ısı kayıplarına karşı yalıtım, kok ve grafitten oluşan malzemeler elde sağlanır. Önceden pişirilmiş karbonlu elektrotlar, fırının baş elektrotları arasında sıkıştırılır ve yük üzerinden doğrudan akım geçirilerek ısıtılır. Isıtma döngüleri birkaç saatten birkaç güne kadar değişir ve soğutma döngüsü 14 gün kadar sürer.

### 10.1.7. İşlenip pişirilmiş, yeniden pişirilmiş veya grafitleştirilmiş ürün üretim prosesleri

Müşterinin gereksinimlerine göre pişirilmiş, yeniden pişirilmiş ve grafitleştirilmiş profilleri hazırlamak için kesme, tornalama, delme, frezeleme ve benzeri mekanik prosesler kullanılır. Nihai profillerdeki yüzeyler son kullanım şekline göre işlenir. Mekanik işlemler tamamlandıktan sonra, elde edilen üründeki negatif yanma etkilerini azaltmak için yüzey kaplama önlemleri uygulanabilir. Bu işlemlerle üretilen tozlar veya parçacıklar toplanır, ayrılır ve silolar, torbalar veya kapalı kaplarda saklanır ve mümkün olduğunca tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülür.

### 10.1.8. Özel karbon ve grafit ürünleri üretim prosesleri

Contalar, fırçalar, potalar ve benzer ürünler gibi diğer grafit ürünler de grafit elektrotlara benzer şekilde üretilmektedir. Ürünlerin büyüklüğünde ve karmaşıklığında farklılıklar bulunmakta, bu da kullanılan prosesleri etkilemektedir. Ürüne istenen fiziksel özellikleri vermek için hammaddelerin karışımına kükürt ve metaller gibi diğer katkı maddeleri eklenebilir. Bazen zift yerine reçine kullanılır.

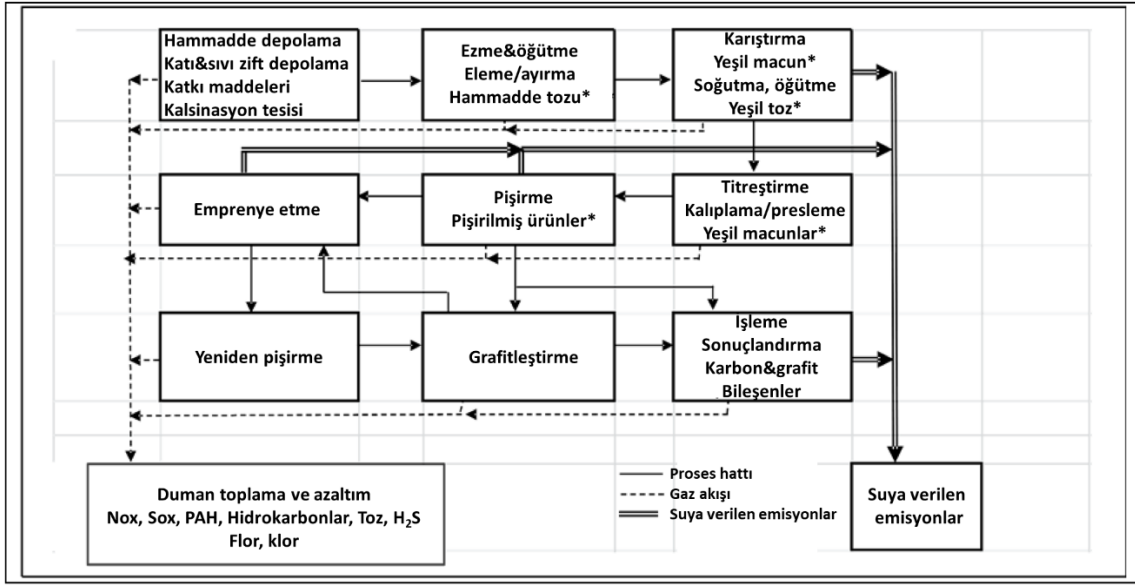
Gözenekli grafit, talaşın hammadde ile harmanlanmasıyla temel proseste de üretilmektedir. Pişirme sırasında talaş yakılır ve gözenekli bir karbon veya grafit matrisi kalır.

Yüksek saflıkta grafit de benzer şekilde üretilir, ancak metaller gibi safsızlıkları gidermek için grafitleştirme işlemi kullanılır. Bu durumda, gaz akışında klor veya Freonlar kullanılır ve bunlar, uçucu tuzları oluşturmak için metalik safsızlıklarla reaksiyona giren, dolayısıyla metalleri grafitten yok eden klor ve flor üretmek üzere ayrışır. Mevcut uygulamada, cihazlardan geri kazanılan Freonlar kullanılmaktadır ve bu nedenle proses, bu malzemeler ile çalışmak için yararlı bir yöntem sağlamaktadır. Aşırı halojenler ve metal tuzları, kuru veya ıslak gaz temizleme yoluyla çıkış gazından giderilir.

Karbon fiber takviyeli karbon, karbon fiberler ve karbon kumaşlar gibi özel ürünler de üretilir ve bir indüksiyon veya kuyu tipi fırını kullanılır. Karbon fiberleri ve ilgili malzemeleri üretmek için kullanılan prosesler, poliakrilonitril kumaş (PAN bez) veya empenye maddesi olarak bir öncü madde olarak akrilonitril içerebilir [128, Davies, N. 1998]. Bu durumlarda, fırında ısıtma aşamaları sırasında hidrojen ve sodyum siyanürler ortaya çıkabilir. Sodyum siyanür, karbon oksitlerin varlığında yüksek sıcaklıklarda sodyum karbonat haline dönüştürülebilir. Ortaya çıkan gazları oksitlemek için bir son yakıcı kullanılır.

## 10.2. Mevcut emisyonlar ve tüketim seviyeleri

Farklı proses aşmalarından ortaya çıkabilecek muhtemel emisyonlar Şekil 10.6'da gösterilmiştir.



Şekil 10.6: Karbon ve grafit üretim proseslerinin genel emisyon diyagramı

Pişirme işleminde enerji tüketimi 11 GJ/t'a kadar çıkabilirken (azaltma ekipmanının enerji tüketimi de dahil olmak üzere fırınlarda yakıt olarak genellikle gaz veya petrol kullanılır) grafitleştirme işleminde ise 9-20 GJ/t arasındadır.

### 10.2.1. Havaya salınan emisyonlar

Üretim aşamasında veya tesisin yaşına ve kullanılan tekniklere bağlı olarak tesisten yayılı emisyon kaçışları olabilir. Baca emisyonları normal olarak ölçülen teçhizata bağlı olarak sürekli veya periyodik olarak ölçülür ve tesis içi veya tesis dışı çalışanlar tarafından yetkili makamlara rapor edilir.

Havaya salınan muhtemel emisyonlar hidrokarbonlar (PAH gibi), kükürt dioksit, toz ve siyanür (sadece akrilonitrilden elyaf üretimi için)dür. SO<sub>2</sub> oluşumu yakıt, hammadde ve diğer katkı maddelerinden etkilenirken, NO<sub>x</sub> oluşumu yanma sıcaklığı ile belirlenir.

Karbon ve grafit proseslerinde, son yakıcılar, elektrostatik çökticiler, gaz yıkayıcılar ve torba filtreler gibi tekniklerin bir kombinasyonu kullanılır. Taşıma ve mekanik işlemler sonucu ortaya çıkan toz torba filtrelerde tutulur. Özel karbon üretiminin yıkama aşamalarındaki çözeltiler toplanır ve mümkünse tekrar kullanılır veya biyofiltrelerde giderilir.

PAH'ın, kok üzerinde adsorpsiyon ile uzaklaştırılması sıcaklığa bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda, daha hafif maddeler adsorbe edilemez. Modern ön pişirme fırınları daha eksiksiz bir yanmaya sağlamaktadır. Kuru gaz temizleme işleminden önceki eski dolaylı soğutma tekniği kullanılamaz, çünkü kalıntı çökelti serbestçe akan bir yapıda değil ama yapışkan bir toz halindedir. Paket kok, ton elektrot başına ~ 12–18 kg oranında tüketilir [116, VDI 1998].

Kok filtreleri kullanılabilir, ancak pişirme işlemiyle yayılan katran fraksiyonunun hafif yoğunlaştırılabilir fraksiyon olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da sonraki aşamalarda tamamen karbonize olmayabilir.

Bu nedenle, pişirme aşamalarında sadece kok üzerinde adsorpsiyon uygulanırsa yoğunlaştırılabilir fraksiyonun tümünün kok üzerinde adsorpsiyonunun sağlanamaması ihtimali bulunmaktadır. Katranın önemli bir kısmı, pişirme fırınının ön ısıtma aşamasındaki sıcaklık artışı sırasında kok filtre malzemesinden geri dönüştürülebilir.

Kok filtrelerin yanı sıra, karbon ve grafit işlemlerinden ortaya çıkan PAH'ın uzaklaştırılması, son yakıcılar, rejeneratif termal oksitleyiciler, kuru veya ıslak gaz yıkayıcılar, torba filtreler ve elektrostatik çökelticiler gibi tekniklerin bir kombinasyonu kullanılarak da mümkündür.

Açık veya kapalı pişirme fırınlarının kullanılmasına bağlı olarak da emisyon özelliklerinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bazı durumlarda (pişirme prosesine ve üretilen ürünlere bağlı olarak), açık fırınlarda fırın içerisinde daha fazla uçucu hidrokarbon yanmaktadır.

### 10.2.2. Poliksilik aromatik hirokarbonlar

Karbon ve grafit macunu ve profiller farklı kok ve ziftler kullanılarak üretilmektedir. Ziftin depolanması, taşınması, şekillendirilmesi, pişirilmesi ve emrenye edilmesi sırasında hidrokarbon ve PAH emisyonları ortaya çıkabilir. PAH, potansiyel olarak çevre ve endüstriyel tesisler açısından tehlikelidir ve bu karbon ve grafit endüstrisinde önemli bir konudur. Ham gaz özellikleri [318, Hagen ve ark. 2007]'de belirtilmiştir.

PAH değerlerinde bazı belirsizlikler bulunmaktadır. PAH'ı ölçmek ve raporlamak için çeşitli standart yöntemler bulunmaktadır ve bu rapor için aşağıdaki gruplar kullanılmıştır: VDI-grup I (2 bileşik), VDI-grup II (7 bileşik), VDI-grup I + II (9 bileşik), OSPAR 11 (11 bileşik), EPA (16 bileşik) ve Norveç Standardı NS 9815 (16 bileşik).

Bu sözleşmelere göre ölçülen ve raporlanan PAH bileşikleri Tablo 10.2'de gösterilmiştir.

Tablo 10.2: PAH için raporlama sözleşmeleri

PAH bileşikleri	PRTR	VDI-I	VDI-II	VDI-I+II	OSPAR II	EPA	Norw. Std (NS 9815)
Naphthalene	X					X	
Acenaphthylene						X	
Acenaphthene						X	
Fluorene						X	
Phenanthrene					X	X	X
Anthracene	X				X	X	X
Fluoranthene					X	X	X
Pyrene						X	X
Benzo(a)pyrene	X	X		X	X	X	X
Dibenzo(a,h)anthracene		X		X	X	X	X
Benzo(a)anthracene			X	X	X	X	X
Benzo(b)fluoranthene	X		X	X	X	X	X
Benzo(j)fluoranthene			X	X			
Benzo(k)fluoranthene	X		X	X	X	X	X
Chrysene			X	X	X	X	X
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	X		X	X	X	X	X
Benzo(ghi)perylene					X	X	X
Benzo(b)naphtho(2,1-d)thiophene			X	X			
Benzo(a)fluorene							X
Benzo(b)fluorene							X
Benzo(e)pyrene							X
Dibenzo(a,e)pyrene							X

NB: 166/2006 Sayılı Tüzük (EC) 'de oluşturulan Avrupa Kirletici Salım ve Aktarım Kaydı (E-PRTR) çerçevesinde, benzo(a)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten ve indeno(1,2,3-cd)piren olarak havaya salınımların bildirilmesi için PAH ölçülmelidir. Antrasen ve naftalin ayrı ayrı rapor edilmelidir.

PAH emisyonları için tercih edilen raporlama sözleşmesi, PRTR raporlama gereklilikleriyle uyumlu olan EPA'dır [299, COM 2007]. Bununla birlikte, düşük molekül ağırlıklı PAH, örneklemeye, test koşullarına ve test prosedürlerine çok duyarlıdır ve bu nedenle EPA verilerinde, koleksiyonlarının muhtemel eksikliğinden dolayı daha fazla belirsizlik bulunmaktadır. Ayrıca, bazı ülkelerde yüksek moleküler ağırlıklı PAH'ın bir göstergesi olarak BaP'ı rapor etmek için ortak bir uygulama olarak kurulmuştur.

### 10.2.3. Toz

Üretim sırasında tüm proses aşamalarında (kalsinasyon, depolama, transfer, öğütme, eleme, karıştırma, şekillendirme, pişirme, grafitleştirme ve işleme) toz emisyonları meydana gelir. Emisyonlar temel olarak öğütme, eleme ve şekillendirme işlemleri sırasında oluşan tozdan ve karbonizasyon gazlarından kaynaklanır. Üretim aşamalarının çoğu kapalı ve ayırdır [116, VDI1998]. Tozun kaynağı ve malzemenin özellikleri, tozu gidermek için kullanılan azaltım yöntemini ve verimini etkiler. Toz giderimi için genellikle torba filtreler kullanılır.

Bazı özel karbon ve grafit ürünlerinin imalatında, tozu gidermek için mutlak filtreler kullanılır ve temizlenen hava işyerinde yeniden kullanılır.



### 10.2.4. Yanma gazları

Gaz ya da akaryakıtın yanması sonucu prosesten yanma gazları ortaya çıkmaktadır. Yanma gazlarında muhtemelen karbon oksit ve kükürt ve azot oksitleri bulunacaktır. Yanma koşullarının optimizasyonu ve düşük NO<sub>x</sub> üreten brülörlerin kullanımı yaygın olarak uygulanmaktadır ve yakıt seçimi tesisin koşullarına ve kullanılabilirliğine göre yapılmaktadır.

### 10.2.5. Kükürt dioksit

Ürünlerin yapımında kullanılan hammaddeler ve ısıtma için kullanılan yakıt (petrol) kükürt içerebilir. Bu durum kok ve kömürün pişirilmesi ve kalsine edilmesi sırasında kükürt dioksit emisyonu ortaya çıkmasına neden olur [6, McLellan and Partners Ltd 1993]. Ayrıca, kalitesini artırmak için kükürt eklenmesi gereken bazı ürünler de bulunmaktadır. Bu da önemli bir kükürt dioksit kaynağı olabilir ve bazen bu sorunu gidermek için ıslak gaz yıkayıcılar kullanılır.

### 10.2.6. VOC'lar (özel karbon ve grafit ürünlerin üretiminden kaynaklanan)

VOC'lar, empenye etme amacıyla reçinelerin bir bağlayıcı olarak kullanılması sırasında ortaya çıkabilirler. Bunları kontrol etmek için son yakıcı veya adsorpsiyon teknikleri kullanılmaktadır [116, VDI 1998]. Özel karbon üretiminde yıkama ve kurutma aşamalarında, etanol gibi çözücüler kullanılır. Bu materyaller potansiyel koku kaynaklarıdır ve genellikle kaynaktan giderim yapılır. Organik bileşikler parçalamak ve absorblamak ve gaz akışından kokuyu gidermek için biyofiltreler kullanılır. Gaz önceden ıslatılır ve genellikle seri halinde bir dizi filtreden geçirilir. Biyofiltreler kesikli olarak çalışır ve biyolojik substrat (turba, dallar vs.) periyodik olarak değiştirilir. 20 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha düşük VOC emisyonları elde edilebilir.

### 10.2.7. Siyanürler (poliakrilonitril (PAN) bazlı karbon elyaf üretimi)

Siyanürler, karbon fiberlerin üretiminde kullanılan akrilonitrilin (PAN bezinde) ayrışması sırasında üretilir. Azaltım yapılmadığı zaman HCN konsantrasyonlarının 55 mg/Nm<sup>3</sup> olarak ortaya çıktığı bildirilmiştir [128, Davies, N. 1998]. Hidrojen siyanürü parçalamak için son yakıcılar kullanılır.

Sodyum siyanür, akrilonitril için bir çözücü olarak sodyum tiyosiyanat kullanıldığında da ortaya çıkabilir. Bu durumda, yüksek sıcaklıkta işleme aşaması sırasında sodyum karbon fiberden uzaklaştırılır ve soğutma sırasında katı sodyum siyanür oluşur. Yüksek sıcaklıklarda CO<sub>2</sub> bulunması durumunda, bu esas olarak sodyum karbonat haline dönüştürülür. 2-5 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha az siyanür emisyonları elde edilebilir.

### 10.2.8. PCDD/F

Bu sektördeki emisyon kaynakları ve azaltma birimleri ile ilgili test sonuçları, PCDD/F'in geleneksel karbon ve grafit üretim prosesleri ile ilgili olmadığını göstermektedir. Eğer klor bileşikler veya katkı maddeleri kullanılıyorsa, bu yeniden incelenmelidir.

### 10.2.9. Ana hava kirleticilerin özeti

Karbon ve grafit üretiminde kullanılan proseslerden ortaya çıkan SO<sub>2</sub>, halojenür, hidrokarbon, siyanür, NO<sub>x</sub> ve toz emisyonlarının nispi önemi Tablo 10.3'te gösterilmiştir.

Tablo 10.3: karbon ve grafit üretiminden kaynaklanan muhtemel emisyonların nispi önem dereceleri

Bileşen	Kalsinasyon	Depolama ve taşıma	Ezme ve öğütme	Karıştırma ve oluşturma	Pişirme	Emrenye etme	Grafitleştirme	İşleme
Kükürt dioksit	•• (1)(2)	NR	NR	NR	•• (1)(2)	NR	•• (2)	NR
PAH da dahil hidrokarbonlar	NR	••• (3) • (4)	•	••	•••	•••	NR	NR
Siyanür	NR	NR	NR	NR	•• (5)	NR	•• (5)	NR
Azot oksitler	NR	NR	NR	NR	•• (2)	NR	•• (2)	NR
Toz	•	••	•••	••	•	NR	••	•••

(1) Kükürt içeren hammaddeler ile birlikte  
(2) Yanma gazları  
(3) Yükleme sırasında yüksek konsantrasyonda. Katı zift  
(4) Yükleme sırasında yüksek konsantrasyonda. Sıvı zift  
(5) Karbon fiberler ile birlikte  
NB: ••• Çok önemli – • Daha az önemli.  
NR = İlgili değil.  
Kaynak: [ 226, Nordic Report 2008 ], [ 373, Grådahl et al. 2007 ]

Karbon ve grafit proseslerinde kömür ve kokun kalsinasyonu genellikle herhangi bir azaltım tekniği kullanılmadan gerçekleştirilir. Emisyon aralıkları, Tablo 10.4 ve Tablo 10.5'de gösterildiği gibi ısı kaynağına (elektriksel olarak kalsine edilmiş malzemeler veya gazla ısıtılarak kalsine edilmiş malzemeler) bağlı olarak değişir.

Tablo 10.4: Elektriksel olarak kalsine edilmiş kok ve kömürden kaynaklanan emisyonlar

Kaynak	Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (kg/t ürün)
Kalsinasyon (elektrik)	Azaltım tekniği kullanılmamaktadır	SO <sub>2</sub>	< 5
		NO <sub>x</sub>	0,1–0,35

Tablo 10.5: Doğal gaz ile kalsine edilmiş kok ve kömürden kaynaklanan emisyonlar

Kaynak	Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (kg/t ürün)
Kalsinasyon (doğal gaz)	Azaltım tekniği kullanılmamaktadır	Toz	< 20
		SO <sub>2</sub>	< 150
		NO <sub>x</sub>	< 350
		BaP	0,01

Karbon ve grafit elektrot üretimi sırasında çeşitli azaltma teknikleri ile elde edilen ana hava kirleticileri ve emisyon aralıkları Tablo 10.6'da gösterilmiştir.

Tablo 10.6: Birkaç karbon ve grafit üretim prosesine ait örnek emisyon aralıkları

Kaynak	Azaltım tipi	Kirletici	Konsantrasyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Malzeme taşıma ve depolama (kok)	Siklon	Toz	20–150
	Torba filtre	Toz	1–20 (Kamyon yükleme filtreleri veya silo çatı filtreleri kullanıldığında 30 adede kadar)
Malzeme taşıma ve depolama (zift)	Torba filtre	BaP partikülleri	< 0,01 (zift içeren toz için)
	Yeniden havalandırma, Yoğunlaştırma	Hidrokarbonlar	1–75
Öğütme, karıştırma ve şekillendirme ( <sup>1</sup> )	Kumaş filtre	Toz	1–20
	Termal oksitleyici	Toz	9–20
		BaP	0,01–0,05
		SO <sub>2</sub>	< 150 (prosesse kükürt ilave edilmesi durumunda bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılır)
		NO <sub>x</sub>	< 100
	Rejeneratif termal oksitleyici	Toz	1–20
		BaP	0,002–0,01
		NO <sub>x</sub>	< 10
	Kuru gaz yıkayıcıyı takiben torba filtre	Toz	1–20
		BaP	0,002–0,05
Pişirme	Torba filtre	Toz	<20 (paketlenmiş malzemelerin taşınmasında)
	ESP	Toz	1–20
		BaP	< 0,1–0,3
	Termal oksitleyici	Toz	1–40
		Hydrocarbons	2–17
		Benzene	0,15–7,5
		BaP	0,01–0,05
		SO <sub>2</sub>	50–330
		NO <sub>x</sub>	< 500
	Termal oksitleyici ve ıslak veya kuru gaz yıkayıcı ( <sup>2</sup> )	Dust	< 20
		BaP	0,01–0,05
		SO <sub>2</sub>	10–90 (prosesse kükürt ilave edilmesi durumunda bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılır)
	Rejeneratif termal oksitleyici	NO <sub>x</sub>	50–70
		Toz	3–20
		BaP	0,01–0,1
		SO <sub>2</sub>	< 90
	ESP ve rejeneratif termal oksitleyici	NO <sub>x</sub>	< 100
		Toz	2–20
		BaP	0,003–0,05
	Rejeneratif termal oksitleyici ve kuru gaz yıkayıcı	SO <sub>2</sub>	< 100
		NO <sub>x</sub>	< 100
		Toz	2–20
	ESP ve kuru gaz yıkayıcı	BaP	< 0,05
SO		< 200 (prosesse kükürt ilave edilmesi durumunda bir kuru gaz yıkayıcı kullanılır)	
Toz		2–20	
Emprenye etme	Termal oksitleyici	BaP	< 0,02
		SO <sub>2</sub>	< 100

		BaP	0,001–0,05
		Hidrokarbonlar	3,5–7,5
		PAH	0,0002–0,2
		Benzen	0,4–7,5
		SO <sub>2</sub>	100–200
		NO <sub>x</sub>	80–200
	Kuru gaz yıkayıcı	Toz	2–20
		BaP	0,0005–0,01
Yeniden pişirme	Termal oksitleyici	Toz	< 35
		BaP	< 0,003
		SO <sub>2</sub>	5–330
		NO <sub>x</sub>	< 500
Grafitleştirme	Torba filtre	Toz	1–20
		Hidrokarbonlar	1–25
İşleme ve şekillendirme	Torba filtre	Toz	1–20
		Hidrokarbonlar	1–25
<p>(<sup>1</sup>) Öğütme, karıştırma ve biçimlendirme alanlarındaki debilerin, diğer işlemlerden kaynaklanan emisyonlardan daha düşük olması nedeniyle, çoğu durumda bu çıkış gazları, diğer aşamalarda (örn., Pişirme işlemi) mevcut azaltma sistemlerinde işlenir.</p> <p>(<sup>2</sup>) Islak ve kuru gaz yıkayıcılar sadece özel katkı maddeleri kullanıldığında kullanılır.</p> <p>Kaynak: [ 345, UBA (D) 2009 ], [ 381, ECGA 2012 ]</p>			

Bir RTO'da, farklı PAH'lar aynı ölçüde yok edilemez, daha yüksek moleküler PAH'ların giderilmesi daha zordur. Normalde rapor edilen 16 madde, toksisite açısından farklı kirletici sınıflarına aittir.

Tablo 10.7, bazı PAH'ların bir RTO'daki parçalanma oranını ve ön-arıtımın etkisini göstermektedir.

**Tablo 10.7: Bazı PAH'ların RTO'daki parçalanma oranları**

Parametre	Biri	Ön arıtım öncesi akış	Ön arıtım sonrası akış	RTO sonrası akış
Debi	m <sup>3</sup> /h	NA	NA	56 150
Sıcaklık	°C	NA	NA	151
O <sub>2</sub>	vol-%	NA	NA	18,4
Toz	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA	5,6
Benzen	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA	< 0,03
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA	3,8
NO <sub>x</sub> (as NO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA	62,6
TVOC	mg/Nm <sup>3</sup>	NA	NA	8,9
<b>PAH</b>				
Naphthalene	mg/Nm <sup>3</sup>	6,1	6,0	0,021
2-Methylnaphthalene	mg/Nm <sup>3</sup>	2,8	2,8	0,012
1-Methylnaphthalene	mg/Nm <sup>3</sup>	2,0	1,9	0,012
Acenaphthylene	mg/Nm <sup>3</sup>	2,3	2,1	0,021
Acenaphthene	mg/Nm <sup>3</sup>	2,9	0,5	0,026
Fluorine	mg/Nm <sup>3</sup>	2,9	2,6	0,043
Phenanthrene	mg/Nm <sup>3</sup>	40,9	39,5	1,104
Anthracene	mg/Nm <sup>3</sup>	6,3	5,9	0,154
Fluoranthene	mg/Nm <sup>3</sup>	46,3	50,3	3,445
Pyrene	mg/Nm <sup>3</sup>	30,6	32,8	2,524
Chrysene	mg/Nm <sup>3</sup>	22,9	23,3	3,155
Benzo(a)anthracene	mg/Nm <sup>3</sup>	12,3	12,3	1,314
Benzo(b+k)fluoranthene	mg/Nm <sup>3</sup>	16,3	17,1	1,739
Benzo(a)pyrene	mg/Nm <sup>3</sup>	3,5	4,4	0,386
Dibenzo(a,h)anthracene	mg/Nm <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,035
Indeno(cd)pyrene	mg/Nm <sup>3</sup>	1,8	1,8	0,149
Benzo(g,h,i)perylene	mg/Nm <sup>3</sup>	1,8	1,8	0,138
NB: NA=Mevcut değildir.				
Kaynak: [ 345, UBA (D) 2009 ]				

Tablo 10.8, karbon ve grafit pişirme ve yeniden pişirme proseslerinde kullanılan RTO'lardan kaynaklanan emisyon aralıklarını göstermektedir.

**Tablo 10.8: Karbon ve grafit pişirme ve yeniden pişirme proseslerindeki RTO'lardan kaynaklanan emisyon örnekleri**

Ürün Fırın tipi Azaltım tipi	Grafit elektrot Açık fırın RTO	Özel grafit Açık fırın ESP + RTO	Katot Açık fırın RTO	Grafit elektrot Kapalı fırın RTO
Bileşen	Aralık (mg/Nm <sup>3</sup> )	Bir gündeki 4 ölçümün ortalaması (mg/Nm <sup>3</sup> )	Ortalama (mg/Nm <sup>3</sup> )	Aralık (mg/Nm <sup>3</sup> )
PAH - EPA 16	2,61–19,45	0,989	1,535	2–16
BaP	0,045–0,3	0,015	0,012	0,1–1,0
Benzen	NA	NA	NA	< 1,0
Toz	NA	NA	NA	< 20
NB: NA= Mevcut değildir.				

### 10.2.10. Suya verilen emisyonlar

Karbon ve grafit profillerin üretimi, doğal olarak kuru bir işlemdir. Bununla birlikte, birkaç su soğutma döngüsüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Soğutma işlemi, dolaylı su sistemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir ve böylece temiz soğutma suyu deşarj edilir. Dolaylı su sistemleri, baca gazlarını soğutarak, torba filtreler ve elektrostatik çöktürücüler gibi düzenli tekniklerle azaltım yapmaya uygun hale getirmek için de kullanılabilir.

Deşarj edilen proses atık suları genellikle soğutma suyu ile sınırlıdır (örn., yeşil profilleri soğutmak için). Yeşil ve/veya empenye edilmiş profilleri doğrudan soğutmak için kullanılan soğutma suyu, yeterince arıtılmış veya atık su olarak deşarj edilmiştir. Çöktürme işlemi ile PAH gibi çözünmeyen maddeler çamur olarak alınır ve ulusal düzenlemelere göre deşarj edilir.

Hava kirliliği kontrolü için ıslak sistemler kullanıldığında önemli miktarda atık su deşarj edilebilir. Islak sistemlerle üretilen atık su, azaltma tekniklerinin ortamlar arası etkisi olarak kabul edilir. Islak gaz yıkayıcılar ve biyofiltreler, daha sonra deşarj edilmesi gereken kirli atık su kaynaklarıdır.

Yüzeyler ve çatılardaki yağmur suyu akışı karbon tozu ve ilgili malzemeleri içerebilir. Ham maddelerin ve depolanmış katı emisyonların açık şekilde depolanması diğer potansiyel kirlenme kaynaklarıdır. Kirlenmiş yağmur suyunun deşarj edilmesini önlemek için önlemler alınmalıdır.

### 10.2.11. Proses kalıntıları

Karbon ve grafit üretimi, her zamanki ticari ürünlere benzer katı karbon malzemeler, katran, zift ve karışımlardan oluşan çeşitli yan ürünlerin, kalıntıların ve atıkların üretilmesi ile ilgilidir.

Bu malzemeler büyük ölçüde toz veya iri taneli malzeme olarak üretilir, silolarda veya büyük torbalarda depolanır ve eğer gerekliyse fiziksel bir hazırlama işleminden sonra, üretim ekonomik döngüsünde yaygın olarak kullanılır.

Mekanik hazırlama ve işleme aşamalarından elde edilen kalıntılar genellikle hammadde olarak proses içerisinde yeniden kullanım için uygundur veya özelliklere bağlı olarak yakıt veya karbonlama malzemesi olarak diğer proseslerde geri dönüştürülür. Bazı durumlarda, karbonlaştırılmış veya grafitleştirilmiş malzemeler, kontrollü koşullar altında üretim prosesine hammadde olarak iade edilebilmesi için bilinçli olarak üretilirler.

Pişirme fırınlarından gelen refrakter tuğlalar, temizlendikten sonra diğer uygulamalarda tekrar kullanılabilir veya atık olarak bertaraf edilebilir.

Kullanılan biyolojik substrat da bertaraf edilir fakat toksik bileşenlerin parçalanması şartıyla bir toprak düzenleyici olarak kullanılabilir.

## Bölüm 10

---

Diğer kalıntılar, katran veya zift fraksiyonları ile birlikte şekillendirme, kesme ve öğütme aşamaları sırasında uzaklaştırılan materyalden oluşmaktadır. Malzemeye bağlı olarak, genellikle proses içerisinde hammadde olarak veya diğer proseslerde yakıt veya karbonlaştırıcı malzeme olarak kullanılması uygundur.

### 10.3. MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler

Bu belgenin "MET'in belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken teknikler" başlıklı bölümleri, genel olarak belge kapsamındaki sektörlerde yüksek düzeyde bir çevresel korumaya ulaşma potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikleri ortaya koymaktadır. Tekniklerin anlatılma biçiminin arka planı, Bölüm 2.12 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Bu bölüm, genel enerji tüketimini azaltmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra emisyon ve kalıntıların önlenmesi veya azaltılması için bir dizi teknik sunmaktadır. Bu tekniklerin hepsi ticari olarak mevcuttur. İyi bir çevresel performansı elde edilen teknikleri göstermek için örnekler verilmiştir. Örnek olarak verilen teknikler endüstrilere, Avrupa Üye Devletleri'ne ve Avrupa IPPC Bürosu'nun değerlendirmesine dayanmaktadır. Bölüm 2'de ortak prosesler üzerinde açıklanan genel teknikler, bu sektördeki proseslere büyük ölçüde uygulanır ve ana ve ilgili proseslerin kontrol ve işletim şeklini etkiler.

#### 10.3.1. Hammaddenin kabulü, taşınması ve depolanması

#### 10.3.2. Hammadde kabulü, taşınması ve depolanmasından kaynaklanan emisyonların azaltım teknikleri

Karbon ve grafit üretimi için hammaddelerin depolanmasından, taşınmasından ve nakliyesinden kaynaklanan yayılı emisyonları azaltmak için uygulanan genel teknikler, Bölüm 2'de (Bölüm 2.12.4.1'e bakınız) ve Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar MET referans dokümanında ele alınmıştır [290, COM 2006]. Kok ve ziftin depolanması ve taşınması ile ilgili teknikler, sektöre özgü olarak kabul edilmektedir.

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler bir torba filtrenin (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4) veya torba filtre ile birlikte bir siklonun (bkz. Bölüm 2.12.5.1.3) kullanılmasıdır.

#### Teknik açıklama

Antrasit, kok, katı zift, yeşil toz ve bazı toz katkı maddeleri gibi hammaddeler, depolama, nakliye ve öğütme gibi mekanik ön işlem işlemler sırasında toz yayabilir. Bu emisyonlar genellikle torba filtreler kullanılarak azaltılır (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4).

Çok sınırlı süreler boyunca artan emisyon yükleri nedeniyle, silo dolumu ve kamyon yükleme gibi özel toz üretim süreçlerinde daha yüksek emisyonlar ortaya çıkabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

- Toz emisyonlarının azaltılması.
- Partikül PAH emisyonlarının azaltılması.
- Eğer mümkünse tozun proste yeniden kullanılması.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

Bir torba filtre kullanılarak yapılan azaltım sonrasındaki toz emisyon değerleri ECGA tarafından bildirilmiştir.

Tablo 10.9: Taşıma, depolama ve nakliye işlemlerinden kaynaklanan tesise özel emisyon değerleri

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 1–15
	BaP <sup>(1)</sup>	< 0.01
<sup>(1)</sup> Özel durumlarda katı zift işlenirse, BaP partiküllerini azaltmak için bir torba filtre kullanılabilir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

Kamyon yükleme filtreleri veya silo çatı filtreleri kullanılırsa 30 mg/Nm<sup>3</sup>'e kadar değerler elde edilebilir [345, UBA (D) 2009].

#### Ortamlar arası etkiler

- Enerji kullanımının artması.
- Toz yeniden kullanım için uygun değilse atık ortaya çıkması.

#### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

- Genellikle uygulanabilir.

#### Ekonomik veriler

Yatırım maliyetleri, prosesin niteliğine ve ölçeğine bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. 20 000–50 000 m<sup>3</sup>/h'lik bir ünite için yatırım maliyeti tahminen 60 000–250 000 Euro civarındadır ve kurulum, hizmet tedariki, işletmeye alma vb. gibi diğer yardımcı maliyetler bu fiyata dahil değildir. Bakım maliyetleri yaklaşık 10 000–50 000 Euro/yıl'dır.

#### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

- Çevresel etkilerin azaltılması.
- Malzeme tasarrufu. Birçok durumda, karışıma eklenen malzemelere, karışıma, tanecik boyutuna ve kalite ihtiyacına bağlı olarak, toplanan toz yeniden kullanılabilir veya bir yan ürün olarak satılabilir.

#### Örnek tesisler

Hemen hemen tüm Avrupa Karbon ve Grafit Derneği (ECGA) üyesi işletmeleri.

#### Referans literatür

[ 381, ECGA 2012 ]

### 10.3.3. Sıvı ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

- Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:
- Tank gazlarının geri havalandırılması,
- Yoğuşurma,
- Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3),
- Termal oksitleyici (TO) veya rejeneratif termal oksitleyici (RTO) (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1) (gerektiğinde ESP gibi bir ön arıtım ile birlikte, bkz. Bölüm 2.12.5.1.1).

#### Teknik açıklama

Sıvı zift kullanımı sırasında debilerin nispeten küçük olması nedeniyle, bu taşıma ve depolama işlemleri, kuru gaz yıkayıcılar (Bölüm 2.12.5.2.3'te tarif edilmiştir) ve bir TO/RTO (Bölüm 2.12.5.2.1'de tarif edilmiştir) gibi azaltma sistemleri prosesin diğer basamakları (örneğin, karıştırma ve şekillendirme veya pişirme işlemi) ile birleştirilir.



### 10.3.4. Malzeme ön işleme işlemleri

### 10.3.5. Kömür ve kokun Kalsinasyonundan kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler

Belirli bir azaltım tekniği kullanılmamaktadır. Hem elektrik hem de gaz ısıtmalı kalsinatörlerde elde edilen emisyon değerleri, Bölüm 10.2'de gösterilmiştir.

### 10.3.6. Hammaddenin öğütme ve eleme gibi mekanik olarak hazırlanmasından kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtrenin kullanılmasıdır. Öğütme işlemlerinden sonra torba filtrelerin performansına ilişkin emisyonlar, Bölüm 10.3.1.1'de gösterilmiştir.

### 10.3.7. Karbon ve grafit üretimi

### 10.3.8. Karıştırma ve şekillendirme (yeşil macun ve yeşil profillerin üretimi) işlemlerinden kaynaklanan PAH emisyonlarının azaltılması için teknikler

#### Açıklama

#### Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);
- Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) tozu adsorbe edici ajan olarak kullanmak ve ardından bir torba filtre kullanmak; yoğunlaşma ile önlenebilir,
- Aktif kok filtresi,
- TO veya RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

#### Teknik açıklama

Zift içeren malzemenin karıştırılması ve şekillendirilmesi, özellikle yüksek sıcaklıklarda hidrokarbon emisyonlarına neden olabilir. Bu emisyonlar yoğunlaştırılabilir, adsorbe edilebilir veya termal olarak oksitlenebilir.

*Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4);*

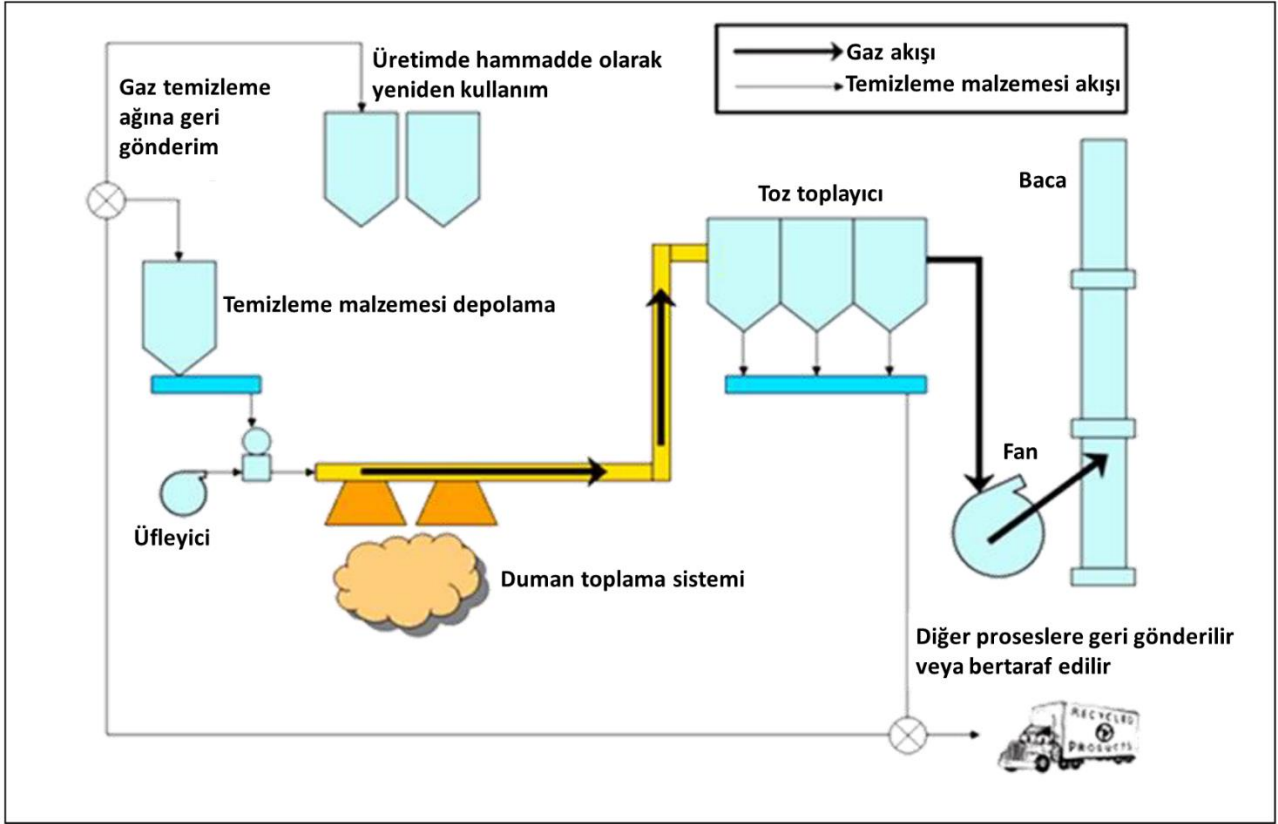
Bu yöntem genellikle PAH emisyonlarının yakalanması için uygulanmaz sadece kok tozu için uygulanır.

#### *Yoğunlaştırma*

Yoğuşma, hava ve/veya su sistemleri ile harici ve/veya dahili soğutma ile sağlanabilir. Yoğuşma genellikle iklimlendirme kulelerinde sağlanır. Yoğunlaştırılmış hidrokarbon parçacıkları, atık gazdan adsorpsiyonlu gaz yıkayıcı veya ESP'ler ile giderilebilir.

*Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) ve takiben bir torba filtre*

Toz, atık gaz toplanmadan önce enjekte edilir ve toz toplama ekipmanı, tozun adsorbe edilen kirletici madde ile uzaklaştırılması için aşağı akış yönünde kullanılır. Her ne kadar torba filtreler ve ESP'ler toz toplayıcılar olarak kullanılabilse de yakalama verimi ve temizleme ortamı olarak kullanılması nedeniyle genellikle torba filtreler tercih edilir. Torba filtrede geri kazanılan tozun bir kısmı, iyi bir duman ve toz karışımı elde etmek için birkaç kez gaz temizleme ağına geri dönüştürülebilir. Bu temizleme malzemesi periyodik olarak sistemden uzaklaştırılmalı ve genellikle üretim prosesinde tekrar kullanılmalı veya diğer proseslerde geri dönüştürülmeli veya nadiren de olsa bertaraf edilmek üzere sistemden uzaklaştırılmalıdır. Toz enjeksiyonlu ve toz giderimli tipik kuru adsorpsiyonlu gaz yıkayıcı , Şekil 10.7'de gösterilmiştir.



Şekil 10.7: toz enjeksiyonu ve toz giderimi ile birlikte kuru adsorpsiyonlu gaz yıkayıcı

Karbon ve grafit elektrot üretiminde, işlemin bu aşamasında en yaygın kullanılan adsorban tekniği budur.

*TO veya RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)*

TO ve RTO sistemleri gibi termal oksidasyon teknikleri de macun ve yeşil profil tesislerinden ortaya çıkan emisyonları azaltmak için kullanılır. Tesisin konfigürasyonuna bağlı olarak, karıştırma ve şekillendirme işlemlerinden çıkan gazlar, karıştırma ve şekillendirme işlemlerine özel olarak bir TO/RTO'da (bir tesis özellikle dumanları karıştırmak için özel olarak RTO kullandığını bildirmiştir) veya pişirme aşamasında kullanılan TO/RTO (RTO'nun, ESP gibi bir ön arıtım birlikte kullanılması gerektiğinde) ile arıtılabilir. En yaygın kullanılan seçenek ikincisidir.

### Elde edilen çevresel faydalar

*Torba filtre*

Yayıllı toz emisyonlarının azaltılması.

*Kuru gaz yıkayıcı veya aktif kok filtresi*

- Toz ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.
- Bazı durumlarda toz enjeksiyonu boru hatlarının iç çeperlerinin temizlenmesine yardımcı olur.

*TO veya RTO*

- Hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.
- Özel grafit üretimi gibi bazı durumlarda, H<sub>2</sub>S'nin **giderilmesi** için TO'nun (veya kireçle kaplı kokun) kullanılması gereklidir.

### Çevresel performans ve işletme verileri

*Torba filtre*

**Tablo 10.10: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir torba filtre için tesise özel emisyon değerleri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 1–10
	BaP	≤ 0,001 (sadece PAH'in katı fazda kaldığı düşük sıcaklıklı proseslerde)
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*Kuru gaz yıkayıcı ve takiben bir torba filtre*

**Tablo 10.11: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir kuru gaz yıkayıcı ve takiben bir torba filtre için tesise özel emisyon değerleri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Kuru gaz yıkayıcı ve takiben bir torba filtre	Toz	< 1–12
	BaP	≤ 0,01
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*Aktif kok filtresi*

**Tablo 10.12: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir aktif kok filtresi için tesise özel emisyon değerleri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Aktif kok filtresi	Toz	1–8
	BaP	0,001
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*TO*

**Tablo 10.13: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir termal oksitleyici için tesise özel emisyon değerleri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
TO	Toz	1–15
	BaP	No plant-specific data provided
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*RTO*

**Tablo 10.14: Karıştırma ve şekillendirme işleminde kullanılan bir rejeneratif termal oksitleyici için tesise özel emisyon değerleri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
RTO	Toz	< 1–10
	BaP	< 0.01
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

### Ortamlar arası etkiler

*Torba filtre*

- Enerji tüketiminin artması.
- Toz yeniden kullanım için uygun değilse atık ortaya çıkması.

*Kuru gaz yıkayıcı veya aktif kok filtresi*

Atık ortaya çıkması (genellikle yeniden kullanılabilir olduğundan, nadiren bertaraf edilmek üzere gönderilmesine rağmen)

*TO veya RTO*

- Enerji kullanımının artması. Bir RTO, TO ile kıyaslandığında enerji tüketimini %70

azaltmaktadır.

- CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının artması.

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

#### *Torba filtre*

Genellikle uygulanabilir.

#### *Kuru gaz yıkayıcı veya aktif kok filtresi*

Toz enjeksiyon tekniği, sadece temizleme malzemesi olarak kullanılmak üzere yeterli miktarda malzemeye sahip olan tesislerde uygulanabilir. Genel olarak, temizleme malzemesi tesis tozsuzlaştırma sistemlerinden geri kazanılır.

#### *TO veya RTO*

TO'ların ve RTO'ların uygulanabilirliği ile ilgili teknik hususlar Bölüm 10.3.3.2'de bildirilmiştir.

### Ekonomik veriler

#### *Kuru gaz yıkayıcı*

50.000 m<sup>3</sup>/h akış kapasiteli kuru gaz temizleme ünitesinin yatırım maliyeti yaklaşık 1,4 milyon Euro'dur (toplama şebekesi dahil edilmemiş, kurulum maliyeti ise dahil edilmiştir).

#### *TO veya RTO*

TO'lar ve RTO'lar için ekonomik veriler Bölüm 10.3.3.2'de bildirilmiştir.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

#### *Torba filtre*

Yayıllı toz emisyonlarının azaltılması.

#### *Kuru gaz yıkayıcı veya aktif kok filtresi*

- Toz ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.
- Toz ve zift geri kazanımı.

#### *TO veya RTO*

Hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

- Torba filtre: Tesis 1, 4, 5, 9, 10 ve 14.
- Toz enjeksiyonlu kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtre: Tesis 5, 7, 8, 12, 13, 14, 18, 21 ve 22.
- Aktif kok filtresi: Tesis 7.
- TO: Tesis 1.
- RTO: Tesis 4, 9, 10, 15 ve 16.
- RTO ve ESP: Tesis 11.

### Referans literatür

[ 381, ECGA 2012 ]

### 10.3.9. Pişirme ve yeniden pişirme işlemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler;

- Torba filtre (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1),
- TO veya RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1),
- Islak (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2) ve/veya kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3).

#### Teknik açıklama

ESP'ler, TO'lar ve RTO'lar, pişirme ve yeniden pişirme fırınlarından kaynaklanan emisyonları azaltmak için en yaygın kullanılan tekniklerdir. Islak ve kuru gaz yıkayıcılar esas olarak kükürt bileşiklerini gidermek için uygulanır. Tesise özgü konfigürasyonlara bağlı olmakla birlikte genellikle yukarıda bahsedilen tekniklerin bir kombinasyonu kullanılır.

#### *Torba filtre*

Torba filtreler sadece kok paketleme malzemesine uygulanmaktadır.

#### *ESP (bkz. Bölüm 2.12.5.1.1)*

ESP'ler genellikle bir RTO ile birlikte, özellikle de atık gazın içerisindeki uçucu bileşenlerine bağlı olarak, karbon ve grafit elektrot endüstrisinde katran içeren egzoz gazlarının arıtılması için en yaygın kullanılan azaltım cihazıdır.

ESP toplama plakaları yoğuşma plakaları gibi hareket eder. Bazı durumlarda, malzeme özelliklerine bağlı olarak, yoğunlaştırılmış filtre katranı, bir halka fırında veya bir RTO'da yakıt olarak kullanılabilir. Aksi halde, bertaraf edilmelidir.

Viskoz katran ile bloke olmayan özel olarak geliştirilmiş gaz dağıtım elemanları (boşaltma teli) ile iyi bir gaz dağıtımı sağlanır. Yeterli ayırma sağlayabilmek için, katran damlacıklarının optimum çapı 200–300 µm'dir. Bu da ters yönde akan egzoz gazı akışına basınç altında bir su spreyi enjeksiyonu ile sağlanabilir. En iyi temizleme sonuçları 50–75 °C arasında bir gaz sıcaklığı ile elde edilebilir. ESP bir RTO ile birlikte kullanılırsa, normalde su enjeksiyonu yapılmaz. ESP, düşük uçucu hidrokarbonları %95'den fazla bir verimle azaltır. Geri kalan yüksek derecede uçucu hidrokarbonlar, 750 °C sıcaklıkta bir RTO veya TO'da yok edilir.

#### *TO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)*

Yüksek konsantrasyon ve nispeten düşük bir duman akışında verimlilik, enerji tüketimi ve yatırım maliyeti arasında iyi bir denge sağlamak için bir TO kullanılabilir.

#### *RTO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1)*

Egzoz gazının doğasına bağlı olarak, bir RTO kullanıldığında, ön arıtım tekniklerinin uygulanması gerekebilir. Örneğin, yüksek ham gaz yüklemesi olduğunda, tek başına bir RTO uygulaması yeterince düşük emisyon değerlerine ulaşamadığını göstermiştir. Bu durumlarda, gazların (özellikle uzun zincirli hidrokarbon bileşenleri) zifti azaltmak için RTO'dan önce ön arıtmadan geçirilmesi gerekmektedir.

Uygulanan en yaygın ön arıtım tekniği bir ESP kullanılmasıdır. Soğutma etkilerinden dolayı bir ESP kullanılması mümkün değilse, o zaman bir seramik yatak filtresi kullanılabilir (Avrupa karbon ve grafit endüstrisinde seramik filtreler uygulanmamaktadır).

#### *Islak (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2) ve/veya kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3).*

Bazı durumlarda, malzeme ve ürünlerde özel özellikler elde etmek için bazı malzemelere kükürt eklenmelidir. Ayrıca, bazı ham maddeler ve yanıcı maddeler de kükürt içermektedir. Islak ve/veya kuru gaz yıkayıcılar, gazlardan kükürt bileşiklerini gidermek için uygulanan temel azaltım tekniğidir.

## Bölüm 10

### Elde edilen çevresel faydalar

#### Torba filtre

Toz emisyonlarının azaltılması.

#### ESP

Toz ve düşük uçuculuktaki hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

#### TO veya RTO

Hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

#### Islak ve/veya kuru gaz yıkayıcı

Kükürt bileşikleri emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

Pişirme prosesi boyunca bildirilen emisyonlar:

*Torba filtre (kok paketleme malzemesinin taşınması)*

**Tablo 10.15: Kok paketleme malzemesi taşınması sırasında ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	0,5–15
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

#### ESP

**Tablo 10.16: Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP'den ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
ESP	Toz	< 1–12
	BaP	< 0,2
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

#### TO

**Tablo 10.17: Pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
TO	Dust	5–20
	SO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	44–220
	NO <sub>x</sub>	80–400
	BaP	≤ 0,01
<sup>(1)</sup> SO <sub>2</sub> aralığındaki yüksek değerler ham maddelerdeki yüksek kükürt içeriği, fırınlarda kullanılan yakıt ve ambalaj malzemeleri ile açıklanabilir.		
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

#### RTO

**Tablo 10.18: Pişirme aşamasında kullanılan bir rejeneratif termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
RTO	Toz	2,5–11
	SO <sub>2</sub>	< 90
	NO <sub>x</sub>	35–100

	BaP	< 0,35
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*TO ve ıslak gaz yıkayıcı*

**Tablo 10.19: Pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyici ve ıslak gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
TO & ıslak gaz yıkayıcı	Toz	9–20
	SO <sub>2</sub>	10–90
	NO <sub>x</sub>	50–70
	BaP	< 0,01
<sup>(1)</sup> Emisyon aralığı sadece bir tesise göre belirlenmiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*ESP ve RTO*

**Tablo 10.20: Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP ve rejeneratif termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
ESP & RTO	Toz	< 5–10
	SO <sub>2</sub>	40–100
	NO <sub>x</sub>	32–100
	BaP	< 0,02
	TVOC	1–10
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*RTO ve kuru gaz yıkayıcı*

**Tablo 10.21: Pişirme aşamasında kullanılan bir RTO ve kuru gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
RTO & kuru gaz yıkayıcı	Toz	< 5
	SO <sub>2</sub>	< 200
	NO <sub>x</sub>	16–20
	BaP	< 0,01
<sup>(1)</sup> Emisyon aralığı sadece bir tesise göre belirlenmiştir. Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

*ESP ve aktif kok filtresi*

**Tablo 10.22: Pişirme aşamasında kullanılan bir ESP ve aktif kok filtresinden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
ESP & aktif kok filtre	Toz	1,8–15
	SO <sub>2</sub>	26–65
	NO <sub>x</sub>	8–27
	CO	366–892
	BaP	0,01–0,02
	Toluen	0,5–1,1
	Ksilen	0,5–1,7

## Bölüm 10

(<sup>1</sup>) Emisyon aralığı sadece bir tesise göre belirlenmiştir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

Yeniden pişirme prosesi sırasında ortaya çıkan emisyonlar:

### Torba Filtre

**Tablo 10.23: Yeniden pişirme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 5

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### TO

**Tablo 10.24: Yeniden pişirme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
TO	Toz	5-20
	SO <sub>2</sub> ( <sup>1</sup> )	4-220
	NO <sub>x</sub>	12-400
	BaP	< 0,003

(<sup>1</sup>) SO<sub>2</sub> aralığındaki yüksek değerler ham maddelerdeki yüksek kükürt içeriği, fırınlarda kullanılan yakıt ve ambalaj malzemeleri ile açıklanabilir.

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

## Ortamlar arası etkiler

### Torba filtre

- Enerji kullanımının artması.
- Toz yeniden kullanım için uygun değilse atık ortaya çıkması.

### ESP

- Enerji kullanımının artması.
- Toz yeniden kullanım için uygun değilse atık ortaya çıkması.

### TO veya RTO

- Enerji kullanımının artması. Bir RTO, TO ile kıyaslandığında enerji tüketimini %70 azaltmaktadır.
- CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının artması.

### Islak ve/veya kuru gaz yıkayıcı

- Atık ortaya çıkması (genellikle yeniden kullanılabilir olduğundan, nadiren bertaraf edilmek üzere gönderilmesine rağmen)
- Islak gaz yıkayıcı kullanılması durumunda atıksu ortaya çıkması.

## Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

### ESP ve RTO

Genellikle uygulanabilir.

### TO

Artılacak olan yüksek miktardaki dumanın ısıtılması için yüksek miktarda enerji ihtiyacı olmasından dolayı TO'lar sürekli halka fırınlar için uygulanabilir değildir.

### Kuru gaz yıkayıcılar

Toz enjeksiyon teknikleri, sadece temizleme malzemesi olarak kullanılmak üzere yeterli miktarda malzeme bulunan tesislerde uygulanabilir. Genel olarak, temizleme malzemesi tesis tozsuzlaştırma sistemlerinden geri kazanılır.



**Ekonomik veriler***TO*

Yatırım maliyeti, 30.000 Nm<sup>3</sup>/h'lik duman kapasitesi olan bir tesis (Fransa) için 1 milyon Euro olarak gerçekleşmiştir.

Bir TO sisteminin yatırım maliyeti RTO'ya göre daha düşüktür.

*RTO*

Almanya'da, her biri yaklaşık olarak 60.000 Nm<sup>3</sup>/h kapasiteli iki yeni RTO tesisi kurulmuş ve 2011 yılında devreye alınmıştır.

Bir Fransız tesisinde, 2013 yılında kurulan bir RTO tesisinin kurulumu için 8 milyon Euro yatırım yapmıştır.

**Uygulamanın seçilmesinin avantajları***Torba Filtre*

Toz emisyonlarının azaltılması.

*ESP*

Toz ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

*TO veya RTO*

Hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

*Islak ve/veya kuru gaz yıkayıcı*

- Kükürt bileşiklerinin azaltımı.
- Hidrokarbon emisyonlarının azaltımı.

**Örnek tesisler**

- Torba filtre: Tesis 3, 4, 5, 8, 11, 21 ve 22.
- ESP: Tesis 1, 4, 5, 6, 8 ve 20.
- TO: Tesis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 18, 19, 21 ve 22.
- RTO: Tesis 10, 14 ve 20.
- TO ve ıslak gaz yıkayıcı : Tesis 9.
- ESP ve RTO: Tesis 2, 4, 5 ve 11.
- RTO ve kuru gaz yıkayıcı : Tesis 1.
- ESP ve aktif kok filtre: Tesis 7.

**Referans literatür**

[ 381, ECGA 2012 ]

**10.3.10. Emprenye etme işlemlerinden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler****Açıklama**

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

Kuru gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3).

Aktif kok filtresi

TO (bkz. Bölüm 2.12.5.2.1).

Islak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.2.2), biyofiltre veya biyo gaz yıkayıcı . Bir biyofiltre, atık gaz akımlarından kaynaklanan kirleticilerin doğal olarak oluşan mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak oksitlendiği bir organik malzeme yatağından oluşmaktadır. Biyo gaz yıkayıcılar,

ıslak gaz temizleme (absorpsiyon) ile biyobozunmayı birleştirir; yıkama suyu, zararlı gaz bileşenlerini oksitlemek için uygun bir mikroorganizma popülasyonu içermektedir.

### **Teknik açıklama**

TO'lar ve kuru gaz yıkayıcılar, genellikle emprenye etme aşamasında uygulanan tekniklerdir. Islak gaz yıkayıcılar, biyofiltreler ve biyo gaz yıkayıcılar ise sadece reçineler gibi özel emprenye maddelerinin kullanıldığı özel grafit üretiminde kullanılır. TO'lar ve kuru - ıslak gaz yıkayıcılar daha önceki bölümlerde (10.3.3.1 ve 10.3.3.2) açıklanmıştır, bu yüzden sadece çevresel performansları ve örnek tesisler ile ilgili bilgiler burada yer almaktadır.

#### *Aktif kok filtresi*

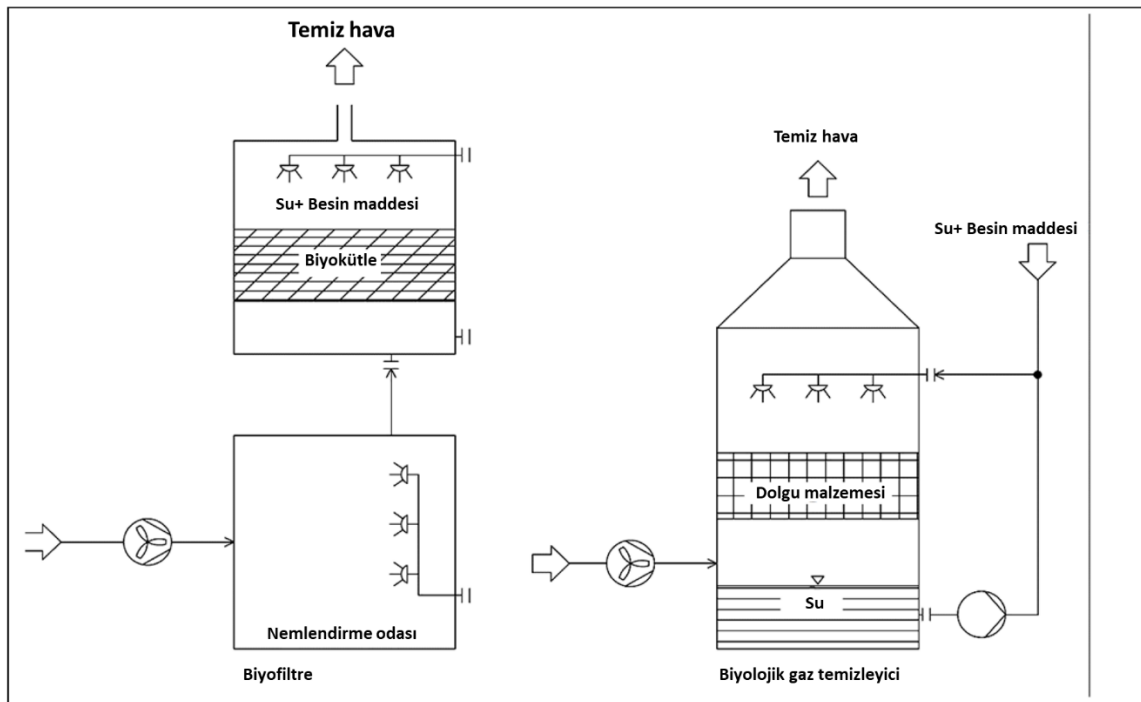
Bir aktif kok filtresi bir konteynır içerisine yerleştirilir. Zift dumanları, kok yatağından, ters akış veya çapraz akış tekniğinde, emme fanı tarafından emilir ve kok parçacıkları üzerinde adsorplanır. Filtrelenen gazlar daha sonra egzoz bacasından fan ile çevreye salınır. Temizlenmek için ızgaralar hareket ettirilir.

Prosesin bu aşamasında sadece bir AB tesisinde aktif kok filtresi kullanıldığı bildirilmiştir.

#### *Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı*

Hava, biyofiltrenin dolgu yatağından akar ve kirletici, dolgu malzemesinin yüzeyi üzerinde ince bir biyofilm içine aktarılır. Bakteriler ve mantarlar dahil olmak üzere mikroorganizmalar biyofilmde tutulur ve kirletici maddeyi parçalar.

Biyolojik filtrenin çalışmasını optimize etmenin başlıca zorluklarından bir tanesi, sistem genelinde yeterli nemli sağlamaktır. Hava, normal olarak, bir sulama (sprey) sistemi, nemlendirme odası, biyolojik gaz yıkayıcı veya biyotrickling filtresi ile yatağa girmeden önce nemlendirilir. Düzgün korunmuş, turba, bitkisel saman örtüsü, ağaç kabuğu veya ağaç talaşı gibi doğal bir organik ortam birkaç yıl sürebilir, ancak doğal organik ve sentetik bileşenli dolgu malzemelerinin bir araya getirilmesi ile birlikte bu ortamın ömrü genellikle 10 yıla kadar uzatılabilir.



Şekil 10.8: Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı

### Elde edilen çevresel faydalar

#### Aktif karbon filtresi

Toz ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.

#### Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı

VOC emisyonlarının azaltılması.

### Çevresel performans ve işletme verileri

#### Kuru gaz yıkayıcı (aktif kok filtresi ile birlikte)

Tablo 10.25: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir kuru gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Kuru gaz yıkayıcı	Toz	< 5-10
	BaP	< 0,01

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

#### TO

Tablo 10.26: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir termal oksitleyiciden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
TO	Toz	< 5
	SO <sub>2</sub>	10-200
	NO <sub>x</sub>	80-200
	BaP	≤ 0,05

kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

*Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı (sadece bazı özel üretim proseslerinde)*

**Tablo 10.27: Emprenye etme aşamasında kullanılan bir biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Biyofiltre	TVOC	17–37 *
Biyolojik gaz yıkayıcı	Fenol	0,2–0,9
Biyolojik gaz yıkayıcı	Formaldehit	< 0,2

\* 20 mg/Nm<sup>3</sup> den daha düşük VOC emisyonları elde edilir.  
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

*Diğer özel emrenye etme prosesleri (sadece bazı özel üretim proseslerinde)*

**Tablo 10.28: Özel emrenye etme proseslerinden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 5
	Cu	0.0001–0.0005
	Sn	0.0003
Aktif karbon filtresi	Tetrakloretilen	1.8–2.7

Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]

### Ortamlar arası etkiler

*Aktif kok filtresi*

Atık ortaya çıkması (genellikle yeniden kullanılabilir olduğundan, nadiren bertaraf edilmek üzere gönderilmesine rağmen)

### Uygulanabilirlik ile ilgili teknik düşünceler

*Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı*

Bu teknikler, esas olarak, özel grafit üretimi sırasında reçineler ve biyo-bozunabilir çözücüler kullanıldığında ortaya çıkan kötü kokulu bileşiklerin ve suda çözünür VOC'lerin arıtılması için uygulanır.

### Ekonomik veriler

Bilgi sağlanamamıştır.

### Uygulamanın seçilmesinin avantajları

*Aktif kok filtresi*

- Toz ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması.
- Toz ve ziftin geri kazanılması.

*Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı*

VOC emisyonlarının azaltılması.

### Örnek tesisler

- Kuru gaz yıkayıcı : Tesis 18, 21 ve 22.
- Aktif kok filtresi: Tesis 7.
- TO: Tesis 2, 4, 5 ve 11.
- Biyofiltre ve biyolojik gaz yıkayıcı : Tesis 9.

### Referans literatür

[ 381, ECGA 2012 ]

### 10.3.11. Grafikleştirmeden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Torba filtre (siklonlar ile birlikte) (bkz. Bölüm 2.12.5.1.4),
- Kuru (bkz. Bölüm 2.12.5.2.3) veya ıslak gaz yıkayıcı (bkz. Bölüm 2.12.5.1.6 ve 2.12.5.2.2),

Torba filtreler ve kuru ve ıslak gaz yıkayıcılar önceki bölümlerde (10.3.3.1 ve 10.3.3.2) açıklanmıştı, bu yüzden sadece çevresel performansları ve örnek tesisleriyle ilgili bilgiler burada yer almaktadır.

#### Teknik açıklama

##### Torba filtre

**Tablo 10.29: Grafikleştirme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 1–10
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

##### Islak gaz yıkayıcı (NaOH)

**Tablo 10.30: Grafikleştirme aşamasında kullanılan bir ıslak gaz yıkayıcıdan ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Islak gaz yıkayıcı <sup>(1)</sup>	Toz	5–10
	SO <sub>2</sub>	20–100
	SO <sub>2</sub>	350
<sup>(1)</sup> Sadece çok sınırlı dönemlerde fırın kullanıldığında (örneğin sıcak fırının boşaltılması), ıslak gaz yıkayıcı kullanılmıştır.		
Kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

#### Örnek tesisler

- Torba filtre: Tesis 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 21 ve 22.
- Islak gaz yıkayıcı : Tesis 2, 7 ve 11.

#### Referans literatür

[ 381, ECGA 2012 ]

### 10.3.12. İşlemeden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler

#### Açıklama

Göz önünde bulundurulması gereken teknik bir torba filtre kullanılmasıdır.

Torba filtre, Bölüm 10.3.1.1'de daha önceden açıklanmıştır, bu yüzden sadece çevresel performansı ve örnek tesisleriyle ilgili bilgiler buraya dahil edilmiştir.

#### Çevresel performans ve işletme verileri

**Tablo 10.31: İşleme aşamasında kullanılan bir torba filtreden ortaya çıkan tesise özel emisyon verileri**

Azaltım tipi	Kirletici	Emisyon aralığı (mg/Nm <sup>3</sup> )
Torba filtre	Toz	< 1–10
kaynak: [ 378, Industrial NGOs 2012 ]		

### Örnek tesisler

Tesis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 21 ve 22.

### Referans literatür

[ 381, ECGA 2012 ]

#### 10.3.13. Özel karbon üretim proseslerinden ortaya çıkan emisyonların azaltılması için teknikler

PAN kullanılarak karbon ve grafit elyaf üretimi sırasında, siyanür emisyonları ortaya çıkar. Bir RTO, < 2–5 mg/Nm<sup>3</sup> emisyon değerlerinin elde edilmesini sağlar.

#### 10.3.14. Atıksu

#### 10.3.15. Atıksu emisyonlarını önlemek ve kontrol etmek için teknikler

Göz önünde bulundurulması gereken teknikler:

- Mümkün olduğunda, soğutma prosesleri için dolaylı su sistemlerinin kullanımı, temiz soğutma suyunun deşarj edilmesini sağlar.
- Arıtılmış suyun yeniden kullanılması. Bazı tesislerde, soğutma suyu ve arıtılmış atık su (yağmur suyu dahil) proses içerisinde tekrar kullanılır veya geri dönüştürülür.
- Atıkların kanalizasyon sistemlerine ulaşmasını önlemek amacıyla depolama ekipmanları için dökülmeye karşı önlemlerin alınması.
- Dökülme olması durumunda yükleme/boşaltma işlemleri ve acil durum prosedürlerinin belirlenmesi.

#### 10.3.16. Atıksu emisyonlarını azaltmak için teknikler

Tüm atık sular (örneğin, yeşil ve/veya emprenye edilmiş profiller ile doğrudan temas halinde kullanılan soğutma suyu, işleme işlemleri sırasında kullanılan su, azaltım ekipmanından gelen atık su), hidrokarbonları ve katıları gidermek üzere arıtılır. Bölüm 2.12.6.2'de listelenen teknikler, dikkate alınması gereken tekniklerdir ve proses, kapalı bir çevrimde atık su üretimi olmadan işletmeye uygun hale getirilmelidir.

Suyun kirletici materyal ile temasını önlemek mümkün olmadığında, su arıtma tesisine (dahili veya harici) gönderilir.

#### 10.3.17. Proses kalıntıları

Göz önünde bulundurulması gereken teknik, mümkün olduğunca karbonlu malzemelerin, grafitin ve diğer kalıntıların üretim sürecindeki veya diğer harici üretim süreçlerinde yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesidir.

## 10.4. Gelişen teknikler

Bilgi sağlanamamıştır.





## 11. MEVCUT EN İYİ TEKNİK (MET) SONUÇLARI

2010/75/EU sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi kapsamında demir-dışı metal sanayileri için mevcut en iyi teknik (MET) sonuçlarını tesis eden

13 Haziran 2016 tarihli

### KOMİSYON UYGULAMA KARARI (EU) 2016/1032

(C(2016) 3563 sayılı dokümanda bildirilmiştir)

(Avrupa Ekonomik Alanı ile ilişkili metin)

Avrupa Komisyonu,

Avrupa Birliği'nin İşleyişi Hakkında Antlaşma'yı göz önünde tutarak,

Endüstriyel emisyonlar (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol) <sup>(1)</sup> hakkındaki 24 Kasım 2010 tarihli ve 2010/75/EU sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi'ni ve bu Direktif'in özellikle 13(5) maddesi göz önünde tutarak,

Aşağıdaki gerekçelerle:

(1) Mevcut en iyi teknik (MET) sonuçları, 2010/75/EU sayılı Direktifin II. Kısımında yer alan tesislerin izin koşullarının belirlenmesi için referanstır ve yetkili makamlar, normal çalışma koşulları altında emisyonların MET sonuçları ile düzenlenen mevcut en iyi tekniklerle ilişkili emisyon seviyelerinin aşılmasını temin edecek emisyon limit değerlerini düzenlemelidir.

(2) 16 Mayıs 2011 tarihli komisyon kararı <sup>(2)</sup> ile kurulan üye ülkelerin, alakalı sanayi kuruluşlarının ve çevrenin korunmasına destek veren sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinin oluşturduğu şura, demir-dışı metal sanayileri için teklif edilen MET referans dokümanın içeriği hakkındaki görüşünü 4 Aralık 2014 tarihinde komisyona sunmuştur. Bu görüşün metni kamunun erişimine açıktır.

(3) Bu Karar'ın Ekinde düzenlenen MET sonuçları, bu MET referans dokümanın temel ögesidir.

(4) Bu Karar'da öngörülen önlemler, 2010/75/EU sayılı Direktif'in 75(1) maddesine göre kurulan Komitenin görüşü ile uyumludur,

İşbu karar kabul etmiştir:

#### 1. Madde

Demir-dışı metal sanayileri için mevcut en iyi tekniklerin (MET) sonuçları, ekte belirtildiği üzere, kabul edilmiştir.

#### 2. Madde

Bu Direktif'in muhatabı üye devletlerdir.

Brüksel'de, 13 Haziran 2016 tarihinde düzenlenmiştir.

*Komisyon adına*  
Karmenu VELLA  
*Komisyon Üyesi*

<sup>(1)</sup> OJ L 334, 17.12.2010, s. 17.

<sup>(2)</sup> OJ C 146, 17.5.2011, s. 3.

## Kapsam

Bu MET sonuçları, 2010/75/EU sayılı Direktif'in I. Ekindeki 2.1, 2.5 ve 6.8 no.'lu kısımlarda açıklanan belirli faaliyetlerle ilgilidir:

- 2.1: Metal cevheri (sülfür cevheri dahil) kavurma veya sinterleme;
- 2.5: Demir-dışı metallerin işlenmesi:
  - (a) cevher, konsantre veya ikincil hammaddelerden metalürjik, kimyasal veya elektrolitik işlemlerle demir-dışı ham metal üretimi;
  - (b) kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan veya diğer tüm metaller için günde 20 tonu aşan eritme kapasitesi olan, demir-dışı metallerin ve geri kazanılmış ürünlerin eritilmesi (alaşımına dahil) faaliyeti gerçekleştiren kuruluşlar ve demir-dışı metal dökümhaneleri;
- 6.8: Yakma veya grafitleme yoluyla karbon (iyi pişirilmiş kömür) veya elektrografit üretimi.

Bu MET sonuçları özellikle aşağıdaki proses ve faaliyetleri kapsamaktadır:

- demir-dışı metallerin birincil ve ikincil üretimi;
- diğer metallerin üretimi sırasında çıkan dumandan çinko oksit üretimi;
- bir metalin üretimi sırasında işlem sıvılarından nikel bileşiklerinin üretimi;
- ferro-silikon üretilen fırında silikon kalsiyum (CaSi) ve silikon (Si) üretimi;
- birincil alüminyumun üretilmesinden önce boksiten alüminyum oksit üretiminin zorunlu olduğu durumlar;
- alüminyum tuzu cürufunun geri dönüşümü;
- karbon ve/veya grafit elektrotlarının üretimi.

Bu MET sonuçları aşağıdaki faaliyetlere ya da süreçlere yönelik değildir:

- Demir cevheri sinterlemesi (Bu 'Demir ve Çelik Üretimi için MET Sonuçları' dokümanında ele alınmıştır);
- Demir-dışı metallerin üretiminden kaynaklanan SO<sub>2</sub> gazlarından sülfürik asit üretimi (Bundan, "Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Amonyak, Asitler ve Gübreler" ile ilgili MET sonuçlarında bahsedilmiştir.);
- Demirhane ve Dökümhaneler için MET sonuçları dokümanında yer alan dökümhaneler.

Bu MET sonuçları kapsamındaki faaliyetler ile ilgili olan diğer referans belgeleri aşağıdaki gibidir:

Referans Dokümanı	Konu
Enerji Verimliliği (ENE)	Enerji verimliliğinin genel yönleri
Kimyasal Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri (CWW)	Metallerin suya emisyonlarını azaltmak için atıksu arıtma teknikleri
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Amonyak, Asitler ve Gübreler (LVIC-AAF)	Sülfürik asit üretimi
Endüstriyel Soğutma Sistemleri (ICS)	Su ve/veya hava ile dolaylı soğutma
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar (EFS)	Malzemelerin depolanması ve taşınması
Ekonomik ve Ortamlar Arası Etkiler (ECM)	Tekniklerin ekonomik ve ortamlar arası etkileri
IED tesislerinden Hava ve Suya verilen Emisyonlarının İzlenmesi (ROM) <sup>(1,2)</sup>	Hava ve suya verilen emisyonlarının izlenmesi
Atık Arıtma Endüstrileri (WT)	Atık işleme ve arıtılma
Büyük Yakma Tesisleri (LCP)	Buhar ve/veya elektrik üreten yakma tesisleri
Organik Solventler Kullanan Yüzey İşleme (STS)	Asitsiz paklama
Metal ve Plastik Yüzey İşleme (STM)	Asitli paklama (dekapaj)

<sup>(1)</sup> : *ing.* JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations.

<sup>(2)</sup> : 2010/75/EU sayılı Endüstriyel Emisyon Direktifi; *ing.* Industrial Emissions Directive (IED).

## Tanımlar

Bu MET sonuçlarının amaçlarına yönelik aşağıdaki tanımlar geçerlidir:

Kullanılan Terim	Tanım
Yeni Tesis	Bu MET sonuçlarının yayınlanmasını takiben kurulum sahasında işletilmeye başlayan veya bu MET sonuçlarının yayınlanmasını takiben kurulum sahasındaki mevcut temeller üzerine tamamıyla yenilenerek yapılmış bir tesis
Mevcut Tesis	Yeni olmayan bir tesis
Büyük Güncelleme	Bir tesisin tasarımında veya teknolojisinde yapılan ve üretim birimlerinin ve ilgili teçhizatın yeniden ayarlanmasını ve yenilenmesini gerektiren önemli bir değişiklik.
Birincil Emisyonlar	Fırınları çevreleyen alanlara yayılmamış fırınlardan doğrudan çıkan emisyonlar
İkincil Emisyonlar	Fırına şarj (yükleme) veya fırından döküm alma gibi işlemler sırasında çıkan veya fırın astarından kaynaklanan, davlumbaz veya fırın mahfazaları ile yakalanan emisyonlar
Birincil Üretim	Cevher ve konsantreler kullanarak yapılan metal üretimi
İkincil Üretim	Yeniden eritme ve alaşımlama işlemleri de dahil olmak üzere kalıntı ve/veya hurda kullanılarak yapılan metal üretimi
Sürekli Ölçüm	Sahaya kalıcı olarak kurulmuş bir otomatik ölçüm sistemi kullanarak emisyonların sürekli ölçülmesi
Kesikli (Periyodik) Ölçüm	Elle ya da otomatik olarak belirli zaman aralıklarında ölçülen bir değer belirlenmesi

## Genel Değerlendirmeler

### Mevcut En İyi Teknikler

Bu MET sonuçlarında listelenen ve açıklanan teknikler eksiksiz, kesin ve kanunen uyulması gereken kurallar değildir. En az eşdeğer düzeyde çevre koruması sağlayan diğer teknikler de kullanılabilir.

Aksi belirtilmedikçe, MET sonuçları genellikle geçerlidir.

### MET ile ilişkili havaya verilen emisyon seviyeleri

MET sonuçlarında, havaya verilen emisyonlar için Mevcut En İyi Teknikleri ile İlgili Emisyon Seviyeleri (MET-İES) değerleri standart koşullardadır: 273 K sıcaklıkta ve 101.3 kPa basınçta kuru gaz olarak.

### Havaya verilen emisyonlar için Ortalamaların Hesaplanması

Havaya verilen emisyonların ortalamalarının hesaplanmasında aşağıdaki tanımlar geçerlidir.

Günlük Ortalama	Sürekli ölçüm ile elde edilen geçerli değerlerin saatlik veya yarım saatlik ortalamaları kullanılarak 24 saatlik süre için ortalama hesaplanır.
Örnekleme periyodu boyunca ortalama	Aksi belirtilmemiş ise <sup>(1)</sup> , her biri en az 30 dakikalık olan 3 ardarda ölçümün ortalaması alınır.

<sup>(1)</sup> : Kesikli prosesler için, toplam proses süresi boyunca alınan temsil edici sayıda ölçümün ortalaması ya da toplam proses süresi boyunca yürütülen bir ölçümün sonucu kullanılabilir.

### Suyaya verilen emisyonlar için Ortalamaların Hesaplanması

Suya verilen emisyonların ortalamalarının hesaplanmasında aşağıdaki tanımlar geçerlidir.

Günlük Ortalama	24 saatlik debiyle orantılı (ya da zamanla orantılı – eğer debinin yeterli derecede kararlı olduğu gösterilmişse) kompozit numunelerin ortalaması alınır.
-----------------	---

<sup>(1)</sup> : Sürekli akışın olmadığı yerlerde, temsil edici sonuçlar veren başka bir örnekleme prosedürü kullanılabilir; *örn.* anlık numune alımı.

**KISALTMALAR**

Terim	Anlam
BaP	Benzo(a)piren (PAH içeriğinin bir göstergesi olarak kullanılır).
ESP	Elektrostatik çöktürücü ( <i>ing.</i> electrostatic precipitator)
I-TEQ	Uluslararası toksik eşdeğerler, 2010/75/AB sayılı Direktif'teki Ek VI'ün 2. kısmında tanımlandığı gibi Uluslararası toksik eşdeğer faktörleri kullanılarak elde edilmiştir.
MET-İES	MET ile ilişkili emisyon seviyeleri. <i>ing.</i> BAT-AEL; Best Available Techniques Associated Emission Levels
NO <sub>x</sub>	Nitrojen monoksit (NO) ve azot dioksitin (NO <sub>2</sub> ) toplamı, NO <sub>2</sub> olarak ifade edilmiştir.
PCDD/F	Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve dibenzofuranlar (17 konjenerik)
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
TVOC	Toplam uçucu organik carbon; bir alev iyonizasyonu detektörü (FID) ile ölçülen ve toplam karbon olarak ifade edilen toplam uçucu organik bileşikler
VOC	2010/75/EU sayılı Direktif'in 3(45) maddesinde tanımlanan uçucu organik bileşikler

## 11.2. Genel MET Sonuçları

Bu bölümdeki genel MET sonuçlarına ek olarak 1.2 ve 1.9 no'lu bölümlerde yer alan prosese özgü herhangi bir ilgili MET sonucu da geçerlidir.

### 11.2.1. Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS)

**MET 1. Genel çevresel performansın iyileştirilmesi için MET, aşağıdaki özelliklerin tümünü içeren bir çevre yönetim sistemini (ÇYS; *ing.* EMS) uygulamaya koyar ve buna müntesiptir:**

- a. üst yönetim de dahil olmak üzere yönetimin taahhüdü;
- b. tesisatın yönetim tarafından sürekli iyileştirilmesini içeren bir çevre politikasının tanımı;
- c. finansal planlama ve yatırım ile birlikte gerekli prosedürleri, amaç ve hedefleri planlamak ve tesis etmek;
- d. prosedürlerin hayata geçirilmesi, şu hususlara özel dikkat göstererek:
  - i. yapı ve sorumluluk,
  - ii. işe alım, eğitim, farkındalık ve yeterlilik,
  - iii. iletişim,
  - iv. işçi katılımı,
  - v. dokümantasyon,
  - vi. etkili süreç kontrolü,
  - vii. bakım programları
  - viii. acil durum hazırlığı ve müdahalesi,
  - ix. çevre mevzuatına uygunluğun korunması;
- e. performansı denetlemek ve düzeltici önlem almak, şu hususlara özel dikkat göstererek:
  - i. izleme ve ölçüm (*bkz.* IED tesisleri – ROM; hava ve su emisyonlarının izlenmesi ile ilgili referans raporu),
  - ii. düzeltici ve önleyici eylem
  - iii. kayıtların saklanması,
  - iv. ÇYS'nin planlanan düzenlemelere uyup uymadığını ve düzgün bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek için bağımsız (uygulanabilir olduğu durumlarda) iç veya dış denetleme;
- f. Üst yönetim tarafından ÇYS'nin gözden geçirilmesi ve uygunluğunun, yeterliliğinin ve etkinliğinin devam ettirilmesi;
- g. daha temiz teknolojilerin gelişmesinin takibi;
- h. yeni bir tesis tasarlama aşamasında, tesisin nihai olarak kaldırılmasından kaynaklanan ve işletme ömrü boyunca gerçekleşecek çevresel etkilerin dikkate alınması;
- i. sektörel kıyaslamaların düzenli olarak uygulanması (*ing.* benchmarking).

Ayrıca, difüz toz emisyonları ile ilgili bir eylem planının oluşturulması ve uygulanması (*bkz.* MET 6) ve özellikle toz azaltma sistemlerinin performansını ele alan bir bakım yönetim sisteminin uygulanması (*bkz.* MET 4) da ÇYS'nin bir parçasıdır.

#### Uygulanabilirlik

ÇYS'nin kapsamı (*örn.*, ayrıntı seviyesi) ve doğası (*örn.*, standartlaştırılmış veya standartlaştırılmamış) genellikle sanayi tesisinin türü, boyutu ve karmaşıklığı ve sahip olabileceği çevresel etkilerin çeşitleri ile ilişkili olacaktır.

### 11.2.2. Enerji Yönetimi

**MET 2. Enerjiyi verimli kullanmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Enerji verimliliği yönetim sistemi (örn. ISO 50001)	Genellikle uygulanabilir
b	Rejeneratif veya iyileştirici brülörler	Genellikle uygulanabilir
c	Atık işlem ısısından ısı geri kazanımı (örn. buhar, sıcak su, sıcak hava)	Sadece pirometalurjik süreçler için uygulanabilir
d	Rejeneratif termal oksitleyici	Sadece yanıcı bir kirletici maddenin azaltılması gerektiğinde uygulanabilir
e	Eritme aşamasından çıkan sıcak gazlardan geri kazanılan ısıyı kullanarak fırın yükünü, yanma havasını veya yakıtı önceden ısıtma	Sadece sülfid cevheri/konsantresinin kavrulması veya ergitilmesi ve diğer pirometalurjik prosesler için uygulanabilir
f	Atık ısının geri kazanımı ile elde edilen buhar veya sıcak su kullanarak sıızan sıvıların sıcaklığını yükseltme	Sadece alümina veya hidrometalurjik prosesler için uygulanabilir
g	Oluklardan ( <i>ing.</i> launder) çıkan sıcak gazların ısıtılmış yanma havası olarak kullanılması	Sadece pirometalurjik süreçler için uygulanabilir
h	Otojen ergitme ya da karbonlu materyalin tamamen yanmasına imkân vererek enerji tüketimini azaltmak için oksijen zenginleştirilmiş hava veya saf oksijenin brülörlerde kullanılması	Sadece ham maddeler ya da sülfür kullanan fırınlar için uygulanabilir
i	Düşük sıcaklıklarda kuru konsantreler ve ıslak hammaddeler	Sadece kurutma yapıldığında uygulanabilir
j	Bir elektrikli veya yüksek fırında üretilen karbon monoksitin kimyasal enerji içeriğini, atık gazları bir yakıt olarak diğer üretim işlemlerinde kullanarak (metallerin tutulmasından sonra); veya buhar/sıcak su veya elektrik üreterek; geri kazanma	Sadece CO içeriği >%10 olan salınan atık gazlar için uygulanabilir. Uygulanabilirlik, aynı zamanda, atık gazın bileşimi ve sürekli bir akışın bulunmaması tarafından etkilenir (örn. Kesikli prosesler).
k	Baca gazında mevcut olan toplam organik karbon içerdiğini geri kazanmak için baca gazının bir oksijen-yakıt brülörüne geri-devir ettirilmesi	Genellikle uygulanabilir
l	Buhar ve sıcak su boruları gibi yüksek sıcaklıktaki ekipman için uygun yalıtım	Genellikle uygulanabilir
m	Sülfür dioksitten Sülfürik asit üretiminde ortaya çıkan ısıyı, sülfürik asit tesisine yönlendirilen gazları ön ısıtmaya tabi tutmak veya buhar ve/veya sıcak su üretmek için kullanımı	Sadece sülfürik asit veya sıvı SO <sub>2</sub> üretiminin yapıldığı demir dışı metal tesisler için uygulanabilir
n	Fanlar gibi ekipmanlar için değişken frekanslı sürücü ile donatılmış yüksek verimli elektrik motorları kullanma	Genellikle uygulanabilir
o	Hava tahliye sistemini otomatik olarak çalıştıran ya da tahliye hızının o anki emisyon miktarına bağlı olarak ayarlayan kontrol sistemlerinin kullanılması	Genellikle uygulanabilir

### 11.2.3. Proses Kontrolü

**MET 3. Genel çevresel performansı iyileştirmek için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonu ile birlikte bir proses kontrol sistemi kullanarak kararlı şekilde prosesin yürütülmesinin sağlanmasıdır.**



	Teknik
a	Giriş malzemelerini, prosese ve uygulanan azaltma tekniklerine göre kontrol etme ve seçme
b	En iyi dönüşüm verimliliğine ulaşmak ve, emisyonları ve ıskartaları azaltmak için beslenen malzemelerin iyi karıştırılması
c	Besleme tartım ve ölçüm sistemleri
d	Alarm, yanma koşulları ve gaz ilavelerini içeren ve malzeme besleme hızını kontrol eden işlemciler kullanılması
e	Fırın sıcaklığının, fırın basıncının ve gaz akışının çevrimiçi izlenmesi
f	Gaz sıcaklığı, reaktif ölçümü, basınç düşüşü, ESP akımı ve voltajı, gaz yıkayıcı donanımdaki sıvı akışı ve pH ve gaz bileşenleri (örn., O <sub>2</sub> , CO, VOC) gibi hava emisyonu azaltma biriminin kritik proses parametrelerinin izlenmesi
g	Sülfürik asit veya sıvı SO <sub>2</sub> üretiminin mevcut olduğu tesislerde sülfürik asit ünitesine aktarmadan önce atık gazlardaki tozlar ve cıvanın kontrol edilmesi
h	Tıkanmaları ve olası ekipman arızalarını tespit etmek için titreşimlerin çevrimiçi izlenmesi
i	Elektrolitik proseslerde akım, gerilim ve elektriksel temas sıcaklıklarının çevrimiçi izlenmesi
j	Aşırı ısınma ile metal ve metal oksit dumanlarının oluşumunu önlemek için eritme ve ergitme fırınlarında sıcaklık izleme ve kontrolü
k	Sıcaklık, bulanıklık, pH, iletkenlik ve debinin çevrimiçi izlenmesi yoluyla reaktiflerin beslenmesini ve atık su arıtma tesisinin performansını kontrol etmek için işlemci kullanılması

**MET 4.** Havaya sevk edilen toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, çevre yönetim sisteminin bir parçası olarak özellikle toz azaltma sistemlerinin performansını ele alan bir bakım yönetim sistemi uygulamaktır (*bkz.* MET 1).

#### 11.2.4. Difüz emisyonlar

##### 11.2.4.1. Difüz emisyonların engellenmesi için genel yaklaşım

**MET 5.** Difüz emisyonları önlemek ya da bunun mümkün olmaması durumunda azalmak için MET, kaynağa en yakın difüz emisyonları toplamak ve arıtmaktır.

**MET 6.** Difüz emisyonları engellemek ya da bunun mümkün olmaması durumunda azalmak için MET, çevre yönetim sisteminin (*bkz.* MET 1) bir parçası olarak aşağıdaki önlemlerin ikisini de içeren difüz toz emisyonları için bir eylem planı oluşturmak ve uygulamaktır:

- en önemli difüz toz emisyon kaynaklarını belirlemek (örneğin, EN 15445);
- Belirli bir zaman dilimi boyunca difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için uygun eylemleri ve teknikleri tanımlamak ve uygulamak

### 11.2.4.2. Hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan difüz emisyonlar

**MET 7. Hammaddelerin depolanmasından kaynaklanan difüz emisyonları önlemek için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik
a	Konsantre, flaks (eritken) ve ince taneli malzemeler gibi toz oluşturan malzemelerin depolanması için kapalı yapılar veya silolar
b	Suda çözünebilir organik bileşikler içeren konsantreler, flakslar, katı yakıtlar, iri malzemeler ve kok ve ikincil malzemeler gibi toz oluşturmeyen maddelerin üstü örtülü depolanması
c	Suda çözünen organik bileşikler içeren toz oluşturan malzemelerin veya ikincil malzemelerin sızdırmaz şekilde ambalajlanması
d	Peletlenmiş veya topaklanmış (aglomera) malzemelerin depolanmasının kapalı bölmelerde yapılması
e	Toz oluşturan malzemeler için lateks gibi katkı maddeleri içeren veya içermeyen su spreyleri ve sis spreyleri kullanılması
f	Toz oluşturan malzemeler için transfer ve boşaltma noktalarına yerleştirilmiş toz/gaz tahliye cihazları
g	Klor gazı veya klor içeren karışımları saklamak için sertifikalı basınçlı tanklar
h	Tanklarda, saklanan maddelere dayanıklı yapı malzemelerin kullanılması
i	Aşırı dolulukları önlemek için alarmlı güvenilir sızıntı tespit sistemleri ve tankın seviye göstergeleri
j	Reaktif maddelerin, aynı kapasiteye sahip kimyasallara dirençli havuzlama alanı içine yerleştirilmiş tanklarda veya çift duvarlı tanklarda depolanması ve depolanan malzemeye karşı dayanıklı ve geçirimsiz zemine sahip bir depolama sahası oluşturulması
k	Depolama sahalarının şu şekilde tasarlanması: - tanklardan ve dağıtım sistemlerinden herhangi bir sızıntıyı tutan ve hapseden en az en büyük depolama tankının hacmi kadar havuzlama kapasitesine sahip olan bir taşma havuzu olmalı; - dökülen herhangi bir maddeyi toplamak için teslimat noktaları taşma havuzları içinde konuşlanmalı
l	Hava ile reaksiyona giren malzemelerin depolanması için inert gaz örtüsü (N <sub>2</sub> gibi) kullanılması
m	Depolanan bileşikleri arıtmak için tasarlanmış bir azaltma sistemi ile depolamadan kaynaklanan emisyonların toplanıp arıtılması. Tozu yıkamak için kullanılan herhangi bir suyun deşarj edilmeden önce biriktirilip arıtılması.
n	Depolama alanının düzenli olarak temizlenmesi ve gerektiğinde su ile nemlendirilmesi
o	Açık alanda depolama durumunda, oluşturulan yığınların uzunlamasına eksenini hâkim rüzgâr yönüne paralel olacak şekilde yerleştirilmesi
p	Açık alanda depolama durumunda, rüzgârın hızının azaltılması için koruyucu bitki örtüsü oluşturulması, rüzgârı kesen çit ve bent inşa edilmesi
q	Açık alanda depolama durumunda, mümkün ise birkaç tane yerine tek bir yığının oluşturulması
r	Açık hava depolama alanlarının drenaj sistemlerinde yağ ve katıları tutabilen donatıların kullanılması. İçerdiği yağı sızdırıp bırakabilen malzemelerin (metal talaş gibi) depolandığı alanlarda bordür veya diğer su toplayıcı donatılara sahip betonla kaplanmış zeminin teşkil edilmesi.

#### Uygulanabilirlik

MET 7.e. toz oluşumunu önlemek için doğal olarak yeterli nem içeren kuru malzemeler veya cevher/konsantreler gerektiren proseslere uygulanamaz. Uygulanabilirlik, su sıkıntısı olan

bölgelerde veya çok düşük sıcaklıklarda sınırlı olabilir.

**MET 8. Hammaddelerin taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan difüz emisyonları önlemek için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.**

	<b>Teknik</b>
a	Konsantre, flaks (eritken) ve ince taneli malzemeler gibi toz oluşturan malzemelerin taşınması ve nakliyesi için etrafı kapalı konveyörler veya pnömatik sistemler
b	Toz oluşturmayan katı malzemeleri taşımak için etrafı kapalı konveyörler
c	Teslimat noktaları, silo delikleri, pnömatik transfer sistemleri ve konveyör transfer noktalarından tozun tahliyesi ve, bir filtreleme sistemine bağlantı yapılması (toz oluşturan malzemeler için)
d	Dağılıbilir veya suda çözünen bileşenlere sahip malzemeleri taşımak için kapalı torba veya varillerin kullanılması
e	Peletlenmiş malzemelerin taşınması için uygun kapların kullanılması
f	Taşımanın yapıldığı noktalarda malzemeyi nemlendirmek için yağmurlama teçhizatı
g	Taşıma mesafelerinin en aza indirilmesi
h	Konveyör bantlarının, mekanik küreklerin veya kepçelerin taşınan malzemeyi düşürdüğü yüksekliğinin azaltılması
i	Açık bantlı konveyörlerin hızını ayarlanması (<3,5 m/s)
j	Malzemelerin iniş hızının veya serbest düşme mesafesinin en aza indirilmesi
k	Sızıntıların hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve araçların ve diğer ekipmanların hasar vermesinin önlenmesi için, aktarım konveyörlerinin ve boru hatlarının toprak üstünde güvenli, açık alanlara yerleştirilmesi. Tehlikeli olmayan maddeler için gömülü boru hatları kullanılıyorsa, güzergahlarını belgelenip işaretlemesi ve güvenli kazı sistemlerinin seçilmesi
l	Sıvı ve sıvılaştırılmış gazın taşındığı boruların teslimat bağlantılarında otomatik kapatma sistemlerinin teçhizi
m	Uçucu organik karbon emisyonlarını azaltmak için teslimat sırasında kaçan gazların dağıtım aracına geri gönderilmesi
n	Tozlu malzemeleri taşıyan veya dağıtımını yapan araçların tekerleklerini ve şasislerinin yıkanması
o	Yolların süpürülmesi için seferlerin düzenlenmesi
p	Yaklaştırılması sakıncalı malzemelerin ayrı ayrı tutulması (örn. oksitleyici maddeler ve organik maddeler)
q	Prosesler arasındaki malzeme aktarımlarının en aza indirilmesi

### **Uygulanabilirlik**

MET 8.n. buzlanmanın olabileceği soğuk bölgelerde uygulanabilir olmayabilir.

## 11.2.4.3. Metal üretiminden kaynaklanan difüz emisyonlar

**MET 9.** Metal üretiminden kaynaklanan difüz emisyonlarının engellenmesi ya da bunun mümkün olmaması durumunda azaltılması amacı ile MET, çıkan gazların toplanması ve arıtılmasının en iyi verimlilikte yapılması için aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Fırın yükünün organik maddelere kontaminasyonunu en aza indirmek için ikincil hammaddenin ısı veya mekanik ön-arıtmaya tabi tutulması	Genellikle uygulanabilir
b	Uygun şekilde tasarlanmış toz giderme sistemi olan kapalı bir fırının kullanılması veya yeterli bir havalandırma sistemi ile fırının ve diğer ünitelerin emisyonlarının yakalanıp tahliye edilmesi	Uygulanabilirlik güvenlik kısıtlamaları sebebiyle sınırlanabilir (örn. fırının tipi/tasarımı, patlama riski).
c	Fırına şarj (yükleme) veya fırından döküm alma gibi işlemler için ikincil bir davlumbaz kullanılması	Uygulanabilirlik güvenlik kısıtlamaları sebebiyle sınırlandırılabilir (örn. fırının tipi/tasarımı, patlama riski).
d	Tozlu malzemelerin aktarıldığı yerlerde toz veya dumanın toplanması (örn. fırına şarj ve fırından döküm alma noktaları, örtülü oluklar)	Genellikle uygulanabilir
e	Fırından döküm yapılırken ve kapalı oluklarda transfer edilirken; sıcak metal, mat veya cüruftan ve besleme deliğinden yükselen dumanı tutmaya yarayan davlumbaz ve havalandırma kanallarının tasarımının optimize edilmesi	Mevcut tesislerde uygulanabilirlik kısıtlı alan ve tesis konfigürasyonu sebebiyle sınırlanabilir
f	Döküm alma ve yükleme işlemleri için fırın/reaktör muhafazalarının kullanılması	Mevcut tesislerde uygulanabilirlik kısıtlı alan ve tesis konfigürasyonu sebebiyle sınırlanabilir
g	Bilgisayarlı akışkan dinamiği çalışmaları ve izleyiciler aracılığıyla fırından çıkan gaz akışının optimize edilmesi	Genellikle uygulanabilir
h	Küçük miktarlarda hammadde eklemek için yarı kapalı fırınlar için şarj sistemleri	Genellikle uygulanabilir
i	Toplanan emisyonların uygun bir azaltma sisteminde muamele edilmesi	Genellikle uygulanabilir

### 11.2.5. Havaya verilen emisyonların izlenmesi

MET 10, MET, en az aşağıdaki sıklıkta ve EN standartlarına uygun olarak havaya baca emisyonlarının takip edilip denetlenmesidir. Eğer EN standartları mevcut değilse, MET eşdeğer bilimsel kaliteye sahip verileri sağlayabilen ISO standartları, ulusal veya diğer uluslararası standartlar kullanılmalıdır.

Parametre	İle ilgili izleme tekniği	Minimum izleme sıklığı	Standart(lar)
Toz <sup>(2)</sup>	<b>Bakır:</b> MET 38, MET 39, MET 40, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Alüminyum:</b> MET 56, MET 58, MET 59, MET 60, MET 61, MET 67, MET 81, MET 88 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 94, MET 96, MET 97 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 119, MET 122 <b>Değerli metaller:</b> MET 140 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 155, MET 156, MET 157, MET 158 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 171 <b>Diğer demir dışı metaller:</b> hammadde ön-arıtma, şarj, ergitme, eritme ve döküm alma gibi üretim aşamalarından kaynaklanan emisyonlar	Sürekli <sup>(1)</sup>	EN 13284-2
	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 40, MET 41, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Alüminyum:</b> MET 56, MET 58, MET 59, MET 60, MET 61, MET 66, MET 67, MET 68, MET 80, MET 81, MET 82, MET 88 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 94, MET 95, MET 96, MET 97 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 113, MET 119, MET 121, MET 122, MET 128, MET 132 <b>Değerli metaller:</b> MET 140 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 154, MET 155, MET 156, MET 157, MET 158 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 171 <b>Karbon/grafit:</b> MET 178, MET 179, MET 180, MET 181 <b>Diğer demir dışı metaller:</b> hammadde ön-arıtma, şarj, ergitme, eritme ve döküm alma gibi üretim	Yılda bir kez <sup>(1)</sup>	EN 13284-1
Antimon ve bileşikleri, Sb olarak ifade edilir.	<b>Kurşun, Kalay:</b> MET 96, MET 97	Yılda bir kez	EN 14385

Parametre	İle ilgili izleme tekniği	Minimum izleme sıklığı	Standart(lar)
Arsenik ve bileşikleri, As olarak ifade edilir	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 39, MET 40, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 96, MET 97 <b>Çinko:</b> MET 122	Yılda bir kere	EN 14385
Kadmiyum ve bileşikleri, Cd olarak ifade edilir	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 39, MET 40, MET 41, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 94, MET 95, MET 96, MET 97 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 122, MET 132 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 156	Yılda bir kere	EN 14385
Krom(VI)	<b>Ferro alaşımlar:</b> MET 156	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
Bakır ve bileşikleri, Cu olarak ifade edilir	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 39, MET 40, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 96, MET 97	Yılda bir kere	EN 14385
Nikel ve bileşikleri, Ni olarak ifade edilir	<b>Nikel, Kobalt:</b> MET 172, MET 173	Yılda bir kere	EN 14385
Kurşun ve bileşikleri, Pb olarak ifade edilir	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 39, MET 40, MET 41, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 94, MET 95, MET 96, MET 97 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 156	Yılda bir kere	EN 14385
Talyum ve bileşikleri, Tl olarak ifade edilir	<b>Ferro alaşımlar:</b> MET 156	Yılda bir kere	EN 14385
Çinko ve bileşikleri, Zn olarak ifade edilir	<b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 113, MET 114, MET 119, MET 121, MET 122, MET 128, MET 132	Yılda bir kere	EN 14385
Diğer metaller, ilgili ise (3)	<b>Bakır:</b> MET 37, MET 38, MET 39, MET 40, MET 41, MET 42, MET 43, MET 44, MET 45 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 94, MET 95, MET 96, MET 97 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 113, MET 119, MET 121, MET 122, MET 128, MET 132 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 140 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 154, MET 155, MET 156, MET 157, MET 158 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 171 <b>Diğer demir dışı metaller</b>	Yılda bir kere	EN 14385

Parametre	İle ilgili izleme tekniği	Minimum izleme sıklığı	Standart(lar)
Cıva ve bileşikleri, Hg olarak ifade edilir	<b>Bakır, Alüminyum, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Ferro alaşımlar, Nikel, Kobalt, Diğer demir dışı metaller:</b> MET 11	Sürekli ya da yılda bir kere (1)	EN 14884 EN 13211
SO <sub>2</sub>	<b>Bakır:</b> MET 49 <b>Alüminyum:</b> MET 60, MET 69 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 100 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 142, MET 143 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 174 <b>Diğer demir dışı metaller (6)(7)</b>	Sürekli ya da yılda bir kere (1)(4)	EN 14791
	<b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 120	Sürekli	
	<b>Karbon/grafit:</b> MET 182	Yılda bir kere	
NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> olarak ifade edilir	<b>Bakır, Alüminyum, Kurşun, Kalay, FeSi, Si (pirometalurjik prosesler):</b> MET 13 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 141 <b>Diğer demir dışı metaller (7)</b>	Sürekli ya da yılda bir kere (1)	EN 14792
	<b>Karbon/grafit</b>	Yılda bir kere	
Toplam Uçucu Organik Karbon	<b>Bakır:</b> MET 46 <b>Alüminyum:</b> MET 83 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 98 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 123 <b>Diğer demir dışı metaller (8)</b>	Sürekli ya da yılda bir kere (1)	EN 12619
	<b>Ferro alaşımlar:</b> MET 160 <b>Karbon/grafit:</b> MET 183	Yılda bir kere	
Formaldehit	<b>Karbon/grafit:</b> MET 183	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
Fenol	<b>Karbon/grafit:</b> MET 183	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F)	<b>Bakır:</b> MET 48 <b>Alüminyum:</b> MET 83 <b>Kurşun, Kalay:</b> MET 99 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 123 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 146 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 159 <b>Diğer demir dışı metaller (5)(7)</b>	Yılda bir kere	EN 1948 1., 2. ve 3. bölümler
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<b>Bakır:</b> MET 50 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 114	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
NH <sub>3</sub>	<b>Alüminyum:</b> MET 89 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 145 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 175	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
Benzo-[a]-pyren	<b>Alüminyum:</b> MET 59, MET 60, MET 61 <b>Ferro alaşımlar:</b> MET 160 <b>Karbon/grafit:</b> MET 178, MET 179, MET 180, MET 181	Yılda bir kere	ISO 11338-1 ISO 11338-2
Gaz florürler, HF olarak ifade edilir	<b>Alüminyum:</b> MET 60, MET 61, MET 67	Sürekli (1)	ISO 15713
	<b>Alüminyum:</b> MET 60, MET 67, MET 84 <b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 124	Yılda bir kere (1)	

Parametre	İle ilgili izleme tekniği	Minimum izleme sıklığı	Standart(lar)
Toplam florürler	<b>Alüminyum:</b> MET 60, MET 67	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
Gaz klorürler, HCl olarak ifade edilir	<b>Alüminyum:</b> MET 84	Sürekli ya da yılda bir kere <sup>(1)</sup>	EN 1911
	<b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 124 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 144	Yılda bir kere	
Cl <sub>2</sub>	<b>Alüminyum:</b> MET 84 <b>Kıymetli metaller:</b> MET 144 <b>Nikel, Kobalt:</b> MET 172	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
H <sub>2</sub> S	<b>Alüminyum:</b> MET 89	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
PH <sub>3</sub>	<b>Alüminyum:</b> MET 89	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
AsH <sub>3</sub> ve SbH <sub>3</sub> toplamı	<b>Çinko, Kadmiyum:</b> MET 114	Yılda bir kere	EN standardı mevcut değil
<p><b>Not:</b> 'Diğer demir dışı metaller', özellikle 11.2 ila 11.8 arasındaki bölümlerde ele alınanlar dışındaki demir dışı metallerin üretilmesi anlamına gelir.</p> <p>(<sup>1</sup>) : Yüksek emisyon kaynakları için MET, sürekli ölçümdür veya sürekli ölçümün uygulanmadığı durumlarda, daha sık periyodik izlemedir.</p> <p>(<sup>2</sup>) : Küçük emisyon kaynaklarında (&lt;10,000 Nm<sup>3</sup>/h) hammaddelerin depolanması ve taşınmasından kaynaklanan toz emisyonları için izleme, ikame parametrelerin (basınç düşüşü gibi) ölçülmesine dayanabilir.</p> <p>(<sup>3</sup>) : İzlenecek metaller, kullanılan hammaddelerin bileşimine bağlıdır.</p> <p>(<sup>4</sup>) : BAT 69(a) ile ilgili olarak, tüketilen her bir anot yüklemesinin sülfür içeriğinin ölçümlerine dayanarak SO<sub>2</sub> emisyonlarını hesaplamak için bir kütle dengesi kullanılabilir.</p> <p>(<sup>5</sup>) : Kullanılan hammaddelerin halojenli organik bileşik içeriği, sıcaklık profili gibi faktörleri değerlendirerek gerekli görülen durumlarda</p> <p>(<sup>6</sup>) : Kullanılan hammaddeler kükürt içerdiğinde izlenir.</p> <p>(<sup>7</sup>) : İzleme, hidrometalurjik işlemler için uygun olmayabilir.</p> <p>(<sup>8</sup>) : Kullanılan hammaddelerin organik bileşik içeriği dikkate alındığında gerekli görülen durumlarda.</p>			



### 11.2.6. Cıva emisyonları

**MET 11.** Bir pirometalurjik işlemde kaynaklanıp havaya salınan cıva emisyonlarının (sülfürik asit tesisine sevk edilenler hariç) azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya her ikisini kullanmaktır.

	Teknik
a	İkincil malzemelerden cıvayı gidermek için, tedarikçiler ile iş birliği de yaparak, düşük cıva içeriği olan hammaddelerin kullanılması
b	Toz filtrasyonu ile beraber adsorbantların (örn. aktif karbon, selenyum) kullanılması <sup>(1)</sup>

(<sup>1</sup>) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** bkz. Tablo 11.1.

**Tablo 11.1:** Cıva içeren hammaddeler kullanan bir pirometalurjik işlemde kaynaklanan havaya salınan cıva emisyonları (sülfürik asit tesisine sevk edilenler hariç) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
Cıva ve bileşikleri, Hg olarak ifade edilir	0,01–0,05
<sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama olarak. <sup>(2)</sup> : Verilen aralığın alt ucu, Waelz fırınları kullanan işlemler haricinde, toz filtrasyonu ile beraber adsorbantların (örn. aktif karbon, selenyum) kullanımı ile ilişkilidir. <sup>(3)</sup> : ing. BAT-AEL; Best Available Techniques Associated Emission Levels.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.2.7. Sülfür dioksit emisyonları

**MET 12.** Yüksek SO<sub>2</sub> içeriğine sahip salınan gazlardan SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak ve baca gazı temizleme sisteminde atık oluşumunu önlemek için MET, sülfürik asit veya sıvı SO<sub>2</sub> üreterek sülfürü geri kazanmaktır.

#### Uygulanabilirlik

Sadece bakır, kurşun, birincil çinko, gümüş, nikel ve/veya molibden üreten tesisler için geçerlidir.

### 11.2.8. NOX emisyonları

**MET 13.** Bir pirometalurjik prosesten havaya NO<sub>x</sub> emisyonlarının salınmasını önlemek için, MET aşağıda verilen tekniklerden birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Düşük NOX brülörler
b	Oksijen-yakıt brülörler
c	Oksi-yakıt brülörlerde, baca gazı devridaimi (alev sıcaklığını azaltmak için brülörden geriye doğru)

(<sup>1</sup>) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.2.9. Suya verilen emisyonlar ve bu emisyonların izlenmesi

**MET 14.** Atık su oluşumunun engellenmesi ya da azaltılması amacı ile MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Kullanılan temiz su miktarını ve boşaltılan atık su miktarının ölçülmesi	Genellikle uygulanabilir
b	Yıkamada kullanılmış (anot ve katot durulama suyu dahil) ve taşıp dökülmüş suların aynı işlemde tekrar kullanılması	Genellikle uygulanabilir
c	Islak ESP ve ıslak gaz yıkayıcılarında oluşan zayıf asitli suların tekrar kullanılması	Uygulanabilirlik işlenen metale ve atığın katı madde içeriğine bağlı olarak sınırlanabilir
d	Cüruf granülasyonunda oluşan atık suyun tekrar kullanılması	Uygulanabilirlik işlenen metale ve atığın katı madde içeriğine bağlı olarak sınırlanabilir
e	Yağmur suyunun kullanılması	Genellikle uygulanabilir
f	Kapalı devre soğutma sistemi kullanılması	Uygulanabilirlik, proses için düşük sıcaklıklar gerekiyor ise sınırlanabilir
g	Atıksu arıtma tesisinde arıtılmış suyun tekrar kullanılması	Uygulanabilirlik tuz içeriğine bağlı olarak sınırlanabilir

**MET 15.** Suyun kirlenmesinin ve suya verilen emisyonların azaltılması için MET, kontamine olmamış atık sular ile proseslerden kaynaklanan ve arıtılması gereken atıksuların birbirinden ayrılmasıdır.

#### **Uygulanabilirlik**

Kirlenmemiş yağmur suyunun ayrı tutulması, mevcut atıksu toplama sistemlerinde mümkün olmayabilir.

**MET 16.** MET, emisyonların tesisatı (*ing. installation*) terk ettiği yerde ayda en az bir kez <sup>(1)</sup> ve EN standartları ile uyumlu olarak suyun örneklenmesi ve suya verilen emisyonların izlenmesi ile ilgili olan ISO 5667 standardının kullanılmasıdır. Eğer EN standartları mevcut değilse, MET eşdeğer bilimsel kaliteye sahip verileri sağlayabilen ISO standartları, ulusal veya diğer uluslararası standartlar kullanılmalıdır.

<sup>(1)</sup> : Eğer toplanan veri serileri kullanılarak emisyonların yeterli derecede stabil olduğu açıkça gösterilebilirse, izleme sıklığı uyarlanabilir.

Parametre	Uygulanacağı metal üretimi türü <sup>(1)</sup>	Standart(lar)
Cıva (Hg)	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro-alaşımları, Nikel, Kobalt ve diğer demir dışı metaller	EN ISO 17852, EN ISO 12846
Demir (Fe)	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro-alaşımları, Nikel, Kobalt ve diğer demir dışı metaller	EN ISO 11885 EN ISO 15586 EN ISO 17294-2
Arsenik (As)	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro Alaşımlar, Nikel ve Kobalt	
Kadmiyum (Cd)	Değerli metaller	
Bakır (Cu)	Alüminyum	
Nikel (Ni)	Nikel ve kobalt	
Kurşun (Pb)	Ferro alaşımlar	
Çinko (Zn)	Ferro alaşımlar	
Gümüş (ag)	Bakır, Kurşun ve Kalay	
Alüminyum (Al)	Bakır, Kurşun ve Kalay	
Kobalt (Co)	Alüminyum, Ferro alaşımlar ve diğer demir dışı metaller	
Krom, toplam (Cr)	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli metaller, Nikel, Kobalt ve diğer demir dışı metaller	EN ISO 10304-3 EN ISO 23913
Krom(VI) [Cr (VI)]	Birincil alüminyum	
Antimon (Sb)	Alüminyum	EN ISO 11885 EN ISO 15586 EN ISO 17294-2
Kalay (Sn)	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro-alaşımları, Nikel, Kobalt ve diğer demir dışı metaller	
Eğer varsa diğer metaller <sup>(2)</sup>	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro-alaşımları, Nikel, Kobalt ve diğer demir dışı metaller	
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Bakır, Kurşun, Kalay, Çinko, Kadmiyum, Kıymetli Madenler, Ferro Alaşımlar, Nikel ve Kobalt	EN ISO 10304-1
Florür (F <sup>-</sup> )	Değerli metaller	
Toplam askıda katı maddeler (TSS)	Alüminyum	EN 872
<p><sup>(1)</sup> : Not: 'Diğer demir dışı metaller', özellikle 11.2 ile 11.8 arasındaki bölümlerde ele alınanlar dışındaki demir dışı metallerin üretilmesi anlamına gelir.  <sup>(2)</sup> : Kullanılan hammaddelerin içeriğine bağlı olarak izlenir.</p>		

**MET 17.** Suya verilen emisyonların azaltılması için MET, sıvıların depolanmasından kaynaklanan sızıntılardan ve demir dışı metallerin üretiminden (Waelz fırını proseslerindeki yıkama basamağı dahil) kaynaklanan atıksulardan metal ve sülfatların giderimi için aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

Teknik (1)		Uygulanabilirlik
a	Kimyasal Çökeltme	Genellikle uygulanabilir
b	Sedimentasyon (Çöktürme)	Genellikle uygulanabilir
c	Filtrasyon	Genellikle uygulanabilir
d	Yüzdürme	Genellikle uygulanabilir
e	Ultrafiltrasyon	Demir dışı metal üretiminde sadece belirli akışlara uygulanabilir
f	Aktif karbon filtrasyonu	Genellikle uygulanabilir
g	Ters osmoz	Demir dışı metal üretiminde sadece belirli akışlara uygulanabilir

(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

### MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Bakır, kurşun, kalay, çinko, kadmiyum, değerli metaller, nikel, kobalt ve ferro alaşımlarının üretiminden kaynaklanıp doğrudan bir alıcı su kütesine verilen emisyonlar için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri (MET-İES) Tablo 11.2'de verilmiştir.

Bu MET-İES'ler, emisyonun tesisatı (*ing.* installation) terk ettiği noktada geçerlidir.

**Tablo 11.2: Bakır, kurşun, kalay, çinko (Waelz fırın prosesinde yıkama aşamasından gelen atık su dahil), kadmiyum, değerli metaller, nikel, kobalt ve ferro alaşım üretiminden gelen bir alıcı su kütesine verilen doğrudan emisyonlar için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

BAT-AEL (mg/l) (günlük ortalama)						
Parametre	Metal üretiminin türü					
	Bakır	Kurşun ve/veya Kalay	Çinko ve/veya Kadmiyum	Değerli Metaller	Nikel ve/veya Kobalt	Ferro Alaşımlar
Gümüş (Ag)	ilgili değil			≤ 0,6	ilgili değil	
Arsenik (As)	≤ 0,1 (1)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,1
Kadmiyum (Cd)	0,02–0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,05
Kobalt (Co)	ilgili değil	≤ 0,1	ilgili değil		0,1–0,5	ilgili değil
Krom, toplam (Cr)	ilgili değil					≤ 0,2
Krom(VI) [Cr(VI)]	ilgili değil					≤ 0,05
Bakır (Cu)	0,05–0,5	≤ 0,2	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,5
Cıva (Hg)	0,005–0,02	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Nikel (Ni)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 2	≤ 2
Kurşun (Pb)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,2
Çinko (Zn)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 0,4	≤ 1	≤ 1

(1) : Tesisin toplam girdisinde yüksek arsenik içeriği durumunda, BAT-AEL 0,2 mg/l'ye kadar olabilir.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.2.10. Gürültü

**MET 18.** Gürültü emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

Teknik	
a	Gürültü kaynağını perdelemek için bentlerin inşası
b	gürültülü tesislerin veya öğelerinin ses emici yapılar ile çevrelenmesi
c	Ekipman için titreşim önleyici destekler ve ara bağlantıların kullanılması
d	Gürültü yayan makinelerin oryantasyonu
e	Sesi frekansını değiştir

### 11.2.11. Koku

**MET 19.** Koku emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

Teknik		Uygulanabilirlik
a	Kokulu malzemelerin uygun şekilde depolanması ve taşınması	Genellikle uygulanabilir
b	Kokulu malzemelerin kullanımını en aza indirilmesi	Genellikle uygulanabilir
c	Koku emisyonları oluşturabilecek tüm ekipmanların tasarımı, çalışması ve bakımının titizlikle yapılması	Genellikle uygulanabilir
d	Art-yakıcı veya filtrasyon tekniklerinin (biyofiltreler dahil olmak üzere) kullanılması	Sadece sınırlı durumlarda uygulanabilir (örn. karbon ve grafit sektöründe özel üretim sırasındaki emdirme aşamasında)

## 11.3. Bakır üretimi için MET sonuçları

### 11.3.1. İkincil Malzemeler

**MET 20.** İkincil malzemelerin hurdadan geri kazanım verimini arttırmak için MET, aşağıda belirtilen tekniklerin birini ya da bir kombinasyonunu kullanılarak bakır dışındaki metalik olmayan bileşenleri ve metalleri ayırmaktır.

	Teknik
a	İri gözle görünen bileşenlerin el ile ayrılması
b	Ferro metallerin manyetik olarak ayrılması
c	Alüminyumun optik teknikler veya girdap akımı ile ayrılması
d	Farklı metallerin ve metalik olmayan bileşenlerin bağıl yoğunluk farkından faydalanılarak ayrılması (farklı yoğunluklu bir akışkan veya hava kullanılarak)

### 11.3.2. Enerji

**MET 21.** Birincil bakır üretiminde enerjinin verimli kullanılabilmesi için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Bir parlamalı izabe fırını kullanarak konsantre içinde bulunan enerjinin kullanımının optimize edilmesi	Sadece yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir
b	Eritme aşamalarında açığa çıkan sıcak proses gazlarının fırın yükünü ısıtmakta kullanılması	Sadece baca (şaft) fırınlarında uygulanabilir
c	Taşıma ve depolama sırasında konsantreleri örtülmesi	Genellikle uygulanabilir
d	Birincil ergitme veya dönüştürme aşamaları sırasında üretilen fazla ısıyının bakır içeren ikincil malzemelerin eritilmesi için kullanın	Genellikle uygulanabilir
e	Anot fırınlarından gelen gazlardaki ısıyı kademeli olarak kurutma gibi diğer işlemlerde kullanılması	Genellikle uygulanabilir

**MET 22.** İkincil bakır üretiminde enerjinin verimli kullanılabilmesi için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Beslenen malzemenin su içeriğinin azaltılması	Malzemelerin nem içeriği, yaygın emisyonları azaltmak için bir teknik olarak kullanıldığında uygulanabilirlik sınırlıdır.
b	Rafinerideki elektroliti ısıtmak ve/veya kojenerasyon donanımı ile elektrik üretmek için izabe fırınında açığa çıkan fazla ısının geri kazanılmasıyla buhar üretilmesi	Ekonomik olarak uygun bir buhar talebi varsa uygulanabilir
c	Eritme veya dönüştürme işlemi sırasında oluşan fazla ısıyı kullanarak hurdaların eritilmesi	Genellikle uygulanabilir
d	Proses aşamaları arasında bekletme fırını kurulması	Sadece erimiş malzemenin tampon kapasitesine ihtiyaç duyan kesikli şekilde çalışan izabe fırınları için geçerlidir.
e	Eritme aşamalarında açığa çıkan sıcak proses gazlarını kullanarak fırın şarjının önceden ısıtılması	Sadece baca (şaft) fırınlarında uygulanabilir

**MET 23. Elektrikli rafinasyon (ing. electrorefining) ve elektrikli özütleme (ing. electrowinning) işlemlerinde enerjinin verimli kullanılabilmesi için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

Teknik		Uygulanabilirlik
a	Elektroliz tanklarının yalıtılması ve örtülmesi	Genellikle uygulanabilir
b	Elektrikli özütleme hücrelerine yüzey aktif maddelerin eklenmesi	Genellikle uygulanabilir
c	Daha düşük enerji tüketimi için aşağıdaki parametrelerin optimizasyonunu sağlayan geliştirilmiş hücre tasarımı: anot ve katot arasındaki mesafe, anot geometrisi, akım yoğunluğu, elektrolit bileşimi ve sıcaklık	Sadece yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir
d	Paslanmaz çelik katot külçelerinin kullanılması	Sadece yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir
e	Elektrotların hücreye doğru konumlandırılmasını sağlamak için otomatik katot/anot değişimi	Sadece yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir
f	Elektrotların düz ve yassı olmasını ve anodun doğru ağırlıkta olmasını kesinleştirmek için kısa devre algılama sistemleri ve kalite kontrolü	Genellikle uygulanabilir

### 11.3.3. Havaya verilen emisyonlar

**MET 24. Birincil bakır üretiminde fırınlardan ve yardımcı teçhizatlardan kaynaklardan havaya verilen ikincil emisyonları azaltmak ve emisyon azaltma sisteminin performansını optimize etmek için MET ikincil emisyonları merkezi bir atık gaz temizleme sisteminde toplamak, karıştırmak ve arıtmaktır.**

#### Açıklama

Çeşitli kaynaklardan gelen ikincil emisyonlar, her bir akışta bulunan kirletici maddeleri etkili bir şekilde arıtmak için tasarlanmış tek bir merkezi atık gaz temizleme sisteminde toplanır, karıştırılır ve muamele edilir. Kimyasal olarak uyumlu olmayan akışları karıştırmamak ve toplanan farklı akışlar arasında istenmeyen kimyasal reaksiyonları önlemek için dikkat edilmelidir.

#### Uygulanabilirlik

Uygulanabilirlik, mevcut tesislerde tasarım ve yerleşim düzeni nedeni ile sınırlanabilir.

### 11.3.3.1. Difüz emisyonlar

**MET 25.** Birincil ve ikincil malzemelerin proses öncesi ön işlemlerden (harmanlama, kurutma, karıştırma, homojenleştirme, eleme ve peletleme gibi) geçirilmesi sırasında ortaya çıkan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.

Teknik		Uygulanabilirlik
a	Tozlu malzemeler için etrafı kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemlerinin kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Karıştırma gibi tozlu materyallerle yapılan faaliyetlerin kapalı bir binada gerçekleştirilmesi	Mevcut tesislerde alan gereksinimleri nedeniyle uygulama zorlaşabilir
c	Basınçlı su fişkırtan su topları veya yağmurlama teçhizatları gibi toz bastırma sistemleri kullanılması	Kapalı alanda yapılan karıştırma işlemleri için geçerli değildir. Kuru malzemeler gerektiren işlemler için geçerli değildir. Uygulanabilirlik, su sıkıntısı olan veya çok düşük sıcaklıklara sahip bölgelerde de sınırlanabilir
d	Toz oluşturan malzemelerin kullanıldığı işlemlerde (kurutma, karıştırma, frezeleme, hava ayırma ve peletleme gibi) etrafı kapalı teçhizatlar ile birlikte bir toz azaltma sistemine bağlı bir hava tahliye sisteminin kullanılması	Genellikle uygulanabilir
e	Toz ve gaz emisyonları için hava tahliye sistemlerinin (toz ve gaz azaltma sistemi ile birlikte bir davlumbaz gibi) kullanılması	Genellikle uygulanabilir



**MET 26.** Birincil ve ikincil bakır izabe fırınlarında şarj, eritme ve döküm alma işlemlerinden ve bekletme ve eritme fırınlarından kaynaklanan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Hammaddelerin briketlenmesi ve peletlenmesi	Sadece proses ve fırın peletlenmiş hammaddeleri kullanabildiğinde uygulanabilir
b	Bir toz ve gaz azaltma sistemi ile birlikte bir hava çekme sistemi ile donatılmış tek jet brülör, sızdırmaz kapaklar <sup>(1)</sup> , kapalı konveyörler veya besleyiciler gibi şarj sistemi kullanılması	Jet brülör sadece parlamalı fırınlarda uygulanabilir
c	Fırının ve gaz yolunun negatif basınç altında ve basınç oluşumunu önlemek için yeterli bir gaz tahliye hızında çalıştırılması	Genellikle uygulanabilir
d	Şarj etme ve döküm çekme noktalarında, çıkan gazları azaltma sistemi (örn., pota fırınında dökme işlemleri için havalandırma ve gaz azaltma sistemi ile donatılmış hareketli bir kapı/bariyer ile kapatılmış yuva/tünel) ile birlikte yakalama davlumbazı/muhafazalar kullanılması	Genellikle uygulanabilir
e	Bacalı bir yuvanın içine yerleştirilip fırını muhafazaya alınması	Genellikle uygulanabilir
f	Fırının sızdırmaz olmasının sağlanması	Genellikle uygulanabilir
g	Fırındaki sıcaklığın mümkün olan en düşük seviyede tutulması	Genellikle uygulanabilir
h	Gücü artırılmış emme sistemleri <sup>(1)</sup>	Genellikle uygulanabilir
i	Difüz emisyonları toplamak için diğer tekniklerle birlikte kapalı bir binanın olması	Genellikle uygulanabilir
j	Şaft (baca) ve yüksek fırınlar için çift çan şarj sistemi kullanılması	Genellikle uygulanabilir
k	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi	Genellikle uygulanabilir
l	Döner anot fırınının boğazlarında kapakların kullanılması	Genellikle uygulanabilir
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET 27.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde Peirce-Smith konvertör (PS) fırınından kaynaklanan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.

	Teknik
a	Fırının ve gaz yolunun negatif basınç altında ve basınç oluşumunu önlemek için yeterli bir gaz tahliye hızında çalıştırılması
b	Oksijen zenginleştirme
c	Birincil emisyonları bir azaltma sistemine aktarıp toplamak için konvertörün ağzı üzerine birincil davlumbaz yerleştirilmesi
d	Malzemelerin (örn. hurda ve flaks) davlumbazdan doğru eklenmesi
e	Şarj ve döküm alma işlemleri sırasında emisyonları yakalayan ana tesisata ek olarak ikincil davlumbaz sistemi
f	Fırının kapalı bir bina içine yerleştirilmesi
g	İkincil emisyonların toplanmasının verimliliğini artırmak ve prosesin aşamasına göre hareket ettirmek için motorlu ikincil davlumbazlar kullanılması
h	Konvertörün döndürülmesi sırasında üfleme önlemek için gücü artırılmış emme sistemleri <sup>(1)</sup> ve otomatik kontrol sistemleri kullanılması
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET 28. Birincil ve ikincil bakır üretiminde Hoboken konvertör fırınından kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.**

Teknik	
a	Şarj, sıyırma ve döküm alma işlemleri sırasında fırının ve gaz yolunun negatif basınç altında çalıştırılması
b	Oksijen zenginleştirme
c	İşletme sırasında ağıza kapalı kapakların yerleştirilmesi
d	Güçü artırılmış emme sistemleri <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET 29. Mat dönüştürme prosesinden kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.**

#### Uygulanabilirlik

Sadece yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir.

**MET 30. İkincil bakır üretiminde üstten üflemlerli döner konvertör fırınından kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktadır.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Fırının ve gaz yolunun negatif basınç altında ve basınç oluşumunu önlemek için yeterli bir gaz tahliye hızında çalıştırılması	Genellikle uygulanabilir
b	Oksijen zenginleştirme	Genellikle uygulanabilir
c	Fırının kapalı bir bina içine yerleştirilmesi ve aynı zamanda şarj ve döküm alma sırasında oluşan difüz emisyonların toplanmasını ve bir azaltma sistemine aktarılmasını sağlayan tekniklerinin uygulanması	Genellikle uygulanabilir
d	Birincil emisyonların toplanması ve bir azaltma sistemine aktarılması için konvertörün ağız üzerine birincil davlumbaz yerleştirilmesi	Genellikle uygulanabilir
e	Şarj ve döküm alma sırasında oluşan emisyonların toplanması ve bir azaltma sistemine aktarılması için davlumbaz veya vinç entegreli davlumbaz kullanılması	Bir vinç entegreli davlumbaz mevcut tesisler için sadece fırının bulunduğu salonun büyük güncellemeye uğraması durumunda uygulanabilir
f	Malzemelerin (örn. hurda ve flaks) davlumbazdan doğru eklenmesi	Genellikle uygulanabilir
g	Güçü artırılmış emme sistemleri <sup>(1)</sup>	Genellikle uygulanabilir
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET 31. Cüruf konsentratörü ile bakır geri kazanımından kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin kullanılmasıdır.**

Teknik	
a	Cürufun taşınması, depolanması ve ezilmesi sırasında su spreyi gibi toz azaltma tekniklerinin kullanılması
b	Su kullanılarak taşlama ve yüzdürme yapılması
c	Kapalı bir boru hattında cürufun nihai depolama alanına su ile aktarılması
d	Gölette bir miktar su bulundurulması veya kuru alanlarda kireç sütü gibi bir toz önleyici kullanılması

**MET 32. Bakırca zengin cüruf fırını arıtmasından kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik
a	Son cürufun taşınması, depolanması ve ezilmesi için su spreyi gibi toz bastırma teknikleri
b	Fırının negatif basınçta çalıştırılması
c	Etrafı kapalı fırın
d	Emisyonları toplamak ve bir azaltma sistemine aktarmak için yuva, muhafaza ve davlumbaz
e	Kapalı oluklar

**MET 33. Birincil ve ikincil bakır üretiminde anot dökümden kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik
a	Kapalı bir döküm teknesi kullanılması
b	Kapalı bir ara potanın kullanılması
c	Döküm potasının ve döküm tamburunun üzerinde tahliye sistemi olan bir davlumbaz kullanılması

**MET 34. Elektroliz hücrelerinden kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Elektrikli özütleme hücrelerine yüzey aktif maddelerin eklenmesi	Genellikle uygulanabilir
b	Emisyonları toplamak ve bir azaltma sistemine aktarmak için kapak veya bir davlumbaz	Sadece düşük saflıkta anotlar için elektrikli özütleme hücreleri ve rafinasyon hücrelerinde uygulanabilir. Hücre sıcaklığının çalışılabilir seviyede (yaklaşık 65°C) tutulması için hücrenin üstünün açık kalması gerektiğinde uygulanamaz.
c	Elektrolit çözeltilerini aktarmak için kapalı ve sabit boru hatları	Genellikle uygulanabilir
d	Katot soyma makinesinin yıkama bölmelerinden ve anot hurdası yıkama makinesinden gaz tahliyesi	Genellikle uygulanabilir

**MET 35. Bakır alaşımlarının dökümünden kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik
a	Emisyonları toplamak ve bir azaltma sistemine aktarmak için muhafaza veya bir davlumbaz
b	Bekletme ve döküm fırınlarındaki metal eriyiği için örtü kullanılması
c	Gücü artırılmış emme sistemleri <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET 36.** Asitli ve asitsiz paklamadan kaynaklanan difüz emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin kullanılmasıdır.

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Kapalı bir devre çalışan paklama (dekapaj) hattının bir izopropanol çözeltisiyle kaplanması	Sadece sürekli çalıştırılan bakır filmaşın paklama için uygulanabilir
b	Emisyonları toplamak ve bir azaltma sistemine aktarmak için paklama (dekapaj) hattının kapsüllenmesi	Sadece sürekli çalıştırılan asitli paklama için uygulanabilir

### **11.3.3.2. Kanalize edilmiş toz emisyonları**

Bu bölümde bulunan tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri (MET-İES) Tablo 11.3'te verilmiştir.

**MET 37.** Birincil ve ikincil bakır üretimi sırasında hammaddelerin alımı, depolanması, taşınması, nakliyesi, ölçülmesi, karıştırılması, harmanlanması, ezilmesi, kurutulması, kesilmesi ve elenmesi, ve bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

**MET 38.** Birincil bakır üretiminde konsantrenin kurutulmasından kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

#### **Uygulanabilirlik**

Konsantrelerdeki yüksek organik karbon içeriği (örn. ağırlıkça yaklaşık %10) durumunda, torba filtreler kullanılabilir (torbaların körelmesinden dolayı) ve diğer teknikler (örn. ESP) kullanılabilir.

**MET 39.** Birincil bakır izabe fırınından ve konvertöründen havaya verilen toz ve metal emisyonlarını (sülfürik asit ya da sıvı SO<sub>2</sub> tesisine ya da elektrik santraline yönlendirilenler dışındakiler) azaltmak için MET, torba filtre ve/veya ıslak gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.

**MET 40.** İkincil bakır izabe fırını ve konvertöründen ve ikincil bakır ara mamullerinin işlenmesinden kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler dışındakiler) azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

**MET 41.** İkincil bakır bekletme fırınlarından kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

**MET 42.** Bakırca zengin cürufun fırın işlemlerinden kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, bir ESP ile birlikte torba filtre veya gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.

**MET 43.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde anot fırınından kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, bir ESP ile birlikte torba filtre veya gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.

**MET 44.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde anot dökümünden kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre ya da, atık gazlarının nem içeriğinin çiğlenme noktasına yakın olması durumunda ıslak gaz yıkayıcı veya bir buğu giderici kullanılmasıdır.

**MET 45.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde bakır eritme fırınından kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, fırın tipine ve kullanılan azaltma sistemine göre hammaddelerin seçilmesi ve beslenmesidir ve torba filtre kullanılmasıdır.

**Tablo 11.3:** Bakır üretimi sırasında havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET	Proses	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	MET 37	Birincil ve ikincil bakır üretimi sırasında hammaddelerin alımı, depolanması, taşınması, nakliyesi, ölçülmesi, karıştırılması, harmanlanması, ezilmesi, kurutulması, kesilmesi ve elenmesi, ve bakır çapaklarının pirolitik muamelesi	2-5 <sup>(1)</sup> ( <sup>4</sup> )
	MET 38	Birincil bakır üretiminde konsantrenin kurutulması	3-5 <sup>(2)</sup> ( <sup>4</sup> )( <sup>5</sup> )
	MET 39	Birincil bakır izabe fırını ve konvertörü (sülfürik asit ya da sıvı SO <sub>2</sub> tesisine ya da elektrik santraline yönlendirilen emisyonlar hariç)	2-5 <sup>(3)</sup> ( <sup>4</sup> )
	MET 40	İkincil bakır izabe fırını ve konvertörü, ve ikincil bakır ara mamullerinin işlenmesi (sülfürik asit tesisine yönlendirilen emisyonlar hariç)	2-4 <sup>(2)</sup> ( <sup>4</sup> )
	MET 41	İkincil bakır bekletme fırını	≤ 5 <sup>(1)</sup>
	MET 42	Bakırca zengin cürufun fırın işlemleri	2-5 <sup>(1)</sup> ( <sup>6</sup> )
	MET 43	Anot fırını (birincil ve ikincil bakır üretiminde)	2-5 <sup>(2)</sup> ( <sup>4</sup> )
	MET 44	Anot döküm (birincil ve ikincil bakır üretiminde)	≤ 5-15 <sup>(2)</sup> ( <sup>7</sup> )
	MET 45	Bakır eritme fırını	2-5 <sup>(2)</sup> ( <sup>8</sup> )

(<sup>1</sup>) : Örneklem periyodu boyunca ortalama.  
(<sup>2</sup>) : Günlük ortalama ya da örneklem periyodu boyunca ortalama.  
(<sup>3</sup>) : Günlük ortalama.  
(<sup>4</sup>) : Ağır metal emisyonları aşağıdaki derişimlerin üzerinde olduğunda, toz emisyonlarının verilen aralığın alt ucuna doğru olması beklenir: kurşun için 1 mg/Nm<sup>3</sup>, bakır için 1 mg/Nm<sup>3</sup>, arsenik için 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, kadmiyum için 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>.  
(<sup>5</sup>) : Kullanılan konsantreler yüksek bir organik karbon içeriğine (örneğin, ağırlıkça yaklaşık% 10) sahip olduğunda, 10 mg/Nm<sup>3</sup>'e kadar emisyon derişimleri beklenebilir.  
(<sup>6</sup>) : Kurşun emisyonları 1 mg/Nm<sup>3</sup>'ün üzerinde olduğu zaman toz emisyonlarının, aralığın alt ucuna doğru olması beklenir.  
(<sup>7</sup>) : Aralığın alt ucu bir torba filtrenin kullanılması ile ilişkilidir.  
(<sup>8</sup>) : Bakır emisyonları 1 mg/Nm<sup>3</sup>'ün üzerinde olduğu zaman toz emisyonlarının verilen aralığın alt ucuna doğru olması beklenir.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.3.3.3. Organik bileşik emisyonları

**MET 46.** Bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ikincil hammaddelerin kurutulması, ergitilmesi ve eritilmesinden kaynaklanan organik bileşiklerin havaya verilen emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Art yakıcı veya art yanma odası veya rejeneratif termal oksitleyici kullanılması	Uygulanabilirlik, daha düşük bir enerji içeriğine sahip atık gazlar daha yüksek yakıt kullanımı gerektirdiğinden, artırılması gereken atık gazların enerji içeriği ile sınırlanır.
b	Bir torba filtre ile birlikte adsorbant enjeksiyonu kullanılması	Genellikle uygulanabilir
c	Mevcut hammaddelere göre fırının ve azaltma tekniklerinin tasarlanması	Sadece yeni fırınlarda ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut fırınlarda uygulanabilir
d	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi	Genellikle uygulanabilir
e	Fırınlarda yüksek sıcaklıklarda TVOC'nun termal tahribatı (>1000 °C)	Genellikle uygulanabilir
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.4.

**Tablo 11.4:** Bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ikincil hammaddelerin kurutulması, ergitilmesi ve eritilmesinden kaynaklanan organik bileşiklerin havaya verilen TVOC emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
TVOC	3–30
<sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	
<sup>(2)</sup> : Aralığın alt ucu bir rejeneratif termal oksitleyici kullanılması ile ilişkilidir.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 47.** Hidrometalurjik bakır üretiminde çözücü ekstraksiyonundan kaynaklanan organik bileşik emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen her iki tekniği de kullanmak ve uçucu organik bileşiklerin emisyonlarını senede bir belirlemektir (*örn.* kütle dengesi yoluyla).

	Teknik
a	Düşük buhar basıncına sahip bir proses reaktifinin (çözücü) kullanılması
b	Kapalı karıştırma tankları, kapalı çöktürücüler ve kapalı depolama tankları gibi kapalı ekipmanların kullanılması

**MET 48.** İkincil bakır üretiminde bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ergitme, eritme, ateşte rafinasyon (*ing. fire refining*) ve dönüştürme işlemlerinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.

	Teknik
a	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi
b	Organik bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarının optimize edilmesi
c	Küçük bir hammadde eklemesi sağlamak için yarı kapalı bir fırın için şarj sistemlerini kullanılması
d	Fırında yüksek sıcaklıklarda (>850 °C) PCDD/F'nin ısı ile tahrib edilmesi
e	Oksijen enjeksiyonu fırının üst bölgesinden yapılması
f	İç brülör sistemi tesis edilmesi
g	Art yakıcı veya art yanma odası veya rejeneratif termal oksitleyici kullanılması <sup>(1)</sup>
h	>250 °C sıcaklıklarda, yüksek miktarda toz oluşturan egzoz sistemlerinden kaçınılması
i	Hızlı suverme <sup>(1)</sup>
j	Etkin bir toz toplama sistemi ile birlikte adsorpsiyon kimyasalının enjeksiyonu <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.5.

**Tablo 11.5:** Bakır İkincil bakır üretiminde bakır çapaklarının pirolitik muamelesinden ve ergitme, eritme, ateşte rafinasyon ve dönüştürme işlemlerinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
PCDD/F	≤ 0,1
<sup>(1)</sup> : En az altı saat boyunca yapılan ölçümlerin ortalaması	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.3.3.4. Sülfür dioksit emisyonları

Bu bölümde bulunan tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET 49.** Birincil ve ikincil bakır üretiminden kaynaklanıp havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonlarını (sülfürik asit ya da sıvı SO<sub>2</sub> tesisine ya da elektrik santraline yönlendirilenler dışındakiler) azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Kuru veya yarı kuru gaz yıkayıcı	Genellikle uygulanabilir
b	Islak gaz yıkayıcı	Uygulanabilirlik aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir: - Çok yüksek atık gaz debisi (üretilen önemli miktardaki atık ve atıksu nedeniyle) - kurak bölgelerde (gerekli olan büyük miktardaki su ve atıksuyun artırılması ihtiyacı nedeniyle)
c	Polieter bazlı adsorpsiyon/desorpsiyon sistemi	İkincil bakır üretiminde uygulanamaz. Sülfürik asit veya sıvı SO <sub>2</sub> tesisinin mevcut olmadığı tesislerde uygulanabilir değildir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.6.

**Tablo 11.6: Birincil ve ikincil bakır üretiminden kaynaklanıp havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit ya da sıvı SO<sub>2</sub> tesisine ya da elektrik santraline yönlendirilenler dışındakiler) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.**

Parametre	Proses	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
SO <sub>2</sub>	Birincil bakır üretimi	50–500 <sup>(2)</sup>
	İkincil bakır üretimi	50–300
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.		
(2) : Bir ıslak gaz yıkayıcı veya düşük sülfür içeriğine sahip konsantreler kullanıldığında, MET-İES seviyesi 350 mg/Nm <sup>3</sup> 'e kadar olabilir.		

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10' dadır.

### 11.3.3.5. Asit emisyonları

**MET 50.** Elektrikli özütleme hücreleri, elektrikli rafınasyon hücreleri, katot soyma makinesinin yıkama bölmesi ve anot hurdası yıkama makinasından havaya verilen asit gaz emisyonlarını azaltmak için MET, ıslak gaz yıkayıcı veya buğu giderici kullanılmasıdır.

### 11.3.4. Toprak ve yeraltısuyu

**MET 51.** Cüruf konsentratöründeki bakır geri kazanılması işlemleri sonucu toprak ve yeraltısuyunun kirlenmesini önlemek için MET, soğutma alanlarında bir drenaj sistemi kullanmak ve, taşan suların toplanması ve sıvı sızıntısından kaçınmak için nihai cüruf depolama alanının doğru bir tasarımının yapılmasıdır.

**MET 52.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde elektroliz işlemleri sonucu toprak ve yeraltısuyunun kirlenmesini önlemek için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.

	Teknik
a	Sızdırmazlığı sağlanmış bir drenaj sisteminin kullanılması
b	Geçirimsiz ve aside dayanıklı zeminlerin tesis edilmesi
c	Elektroliz hücrelerinin geçirimsiz zemini ve kimyasallara dirençli havuzlama alanı içine yerleştirilmesi ya da çift duvarlı tankların kullanılması

### 11.3.5. Atıksu üretimi

**MET 53.** Birincil ve ikincil bakır üretiminde atıksu üretimini önlemek için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.

	Teknik
a	Buhar kondensinin, elektroliz hücrelerini ısıtmak, bakır katotlarını yıkamak kullanılması veya buhar kazanına geri gönderilmesi
b	Soğutma alanından, yüzdürme prosesinden ve cüruf konsantresi proseslerinde son cürufu aktaran hidro transfer hatlarından çıkan suların tekrar kullanılması
c	Asitli paklama çözeltilerinin ve durulama suyunun geri kazanılması
d	Hidrometalurjik bakır üretiminin solvent ekstraksiyonu aşamasındaki kalıntıların, organik çözelti içeriğinin geri kazanılması için artırılması
e	Hidrometalurjik bakır üretiminin solvent ekstraksiyonu aşamasında temizlikten sonra ortaya çıkan ve çöktürücülerden gelen ince çamurun santrifüj edilmesi
f	Elektrikli özütleme ve/veya liç ( <i>ing.</i> , leaching) prosesindeki metal giderimi aşamasından sonra ortaya çıkan tükenmiş elektroliz suyunun tekrar kullanılması



## 11.3.6. Atık

**MET 54.** Birincil ve ikincil bakır üretiminden kaynaklanıp bertarafa gönderilen atık miktarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak işlemlerin düzenlenip proses artıklarının tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır; ya da bu başarılmıyorsa proses artıklarının geri dönüştürülmesidir.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Toz azaltma sisteminden gelen toz ve balçıktaki ( <i>ing. slime</i> ) metallerin geri kazanılması	Genellikle uygulanabilir
b	SO <sub>2</sub> azaltma sistemlerinde elde edilen kalsiyum bileşiklerinin ( <i>örn.</i> , jips/alçıtaşı) yeniden kullanılması veya satılması	Uygulanabilirlik, metal içeriğine ve piyasadaki talebe bağlı olarak kısıtlanabilir
c	Tüklenen katalizörlerin rejenere edilmesi veya geri dönüştürülmesi	Genellikle uygulanabilir
d	Atıksu arıtma sisteminden çıkan balçıktan metalin geri kazanılması	Uygulanabilirlik, metal içeriğine ve malzemenin pazarlanabileceği bir piyasanın veya kullanılabilirliği bir prosesin mevcudiyetine bağlı olarak kısıtlanabilir
e	Liç prosesinde veya alçıtaşı üretimi için zayıf asit kullanılması	Genellikle uygulanabilir
f	Cüruf fırını veya cüruf yüzdürme tesisinden gelen zengin cüruftan bakır içeriğinin geri kazanılması	
g	Fırınlardan çıkan son cürufun, aşındırıcı malzeme olarak veya (yol) inşaat malzemesi olarak veya başka bir uygulamada kullanılması	Uygulanabilirlik, metal içeriğine ve malzeme için bir piyasanın/prosesin mevcudiyetine bağlı olarak kısıtlanabilir
h	Fırın astarının metallerin geri kazanımı için kullanılması veya refrakter malzeme olarak tekrar kullanılması	
i	Cüruf yüzdürmeden gelen cürufun, aşındırıcı malzeme olarak veya inşaat malzemesi olarak veya başka bir uygulamada kullanılması	
j	Eritme fırınlarında yüzeyden sıyrılmış malzemenin ( <i>ing. skimming</i> ) metal içeriğini geri kazanılması	Genellikle uygulanabilir
k	Tükünmüş elektrolit suyundaki bakır ve nikelin geri kazanılması. Geriye kalan asitin yeni elektrolit yapılmasında veya alçıtaşı üretiminde kullanılması	
l	Tüklenen anodun bir soğutma malzemesi olarak pirometalurjik bakır rafinasyonu veya yeniden eritmede kullanılması	
m	Anot balçığından değerli metallerin geri kazanılması	
n	Atık su arıtma tesisinde oluşan alçıtaşının pirometalurjik proseslerde kullanılması veya satılması	Uygulanabilirlik, üretilen alçıtaşının kalitesine bağlı olarak kısıtlanabilir
o	Atıksu arıtma çamurundan metallerin geri kazanılması	Genellikle uygulanabilir
p	Hidrometalurjik bakır prosesinde tüketilmiş elektrolitin liç işleminde reaktif olarak tekrar kullanılması	Uygulanabilirlik, metal içeriğine ve malzeme için bir piyasanın/prosesin mevcudiyetine bağlı olarak kısıtlanabilir
q	Haddelemede oluşan bakır pullarının bir bakır izabe fırınında geri dönüştürülmesi	Genellikle uygulanabilir
r	Kullanılmış asitli paklama çözeltilerinden metallerin geri kazanılması ve temizlenen çözeltilerin tekrar kullanılması	

## 11.4. Alümina ve anot üretimi dahil alüminyum üretimi için BAT sonuçları

### 11.4.1. Alümina üretimi

#### 11.4.1.1. Enerji

**MET 55.** Boksitten alümina üretiminde enerjinin verimli kullanılabilmesi için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

	Teknik	Tanım	Uygulanabilirlik
a	Plakalı ısı değiştirici	Palakalı ısı değiştiriciler, şok soğutma gibi tekniklere göre, çökelme bölgesine akan likörden daha yüksek ısı geri kazanımına izin vermektedir.	Eğer kondens dengesi ve likörün durumu izin veriyor ise ve soğutma sıvısındaki enerji işlemde tekrar kullanılabiliriyorsa uygulanabilir.
b	Dolaşımli akışkan yataklı kalsinasyon fırını ( <i>ing.</i> , calciner)	Dolaşımli akışkan yataklı kalsinasyon fırını, döner fırınlara göre çok daha yüksek enerji verimine sahiptir, çünkü alüminadan ve baca gazından ısı geri kazanımı daha fazladır	Sadece izabe fırını nitelikli alüminalar için geçerlidir. Diğer nitelikteki alüminalara uygulanamaz, çünkü bunlar şuan sadece bir döner fırın ile elde edilebilen daha yüksek bir düzeyde kalsinasyon gerektir.
c	Tek akışlı sindirim tasarımı	Bulamaç ( <i>ing.</i> slurry) tek devirde basınçlı buhar kullanmadan ısıtılır böylece bulamaç seyremez (çift akışlı sindirici tasarımına kıyasla)	Sadece yeni tesisler için uygulanabilir
d	Boksit seçimi	Daha yüksek nem içeriğine sahip boksit, prosese daha fazla su taşır ve bu da buharlaşma için enerji ihtiyacını artırır. Ayrıca, yüksek bir monohidrat içeriğine (boehmit ve/veya diyaspör) sahip boksitler, sindirim sürecinde daha yüksek bir basınç ve sıcaklık gerektirir ve bu da daha yüksek enerji tüketimine yol açar.	Bazı tesisler, belirli bir kalitedeki boksitler için özel olarak tasarlandığından, tesisin özel tasarımıyla ilgili kısıtlamalar dahilinde uygulanabilir, bu da alternatif boksit kaynaklarının kullanımını sınırlar.

#### 11.4.1.2. Havaya verilen emisyonlar

**MET 56.** Alümina kalsinasyonundan kaynaklanıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, bir ESP veya bir torba filtre kullanılmasıdır.

#### 11.4.1.3. Atık

**MET 57.** Alümina üretiminden kaynaklanıp bertarafa gönderilen atık miktarının azaltılması ve boksit artıklarının bertarafının iyileştirilmesi için MET, aşağıda verilen tekniklerin her ikisinin de kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Nem içeriğini en aza indirmek için sıkıştırmak suretiyle boksit kalıntılarının hacminin azaltılması, <i>örn.</i> yarı kuru bir kek oluşturmak için vakum veya yüksek basınçlı filtreler kullanılması
b	Boksit kalıntılarının bir düzenli depolama sahasında ( <i>ing.</i> landfill) bertaraf edilmesini sağlamak için kalıntılardaki alkalinitenin azaltılması/en aza indirilmesi

## 11.4.2. Anot üretimi

### 11.4.2.1. Havaya verilen emisyonlar

#### 11.4.2.1.1. Anot pastası (macunu) üretiminde toz, PAH ve florür emisyonları

**MET 58.** Anot pastası üretiminde havaya verilen toz emisyonlarının azaltılması (kok depolaması ve öğütme gibi işlemlerden kok tozunun giderilmesi) için MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.7.

**MET 59.** Anot pastası üretiminde (sıcak zift depolama, pasta karıştırma, soğutma ve şekillendirme) havaya verilen toz ve PAH emisyonlarının azaltılması (kok depolaması ve öğütme gibi işlemlerden kok tozunun giderilmesi) için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Torba filtre ardından gelen ve koku adsorbent madde (ön soğutmalı veya soğutmasız) olarak kullanan kuru gaz yıkayıcı
b	Rejeneratif termal oksitleyici
c	Katalitik termal oksitleyici
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.7.

**Tablo 11.7:** Anot pastası üretiminde havaya verilen toz ve BaP (bir PAH indikatörü olarak) emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	Proses	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	- Sıcak zift depolama, karıştırma, soğutma ve şekillendirme - Kok depolaması ve öğütme gibi işlemlerden kok tozunun giderilmesi	2-5 <sup>(1)</sup>
BaP	Sıcak zift depolama, karıştırma, soğutma ve şekillendirme	0,001-0,01 <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.		
<sup>(2)</sup> : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.		

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.2.1.2. Pişirme işleminden kaynaklanan toz, kükürt dioksit, PAH ve florür emisyonları

**MET 60.** Birincil alüminyum izabe fırını ile entegre bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, PAH ve florür emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da birkaçının birlikte kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Düşük miktarda sülfür içeren hammaddelerin ve yakıtların kullanılması	SO <sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için genel olarak uygulanabilir
b	Torba filtre ardından gelen ve alüminayı adsorbent madde olarak kullanan kuru gaz yıkayıcı	Toz, PAH ve florür emisyonlarını azaltmak için genel olarak uygulanabilir
c	Islak gaz yıkayıcı	Toz, SO <sub>2</sub> , PAH ve florür emisyonlarının azaltılması için uygulanabilirlik aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir: - Çok yüksek atık gaz debisi (üretilen önemli miktardaki

## Bölüm 11

		atık ve atıksu nedeniyle) - kurak bölgelerde (gerekli olan büyük miktardaki su ve atıksuyun artırılması ihtiyacı nedeniyle)
d	Bir toz azaltma sistemi ile birlikte rejeneratif termal oksitleyici	Toz ve PAH emisyonlarını azaltmak için genel olarak uygulanabilir
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.8.

**Tablo 11.8: Birincil alüminyum izabe fırını ile entegre bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, BaP (bir PAH indikatörü olarak) ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	2-5 (1)
BaP	0,001-0,01 (2)
HF	0,3-0,5 (1)
Toplam Florürler	≤ 0,8 (2)
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	
(2) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 61.** Müstakil olan bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, PAH ve florür emisyonlarının azaltılması için MET, kuru bir gaz yıkayıcıyı (örn. kireç yatağı) takiben bir ön-filtreleme ünitesi ve bir rejeneratif termal oksitleyici kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: bkz. Tablo 11.9.

**Tablo 11.9:** Müstakil olan bir anot üretim tesisindeki pişirme işleminden kaynaklanıp havaya verilen toz, kükürt dioksit, BaP (bir PAH indikatörü olarak) ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	2–5 <sup>(1)</sup>
BaP	0,001–0,01 <sup>(2)</sup>
HF	≤ 3 <sup>(1)</sup>
(1) : Günlük ortalama.	
(2) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.2.2. Atıksu Üretimi

**MET 62.** Anodun pişirilmesinden kaynaklanan atıksu oluşumunu önlemek için MET, kapalı bir su döngüsü kullanmaktır.

##### Uygulanabilirlik

Genellikle yeni tesislerde ve büyük güncellemeye tabi olacak mevcut tesislerde uygulanabilir. Su kalitesi ve/veya ürün kalitesi gereksinimleri nedeniyle uygulanabilirlik sınırlanabilir.

#### 11.4.2.3. Atık

**MET 63.** Bertaraf için gönderilen atık miktarını azaltmak için MET, kok filtresinden çıkan karbon tozunu gaz yıkayıcılarda kullanarak geri dönüştürmektir.

##### Uygulanabilirlik

Karbon tozunun kül içeriğine bağlı olarak uygulanabilirlik sınırlanabilir.

### 11.4.3. Birincil alüminyum üretimi

#### 11.4.3.1. Havaya verilen emisyonlar

**MET 64.** Söderberg teknolojisini kullanan birincil alüminyum üretiminde elektrolitik hücrelerden gelen difüz emisyonları önlemek veya toplamak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birkaçını bir arada kullanmaktadır.

	Teknik
a	%25 ila %28 arasında (kuru pasta) zift içeriği olan pasta kullanılması
b	Kapalı nokta besleme işlemlerine izin vermek ve daha iyi atık gaz toplanmasını sağlamak için manifold tasarımının geliştirilmesi
c	Nokta alümina besleme
d	BAT 67’de açıklanan arıtma ile birlikte anot yüksekliğinin artırılması
e	BAT 67’de açıklanan arıtma bağlantılı olarak yüksek akım yoğunluklu anotlar kullanıldığında anodun yukarısına bir muhafaza/kaput yerleştirilmesi

#### Açıklama

MET 64.c: Alüminanın nokta beslenmesi, düzenli kabuk kırılmasını önler (elle yan besleme veya çubuk beslemesi sırasında olduğu gibi) ve dolayısıyla ilgili florür ve toz emisyonlarını azaltır.

MET 64.d: Artırılmış anot yüksekliği, anodun tepesinde daha düşük sıcaklıklar oluşmasına yardımcı olur ve bunun sonucu havaya daha düşük miktarda emisyon verilir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.12.

**MET 65.** Ön-pişirilmiş anotlar kullanan birincil alüminyum üretiminde elektrolitik hücrelerden gelen difüz emisyonları önlemek veya toplamak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birkaçını bir arada kullanmaktadır.

	Teknik
a	Otomatik çok noktadan alümina beslemesi
b	Banyo ve karbon anot tüketiminden florür oluşumunu göz önünde bulundurarak, hücrenin tamamen bir muhafaza ile örtülmesi ve yeterli gaz tahliye hızlarının temini (atık gazın MET 67’de açıklanan arıtmaya iletilmesini sağlayacak kadar)
c	MET 67’de listelenen azaltma tekniklerine bağlantısı yapılmış gücü artırılmış emme sistemi
d	Anotların değiştirilmesi ve hücre kapaklarının açılmasını gerektiren diğer faaliyetlerin süresinin en aza indirilmesi
e	Hücre evrimi ve emisyon artışına yol açabilecek proses sapmalarının önleyebilen verimli proses kontrol sistemi
f	Hücre işlemleri ve bakımı için programlanmış bir sistemin kullanılması
g	Florür ve karbonu geri kazanmak için çubuklama biriminde müesseses, verimli temizleme yöntemlerinin kullanılması
h	Çıkarılmış anotların MET 67’de açıklanan arıtmaya bağlantısı yapılmış hücre yakınındaki bir bölmede depolanması veya kapalı kutularda depolanması

#### Uygulanabilirlik

MET 65.c ve h, mevcut tesislerde uygulanamaz.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.12.

#### 11.4.3.1.1. Kanalizasyon edilmis toz ve florür emisyonları

**MET 66.** Hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan toz emisyonlarını azaltmak için MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.10,

**Tablo 11.10:** Hammaddelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5–10 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 67.** Elektrolitik hücrelerden çıkan toz, metal ve florür emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıdaki tekniklerden birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Bir torba filtre ardından gelen ve alüminayı adsorbent madde olarak kullanan kuru gaz yıkayıcı	Genellikle uygulanabilir
b	Bir torba filtre ve ıslak gaz yıkayıcı ardından gelen ve alüminayı adsorbent madde olarak kullanan kuru gaz yıkayıcı	Uygulanabilirlik aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir: - Çok yüksek atık gaz debisi (üretilen önemli miktardaki atık ve atıksu nedeniyle) - kurak bölgelerde (gerekli olan büyük miktardaki su ve atıksuyun artırılması ihtiyacı nedeniyle)
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.11 ve Tablo 11.12.

**Tablo 11.11:** Elektrolitik hücrelerden çıkan toz ve florür emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	2–5 <sup>(1)</sup>
HF	≤ 1,0 <sup>(1)</sup>
Toplam Florürler	≤ 1,5 <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	
<sup>(2)</sup> : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.4.3.1.2. Toplam toz ve florür emisyonları

Elektroliz binasından (elektrolitik hücrelerden ve çatı deliklerinden toplanan) havaya verilen toplam toz ve flor emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.12.

**Tablo 11.12: Elektroliz binasından (elektrolitik hücrelerden ve çatı deliklerinden toplanan) havaya verilen toplam toz ve flor emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET	Mevcut tesisler için MET-İES (kg/t Al) <sup>(1)</sup> ( <sup>2</sup> )	Yeni tesisler için MET-İES (kg/t Al) <sup>(1)</sup>
Toz	BAT 64, BAT 65 ve BAT 67 kombinasyonu	≤ 1,2	≤ 0,6
Toplam Florürler		≤ 0,6	≤ 0,35

(<sup>1</sup>) : Elektroliz binasından bir yıl boyunca salınan kirletici kütlesi aynı yıl içinde üretilen sıvı alüminyum kütlesi ile bölünerek hesaplanır.  
(<sup>2</sup>) : Bu MET-İES'ler, konfigürasyonları nedeniyle çatı emisyonlarının ölçülemediği tesislerde uygulanamaz.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 68.** Birincil alüminyum üretiminde eritme ve erimiş metal işleme ve dökümden kaynaklanarak havaya verilen toz ve metal emisyonlarını önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Elektrolizden gelen sıvı metalin ve boya, plastik veya yağ gibi maddeler içermeyen kontamine olmamış alüminyum malzemelerin ( <i>örn.</i> kalite ile ilgili nedenlerle kesilen kütüklerin alt ve üst kısımları) kullanılması
b	Torba filtre <sup>(1)</sup>

(<sup>1</sup>) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.13.

**Tablo 11.13: Birincil alüminyum üretiminde eritme ve erimiş metal işleme ve dökümden kaynaklanarak havaya verilen toz ve metal emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup> ( <sup>2</sup> )
Toz	2–25

(<sup>1</sup>) : Bir yıl boyunca örneklenen numunelerin ortalaması.  
(<sup>2</sup>) : Aralığın alt ucu bir torba filtrenin kullanılması ile ilişkilidir.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.



#### 11.4.3.1.3. Kükürt dioksit emisyonları

**MET 69.** Elektrolitik hücrelerden havaya verilen emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Düşük sulfur içeriğine sahip anotların kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Islak gaz yıkayıcı	Uygulanabilirlik aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir: - Çok yüksek atık gaz debisi (üretilen önemli miktardaki atık ve atıksu nedeniyle) - kurak bölgelerde (gerekli olan büyük miktardaki su ve atıksuyun artırılması ihtiyacı nedeniyle)
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

#### Açıklama

MET 69.a: Yıllık ortalaması %1,5'ten az sülfür içeren anotlar, kullanılan hammaddelerin uygun bir karışımı ile üretilebilir. Elektrolitik işlemin yürütülebilmesi için yıllık ortalama olarak %0,9'luk kükürt içeriği gereklidir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** bkz. Tablo 11.14.

**Tablo 11.14: Elektrolitik hücrelerden havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (kg/t Al) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
SO <sub>2</sub>	≤ 2,5–15 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> : Bir yıl boyunca salınan kirletici kütlesi aynı yıl içinde üretilen sıvı alüminyum kütlesi ile bölünerek hesaplanır.	
<sup>(2)</sup> : Aralığın alt ucu, ıslak gaz yıkayıcı kullanımı ile ilişkilidir. Aralığın üst ucu, düşük kükürt anotlarının kullanımı ile ilişkilidir.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.3.1.4. Perflorokarbon emisyonları

**MET 70.** Birincil alüminyum üretiminden havaya verilen perflorokarbon emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin hepsinin bir arada kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Otomatik çoklu nokta alümina beslemesi	Genellikle uygulanabilir
b	Elektroliz işleminin, aktif hücrelerin veri tabanlarına ve hücre işletim parametrelerinin izlenmesine dayalı bilgisayarlı kontrolü	Genellikle uygulanabilir
c	Anot etkisini otomatik bastırma	Söderberg hücrelerine uygulanamaz, çünkü anot tasarımı (tek parça) bu teknikle ilişkili banyo akışına izin vermez

#### Açıklama

MET 70.c: Anot etkisi, elektrolitin alümina içeriği %1-2'nin altına düştüğünde gerçekleşir. Anot etkileri sırasında alümina ayrıştırma yerine, kriyolit banyosu metal ve florür iyonlarına ayrıştırır; florür, karbon anodu ile reaksiyona giren gaz halinde perflorokarbonların meydana gelmesine neden olur.

#### 11.4.3.1.5. PAH ve CO emisyonları

**MET 71.** Söderberg teknolojisini kullanan birincil alüminyum üretiminden havaya verilen CO ve PAH emisyonlarını azaltmak için MET, hücreden çıkan gazın içindeki CO ve PAH'ın yakılmasıdır.

#### 11.4.3.2. Atıksu üretimi

**MET 72.** Atıksu oluşumunu önlemek için MET, soğutma suyu ve arıtılmış atıksuların (yağmur suyu da dahil) proses içinde tekrar kullanılması veya geri dönüştürülmesidir.

#### Uygulanabilirlik

Yeni tesislerde ve büyük güncellemelere tabi olacak tesislerde genellikle uygulanabilir. Su kalitesi ve/veya ürün kalitesi gereksinimleri nedeniyle uygulanabilirlik sınırlanabilir. Yeniden kullanılan veya geri dönüştürülen soğutma suyu, arıtılmış atık su ve yağmur suyu miktarı, proses için ihtiyaç duyulan su miktarından daha yüksek olamaz.

#### 11.4.3.3. Atık

**MET 73.** Bertaraf edilmesi gereken tükenmiş pota astarının miktarını azaltmak için MET, sahadaki işlemlerin düzenlenerek son tüketicinin gereksinimlerine göre; çimento üretiminde, tuzlu cüruf geri kazanımı prosesinde, karbonlaştırıcı olarak çelik veya ferro alaşım sanayiinde veya ikincil hammadde (örn. taş yünü) olarak tesis dışında geri dönüşümünü kolaylaştırmaktır.

#### 11.4.4. İkincil alüminyum üretimi

##### 11.4.4.1. İkincil malzemeler

**MET 74.** Hammaddelerin verimini arttırmak için MET, metal olmayan bileşenleri ve alüminyum dışındaki metalleri, işlenen malzemelerin bileşenlerine bağlı olarak aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılarak ayrılmasıdır.

	Teknik
a	Ferro metallerin manyetik olarak ayrılması
b	Alüminyumun girdap akımlar yaratarak (hareketli elektromanyetik alanlar kullanarak) diğer bileşenlerden ayrılması
c	Farklı metallerin ve metalik olmayan bileşenlerin bağlı yoğunluk farkından faydalanılarak ayrılması (farklı yoğunluklu bir akışkan kullanılarak)

##### 11.4.4.2. Enerji

**MET 75.** Enerjiyi verimli kullanmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Fırın şarjını egzoz gazı ile ön ısıtılması	Sadece döner olmayan fırınlar için geçerlidir
b	Yanmamış hidrokarbonlu gazların brülör sistemine devridaim edilmesi	Yalnızca yalama yalazlı fırınlar ve kurutucular için geçerlidir
c	Doğrudan kalıplama için sıvı metal tedarigi	Uygulanabilirlik, ulaşım için gereken süreye göre sınırlıdır (azami 4-5 saat)

##### 11.4.4.3. Havaya verilen emisyonlar

**MET 76.** Havaya verilen emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, santrifüjleme ve/veya kurutma <sup>(1)</sup> kullanarak, eritme aşamasından önce yağ ve organik bileşiklerin talaştan uzaklaştırılmasıdır.

(<sup>1</sup>) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

##### Uygulanabilirlik

Santrifüjleme, sadece kurutmadan önce uygulandığında yüksek oranda yağ ile kirlenmiş talaşa uygulanabilir. Fırın ve emisyon azaltma sistemi organik malzeme ile baş edebilecek şekilde tasarlanmışsa, yağ ve organik bileşiklerin uzaklaştırılması gerekli olmayabilir.

##### 11.4.4.3.1. Difüz emisyonlar

**MET 77.** Artıkların ön arıtılmasından kaynaklanan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Hava tahliye sistemi olan kapalı veya pnömatik konveyörler
b	Hava tahliye sistemi olan şarj ve deşarj noktaları için muhafaza veya davlumbazlar

**MET 78.** Eritme fırınlarında doldurma ve boşaltılma/döküm alınma sırasında açığa çıkan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Fırın kapağının ve fırın döküm deliğinin üstüne filtreleme sistemine bağlı atık gaz tahliye tesisatı olan bir davlumbaz yerleştirilmesi	Genellikle uygulanabilir
b	Hem şarj hem de döküm alma alanlarını kapsayan duman toplama tesisatı	Sadece hareketsiz tamburlu fırınlarda uygulanabilir
c	Sızdırmaz fırın kapağı <sup>(1)</sup>	Genellikle uygulanabilir
d	Sızdırmazlıklı şarj arabası (vagoneti)	Sadece dönmeyen tamburlu fırınlarda uygulanabilir
e	İhtiyaç duyulan prosese göre modifiye edilebilen gücü artırılmış emme sistemi <sup>(1)</sup>	Genellikle uygulanabilir

(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

#### Açıklama

MET 78.a ve b: Prosesten çıkan atık gazları toplamak ve taşımak için tavana hava tahliyesi olan bir muhafaza tertip edilmesinden oluşur.

MET 78.d: Hurda boşaltma sırasında açık fırın kapısının karşısında şarj arabası bulunur ve bu aşamada fırın sızdırmazlığını sürdürür.

**MET 79.** Sıyrılan cüruf/kül dışık arıtmasından kaynaklanan emisyonları azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Fırından sıyrıldıktan hemen sonra cüruf/kül dışıklarının içinde inert gaz olan kapalı sızdırmaz kaplarda soğutulması
b	Sıyrılan cüruf/kül dışıklarının ıslanmasının önlenmesi
c	Hava tahliye ve emisyon azaltma sistemi olan bir tesisat ile sıyrılan cüruf/kül dışıklarının sıkıştırılması

#### 11.4.4.3.2. Kanalize edilmiş toz emisyonları

**MET 80.** İkincil alüminyum üretiminde; talaş kurutma ve talaştan yağ ve organik madde giderilmesi, metalik olmayan bileşenlerin ve alüminyum dışındaki metallerin parçalanması/öğütülmesi, frezelenmesi ve kuru olarak ayrılması; depolama, taşıma ve nakliye işlemleri sırasında ortaya çıkan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.15.

**Tablo 11.15:** İkincil alüminyum üretiminde; talaş kurutma ve talaştan yağ ve organik madde giderilmesi, metalik olmayan bileşenlerin ve alüminyum dışındaki metallerin parçalanması/öğütülmesi, frezelenmesi ve kuru olarak ayrılması; depolama, taşıma ve nakliye işlemleri sırasında ortaya çıkan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5

(1) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10' dadır.

**MET 81.** İkincil alüminyum üretiminde şarj, eritme, döküm alma ve erimiş metalin işlenmesi gibi fırın proseslerinden kaynaklanan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.16.

**Tablo 11.16:** İkincil alüminyum üretiminde şarj, eritme, döküm alma ve erimiş metalin işlenmesi gibi fırın proseslerinden kaynaklanan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2-5
<sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 82.** İkincil alüminyum üretiminde yeniden eritmeden kaynaklanarak havaya verilen toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Boya, plastik veya yağ gibi maddeler içermeyen kontamine olmamış alüminyum malzemelerin ( <i>örn.</i> alüminyum kütükleri) kullanılması
b	Toz emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarının optimize edilmesi
c	Torba filtre

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.17.

**Tablo 11.17:** İkincil alüminyum üretiminde yeniden eritmeden kaynaklanarak havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
Toz	2-5
<sup>(1)</sup> : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	
<sup>(2)</sup> : Toz emisyonu 1 kg/saat'in altında olan, sadece kirlenmemiş hammaddeyi kullanmak için tasarlanmış ve kullanan fırınlarda bir yıl boyunca elde edilen numunelerin ortalaması olarak aralığın üst ucu 25 mg/Nm <sup>3</sup> 'tür.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.4.3.3. Organik bileşik emisyonları

**MET 83.** Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (*örn.* metal talaşı) ısıl muamelesinden ve eritme fırınından kaynaklanıp havaya verilen organik bileşik ve PCDD/F emisyonlarını azaltmak için MET, bir torba filtre ile birlikte aşağıda verilen tekniklerin en az birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi
b	Eritme fırınında bir iç brülör sisteminin tesis edilmesi
c	Art yakıcı
d	Hızlı suverme
e	Aktif karbon enjeksiyonu
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.18.

**Tablo 11.18: Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (örn. metal talaşı) ısıl muamelesinden ve eritme fırınından kaynaklanıp havaya verilen organik bileşik ve PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	Birim	MET-İES
TVOC	mg/Nm <sup>3</sup>	≤ 10–30 <sup>(1)</sup>
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	≤ 0.1 <sup>(2)</sup>
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.		
(2) : En az altı saat boyunca yapılan ölçümlerin ortalaması		

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.4.3.4. Asit emisyonları

**MET 84.** Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (örn. metal talaşı) ısıl muamelesinden, eritme fırınından, yeniden eritmeden ve erimiş metalin işlenmesinden kaynaklanıp havaya verilen HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi <sup>(1)</sup>
b	Torba filtreyle birlikte ayrıca Ca(OH) <sub>2</sub> veya sodyum bikarbonat enjeksiyonu <sup>(1)</sup>
c	Erimiş metallerde bulunan kirletici maddelerin giderilmesi için rafinasyonda kullanılan gazın miktarının uyarlanarak rafinasyon prosesinin kontrol edilmesi
d	Rafinasyon prosesinde inert gaz ile seyreltilmiş klorin kullanılması
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

#### Açıklama

MET 84.d: Klor emisyonunu azaltmak için sadece saf klor yerine inert gaz ile seyreltilmiş klor kullanılmasıdır. Rafinasyon, sadece inert gaz kullanılarak da gerçekleştirilebilir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** bkz. Tablo 11.19.

**Tablo 11.19: Kontamine olmuş ikincil hammaddelerin (örn. metal talaşı) ısı muamelesinden, eritme fırınından, yeniden eritmeden ve erimiş metalin işlenmesinden kaynaklanıp havaya verilen HCl, Cl<sub>2</sub> ve HF emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
HCl	≤ 5-10 <sup>(1)</sup>
Cl <sub>2</sub>	≤ 1 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
HF	≤ 1 <sup>(4)</sup>

(<sup>1</sup>) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama. Klor içeren kimyasallarla yapılan rafinasyon için, MET-İES klorlama sırasındaki ortalama derişime karşılık gelir.  
(<sup>2</sup>) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama. Klor içeren kimyasallarla yapılan rafinasyon için, MET-İES klorlama sırasındaki ortalama derişime karşılık gelir  
(<sup>3</sup>) : Sadece klor içeren kimyasallarla yapılan rafinasyon işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar için geçerlidir.  
(<sup>4</sup>) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.4.4. Atık

**MET 85. İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanıp bertaraf edilmek üzere gönderilen atık miktarını azaltmak için, MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak işlemlerin düzenlenip proses artıklarının tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır; ya da bu başarılamiyorsa proses artıklarının geri dönüştürülmesinin sağlanmasıdır.**

	Teknik
a	Tuz örtü kullanılan eritme fırınlarında toplanan tozun tekrar kullanılması veya tuzlu cürufun geri dönüştürülmesinde kullanılması
b	Tuzlu cürufunun tamamen geri dönüştürülmesi
c	Tuz örtü kullanılmayan fırınlarda alüminyumun geri kazanılması için sıyrılan cüruf/kül dışıklara arıtma uygulanması

**MET 86. İkincil alüminyum üretiminde üretilen tuzlu cüruf miktarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Muhtevasında alüminyumun diğer bileşenlerle karışmış halde bulunduğu hurdalar için metal olmayan bileşenlerin ve alüminyum dışındaki metallerin ayrılması yoluyla kullanılan hammaddelerin kalitesinin artırılması	Genellikle uygulanabilir
b	Eritmeden önce kontamine talaşlardan yağ ve organik bileşenlerin çıkarılması	Genellikle uygulanabilir
c	Metal pompalama veya karıştırma	Döner fırınlarda uygulanamaz
d	Devirmeli döner fırın	Bu fırının kullanımında, beslemen malzemelerinin boyutları nedeniyle kısıtlamalar olabilir.

#### 11.4.4.5. Tuzlu cüruf geri dönüşüm prosesi

#### 11.4.4.6. Difüz emisyonları

**MET 87.** Tuzlu cürufun geri dönüştürülmesi sırasında oluşan difüz emisyonlarını azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Tesisatın etrafının bir filtreleme sistemine bağlı hava tahliye sistemi olacak şekilde kapatılması
b	Bir filtreleme sistemine bağlı hava tahliye sistemi olan davlumbaz

#### 11.4.4.6.1. Kanalize edilmiş toz emisyonları

**MET 88.** Tuzlu cürufun geri kazanılması prosesinde ezilip parçalanması ve kuru öğütmesi sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.20.

**Tablo 11.20:** Tuzlu cürufun geri kazanılması prosesinde ezilip parçalanması ve kuru öğütmesi sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2-5
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

#### 11.4.4.7. Gaz halindeki bileşikler

**MET 89.** Tuzlu cürufun geri kazanılmasındaki ıslak öğütme ve liç prosesleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen gaz emisyonların azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Aktif karbon enjeksiyonu
b	Art-yakıcı
c	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> çözeltisinin ıslak gaz yıkayıcıda kullanılması
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: *bkz.* Tablo 11.21.

**Tablo 11.21:** Tuzlu cürufun geri kazanılmasındaki ıslak öğütme ve liç prosesleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen gaz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
NH <sub>3</sub>	≤ 10
PH <sub>3</sub>	≤ 0.5
H <sub>2</sub> S	≤ 2
(1) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.



## 11.5. Kurşun ve/veya kalay üretimi için MET sonuçları

### 11.5.1.Hava emisyonları

#### 11.5.1.1. Difüz emisyonları

**MET 90.** Birincil ve ikincil malzemelerin (bataryalar/aküler hariç) hazırlanması işlemlerinden (ölçüm, karıştırma, karıştırma, ezme, kesme, eleme gibi) kaynaklanan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Tozlu malzemeler için etrafı kapalı konveyörler veya pnömatik transfer sistemlerinin kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Etrafı kapalı donanım kullanılması. Tozlu malzemeler kullanıldığında, emisyonlar toplanır ve bir azaltma sistemine gönderilir.	Sadece dozlama silosu veya azalan ağırlık ( <i>ing. loss-in-weight</i> ) besleme sistemi ile hazırlanan besleme karışımları için geçerlidir
c	Hammaddelerin kapalı bir binada karıştırılması	Sadece tozlu materyaller için geçerlidir. Mevcut tesislerde alan gereksinimleri nedeniyle uygulama zorlaşabilir
d	Su spreylere gibi toz bastırma sistemleri	Sadece açık alanda yürütülen karıştırma için geçerlidir
e	Hammaddelerin peletlenmesi	Sadece proses ve fırın peletlenmiş hammaddeleri kullanabildiğinde uygulanabilir

**MET 91.** Birincil kurşun ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde malzemelere uygulanan ön işlemlerinden (kurutma, demontaj, sinterleme, briketleme, peletleme ve batarya kırma, eleme ve sınıflandırma gibi) kaynaklanan difüz emisyonları önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya her ikisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Tozlu malzeme için kapalı konveyör veya pnömatik transfer sistemi
b	Kapalı donanım Tozlu materyaller kullanıldığında, emisyonlar toplanır ve bir azaltma sistemine gönderilir.

**MET 92.** Kurşun ve/veya kalay retiminde şarj, ergitme ve döküm alma işlemlerinden; ve birincil kurşun üretiminde ön bakırsızlaştırma işlemlerinden kaynaklanan difüz emisyonlarını önlemek ve azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin uygun bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Bir hava tahliye sistemi ile donanıp kapsüllenmiş bir şarj sistemi	Genellikle uygulanabilir
b	Kesintili besleme ve boşaltma yapılan prosesler için sızdırmaz kapısı (1) olan sızdırmaz veya etrafı kapalı fırınlar	Genellikle uygulanabilir
c	Fırının ve gaz yolunun negatif basınç altında ve basınç oluşumunu önlemek için yeterli bir gaz tahliye hızında çalıştırılması	Genellikle uygulanabilir
d	Şarj etme ve döküm çekme noktalarında yakalama davlumbazı/muhafazalar kullanılması	Genellikle uygulanabilir
e	KProseslerin kapalı bir binada yapılması	Genellikle uygulanabilir
f	Bir hava tahliye sistemi olan bir davlumbaz ile tamamen örtme	Mevcut tesislerde veya mevcut tesislerin büyük güncellemelerinde, alan gereksinimleri nedeniyle uygulama zor olabilir
g	Fırının sızdırmaz olmasının sağlanması	Genellikle uygulanabilir
h	Fırındaki sıcaklığın mümkün olan en düşük seviyede tutulması	Genellikle uygulanabilir
i	Döküm alma noktaları, potalar ve cüruf çekme alanlarına hava tahliye sistemi olan bir davlumbaz konulması	Genellikle uygulanabilir
j	Tozlu hammaddelerin, peletleme gibi, ön işlemde geçirilmesi	Sadece proses ve fırın peletlenmiş hammaddeleri kullanabildiğinde uygulanabilir
k	Döküm sırasında potalarını örtmek için bir muhafazalı teçhizat (örn. ing. doghouse) kullanılması	Genellikle uygulanabilir
l	Şarj ve döküm alma alanlarında bir filtrasyon sistemine bağlı olan hava emme sistemi	Genellikle uygulanabilir
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET 93.** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde yeniden eritmesi, rafinasyon ve döküm işlemlerinden kaynaklanan difüz emisyonlarını önlemek veya azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Pota ocağı veya rafinasyon kazanı üzerine hava tahliye sistemli davlumbaz yerleştirilmesi
b	Rafinasyon reaksiyonları ve kimyasal eklenmesi sırasında rafinasyon kazanını kapatmaya yarayan kapaklar
c	Döküm alma noktaları ve oluklara hava tahliye sistemli davlumbaz yerleştirilmesi
d	Eriyin sıcaklığının kontrolü
e	Tozlu cüruf/kül dışıklarının giderilmesi için etrafı kapalı mekanik sıyrıcılar

#### 11.5.1.2. Kanalize edilmiş toz emisyonları

**MET 94.** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammaddelerin hazırlanması işlemleri (teslimat, taşıma, depolama, ölçme, karıştırma, harmanlama, kurutma, parçalama, kesme ve eleme gibi) sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: bkz. Tablo 11.22.

**Tablo 11.22: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammaddelerin hazırlanması işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 95. Pillerin hazırlanması (parçalama, eleme ve sınıflandırma) sırasında açığa çıkan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET, torba filtre veya ıslak gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.**

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.23.

**Tablo 11.23: Pillerin hazırlanması (parçalama, eleme ve sınıflandırma) sırasında açığa çıkan toz emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5
(1) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 96. Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının (sülfürik asit veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisine sevk edilenler hariç) azaltılması için MET, torba filtre kullanılmasıdır.**

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.24.

**Tablo 11.24: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve kurşun emisyonları (sülfürik asit veya sıvı SO<sub>2</sub> tesisine sevk edilenler hariç) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	2-4 <sup>(1)(2)</sup>
Pb	≤ 1 <sup>(3)</sup>
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama. (2) : Emisyonlardaki bakır, arsenik ve kadmiyum derişimleri aşağıdaki seviyelerin üzerinde olduğunda toz emisyonlarının verilen aralığın alt ucuna doğru olması beklenir: bakır için 1 mg/Nm <sup>3</sup> , arsenik için 0.05 mg/Nm <sup>3</sup> , kadmiyum için 0.05 mg/Nm <sup>3</sup> . (3) : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 97.** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde yeniden eritilmesi, rafine edilmesi ve döküm işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Pirometalurjik prosesler için: torba filtre kullanılması ve prosesin aşamasına göre eriyik banyosunun sıcaklığının mümkün olan en düşük seviyede tutulması
b	Hidrometalurjik prosesler için: ıslak gaz yıkayıcı kullanılması

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.25.

**Tablo 11.25:** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde yeniden eritilmesi, rafine edilmesi ve döküm işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen toz ve kurşun emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	2-4 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
Pb	≤ 1 <sup>(3)</sup>
<p><sup>(1)</sup> : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.  <sup>(2)</sup> : Emisyonlardaki bakır, arsenik ve kadmiyum derişimleri aşağıdaki seviyelerin üzerinde olduğunda toz emisyonlarının verilen aralığın alt ucuna doğru olması beklenir: bakır için 1 mg/Nm<sup>3</sup>, antimon için 1 mg/Nm<sup>3</sup>, arsenik için 0.05 mg/Nm<sup>3</sup>, kadmiyum için 0.05 mg/Nm<sup>3</sup>.  <sup>(3)</sup> : Örnekleme periyodu boyunca ortalama.</p>	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.5.1.3. Organik bileşik emisyonları

**MET 98.** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammadelerin kurutulması ve ergitilmesi işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen organik bileşik emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin veya bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi	Genellikle uygulanabilir
b	Organik bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarının optimize edilmesi	Genellikle uygulanabilir
c	Art yakıcı veya rejeneratif termal oksitleyici kullanılması	Uygulanabilirlik, daha düşük bir enerji içeriğine sahip atık gazlar daha yüksek yakıt kullanımı gerektirdiğinden, artırılması gereken atık gazların enerji içeriği ile sınırlanır.
<p><sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.</p>		

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.26.

**Tablo 11.26: Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde hammadelerin kurutulması ve ergitilmesi işlemleri sırasında ortaya çıkıp havaya verilen organik bileşik emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
TVOC	10-40
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

**MET 99. İkincil kurşun ve/veya kalay hammaddelerinin ergitilmesinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktır.**

	Teknik
a	Hammaddenin fırın tipine ve kullanılan gaz azaltma tekniklerine göre seçilmesi ve beslenmesi <sup>(1)</sup>
b	Küçük bir hammadde eklemesi sağlamak için yarı kapalı bir fırın için şarj sistemlerini kullanılması <sup>(1)</sup>
c	Eritme fırınları için bir iç brülör sistemi tesis edilmesi <sup>(1)</sup>
d	Afterburner veya rejeneratif termal oksitleyici <sup>(1)</sup>
e	>250 °C sıcaklıklarda, yüksek miktarda toz oluşturan egzoz sistemlerinden kaçınılması <sup>(1)</sup>
f	Hızlı suverme <sup>(1)</sup>
g	Etkin bir toz toplama sistemi ile birlikte adsorpsiyon kimyasalının enjeksiyonu <sup>(1)</sup>
h	Verimli toz toplama sisteminin kullanılması
i	Fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonunun tesis edilmesi
j	Organik bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarının optimize edilmesi <sup>(1)</sup>
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** bkz. Tablo 11.27.

**Tablo 11.27: İkincil kurşun ve/veya kalay hammaddelerinin ergitilmesinden kaynaklanıp havaya verilen PCDD/F emisyonları için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.**

Parametre	MET-İES (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
PCDD/F	≤ 0,1
(1) : En az altı saat boyunca yapılan ölçümlerin ortalaması	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.5.1.4. Sülfür dioksit emisyonları

**MET 100.** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonlarını (sülfürik asit ya da sıvı SO<sub>2</sub> tesisine yönlendirilenler dışındakiler) önlemek ve azaltmak için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanmaktadır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Sülfat formunda sülfür içeren hammaddelere alkali özütleme (liç) prosesinin uygulanması	Genellikle uygulanabilir
b	Kuru veya yarı kuru gaz yıkayıcı (1)	Genellikle uygulanabilir
c	Islak gaz yıkayıcı (1)	Uygulanabilirlik aşağıdaki durumlarda sınırlı olabilir: - Çok yüksek atık gaz debisi (üretilen önemli miktardaki atık ve atıksu nedeniyle) - kurak bölgelerde (gerekli olan büyük miktardaki su ve atıksuyun arıtılması ihtiyacı nedeniyle)
d	Ergitme aşamasında sülfürün bağlanması	Sadece ikincil kurşun üretiminde uygulanabilir
(1) : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

#### Açıklama

MET 100.a: Alkali tuzu çözeltisi, ergitme işleminden önce ikincil malzemelerden sülfatları uzaklaştırmak için kullanılır.

MET 100.d: Sülfürün ergitme fazında sabitlenmesi/bağlanması, izabe fırınına ilave edilen demir ve hafif sodanın (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) içeriğinde sülfür bulunan hammaddelerle reaksiyona girip Na<sub>2</sub>S-FeS cürufu oluşturulması ile sağlanır.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** *bkz.* Tablo 11.28.

**Tablo 11.28:** Birincil ve ikincil kurşun ve/veya kalay üretiminde şarj, ergitme ve döküm alma sırasında ortaya çıkıp havaya verilen SO<sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit ya da sıvı SO<sub>2</sub> tesisine yönlendirilenler dışındakiler) için MET ile ilişkili emisyon seviyeleri.

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) (1)(2)
SO <sub>2</sub>	50-350
(1) : Günlük ortalama ya da örnekleme periyodu boyunca ortalama.	
(2) : Bir ıslak gaz yıkayıcı kullanılmadığında, MET-İES üst seviyesi 500 mg/Nm <sup>3</sup> olabilir.	

İzleme ile ilgili bilgiler MET 10'dadır.

### 11.5.2. Toprak ve yeraltısuyunun korunması

**MET 101.** Toprak ve yeraltısuyunun batarya depolama, parçalama, eleme ve sınıflandırma işlemleri sonucu kirlenmesinin önlenmesi için MET, aside dayanıklı zemin yüzeylerinin inşa edilmesi ve dökülen asidi toplayan bir sistemin teşekkül edilmesidir.

### 11.5.3. Atıksu üretimi ve arıtması

**MET 102.** Alkali özütleme işleminde atık su üretilmesini önlemek için MET, alkali tuz çözeltisinin sodyum sülfat kristalizasyonu prosesinin suyunun yeniden kullanılmasıdır.

**MET 103.** Bataryaların hazırlanmasında oluşan asit buğusunun atıksu arıtma tesisine gönderildiğinde ortaya çıkan suya verilen emisyonları azaltmak için MET, bu akımdaki kirleticileri yeterli düzeyde giderebilecek şekilde tasarlanmış bir atıksu arıtma tesisinin işletilmesidir.

### 11.5.4. Atık

**MET 104.** Birincil kurşun üretiminden kaynaklanıp bertarafa gönderilen atık miktarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak tesisteki işlemlerin düzenlenip proses artıklarının tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır; ya da bu başarılamiyorsa proses artıklarının geri dönüştürülmesidir.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Kurşun üretim prosesindeki toz giderme sisteminde toplanan tozun tekrar kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Islak veya kuru gaz arıtma tozlarından/çamurlarından Se ve Te geri kazanılması	Uygulanabilirlik, mevcut cıva içeriğinin miktarı ile sınırlanabilir
c	Cürufun rafinasyonunda Ag, Au, Bi, Sb ve Cu geri kazanılması	Genellikle uygulanabilir
d	Atıksu arıtma çamurlarından metallerin geri kazanılması	Atıksu arıtma tesisi çamurunun doğrudan ergitilmesi, As, Tl ve Cd gibi elementlerin içerikte bulunması ile sınırlanabilir
e	Cürufa flaks maddelerinin eklenmesi ile cürufun başka yerlerde daha kolay kullanılabilir hale getirilmesi	Genellikle uygulanabilir

**MET 105.** Kurşun içeren bataryalardan polipropilen ve polietilen içeriğinin geri kazanılmasını sağlamak için MET, ergitme işleminden önce bunların bataryadan ayrılmasıdır.

#### Uygulanabilirlik

Bu, fırının işletilmesi için gereken ve demonte edilmemiş (bütün) bataryalar tarafından sağlanan gaz geçirgenliği nedeni ile şaft fırınlarda uygulanamayabilir.

**MET 106.** Batarya geri kazanım prosesinde toplanan sülfürik asidin tekrar kullanılması veya geri kazanılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak tesisteki işlemlerin düzenlenip tesis içinde ya da dışında toplanan asidin tekrar kullanılmasının ya da geri dönüştürülmesinin sağlanmasıdır.

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Paklama (dekapaj) kimyasalı olarak yeniden kullanılması	Asit paklama işleminin varlığı ve asitte bulunan safsızlıkların prosesle uyumluluğu gibi koşullara bağlı olarak genellikle uygulanabilir.
b	Bir kimya tesisinde hammadde olarak yeniden kullanılması	Uygulanabilirlik, bir kimyas tesisinin yerel mevcudiyetine bağlı olarak kısıtlanabilir
c	Asitin çatlamasıyla rejenere edilmesi	Sadece sülfürik asit veya sıvı sülfür dioksit tesisi mevcut olduğunda uygulanabilir
d	Alçıtaşı (jips) üretimi	Sadece, geri kazanım asidinde bulunan safsızlıklar alçı kalitesini etkilemezse veya daha düşük kalitede alçıtaşı flaks maddesi gibi başka amaçlar için kullanılabilirse uygulanabilir.
e	Sodyum sülfat üretimi	Sadece alkali liç işlemi için uygulanabilir

**MET 107.** İkincil kurşun ve/veya kurşun üretiminden kaynaklanıp bertarafa gönderilen atık miktarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya birkaçının bir kombinasyonunu kullanarak tesisteki işlemlerin düzenlenip proses artıklarının tekrar kullanılmasının sağlanmasıdır; ya da bu başarılmıyorsa proses artıklarının geri dönüştürülmesidir.

	<b>Teknik</b>
a	Kurşun ve diğer metallerin geri kazanılması için ergitme işleminde oluşan artıkların tekrar kullanılması
b	Atık ve artıkların özel olarak tasarlanmış tesisatlarda arıtılması
c	Atık ve artıkların diğer uygulamalarda kullanılabilir hale getirecek şekilde arıtılması



## 11.5. Çinko ve/veya kadmiyum üretimi için MET sonuçları

### 11.5.1. Birincil çinko üretimi

### 11.5.2. Hidrometalurjik çinko üretimi

#### 11.5.2.1. Enerji

**MET 108.** Enerjinin verimli bir şekilde kullanılması için MET, aşağıda verilen tekniklerin birini veya bir kombinasyonunu kullanarak kavurucuda üretilen çıkış gazlarındaki ısının geri kazanılmasıdır.

Teknik		Uygulanabilirlik
a	Elektrik üretmek için atık ısı kazanı ve türbin kullanımı	Uygulanabilirlik, enerji fiyatlarına ve Üye Devletin enerji politikasına bağlı olarak kısıtlanabilir.
b	Proseste kullanılmak üzere mekanik enerji üretmek için atık ısı kazanı ve türbin kullanımı	Genellikle uygulanabilir
c	Proseste ve/veya ofis ısıtmasında kullanılmak üzere ısı üretmek için atık ısı kazanı kullanımı	Genellikle uygulanabilir

#### 11.5.2.2. Havaya salınan emisyonlar

#### 11.5.2.3. Difüz emisyonlar

**MET 109.** Kavurucu besleme malzemesinin hazırlanması ve kavurucunun beslenmesi sırasında havaya salınan toz emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya her ikisinin de kullanılmasıdır.

Teknik	
a	Islak besleme
b	Bir azaltım sistemine bağlı tamamen kapalı proses ekipmanı

**MET 110.** Kalsinasyon prosesinden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya her ikisinin de kullanılmasıdır.

Teknik	
a	İşlemlerin negatif basınç altında gerçekleştirilmesi
b	Bir azaltım sistemine bağlı tamamen kapalı proses ekipmanı

**MET 111.** Liç (özütme), katı-sıvı ayırımı ve saflaştırma proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

Teknik		Uygulanabilirlik
a	Tankların bir kapak ile kapatılması	Genellikle uygulanabilir
b	Proseste kullanılan sıvıların giriş ve çıkış oluklarının kapatılması	Genellikle uygulanabilir
c	Tankları merkezi hava akımlı mekanik azaltım sistemine veya tek bir tank azaltım sistemine bağlanması	Genellikle uygulanabilir
d	Vakum filtrelerini davlumbazlar ile kapatıp bir azaltım sistemine bağlanması	Sadece liç ve katı-sıvı ayırma aşamalarındaki sıcak suyun filtrasyonunda uygulanabilir

**MET 112.** Elektrolitik ayırma işleminden kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET'ler elektrolitik ayırma hücrelerinde katkı maddeleri, özellikle de köpürtücü maddeler kullanılmasıdır.

#### 11.5.2.4. Kanalizasyon emisyonları

**MET 113.** Hammaddelerin taşınması ve depolanması, kuru kavurucu besleme malzemesinin hazırlanması, kavurucunun beslenmesi ve kalsinasyon proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için MET bir torba filtrenin kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: bkz. Tablo 11.29.

**Tablo 11.29:** Hammaddelerin taşınması ve depolanması, kuru kavurucu besleme malzemesinin hazırlanması, kavurucunun beslenmesi ve kalsinasyon proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5
<sup>(1)</sup> Örneklem boyunca alınan değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 114.** Liç (özütleme), saflaştırma ve elektrolizten kaynaklanan çinko ve sülfürik asit emisyonlarının ve saflaştırmadan kaynaklanan arsin ve stibin emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET'ler aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik (1)
a	Islak gaz yıkayıcı
b	Buğu giderici ( <i>ing.</i> demister)
c	Santrifüj sistemi
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.30.

**Tablo 11.30:** Özütleme, saflaştırma ve elektrolizten kaynaklanan çinko ve sülfürik asit emisyonlarının ve saflaştırmadan kaynaklanan arsin ve stibin emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Zn	≤ 1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<10
AsH <sub>3</sub> ve SbH <sub>3</sub> toplamı	≤ 0,5
<sup>(1)</sup> Örneklem boyunca alınan değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

#### 11.5.2.5. Toprak ve yeraltısuyunun korunması

**MET 115.** Toprak ve yeraltı sularının kirlenmesini önlemek için kullanılan MET, özütleme veya arıtma sırasında kullanılan tanklar için su geçirmez bir alan ve hücre evlerinin ikincil bir önleme sistemini kullanmaktadır.

### 11.5.2.6. Atıksu üretimi

**MET 116. Temiz su kullanımını azaltmak ve atık su üretimini önlemek için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	<b>Teknik</b>
a	Kavurucuda bulunan kapalı döngü soğutma suyu ve kazan suyunun ıslak gaz temizleme veya özütleme aşamasına geri döndürülmesi
b	Temizleme işlemlerinden/kavurucu, elektroliz ve dökümden kaynaklanan atıksuların özütleme aşamasına geri döndürülmesi
c	Temizleme işlemlerinden/özütleme ve saflaştırma, filtre keki yıkama ve ıslak gaz temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıksuların özütleme ve/veya saflaştırma aşamalarına geri döndürülmesi

### 11.5.2.7. Atık

**MET 117. Bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, proses kalıntılarının yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarını geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Konsantr depolamada ve proseste taşıma işlemlerinde toplanan tozun tekrar kullanımı (konsantr besleme ile birlikte)	Genellikle uygulanabilir
b	Kavurma prosesinde kalsine silosundan toplanan tozun yeniden kullanımı	Genellikle uygulanabilir
c	Kurşun ve gümüş içeren kalıntıların başka bir tesiste hammadde olarak kullanılması için geri dönüştürülmesi	Metal içeriğine ve piyasa/prosesin bulunmasına bağlı olarak uygulanabilir
d	Cu, Co, Ni, Cd, Mn içeren kalıntıların satılabilir birer ürün elde edebilmek için başka bir tesiste hammadde olarak kullanılması için geri dönüştürülmesi	Metal içeriğine ve piyasa/prosesin bulunmasına bağlı olarak uygulanabilir

**MET 118. Özütleme atığının nihai bertarafına uygun hale getirilebilmesi için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birisinin kullanılmasıdır.**

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Bir Waelz fırında pirometalurjik işleme	Sadece çok fazla çinko ferrit içermeyen ve/veya yüksek konsantrasyonda değerli metal içermeyen nötr özütleme atıklarına uygulanabilir.
b	Jarofix prosesi	Sadece jarosit demir kalıntılarına uygulanabilir. Mevcut bir patent nedeniyle uygulanabilirliği sınırlıdır.
c	Sülfidasyon prosesi	Sadece jarosit demir kalıntıları ve doğrudan özütleme kalıntıları için uygulanabilir.
d	Demir kalıntılarının sıkıştırılması	Sadece götit kalıntılarına ve jips bakımından zengin atıksu arıtma tesisi çamurlarına uygulanabilir.

### **Açıklama**

MET 118(b): Jarofix prosesi, jarosit çökeltilerinin Portland çimentosu, kireç ve su ile karıştırılmasından oluşur.

MET 118(c): Sülfidasyon prosesi, kalıntılara bir yıkama takında ve sülfidasyon reaktöründe NaOH ve Na<sub>2</sub>S eklenmesinden oluşur.

MET118(d): Demir kalıntılarının sıkıştırılması işlemi filtreler yardımıyla ve kireç ya da diğer maddelerin eklenmesi yoluyla nem içeriğinin azaltılmasını içerir.

## **11.5.3. Pirometalurjik çinko üretimi**

### **11.5.3.1. Havaya salınan emisyonlar**

#### **1.1.1.1.1.1.1 Kanalize toz emisyonları**

**MET 119. Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) azaltılması için kullanılan MET torba filtre kullanılmasıdır.**

### **Uygulanabilirlik**

Konsantrelerdeki organik karbon içeriğinin yüksek olması durumunda (örneğin ağırlıkça yaklaşık %10), torbaların tıkanması nedeniyle torba filtrelerin kullanılması uygun olmayabilir ve diğer teknikler (örneğin ıslak gaz yıkayıcı ) kullanılabilir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.31.

**Tablo 11.31: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

<b>Parametre</b>	<b>MET-İES (mg/Nm<sup>3</sup>) (1)(2)</b>
Toz	2-5

(1) Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması  
(2) Bir torba filtre uygulanmadığı zaman, aralığın üst sınırı 10 mg/Nm<sup>3</sup>'dir.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 120. Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonlarının (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) azaltılması için kullanılan MET ıslak desülfürizasyon tekniği kullanılmasıdır.**

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.32.

**Tablo 11.32: Pirometalurjik çinko üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonları (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) (1)
SO <sub>2</sub>	≤ 500
(1) Günlük değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

#### 11.5.4. İkincil çinko üretimi

#### 11.5.5. Havaya salınan emisyonlar

##### 11.5.5.1. Kanalizasyon toz emisyonları

**MET 121.** Peletleme ve cüruf işleme proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.33.

**Tablo 11.33:** Peletleme ve cüruf işleme proseslerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) (1)
Toz	≤ 5
(1) Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 122.** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET bir torba filtre kullanmaktır.

#### Uygulanabilirlik

Klinker işleme için bir torba filtre kullanılması uygun olmayabilir (metal oksitlerin yerine klorürlerin azaltılması gerektiği için)

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.34.

**Tablo 11.34:** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) (1)(2)(3)
Toz	2-5
(1) Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması. (2) Bir torba filtre uygulanmadığı zaman, aralığın üst sınırı 15 mg/Nm <sup>3</sup> 'e kadar yükselebilir. (3) Arsenik veya kadmiyum emisyonları 0,05 mg/Nm <sup>3</sup> 'ün üzerinde olduğu zaman Toz emisyonlarının, bu aralığının alt seviyelerine doğru inmesi beklenir.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.5.5.2. Organik bileşik emisyonları

**MET 123.** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan organik bileşik emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Adsorban (aktif karbon veya linyit kok) enjeksiyonunu takiben bir torba filtre veya ESP kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Termal oksitleyici	Genellikle uygulanabilir
c	Rejeneratif termal oksitleyici	Güvenlik sebepleriyle uygulanamayabilir

(<sup>1</sup>) Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.35.

**Tablo 11.35:** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan TVOC ve PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	Birim	MET-İES
TVOC	mg/Nm <sup>3</sup>	2-20 <sup>(1)</sup>
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	≤ 0,1 <sup>(2)</sup>

(1) Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.  
(2) En az altı saatlik bir örnekleme süresi boyunca alınan değerlerin ortalaması.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.5.5.3. Asit emisyonları

**MET 124.** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan HCl ve HF emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birisinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Proses
a	Adsorban enjeksiyonunu takiben bir torba filtre kullanılması	- Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesi - Waelz fırını
b	Islak gaz yıkayıcı	Cüruf uçurma fırını

(<sup>1</sup>) Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.36.

**Tablo 11.36:** Metalik ve karışık metalik/oksidik akımların ergitilmesinden, cüruf uçurma fırınından ve Waelz fırınından gelen ve havaya salınan HCl ve HF emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
HCl	≤ 1,5
HF	≤ 0,3

(<sup>1</sup>) Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.5.6. Atıksu oluşumu ve arıtımı

**MET 125. Waelz fırın prosesinde temiz su tüketim miktarını azaltmak için kullanılan MET çok kademeli karşı akımlı yıkamadır.**

#### **Açıklama**

Önceki yıkama aşamasında kullanılan su, daha sonra filtelenir ve bir sonraki yıkama aşamasında yeniden kullanılır. İki veya üç kademeli olarak kullanılabilir ve tek kademeli karşı akımlı yıkama işlemine göre üç kata kadar daha az su tüketimi sağlanabilir.

**MET 126. Waelz fırın prosesinden kaynaklanan ve suya verilen halojenür emisyonlarını önlemek veya azaltmak için kullanılan MET kristalizasyondur.**

**11.5.7. Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması, dökümü ve çinko tozu üretimi****11.5.8. Havaya salınan emisyonlar****11.5.8.1. Difüz toz emisyonları**

MET 127. Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden kaynaklanan ve havaya salınan difüz toz emisyonlarının emisyonların azaltılması için kullanılan MET, negatif basınç altında ekipman kullanmaktadır.

**11.5.8.2. Kanalize toz emisyonları**

MET 128. Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden ve çinko tozu üretiminden kaynaklanan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.37.

**Tablo 11.37: Çinko ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden ve çinko tozu üretiminden kaynaklanan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	≤ 5
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**11.5.9. Atıksu**

MET 129. Çinko ingotlarının ergitilmesi ve dökümünden kaynaklanan atıksu oluşumunu önlemek için kullanılan MET, suyun soğutulmasıdır.

**11.5.10. Atık**

MET 130. Çinko ingotların ergitilmesinden kaynaklanan ve bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, proses kalıntılarının yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarını geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.

	Teknik
a	Ergitme fırınında ortaya çıkan çinkolu tozun ve çinko cürufunun oksitlenmiş kısmının kavurma fırınında veya hidrometalurjik proseste kullanılması
b	Katot dökümünden ortaya çıkan çinko cürufunun metalik kısmı ve metalik cürufun ergitme fırınında kullanılması veya bir çinko rafinasyon tesisinde çinko tozu veya çinko oksit olarak geri kazanılması



**11.5.11. Kadmiyum üretimi****11.5.12. Havaya salınan emisyonlar****11.5.12.1. Difüz emisyonlar**

**MET 131. Havaya salınan Difüz emisyonları azaltmak için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya her ikisinin de kullanılmasıdır.**

	<b>Teknik</b>
a	Hidrometalurjik üretimde özütleme ve katı-sıvı ayrımı yapmak için; pirometalurjik üretimde briketleme/peletleme ve buharlaştırma için ve ergitme, alaşımlama ve döküm prosesleri için bir azaltım sistemine bağlı, merkezi ekstraksiyon sistemi
b	Hidrometalurjik üretimde elektroliz aşaması için hücre kapakları

**11.5.12.2. Kanalize toz emisyonları**

**MET 132. Pirometalurjik kadmiyum üretimi ve kadmiyum ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	<b>Teknik <sup>(1)</sup></b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Torba filtre	Genellikle uygulanabilir
b	ESP	Genellikle uygulanabilir
c	Islak gaz yıkayıcı	Aşağıdaki durumlarda uygulanabilirlikleri kısıtlanabilir: - Çok yüksek baca gazı oranlarında (önemli miktarda atık ve atıksu ortaya çıkması) - Kurak bölgelerde (yüksek miktarda su ihtiyacı ve ortaya çıkan atıksuyun artırılma gereksinimi)
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.38.

**Tablo 11.38: Pirometalurjik kadmiyum üretimi ve kadmiyum ingotlarının ergitilmesi, alaşımlanması ve dökümünden kaynaklanan toz ve kadmiyum emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

<b>Parametre</b>	<b>MET-İES (mg/Nm<sup>3</sup>) <sup>(1)</sup></b>
Toz	2-3
Cd	≤ 0,1
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

## 11.5.13. Atık

**MET 133. Hidrometalurjik kadmiyum prosesinden kaynaklanan ve bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, proses kalıntılarının yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarını geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Saflaştırma bölümünde, çinko prosesinden kadmiyumun kadmiyumca zengin sementat olarak ayırma, daha sonra konsantre hale getirip rafine etme ve sonuç olarak satılabilir kadmiyum metali veya kadmiyum bileşikleri haline dönüştürmek	Sadece ekonomik açıdan uygun bir talep olduğunda uygulanabilir
b	Saflaştırma bölümünde, çinko prosesinden kadmiyumun kadmiyumca zengin sementat olarak ayırma, daha sonra kadmiyumca zengin bir çökelti (örn. Çimento (Cd metali), Cd(OH) <sub>2</sub> ) oluşturmak için dizi hidrometalurjik işlem uygulamak. Diğer bütün proses akışları kadmiyum tesisine veya çinko tesisine geri gönderilirken bu çökelti araziye gömülür.	Sadece uygun arazi mevcut ise uygulanabilir.

## 11.6. Kıymetli metal üretimi için MET sonuçları

### 11.6.1. Havaya salınan emisyonlar

### 11.6.2. Difüz emisyonlar

**MET 134. Ön işleme aşamalarından (ezme, eleme ve karıştırma gibi) kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonları azaltmak için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonun kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Tozlu yapıdaki malzemeler için tamamen kapalı ön işleme alanları ve taşıma sistemleri
b	Tozlu malzemeler için ön işleme ve taşıma işlemlerini, davlumbazlar veya bir kanal sistemi ile toplama cihazları veya aspiratörlere bağlamak
c	Toz toplayıcı ve filtreleme sistemi çalışmadığı sürece hiçbir ekipmanın çalıştırılmamasını sağlamak için toz toplayıcı veya aspiratör ile ön işleme ve taşıma ekipmanlarını elektriksel olarak kilitlemek

**MET 135. Ergitme ve izabe işlemlerinden (Doré ve non-Doré işlemlerinin her ikisi de), kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerin tümünün kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Binaların ve/veya izabe fırınının bulunduğu alanın kapatılması
b	İşlemlerin negatif basınç altında gerçekleştirilmesi
c	Fırın işlemlerini, davlumbazlar veya bir kanal sistemi ile toplama cihazları veya aspiratörlere bağlamak
d	Toz toplayıcı ve filtreleme sistemi çalışmadığı sürece hiçbir ekipmanın çalıştırılmamasını sağlamak için toz toplayıcı veya aspiratör ile fırın ekipmanlarını elektriksel olarak kilitlemek

**MET 136. Özütleme ve altın elektrolizinden kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonun kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Çözeltinin transfer edilmesi için kapalı tanklar/kaplar ve kapalı borular
b	Elektrolitik hücreler için davlumbazlar ve ekstraksiyon sistemleri
c	Anot balçığının hidroklorik asit ve diğer çözücüler ile özütlenmesi sırasında ortaya çıkan klor gazını önlemek için altın üretiminde su perdesi kullanmak

**MET 137. Bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerin tümünün kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Sızdırmaz veya kapalı reaksiyon kapları, depolama tankları, çözelti ekstraksiyon ekipmanları, seviye kontrollü filtreler, kaplar ve tanklar, kapalı borular, sızdırmaz drenaj sistemleri ve planlanmış bakım programları gibi koruma önlemleri
b	Gaz çıkışı ekstraksiyonu ile ortak bir kanal sistemine bağlı reaksiyon kapları ve tanklar (arıza durumunda otomatik bekleme/yedek ünite)

**MET 138. Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemlerinden kaynaklanan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerin tümünün kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Tüm kalsinasyon fırınlarını, yakma fırınlarını ve kurutma fırınlarını, proses çıkış gazlarını ayrıştıran bir kanal sistemine bağlamak
b	Elektrik kesintisi durumunda bir yedek jeneratör tarafından desteklenen öncelikli elektrik devresindeki bir gaz temizleme tesisi
c	Operasyonun başlatılması ve kapatılması, tükenmiş asitlerin bertarafı, ve gaz yıkayıcıların taze asitlerinin doldurulması işlemlerinin otomatik bir kontrol sistemi vasıtasıyla yürütülmesi

**MET 139. Rafinasyon sırasında son metal ürünlerinin ergitilmesinden kaynaklanan ve havaya salınan emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerin her ikisinin de kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Fırının negatif basınç altında çalıştırılması
b	Verimli aspiratör/havalandırma ile birlikte uygun barınak, kabin ve yakalama davlumbazları

### 11.6.3. Kanalize toz emisyonları

**MET 140. Eleme, kırma, karıştırma, ergitme, izabe işlemi, yakma, kalsinasyon, kurutma ve rafinasyon gibi tüm tozlu işlemlerden ortaya çıkan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birisinin kullanılmasıdır.**

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Toz filtre	Yüksek düzeyde uçucu selenyum içeren çıkış gazları için uygun olmayabilir.
b	Islak gaz yıkayıcı ile birlikte selenyumun geri kazanılmasını sağlayan bir ESP	Sadece uçucu selenyum içeren çıkış gazları için uygundur (örn. Doré metal üretimi)

<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.39.

**Tablo 11.39: Eleme, kırma, karıştırma, ergitme, izabe işlemi, yakma, kalsinasyon, kurutma ve rafinasyon gibi tüm tozlu işlemlerden ortaya çıkan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2-5

<sup>(1)</sup> Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.6.4. NO<sub>x</sub> emisyonları

**MET 141.** Nitrik asit ile eritme/özütleme işlemlerini içeren hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanan ve havaya salınan NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET aşağıda verilen tekniklerden birinin veya her ikisinin de kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Kostik soda ile alkali gaz temizleme
b	Hidrometalurjik işlemlerde yüksek NO <sub>x</sub> üretme potansiyeline sahip olan kaplarda oksidasyon maddeleri (örn. Oksijen, hidrojen peroksit) ile gaz temizleme ve maddelerin (örn. Nitrik asit, üre) azaltılması. Bu genellikle MET 141(a)D ile birlikte kullanılır.
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.40.

**Tablo 11.40:** Nitrik asit ile eritme/özütleme işlemlerini içeren hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanan ve havaya salınan NO<sub>x</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
NO <sub>x</sub>	70–150
<sup>(1)</sup> Saatlik değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

### 11.6.5.

### 11.6.6. Kükürt dioksit emisyonları

**MET 142.** Doré metal üretiminde yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere ergitme ve izabe işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonlarının (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Bir torba filtre ile birlikte kireç enjeksiyonu	Genellikle uygulanabilir
b	Islak gaz yıkayıcı	Aşağıdaki durumlarda uygulanabilirlikleri kısıtlanabilir: - Çok yüksek baca gazı oranlarında (önemli miktarda atık ve atıksu ortaya çıkması) - Kurak bölgelerde (yüksek miktarda su ihtiyacı ve ortaya çıkan atıksuyun arıtılma gereksinimi)
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.		

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.41.

**Tablo 11.41:** Doré metal üretiminde yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere eritme ve ergitme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
SO <sub>2</sub>	50–480
<sup>(1)</sup> Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 143.** Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, bir ıslak gaz yıkayıcının kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.42.

**Tablo 11.42:** Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
SO <sub>2</sub>	50–100
<sup>(1)</sup> Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.6.7. HCl ve Cl<sub>2</sub> emisyonları

**MET 144.** Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan HCl ve Cl<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, bir alkali gaz yıkayıcının kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.43.

**Tablo 11.43:** Yakma, kalsinasyon ve kurutma işlemleri de dahil olmak üzere bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan ve havaya salınan HCl ve Cl<sub>2</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
HCl	≤ 5–10
Cl <sub>2</sub>	0,5–2
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.6.8. NH<sub>3</sub> emisyonları

**MET 145.** Amonyum ve amonyum klorür kullanılan bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan NH<sub>3</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, sülfürik asit ile birlikte ıslak gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.44.

**Tablo 11.44:** Amonyum ve amonyum klorür kullanılan bir hidrometalurjik işlemde kaynaklanan NH<sub>3</sub> emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
NH <sub>3</sub>	1–3
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.6.9. PCDD/F emisyonları

**MET 146.** Bir kurutma işleminde, yakma ve kalsinasyon işlemlerindeki organik madde içeren hammaddeler, halojenler ve diğer PCDD/F öncülerinden kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Son yakıcı veya rejeneratif termal oksitleyici <sup>(1)</sup>
b	Verimli bir toz toplama sistemi ile birlikte adsorpsiyon maddesinin enjeksiyonu (1)
c	Organik bileşik emisyonlarının azaltılması için yanmayı veya proses koşullarının optimizasyonu <sup>(1)</sup>
d	250 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar için yüksek toz birikimine sahip egzoz sistemlerinden kaçınılması <sup>(1)</sup>
e	Hızlı söndürme <sup>(1)</sup>
f	Fırınlarda yüksek sıcaklıklarda (> 850 °C) PCDD / F'nin termal yıkımı
g	Fırının üst bölgesinde oksijen enjeksiyonunun kullanılması
h	İç brülör sistemi <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.45.

**Tablo 11.45:** Bir kurutma işleminde, yakma ve kalsinasyon işlemlerindeki organik madde içeren hammaddeler, halojenler ve diğer PCDD/F öncülerinden kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
PCDD/F	≤ 0,1
<sup>(1)</sup> En az altı saatlik bir örnekleme süresi boyunca alınan değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.6.10. Toprak ve yeraltı suyunun korunması

**MET 147.** Toprak ve yeraltı suyunu korumak için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Sızdırmaz bir drenaj sisteminin kullanılması
b	Çift duvarlı tankların kullanılması veya dayanıklı bentlerin yerleştirilmesi
c	Geçirimsiz ve aside dayanıklı zeminlerin kullanımı
d	Reaksiyon kaplarının otomatik seviye kontrolü

### 11.6.11. Atıksu oluşumu

**MET 148.** Atıksu oluşumunu önlemek için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Özütleme ve diğer arıtma işlemlerinde harcanan/geri kazanılan gaz temizleme sıvılarının ve diğer hidrometalurjik reaktiflerin geri dönüştürülmesi
b	Özütleme, ekstraksiyon ve çökeltim işlemlerinden kaynaklanan çözeltilerin geri

## 11.6.12. Atık

**MET149. Bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, proses kalıntılarının yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarını geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	<b>Teknik</b>	<b>Proses</b>
a	Cüruf, filtre tozu, ıslak tozsuzlaştırma sistemlerinin kalıntılarının metal içeriğinin geri dönüştürülmesi	Doré üretimi
b	Buharlaştırılmış selenyum içeren ıslak tozsuzlaştırma sisteminin çıkış gazlarında toplanan selenyumun geri kazanımı	
c	Kullanılmış elektrolitlerden ve atık çamur yıkama çözeltilerinden gümüşün geri kazanılması	Gümüş elektrolitik rafinasyonu
d	Elektrolit saflaştırma kalıntılarında metallerin geri kazanılması (örn. gümüş çimento, bakır karbonat bazlı kalıntı)	
e	Altın özütleme proseslerinde elektrolit, çamur ve çözeltilerden altının geri kazanılması	Altın elektrolitik rafinasyonu
f	Atık anotlardan metallerin geri kazanılması	Gümüş ve altın elektrolitik rafinasyonu
g	Platin grubu metallerce zenginleştirilmiş çözeltilerden platin grubu metallerin geri kazanımı	
h	Proses sonundaki sıvıların arıtılmasından metallerin geri kazanılması	Bütün prosesler



## 11.7. Demir alaşımları üretimi için MET sonuçları

### 11.7.1. Enerji

**MET 150.** Enerjiyi verimli bir şekilde kullanabilmek için kullanılan MET, CO bakımından zengin egzoz gazlarının üretildiği, kapalı bir daldırılmış ark ocağında veya kapalı plazma toz proseslerinden enerjinin geri kazanılması veya aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Egzoz gazının enerji içeriğini geri kazanmak ve elektrik üretmek için bir buhar kazanı ve türbin kullanımı	Uygulanabilirlik, enerji fiyatlarına ve üye ülkenin enerji politikasına bağlı olarak kısıtlanabilir.
b	Egzoz gazının proses içerisinde doğrudan yakıt olarak kullanılması (örn. hammaddelerin kurutulması, beslenen maddelerin ön ısıtması, sinterleme, potaların ısıtılmasında)	Sadece proseste ısı ihtiyacı varsa uygulanabilir
c	Komşu tesislerde egzoz gazının yakıt olarak kullanılması	Sadece bu tür bir yakıt için ekonomik olarak uygun bir talep mevcutsa uygulanabilir

**MET 151.** Enerjiyi verimli bir şekilde kullanabilmek için kullanılan MET, yarı kapalı daldırılmış ark ocağından çıkan sıcak egzoz gazının geri kazanılması veya aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Egzoz gazının enerji içeriğini geri kazanmak ve elektrik üretmek için bir buhar kazanı ve türbin kullanımı	Uygulanabilirlik, enerji fiyatlarına ve üye ülkenin enerji politikasına bağlı olarak kısıtlanabilir.
b	Sıcak su üretmek için atık ısı kazanı kullanımı	Sadece ekonomik açıdan uygun bir talep olduğunda uygulanabilir

**MET 152.** Enerjiyi verimli bir şekilde kullanabilmek için kullanılan MET, açık daldırılmış ark ocağından çıkan egzoz gazından sıcak su üreterek enerjinin geri kazanılmasıdır.

#### Uygulanabilirlik

Sadece sıcak su için ekonomik olarak uygun bir talep varsa uygulanabilir.

### 11.7.2. Havaya salınan emisyonlar

### 11.7.3. Difüz toz emisyonları

**MET 153.** Boşaltma ve döküm işlemlerinden kaynaklanan Difüz emisyonların önlenmesi, azaltılması ve toplanması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin veya bunların bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Gaz toplama sistemi kullanmak	Mevcut tesisler için, tesisin konfigürasyonuna bağlı olarak uygulanabilir
b	Sıvı halindeki demir alaşımlarını kullanarak dökümden kaçınmak.	Sadece tüketici (örneğin çelik üreticisi) demir-alaşım üreticisiyle entegre edildiğinde uygulanabilir

### 11.7.4. Kanalizasyon emisyonları

**MET 154.** Katı malzemelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden ölçme, karıştırma, harmanlama, yağ giderme gibi ön işlemlerden ve akıtma, döküm ve paketleme gibi işlemlerden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.46.

**MET 155.** Ezme, briketleme, peletleme ve sinterleme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir torba filtre veya torba filtre ile birlikte diğer tekniklerin kullanılmasıdır.

#### Uygulanabilirlik

Güvenlik endişeleri (yani patlayıcılık) nedeniyle CaSi'nin ezilmesinin yanı sıra düşük ortam sıcaklıkları (-20 °C ila -40 °C arasında) ve gazın yüksek nem içeriği gibi durumlarda bir torba filtrenin uygulanabilirliği kısıtlı olabilir.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.46.

**MET 156.** Bir açık veya yarı kapalı daldırılmış ark ocağından kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.46.

**MET 157.** Bir kapalı daldırılmış ark ocağı veya kapalı plazma toz prosesinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Bir ESP ile birlikte ıslak gaz yıkayıcı kombinasyonun kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Torba filtre	Egzoz gazlarının CO ve H <sub>2</sub> içerikleri ile ilgili güvenlik kaygısı yoksa genellikle uygulanabilir

(<sup>1</sup>) Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.46.

**Met 158.** Demirli-molibden ve demirli-vanadyum üretilen bir refraktör astarlı potadan kaynaklanan ve havaya salınan toz ve metal emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.46.

**Tablo 11.46: Demirli-alaşımların üretiminden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	Proses	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> )
Toz	- Katı malzemelerin depolanması, taşınması ve nakliyesi - Ölçüm, karıştırma, harmanlama ve yağ giderme gibi ön işlemler - Akıtma, döküm ve paketleme	2-5 <sup>(1)</sup>
	Ezme, briketleme, peletleme ve sinterleme	2-5 <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
	Açık veya yarı kapalı daldırılmış ark ocağı	2-5 <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>
	- Kapalı daldırılmış ark ocağı veya kapalı plazma toz prosesi - Demirli-molibden ve demirli-vanadyum üretilen refrakter astarlı	2-5 <sup>(2)</sup>

	pota	
<p>(1) Örneklemeye dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması</p> <p>(2) Günlük alınan değerlerin veya örneklemeye dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.</p> <p>(3) Torba filtrenin kullanılmadığı durumlarda, aralığın üst sınırı 10 mg/Nm<sup>3</sup> olabilir.</p> <p>(4) Torba filtrenin verimliliğini etkileyen tozun yapışkan yapısından (higroskopik kapasite veya kimyasal özelliklerden etkilenen) dolayı FeMn, SiMn, CaSi üretimi için aralığın üst ucu 15 mg/Nm<sup>3</sup> olabilir.</p> <p>(5) Metal emisyonları aşağıda verilen değerlerin üzerinde olduğunda, toz emisyonlarının verilen aralığın en altında olması beklenir: kurşun için 1 mg/Nm<sup>3</sup>, kadmiyum için 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, kromVI için 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, talyum için 0,05 mg/Nm<sup>3</sup></p>		

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.7.5. PCDD/F emisyonları

**MET 159.** Demirli-alaşım üreten bir fırından kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET adsorban enjeksiyonu ve bir ESP veya torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.47.

**Tablo 11.47: Demirli-alaşım üreten bir fırından kaynaklanan ve havaya salınan PCDD/F emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> )
PCDD/F	≤ 0,05 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> En az altı saatlik bir örneklemeye süresi boyunca alınan değerlerin ortalaması	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.7.6. PAH ve organik bileşik emisyonları

**MET 160.** Döner fırınlarda titanyum talaşından yağ giderme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan PAH ve organik bileşik emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir termal oksitleyici kullanılmasıdır.

## 11.7.7. Atık

**MET 161. Bertaraf etmek için gönderilen cüruf miktarının azaltılması için kullanılan MET, cürufun yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya cürufu geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Cürufun inşaat uygulamalarında kullanılması	Sadece yüksek karbonlu FeCr ve SiMn üretiminden ortaya çıkan cüruflar, çelikhane kalıntılarından alaşım geri kazanımında ortaya çıkan cüruflar ve FeMn ve FeMo üretiminden ortaya çıkan standart cüruflar için uygulanabilir.
b	Cürufun kuşlama malzemesi olarak kullanılması	Sadece yüksek karbonlu FeCr üretiminden ortaya çıkan cüruflar için uygulanabilir.
c	Cürufun refrakter döküm malzemesi olarak kullanılması	Sadece yüksek karbonlu FeCr üretiminden ortaya çıkan cüruflar için uygulanabilir.
d	Cürufun izabe prosesinde kullanılması	Sadece yüksek karbonlu siliko-kalsiyum üretiminden ortaya çıkan cüruflar için uygulanabilir.
e	Cürufun siliko-mangan üretiminde veya diğer metalurjik uygulamalarda hammadde olarak kullanılması	Sadece FeMn üretiminden kaynaklanan zengin cüruflar (yüksek MnO içerikli) için uygulanabilir.

**MET 162. Bertaraf etmek için gönderilen filtre tozu ve çamurun miktarının azaltılması için kullanılan MET, filtre tozu ve çamurun yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya filtre tozu ve çamurun geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	İzabe prosesinde filtre tozunun kullanılması	Sadece FeCr ve FeMo üretiminden ortaya çıkan filtre tozuna uygulanabilir. production
b	Paslanmaz çelik üretiminde filtre tozu kullanılması	Sadece yüksek karbonlu FeCr üretiminde ezme ve eleme işlemlerinde ortaya çıkan filtre tozuna uygulanabilir.
c	Filtre tozu ve çamurun konsantre besleme malzemesi olarak kullanılması	Sadece Mo kavurma işleminde ortaya çıkan gazların temizlenmesinden kaynaklanan toz ve çamura uygulanabilir.
d	Filtre tozunun diğer endüstrilerde kullanılması	Sadece FeMn, SiMn, FeNi, FeMo ve FeV üretiminde uygulanabilir production
e	Mikro silikanın çimento endüstrisinde bir katkı maddesi olarak kullanılması	Sadece FeSi ve Si üretiminden ortaya çıkan mikro-silikalar için uygulanabilir.
f	Filtre tozu ve çamurun çinko endüstrisinde kullanılması	Sadece çelikhane kalıntılarından alaşım geri kazanımında ortaya çıkan fırın tozu ve ıslak gaz temizleme çamuru için uygulanabilir
(1) Yüksek oranda kirlenmiş olan toz ve çamurlar yeniden kullanılamaz veya geri dönüştürülemez. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm işlemleri akümülyasyon problemleri nedeniyle kısıtlanabilir (örn. FeCr üretiminden gelen tozun yeniden kullanılması, fırında akümülyasyona neden olabilir).		

## 11.8. Nikel ve/veya kobalt üretimi için MET sonuçları

### 11.8.1. Enerji

**MET 163.** Enerjiyi verimli bir şekilde kullanabilmek için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerin birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	Teknik
a	İzabe fırınlarında ve oksijen dönüştürücülerinde oksijen bakımından zengin hava kullanılması
b	Isı geri kazanım kazanlarının kullanılması
c	İşlemden sonra üretilen baca gazının kullanılması (örn. kurutma)
d	Isı değiştiricilerin kullanılması

### 11.8.2. Havaya salınan emisyonlar

### 11.8.3. Difüz emisyonlar

**MET 164.** Bir fırının beslenmesi sırasında havaya salınan difüz toz emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, kapalı taşıyıcı sistemlerin kullanılmasıdır.

**MET 165.** İzabe işleminden kaynaklanan ve havaya salınan difüz toz emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir azaltım sistemine bağlı kapalı ve davlumbazlı olukların kullanılmasıdır.

**MET 166.** Dönüştürme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan difüz toz emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, negatif basınç altında çalıştırmak ve bir azaltım sistemine bağlı yakalayıcı davlumbaz kullanılmasıdır.

**MET 167.** Atmosferik ve basınçlı özütleme işlemlerinden kaynaklanan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden her ikisinin de kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Sızdırmaz veya kapalı reaktörler, çöktürücüler ve basınçlı otoklavlar/kaplar
b	Özütleme aşamasında hava yerine oksijen veya klor kullanılması

**MET 168.** Çözelti ekstraksiyon rafinasyonundan kaynaklanan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birisinin kullanılmasıdır.

	Teknik
a	Çözelti/sulu karışım karıştırmak için düşük veya yüksek parçalayıcı karıştırıcı kullanılması
b	Mikser veya ayırıcı için kapak kullanılması
c	Bir azaltım sistemine bağlı tamamen sızdırmaz tankların kullanılması

**MET 169.** Elektrolitik ayırma işleminden kaynaklanan ve havaya salınan Difüz emisyonların azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerin bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Klor gazlarının toplanması ve yeniden kullanılması	Sadece klorür bazlı elektrolitik ayırma işleminde kullanılabilir.
b	Hücreleri kaplamak için polistiren boncukların kullanılması	Genellikle uygulanabilir
c	Hücre yüzeylerini düzgün bir köpük tabakası ile kaplamak için köpürtücü maddelerin kullanılması	Sadece sülfat bazlı elektrolitik ayırma işleminde kullanılabilir.

**MET 170.** Nikel tozu ve nikel briketleri üretilirken (basınçlı prosesler) hidrojen indirgeme prosesinden kaynaklanan Difüz emisyonları azaltmak için kullanılan MET, sızdırmaz veya kapalı bir reaktör, bir çökeltici ve basınçlı otoklav/kaplar, bir toz konveyörü ve bir ürün silosu kullanılmaktadır.

#### 11.8.4. Kanalize toz emisyonları

**MET 171.** Sülfidik cevherleri işlerken, hammaddelerin taşınması ve depolanması, malzeme ön işleme (cevher hazırlama ve cevher/konsantre kurutma gibi), fırın besleme, izabe işlemi, dönüştürme, termal rafinasyon ve nikel tozu ve briketleme proseslerinden kaynaklanan toz ve metal emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, bir torba filtre veya ESP ve torba filtre kombinasyonunun kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.48.

**Tablo 11.48:** Sülfidik cevherleri işlerken, hammaddelerin taşınması ve depolanması, malzeme ön işleme (cevher hazırlama ve cevher/konsantre kurutma gibi), fırın besleme, izabe işlemi, dönüştürme, termal rafinasyon ve nikel tozu ve briketleme proseslerinden kaynaklanan toz ve metal emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

<b>Parametre</b>	<b>MET-İES (mg/Nm<sup>3</sup>)<sup>(1)</sup></b>
Toz	2-5
<sup>(1)</sup> Günlük değerlerin veya örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

#### 11.8.5. Nikel ve klor emisyonları

**MET 172.** Atmosferik ve basınçlı özütleme proseslerinden kaynaklanan nikel ve klor emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir ıslak gaz temizleme sistemi kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.49.

**Tablo 11.49:** Atmosferik ve basınçlı özütleme proseslerinden kaynaklanan nikel ve klor emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

<b>Parametre</b>	<b>MET-İES (mg/Nm<sup>3</sup>)<sup>(1)</sup></b>
Ni	≤ 1
Cl <sub>2</sub>	≤ 1
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 173.** Klorlu demir klorür kullanılan nikel mat rafinasyonu prosesinden kaynaklanan nikel emisyonlarını azaltmak için kullanılan MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.50.

**Tablo 11.50:** Klorlu demir klorür kullanılan nikel mat rafinasyonu prosesinden kaynaklanan nikel emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Nikel	≤ 1
<sup>(1)</sup> Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

### 11.8.6. Kükürt dioksit emisyonları

**MET 174.** Sülfidik cevherleri işlerken, izabe dönüştürme işlemlerinden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonlarının (sülfürik asit tesisine yönlendirilenler hariç) azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Kireç enjeksiyonunu takiben torba filtre kullanılması
b	Islak gaz yıkayıcı
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

### 11.8.7. NH<sub>3</sub> emisyonları

**MET 175.** Nikel tozu be briket üretiminden kaynaklanan NH<sub>3</sub> emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir ıslak gaz yıkayıcının kullanılmasıdır.

## 11.8.8. Atık

**MET 176. Bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, proses kalıntılarının yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarının geri dönüşüme uğratmayacak şekilde aşağıda verilen tekniklerin bir ya da bir kombinasyonu kullanılarak sahadaki faaliyetleri organize etmektir.**

	<b>Teknik</b>	<b>Uygulanabilirlik</b>
a	Elektrikli ark ocağından elde edilen granül cürufun (izabe işleminde kullanılır) aşındırıcı bir malzeme veya inşaat malzemesi olarak kullanılması	Uygulanabilirliği cürufun metal içeriğine bağlıdır
b	Elektrik ark ocağından geri kazanılan çıkış gazı tozlarının çinko üretiminde bir hammadde olarak kullanılması	Genellikle uygulanabilir
c	Elektrik ark ocağından geri kazanılan mat granülasyon çıkış gazı tozlarının nikel rafinasyon/yeniden ergitme işlemlerinde hammadde olarak kullanılması	Genellikle uygulanabilir
d	Klor bazlı özütleme işleminde mat filtrasyonundan elde edilen kükürt kalıntılarının sülfürik asit üretiminde hammadde olarak kullanılması	Genellikle uygulanabilir
e	Sülfat bazlı özütleme işleminde elde edilen demir kalıntılarının nikel ergitme işleminde yeniden kullanılması	Uygulanabilirliği atığın metal içeriğine bağlıdır
f	Çözelti ekstraksiyon rafinasyonundan elde edilen çinko karbonat kalıntılarının çinko üretiminde hammadde olarak kullanılması	Uygulanabilirliği atığın metal içeriğine bağlıdır
g	Sülfat ve klor bazlı özütleme işleminden sonra ortaya çıkan bakır kalıntılarının bakır üretiminde hammadde olarak kullanılması	Genellikle uygulanabilir



## 11.9. Karbon ve/veya grafit üretimi için MET sonuçları

### 11.9.1. Havaya salınan emisyonlar

### 11.9.2. Difüz emisyonlar

**MET 177. Sıvı ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan ve havaya salınan PAH emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	Teknik
a	Sıvı zift depolama tankının arkatarafına da bir delik açılması ( <i>ing. back venting</i> )
b	Hava ve/veya su sistemleri (örn. soğutma kuleleri) ile harici ve/veya dahili soğutma ile yoğunlaştırmayı takiben filtrasyon teknikleri (adsorpsiyonlu gaz yıkayıcılar veya ESP) kullanılması
c	Toplanmış çıkış gazlarının prosesin uygun olan diğer aşamalarındaki (örn. karıştırma ve şekillendirme veya pişirme) gazlar ile birlikte toplanarak azaltım sistemine gönderilmesi (kuru gaz yıkayıcı veya termal oksitleyici/rejeneratif termal oksitleyici)

### 11.9.3. Toz ve PAH emisyonları

**MET 178. Kok ve ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden, mekanik proseslerden (öğütme gibi), grafitlemeden ve işlemeden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, bir torba filtre kullanılmasıdır.**

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.51.

**Tablo 11.51: Kok ve ziftin depolanması, taşınması ve nakliyesinden, mekanik proseslerden (öğütme gibi), grafitlemeden ve işlemeden kaynaklanan ve havaya salınan toz emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2-5
BaP	≤ 0,01 <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> Örneklemme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	
<sup>(2)</sup> Katı zift işleniyorsa BaP parçacıklarının ortaya çıkması beklenir.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 179. Yeşil macun ve yeşil şekillerin üretiminden kaynaklanan toz ve PAH emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Ön soğutmalı veya soğutmasız, adsorban madde olarak kok kullanılan kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtre kullanılması
b	Kok filtresi
c	Rejeneratif termal oksitleyici
d	Termal oksitleyici
<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

MET ile ilişkili emisyon seviyeleri: Bkz. Tablo 11.52.

**Tablo 11.52: Yeşil macun ve yeşil şekillerin üretiminden kaynaklanan toz ve BaP (PAH göstergesi olarak) emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2–10 <sup>(2)</sup>
BaP	0,001–0,01

<sup>(1)</sup> Örneklem dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.  
<sup>(2)</sup> Aralığın alt ucu adsorban madde olarak kok kullanılan kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtre kullanılması ile ilişkilidir. Aralığın en üst ucu ise termal oksitleyici kullanılması ile ilişkilidir.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 180. Pişirme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve PAH emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	Teknik <sup>(1)</sup>	Uygulanabilirlik
a	Yüksek oranda uçucu bileşiklerin olması bekleniyorsa ESP ile termal oksidasyon basamağının (örn. rejeneratif termal oksitleyici) kombinasyonunun kullanılması	Genellikle uygulanabilir
b	Çıkış gazının yüksek oranda toz içerdiği durumlarda rejeneratif termal oksitleyici ile bir ön arıtım işleminin (ESP gibi) kombinasyonunun kullanılması	Genellikle uygulanabilir
c	Termal oksitleyici	Sürekli halka fırınlar için uygun değildir.

<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.53.

**Tablo 11.53: Pişirme işleminden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve PAH emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2–10 <sup>(2)</sup>
BaP	0,005–0,015 <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Örneklem dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.  
<sup>(2)</sup> Aralığın alt ucu ESP ve rejeneratif termal oksitleyici kombinasyonunun kullanılması ile ilişkilidir. Aralığın üst ucu ise termal oksitleyici kullanılması ile ilişkilidir.  
<sup>(3)</sup> Aralığın alt ucu termal oksitleyici kullanılması ile ilişkilidir. Aralığın üst ucu ESP ve rejeneratif termal oksitleyici kombinasyonunun kullanılması ile ilişkilidir.  
<sup>(4)</sup> Katot üretimi için aralığın üst ucu 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>'dir.

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

**MET 181. Emdirme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve PAH emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin ya da bir kombinasyonunun kullanılmasıdır.**

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Kuru gaz yıkayıcıyı takiben bir torba filtre kullanılması
b	Kok filtresi
c	Termal oksitleyici

<sup>(1)</sup> Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** Bkz. Tablo 11.54.

**Tablo 11.54: Emdirme işlemlerinden kaynaklanan ve havaya salınan toz ve BaP (PAH göstergesi olarak) emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
Toz	2–10
BaP	0,001–0,01
<sup>(1)</sup> : Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

#### 11.9.4. Kükürt dioksit emisyonları

**MET 182.** Proseste bir kükürt ilavesi olduğunda havaya salınan SO<sub>2</sub> emisyonların azaltılması için kullanılan MET, bir kuru ve/veya ıslak gaz yıkayıcı kullanılmasıdır.

#### 11.9.5. Organik bileşik emisyonları

**MET 183.** Reçineler ve biyolojik olarak bozunabilen çözeltiler gibi emdirme maddelerinin kullanıldığı emdirme işleminde fenol ve formaldehitten kaynaklanan organik bileşik emisyonlarının azaltılması için kullanılan MET, aşağıda verilen tekniklerden birinin kullanılmasıdır.

	Teknik <sup>(1)</sup>
a	Karıştırma, pişirme ve emdirme aşamalarında rejeneratif termal oksitleyici ve bir ESP kombinasyonunun kullanılması
b	Reçineler ve biyolojik olarak bozunabilen çözeltiler gibi emdirme maddelerinin kullanıldığı emdirme aşamasında biyofiltre ve/veya biyolojik gaz yıkayıcı kullanılması
<sup>(1)</sup> : Tekniklerin açıklamaları Bölüm 11.10'da verilmiştir.	

**MET ile ilişkili emisyon seviyeleri:** bkz. Tablo 11.55.

**Tablo 11.55: karıştırma, pişirme ve emdirme işlemlerinden kaynaklanan TVOC emisyonları ile ilgili MET için emisyon seviyeleri**

Parametre	MET-İES (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)(2)</sup>
TVOC	≤ 10–40
<sup>(1)</sup> : Örnekleme dönemi boyunca alınan değerlerin ortalaması.	
<sup>(2)</sup> : Aralığın alt ucu ESP ve rejeneratif termal oksitleyici kombinasyonunun kullanılması ile ilişkilidir. Aralığın üst ucu ise bir biyofiltre ve/veya bir biyolojik gaz yıkayıcı kullanılması ile ilişkilidir.	

İlgili izleme prosesi MET 10'da verilmiştir.

#### 11.9.6. Atık

**MET 184.** Bertaraf etmek için gönderilen atık miktarının azaltılması için kullanılan MET, üretim prosesinden ve diğer harici proseslerden kaynaklanan, karbonun yeniden kullanımı ve geri dönüşümü ile diğer kalıntıları da kapsayan proses kalıntılarının, yeniden kullanımını kolaylaştıracak veya proses kalıntılarını geri dönüşüme uğratmayacak şekilde sahadaki faaliyetleri organize etmektir.

## 11.10. Tekniklerin açıklaması

### 11.10.1. Havaya salınan emisyonlar

Aşağıda açıklana teknikler, azaltılması amaçlanan ana kirleticilere göre listelenmiştir.

### 11.10.2. Toz emisyonları

Teknik	Açıklama
Torba filtre	Genellikle kumaş filtreler olarak da anılan torba filtreler, gazın içinden geçerken partikülleri tuttuğu gözenekli dokunmuş veya keçeli kumaşlardan imal edilir. Bir torba filtrenin kullanılması, çıkış gazlarının özelliklerine ve maksimum çalışma sıcaklığına uygun bir kumaş malzeme seçilmesini gerektirir.
Elektrostatik çöktürücü (ESP)	Elektrostatik çöktürücüler, parçacıkların bir elektriksel alanının etkisi altında yüklenip ayrılacağı prensibine göre çalışırlar. Çok çeşitli koşullar altında çalıştırılabilirler. Bir kuru ESP’de, toplanan malzeme mekanik olarak uzaklaştırılırken (örn. çalkalama, titreşim, basınçlı hava), ıslak ESP’de ise genellikle uygun bir sıvı, genellikle su ile yıkanır.
Islak gaz yıkayıcı	Islak gaz temizleme, gelen gazın su ile yoğun bir şekilde karıştırılarak tozun ve genellikle santrifüj kuvveti ile birleştirilerek kaba partiküllerin uzaklaştırılması sağlanır. Uzaklaştırılan toz temizleyicinin dibinde toplanır. Ayrıca SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , bazı VOC’lar ve ağır metallerin de giderilebilir.

### 11.10.3. NO<sub>x</sub> emisyonları

Teknik	Açıklama
Düşük NO <sub>x</sub> ’li brülörler	Düşük NO <sub>x</sub> ’li brülörler, pik alev sıcaklığını düşürüp yanmayı geciktirir ve ısı transferini artırarak (alevin yayılım oranını artırarak) yanmayı tamamlarlar. Ultra düşük NO <sub>x</sub> brülörleri kademeli yanma ve baca gazının geri döndürülmesi aşamalarından oluşur.
Oksi-yakıtlı brülörler	Bu teknik, yanma havasının oksijen ile değiştirilmesini ve sonuç olarak fırına giren azot miktarının azaltılarak, termal NO <sub>x</sub> oluşumunun ortadan kaldırılmasını/ azaltılmasını içermektedir. Fırından ortaya çıkan kalıntı azot, beslenen oksijenin saflık durumuna, yakıtın kalitesine ve potansiyel hava kaçaklarına bağlıdır.
Baca gazının geri döndürülmesi	Bu teknik, fırından çıkan baca gazının oksijen içeriğini düşürmek ve dolayısıyla alev sıcaklığını düşürmek için baca gazının tekrar aleve gönderilmesini kapsamaktadır. Özel brülörlerin kullanılması, alevlerin kökünü soğutan ve alevlerin en sıcak kısmındaki oksijen içeriğini azaltan, yanma gazlarının iç sirkülasyonu işlemine dayanmaktadır.

#### 11.10.4. SO<sub>2</sub>, HCl ve HF emisyonları

Teknik	Açıklama
Kuru veya yarı kuru gaz yıkayıcılar	Kuru toz veya bir alkali reaktif madde (örn. kireç veya sodyum bikarbonat) süspansiyonu/çözeltisi çıkış gazının akışına eklenir ve yayılır. Bu maddeler asidik gaz türleri (örn. SO <sub>2</sub> ) ile reaksiyona girer ve filtrasyon (bir torba filtre veya elektrostatik çöktürücü) ile uzaklaştırılabilen katı hale dönüştürülür. Bir reaksiyon kulesinin kullanılması durumunda gaz temizleme sisteminin giderim verimi daha da artar. Adsorpsiyon işlemi dolgu kuleler (örn. kok filtre) kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Mevcut tesisler için performans, ek toz yüküyle başa çıkmak için sıcaklık (min. 60 °C), nem içeriği, temas süresi, gaz dalgalanmaları ve toz filtrasyon sisteminin (örn. torba filtre) kapasitesi gibi proses parametrelerine bağlıdır.
Islak gaz yıkayıcılar	Islak gaz temizleme işleminde, gaz bileşikleri bir temizleme çözeltisinde (örn. kireç, NaOH veya H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> içeren alkali bir çözeltide) çözülür. Islak gaz yıkayıcının aşağı yöndeki akışında, çıkış gazları su ile doyurulur ve çıkış gazları deşarj edilmeden önce damlacıkların ayrılması sağlanır. İşlem sonucunda ortaya çıkan atıksu bir atıksu arıtma sisteminde arıtılır, çözünmeyen maddeler bir çöktürücü veya filtrasyon işlemi ile uzaklaştırılır.
Düşük kükürtlü yakıtların kullanılması	Doğal gaz veya düşük kükürtlü akaryakıt yağının kullanılması, yanma sırasında yakıtta bulunan sülfürün oksidasyonundan kaynaklanan SO <sub>2</sub> ve SO <sub>3</sub> emisyonlarının miktarını azaltır.
Polieter bazlı adsorpsiyon/desorpsiyon sistemi	Egzoz gazlarından seçici olarak SO <sub>2</sub> 'yi absorplayabilmek için bir polieter bazlı çözelti kullanılır. Daha sonra absorplanan SO <sub>2</sub> , başka bir kolonda sıyrılır ve çözücü tamamen geri kazanılır. Sıyrılan SO <sub>2</sub> sıvı SO <sub>2</sub> veya sülfürik asit üretmek için kullanılır.

#### 11.10.5. Cıva emisyonları

Teknik	Açıklama
Aktif karbon adsorpsiyonu	Bu proses cıvanın aktif karbon üzerinde adsorplanması prensibine dayanır. Adsorban yüzey olabildiğince fazla adsorbe edebildiğinde, adsorplanmış olan malzeme rejenerasyon işlemi ile desrobe edilir.
Selenyum adsorpsiyonu	Bu proses bir paket yatakta selenyum kaplı kürelerin kullanılması prensibine dayanır. Kırmızı amorf selenyum, HgSe oluşturmak üzere gazdaki cıva ile reaksiyona girer. Selenyumun rejenerasyonu için filtre kullanılır.

## 11.10.6. VOC, PAH ve PCDD/F emisyonları

Teknik	Açıklama
Son yakıcı ve termal oksitleyici	Egzoz gazı akışındaki kirleticinin oksidasyon reaksiyonu oluşturmak için sıcaklık kontrollü bir ortamda oksijen ile reaksiyona girdiği yanma sistemidir.
Rejeneratif termal oksitleyici	Refrakter destek yatakları kullanarak gaz ve karbon bileşiklerindeki termal enerjiyi kullanmak için rejeneratif bir proses kullanan yanma sistemidir. Yatağı temizlemek için gaz akışının yönünü değiştirmek amacıyla bir manifold sistemi gerekmektedir. Ayrıca rejeneratif son yakıcı olarak bilinmektedir.
Katalitik termal oksitleyici	Ayrışmanın, tipik olarak 350 °C ila 400 °C arasındaki düşük sıcaklıklarda bir metal katalizör yüzeyi üzerinde gerçekleştirildiği yanma sistemidir. Ayrıca katalitik son yakıcı olarak da bilinmektedir.
Biyofiltre	Gaz akışındaki kirleticilerin mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak oksitlendiği, organik veya inert maddelerden oluşan bir yataktır.
Biyolojik gaz yıkayıcı	Bu teknik ıslak gaz temizleme ve biyolojik bozunmayı birleştirir. Temizleme suyunda zehirli gaz bileşiklerini okside etmek için uygun bir mikroorganizma grubu bulunmaktadır.
Kullanılan fırın ve azaltım tekniklerine göre hammadde seçmek ve kullanmak	Hammaddeler, gerekli azaltım performansına ulaşmak için kullanılan fırın ve azaltım sisteminin, beslemede yer alan kirletici maddeleri uygun şekilde işleyebileceği şekilde seçilir.
Organik bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için yanma koşullarının optimize edilmesi	Hava veya oksijen ile karbon içeriğinin iyi karıştırılması, gazların sıcaklığının kontrolü ve PCDD/F içeren organik karbonu oksitlenmesi için yüksek sıcaklıklarda kalma süresi. Ayrıca zenginleştirilmiş hava veya saf oksijen de kullanılabilir.
Bir yarı kapalı fırın için küçük hammadde beslemesi yapabilmek için bir besleme sistemi kullanılması	Yarı-kapalı fırınlarda besleme sırasında fırın soğutma etkisini azaltmak için küçük parçalar halinde hammadde eklenmesi. Bu gaz sıcaklığının korunmasını ve PCDD/F'nin yeniden oluşmasını önler.
Dahili brülör sistemi	Bu teknikte egzoz gazı brülör alevine yönlendirilir ve organik karbon oksijenden CO <sub>2</sub> 'ye dönüştürülür.
250 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar için yüksek toz birikimine neden olan egzoz sistemlerinden kaçınılması	250 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tozun bulunması durumunda, de novo sentezi nedeniyle PCDD/F oluşumu teşvik edilir.
Verimli toz toplama sistemi ile birlikte adsorpsiyon ajanının enjeksiyonu	PCDD/F, toz üzerine adsorbe edilebilir ve dolayısıyla verimli bir toz filtreleme sistemi kullanılarak emisyonlar azaltılabilir. Belirli bir adsorpsiyon maddesinin kullanılması bu prosesi teşvik eder ve PCDD/F emisyonlarını azaltır.
Hızlı söndürme	Gazın 400 °C'den 200 °C'ye hızlı bir şekilde soğutması PCDD/F "de novo sentezi"ni önler.

### 11.10.7. Suyu verilen emisyonlar

Teknik	Açıklama
Kimyasal çöktürme	Bu teknik, kimyasal çöktürücüler ekleyerek, çözünmüş kirletici maddelerin çözünmez bir bileşiğe dönüştürülmesi işlemidir. Oluşan katı çöktürmeler daha sonra çöktürme, yüzdürme veya süzme ile ayrılır. Oluşan katı çöktürmeler daha sonra çöktürme, yüzdürme veya süzme ile ayrılır. Eğer gerekli ise bu işlemin ardından ultrafiltrasyon veya ters ozmos kullanılabilir. Metal çöktürme işleminde kullanılan tipik kimyasallar kireç, sodyum hidroksit ve sodyum sülfittir.
Sedimentasyon	Bu teknik, askıdaki partiküllerin ve malzemelerin yerçekimi ile çöktürülmesi işlemidir.
Yüzdürme	Bu teknik, atıksudan katı veya sıvı partiküllerin gaz baloncukları üzerinde tutturulması işlemidir. Genellikle hava kullanılır. Batmayan bu parçacıklar su yüzeyinde birikirler ve sıyrıcılar ile temizlenirler.
Filtrasyon	Bu teknik, atıksu gözenekli bir ortamdan geçirilerek içerisindeki katıların ayrılması işlemidir. Kum en çok kullanılan filtre malzemesidir.
Ultrafiltrasyon	Bu teknik filtreleme ortamı olarak yaklaşık 10 µm'lik gözenek boyutlarına sahip zarların kullanıldığı bir filtrasyon işlemidir.
Aktif karbon filtrasyonu	Bu teknik filtreleme ortamı olarak aktif karbonun kullanıldığı bir filtrasyon işlemidir.
Ters ozmos	Bu teknik, bir zar tarafından ayrılan bölmeler arasında uygulanan basınç farkının, daha konsantre bir çözeltiden daha az konsantre olana doğru suyun akmasına neden olduğu bir zar işlemidir.

### 11.10.8. Diğer açıklamalar

Teknik	Açıklama
Buğu giderici	Buğu giderici, bir gaz akışında sürüklenen sıvı damlacıklarını gideren filtre cihazlarıdır. Yüksek bir özgül yüzey alanına sahip metal veya plastik tellerden dokunmuş bir yapıdan oluşurlar. Momentum boyunca, gaz akışında bulunan küçük damlacıklar tellere çarparak büyük damlalar halinde birleşirler.
Santrifüj sistemi	Santrifüj sistemleri, çıkış gazı akımlarından damlacıkları uzaklaştırmak amacıyla santrifüj kuvvetleri uygulayarak atalet kullanırlar.
Güçlendirilmiş emme sistemi	Yükleme, ergitme ve döküm döngülerinde sürekli değişen duman kapasitelerine göre aspiratör fan kapasitesini modifiye ederek tasarlanmış sistemlerdir. Kapı açıldığında, çalışma sırasında minimum gaz akışını sağlamak için yüklem sırasında brülör hızının otomatik olarak kontrolü de yapılır.
Talaş santrifüjü	Santrifüj işlemi talaştan yağın uzaklaştırılması için yapılan mekanik bir işlemdir. Sedimentasyon işleminin hızını arttırmak için, talaşa bir santrifüj kuvveti uygulanır ve yağ ayrılır.
Talaşın kurutulması	Talaş kurutma işleminde dolaylı olarak ısıtılmış döner tambur kullanılır. Yağı çıkarmak için, 300 °C ile 400 °C arasındaki bir sıcaklıkta bir pirolitik işlem gerçekleştirilir.
Sızdırmaz fırın kapısı veya fırın kapısının sızdırmaz hale getirilmesi	Fırın kapısı, dışarı sızan emisyonları önlemek ve izabe/eritme işlemleri sırasında fırının içindeki pozitif basıncı korumak için etkili sızdırmazlık sağlamak üzere tasarlanmıştır.





## 12 GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR İÇİN SONUÇ VE ÖNERİLER

Değerlendirme sürecinin kilit kilometre taşları Tablo 12.1'de özetlenmiştir.

**Tablo 12.1: Demir Dışı Metaller Endüstrileri için BREF'in gözden geçirme sürecinin önemli kilometre taşları**

Anahtar kilometre taşı	Tarih
TWG'nin yeniden aktivasyonu	12 Aralık 2006
Dileklerini ara	23 Şubat 2007
Açılış toplantısı	24–26 Eylül 2007
Bilgilerin toplanması	31 Mart 2008
Revize edilmiş Demir dışı metal BREF'in ilk taslağı (D1)	14 Kasım 2008
İlk taslakta yorumlama süresinin sonu (yaklaşık 1800 yorum)	26 Ocak 2009
Revize edilmiş Demir dışı metal BREF'in ikinci taslağı (D2)	29 Temmuz 2009
Yorumlama dönemi sonu (yaklaşık 1240 yorum)	15 Ekim 2009
Yeni yol ileri (BREF'in alt gruplar ve yeni veri toplama ile yeniden yapılandırılması)	26 Mayıs 2011
Revize edilmiş Demir dışı metal BREF'in üçüncü taslağı (D3)	28 Şubat 2013
Yorumlama dönemi sonu (yaklaşık 2700 yorum)	26 Nisan 2013
Final TWG toplantısı	17-21 Mart 2014

İnceleme sürecinde, birincil ve ikincil bakır üretimi, birincil ve ikincil alüminyum üretimi ve tuz cürufu geri dönüşümü, birincil ve ikincil kurşun üretimi, birincil ve ikincil çinko üretimi, kobalt üretimi, ferro alaşımlar üretimi, nikel üretimi ve karbon ve grafit üretimi olmak üzere dokuz AB Üye Devleti'nde yaklaşık 40 saha ziyareti gerçekleştirilmiştir.

### Bilgi kaynakları ve bilgi eksiklikleri

Gözden geçirme sürecinde, TWG tarafından Komisyon'un MET bilgi sistemi (BATIS) aracılığıyla birkaç yüz belge paylaşıldı. Bunlar, havaya ve suya yönelik emisyonlara ilişkin tesislere özgü verileri içeren yaklaşık 100 anket içermekteydi. Bu emisyonlara ilişkin ek veriler, üzerinde anlaşılan anket şablonu kullanılmadan toplu olarak da sunulmuştur. En büyük bilgi katkıları şunlardır: EAA, ECI, ILA, IZA, EPMF, Euroalliances, Nikel Enstitüsü, ECGA, çeşitli AB Üye Devletleri (Avusturya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Hollanda, Portekiz, İspanya ve Birleşik Krallık) ve Norveç.

Demir dışı metal BREF'nin gözden geçirilmesi IPPC Direktifi (96/61/EC yerine 2008/1/EC) ile başlatılmıştır. 2011 yılında, Endüstriyel Emisyonlar Direktifi'nin (IED) (2010/75/EU) yayınlanmasından sonra, mevcut bilgilerin, yeni IED rejimi kapsamında gerekli detay seviyesi ile sağlam MET sonuçları elde etmek için genellikle yeterli olmadığı konusunda mutabakata varılmıştır. Özellikle tekniklerin tanımı ve uygulanabilirliği ile ilgili bilgiler yeterli derecede detaylı değildir. Ayrıca, IED rejimi kapsamında MET ile ilişkili emisyon seviyelerinin artan önemi göz önünde bulundurulduğunda, mevcut veri durumunun iyileştirilmesi gerektiği düşünülmüştür.

Ayrıca, veri durumunun iyileştirilmesi ve 'MET'in belirlenmesinde dikkate alınacak tekniklerin' yeniden yapılandırılması amacıyla TWG alt grupları oluşturulmuştur. Bu durum, AB-28'de faaliyette çok az sayıda tesis bulunması nedeniyle cıva, refrakter metaller ve alkali ve toprak

alkali metallerin üretimi için geçerli değildi. Refrakter metaller ve alkali ve toprak alkali metal üretimi için mevcut olan bilgiler, artık EIPPCB web sitesinde bulunan, güvenilir bir belgede yer almaktadır. TWG alt grupları ve demir dışı metal BREF inceleme süreci sırasında sunulan diğer tüm belgeler tarafından sağlanan belgeler EIPPCB tarafından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, orijinal demir dışı metal BREF (2001)'in hala yararlı olan taslakları için kullanılan referanslar da dahil olmak üzere yaklaşık 315 belge gözden geçirilmiş BREF'te referans olarak verilmiştir (REFERANSLAR bölümüne bakınız).

Demir dışı metal tesislerinden sülfürik asit üretimi LVIC-AAF BREF kapsamındadır. Demir dışı metal başlangıç TWG toplantısında karar verildi:

- Demir dışı metal endüstrileri tarafından uygulanan bu teknikler, LVIC-AAF BREF'ini çapraz referansa tabi tutacak ve halihazırda bilgi biriktirecek;
- LVIC-AAF BREF incelemesi için ek bilgi sağlayabilen demir dışı metal tesislerinde iyi performans gösteren sülfürik asit üretim tesislerinden veri toplamak.

Demir dışı metal endüstrilerinin sülfürik asit üretmek için uyguladığı teknikler hakkındaki bilgiler TWG üyeleri tarafından sağlanmıştır. LVIC-AAF BREF'inin gözden geçirilmesi için ek bilgi sağlamak amacıyla, LVIC-AAF BREF'de halihazırda tarif edilmeyen teknikler, esas olarak bu dokümanın 2., 3., 5. ve 6. bölümlerinde anlatılmıştır. Demir dışı metal TWG, tutarlılık ve çakışmalardan kaçınmak için NFM nihai TWG toplantısında, demir dışı metal BREF'in kapsamından sülfürik asit üretimini kaldırmaya karar verdi. Çek Cumhuriyeti, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Polonya, İsveç, Eurometaux ve Orgalime, sülfürik asit üretimini demir dışı metal BREF'in kapsamından sülfürik asit üretimine devam etmeye karar verdi, çünkü bunların demir dışı metal tesisleri tarafından üretilen sülfürik asitin kendine özgü özelliklerini daha iyi dikkate alacağına inanmışlardır.

### 2007 yılında kabul edilen LVIC-AAF BREF'e düzeltme

Nihai TWG toplantısında, LVIC-AAF BREF'deki (2007'de kabul edildi) "Tablo 4.24: MET ile ilişkili dönüşüm oranları ve SO<sub>2</sub> emisyon seviyeleri"de "Diğer çift kontaklı/çift adsorpsiyonlu tesisler" satırında, çift kontaklı/çift adsorpsiyonlu bir tesiste demir dışı metal üretimi sırasında sülfürik asit üretiminden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonları için MET-AEL aralığının üst sınırı düzeltilmelidir. Bu değer, 680 mg/Nm<sup>3</sup> yerine (günlük ortalama olarak) 770 mg/Nm<sup>3</sup> (günlük ortalama olarak) olmalıdır.

### Bilgi değişimi sırasında ulaşılan fikir birliği derecesi

Toplam 206 MET sonucu belirlenmiştir. Mart 2014'teki nihai TWG toplantısında, bu MET sonuçlarının çoğunda yüksek düzeyde bir fikir birliğine varılmıştır. Bununla birlikte, 18 farklı görüş belirtilmiştir (bkz. Tablo 12.2).

**Tablo 12.2: Ayrı Görüşler**

MET Sonucu	Görüş sunanlar	Ayrı görüş
MET 11, Tablo 11.1	Cefic, Eurometaux	Aşağıdaki gibi, Tablo 11.1'deki dipnotu (2) değiştirmeyi öneren Cefic tarafından desteklenen Eurometaux tarafından bir muhalif görüş belirtilmiştir: 'Aralığın alt ucu, farklı Hg'ye sahip hammaddelerin kullanıldığı işlemler haricinde, bir teknikler kombinasyonu ile elde edilebilir. içerik (örneğin Waelz fırınları).
MET 17, Tablo 11.2	Avusturya, Almanya, EEB Cefic, Eurometaux, Euromines	Tablo 11.2'den dipnotu (2) silmeyi öneren Avusturya, Almanya EEB tarafından muhalif görüş belirtilmiştir.
Horizontal	Avusturya, Finlandiya, Almanya, Hollanda, İsveç, EEB	Avusturya, Finlandiya, Almanya, Hollanda, İsveç ve EEB tarafından muhalif görüş bildirildi. Bu kişiler, bakır, kurşun, arsenik ve kadmiyum emisyonları için bir MET-AEL belirlemeyi tercih edeceklerdir. toz için MET-AEL'ye
MET 48, Tablo 11.5	Polonya, İspanya, Cefic, Euroalliages,	Polonya, İspanya, Euromines, Euroalliages ve Cefic tarafından desteklenen Eurometaux, PCDD/F emisyonlarının orta şaft fırınları için orta dereceli bakır üretmesi için MET-AEL'in 0,1–0,4 ng aralığında bir aralık olarak ifade edilmesi gerektiğini açık bir şekilde ifade etti. -TEQ/Nm <sup>3</sup>

	Eurometaux, Euromines	
MET 50, Tablo 11.6	Eurometaux, Euromines	Euromines tarafından desteklenen Eurometaux, SO <sub>2</sub> emisyonları için MET-AEL aralığının üst düzeyinin ikincil bakır üretiminden havaya 450 mg/Nm <sup>3</sup> olarak ayarlanması gerektiğine dair muhalif bir görüş belirtmiştir.
MET 60	Almanya, EEB	EEB tarafından desteklenen Almanya, bir birincil alüminyum eritme tesisine entegre edilmiş bir anot üretim tesisinde, bir fırın tesisinden SO <sub>2</sub> emisyonu için bir MET-AEL'in, 35-150 mg/Nm <sup>3</sup> aralığında ayarlanması ve ifade edilmesi gerektiğine dair muhalif bir görüş belirtmiştir.
MET 67, Tablo 11.11	İspanya, Eurometaux, Euromines	İspanya ve Euromines tarafından desteklenen Eurometaux, Söderberg hücrelerinden gelen toz emisyonları için MET-AEL seviyesinin 5–10 mg/Nm <sup>3</sup> olması gerektiğine dair muhalif bir görüş ortaya koydu.
MET 68, Tablo 11.13	Almanya, EEB	Almanya ve EEB, MET-AEL tozunun üst ucunun erime ve erimiş metal işleme ve primer alüminyum üretiminde dökümden kaynaklanmasının, 5 mg/Nm <sup>3</sup> olarak ayarlanması gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.
MET 69, Tablo 11.14	Birleşik Krallık	Birleşik Krallık, 69 (a) bendinin açıklamasının aşağıdaki cümlelerin eklenmesiyle değiştirilmesi gerektiği konusunda muhalif bir görüş belirtmiştir: 'Ancak, maliyette ve düşük S anotlarının mevcudiyetinde küresel eğilimlerin bir duruma yol açabileceği düşünülmektedir. Bu teknoloji uygulayan tesislerin daha yüksek kükürt içeriğine güvenmek zorunda kaldığı durumlarda, yıllık ortalama olarak %2'ye kadar anotlar. Sonuç olarak, aynı zamanda, MET-AEL'in SO <sub>2</sub> emisyonları için üst ucunun elektrolitik hücrelerden gelen havaya olan değerinin 20 kg/ton Al olması gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.
	Fransa, İspanya, Eurometaux, Euromines	Fransa, İspanya ve Euromines tarafından desteklenen Eurometaux, MET 69 (a)'nın açıklamasında, anottaki kükürt içeriğinin %2.5 ve aynı tanımda aşağıdaki cümlelerin eklenmesi gerektiğine dair muhalif bir görüş belirtmiştir: 'Bir yönetim planı, hammaddelerin içeriğini kontrol eder ve SO <sub>2</sub> emisyonlarının tahmin edilmesini sağlar, yerel çevre koşullarını dikkate alır.' Sonuç olarak, aynı zamanda, SO <sub>2</sub> emisyonları için MET-AEL aralığının üst ucunun elektrolitik hücrelerden havaya kadar 25 kg/t Al olması gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.
MET 82, Tablo 11.17	Avusturya, Almanya, EEB	Avusturya, Almanya ve EEB, ikincil alüminyum üretiminin yeniden ertelenmesinden kaynaklanan toz emisyonlarına ilişkin dipnotun (2) silinmesi gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.
MET 122, Tablo 11.34	Almanya, Hollanda, EEB	Almanya, Hollanda ve EEB, MET-AEL tozunun üst seviyesinin, metalik ve karışık metalik/oksidik akımların erimesinden ve cüruf dumanlı fırından ve Waelz fırından 5 mg'dan daha düşük olması gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir. Nm <sub>3</sub>
MET 156, Tablo 11.46	Almanya, Hollanda, EEB	Almanya, Hollanda ve EEB, Tablo 11.46'daki dip notun (2) silinmesi gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.
MET 157	İspanya, Eurometaux, Euromines	Eurometaux tarafından desteklenen İspanya ve Euroalliages, ıslak gaz yıkayıcılarının (tek başına bir teknik olarak), ESP'lerin uygulanabilir olduğu mevcut tesisler için ferro-alajım üretiminde kapalı fırınlardan gelen toz ve metal emisyonlarını azaltmak için MET olarak değerlendirilmesi gerektiği yönündeki görüşlerini veya Torba filtreleri güvenlik ve konfigürasyon kısıtlamaları ile sınırlıdır
MET 157, Tablo 11.46	İspanya, Euromines	İspanya ve Euroalliages, Tablo 11.46'da bir dipnotun eklenmesi gerektiğini, mevcut tesisler için MET-AEL aralığının üst ucunun 20 mg/Nm <sup>3</sup> 'e kadar olabileceğini ve güvenlik ve alan kısıtlamalarından dolayı bir çanta eklenmesine dair muhalif görüş belirtmişlerdir. filtre veya bir ESP kullanılamaz
MET 178, Tablo 11.51	Fransa, ECGA, Eurometaux	Eurometaux tarafından desteklenen Fransa ve ECGA, Tablo 11.51'de dipnotun eklenmesi gerektiğini, malzemenin elleçlenmesi ve yükleme ve boşaltma gibi geçici işlemler sırasında aralığın üst ucunun 10 mg/Nm <sup>3</sup> 'e kadar olabileceğini belirten muhalif görüşünü dile getirdi. ambalaj malzemelerinin
MET 180, Tablo 11.53	Avusturya, Almanya, EEB	Avusturya, Almanya ve Avrupa Çevre Bürosu (EEB) Tablo 11.53'teki dipnotun (4) silinmesi gerektiğine dair muhalif görüş belirtmişlerdir.

### Forumun Görüşülmesi ve MET Sonuçlarının resmi kabulü prosedürü

Direktif'in 13(3) maddesi uyarınca Forum, 4 Aralık 2014 tarihli toplantısında Demir Dışı Metaller Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler (MET) referans dokümanı hakkında görüş bildirmiştir:

1. Forum, Komisyon tarafından sunulan Demir Dışı Metaller Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler (MET) referans belgesini memnuniyetle karşıladı.
2. Forum, 4 Aralık 2014 tarihli toplantısında yapılan görüşmeleri kabul etti ve Ek A'da

önerildiği üzere Demir Dışı Metaller Endüstrileri için Mevcut En İyi Teknikler (MET) referans belgesindeki değişikliklerin, son belgede bulunmasını onayladı.

3. Forum, Ek B'deki yorumları, forumun belirli üyelerinin görüşlerini temsil ettiği, ancak forumda nihai belgeye dahil edecek bir fikir birliği bulunmadığı şeklinde yeniden teyit etmiştir.

Daha sonra Komisyon, Demir Dışı Madenler Sanayileri için mevcut en iyi teknikler (BAT) kararlarını hazırlayan Komisyon Uygulama Kararını hazırlarken IED Madde 13 Forumu'nu dikkate almıştır. IED Madde 75 Komitesi, 3 Aralık 2015 tarihli toplantısında, bu taslak Komisyon Uygulama Kararına ilişkin olumlu görüş bildirmiştir.

Daha sonra, Demir Dışı Metaller Endüstrileri için mevcut en iyi teknikler (MET) sonuçlarını oluşturan 2016/1032 Komisyon Uygulaması Kararı 13 Haziran 2016 tarihinde kabul edilmiş ve Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayımlanmıştır (OJ L 174, 30.6. 2016, s. 32)

### **Gelecekteki çalışmalar için öneriler**

Bilgi değişimi, NFM BREF'in bir sonraki gözden geçirmesi sırasında daha fazla bilginin toplanması gereken bir dizi sorunu ortaya çıkardı. Bir sonraki gözden geçirme için öneriler şunları içerir:

### **Gelecekte yapılacak Ar-Ge çalışmaları için öneriler**

Komisyon, Araştırma ve Teknolojik Gelişim programları aracılığıyla, temiz teknolojiler, ortaya çıkan atık su arıtma ve geri dönüşüm teknolojileri ve yönetim stratejileri ile ilgili bir dizi proje başlatmakta ve desteklemektedir. Potansiyel olarak, bu projeler gelecek BREF incelemelerine faydalı bir katkı sağlayabilir. Bu nedenle okuyucular bu belgenin kapsamı ile ilgili herhangi bir araştırma sonucunu Avrupa IPPC Bürosuna bildirmeye davet edilir (ayrıca bu belgenin Önsözünün beşinci bölümüne de bakınız).

## 13 EKLER

### 13.1 Metal Üretim Prosesleri

Metal üretmek ve eritmek için kullanılan çeşitli süreçler veya işlem kombinasyonları vardır. Pirometalurjik ve hidrometalurjik süreçler bu bölümde tarif edilmiştir. Göründükleri sıra anlamlı değildir ve bir sıralama belirtmez. Metal spesifik bölümlerde (3 ila 10) tarif edilen teknikler, pirometalurjik veya hidrometalurjik işlemlerin, kullanılan metallerin ve bu uygulamalardaki özel avantaj ve dezavantajların daha fazla detayını verir.

Fırınlr, hammaddelerin kavurulması veya kalsine edilmesi, metallerin eritilmesi ve rafine edilmesi ve eritme cevherleri ve konsantreleri gibi çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır.

Aynı tür bir fırın veya işlem çeşitli amaçlarla kullanılabilir ve bu nedenle çeşitli uygulamalara genel bir bakış vermesi amaçlanmıştır [21, COM 1991], [25, OSPARCOM 1996], [34, UNECE 1995].

Proses seçiminde önemli bir husus, duman ve gazların toplanması ile olan ilişkidir; mühürlü, yarı kapalı ve açık süreçlerle karşılaşılmaktadır. Duman toplama sisteminin tasarımı, bazı durumlarda duman toplanmasını zorlaştırabilecek geometriden güçlü bir şekilde etkilenir. Bir fırından çıkarılacak toplama başlıklarına ihtiyaç duyan transfer sistemlerinin kullanımı, bu tasarım yönünün bir örneğidir.

Bilgisayarlı akışkanlar dinamiği (CFD) çalışmaları ve izleyiciler, fırın gazlarının akışını ve aynı zamanda erimiş elektrolitlerin hareketini modellemek için kullanılmıştır [233, COM 2008], böylece yaygın emisyonlar önlenebilir veya minimize edilebilir. Bu tekniklerin kullanımı optimize edilmiş gaz toplama sistemleri ile sonuçlanmıştır (bkz. Bölüm 2.12.4.3).

Belirli bir işlem tipinin uygulanabilirliğindeki diğer önemli faktör, kullanılan hammaddenin türü ve değişkenliğidir; bazı süreçler bir dizi malzemenin kullanılmasına izin verirken, diğerlerinin tanımlanmış bir malzeme türüne ihtiyacı vardır. Küçük ve eşit miktarda hammadde ilavesi için fırın veya elektrolit yükleme sistemlerinde yapılan değişiklikler paralel olarak geliştirilmiş ve aynı zamanda yaygın emisyonların önlenmesine katkıda bulunmuştur [233, COM 2008]. Bu konular bireysel metal üretim bölümlerinde (3 ila 10) daha detaylı olarak ele alınmaktadır. Bu sistemlerin işletimi ve bakımı da önemlidir. Muhtemelen karşılaşılabilecek fırın tipleri Tablo 13.1'de özetlenmiştir.

**Tablo 13.1: Tipik fırın uygulamaları**

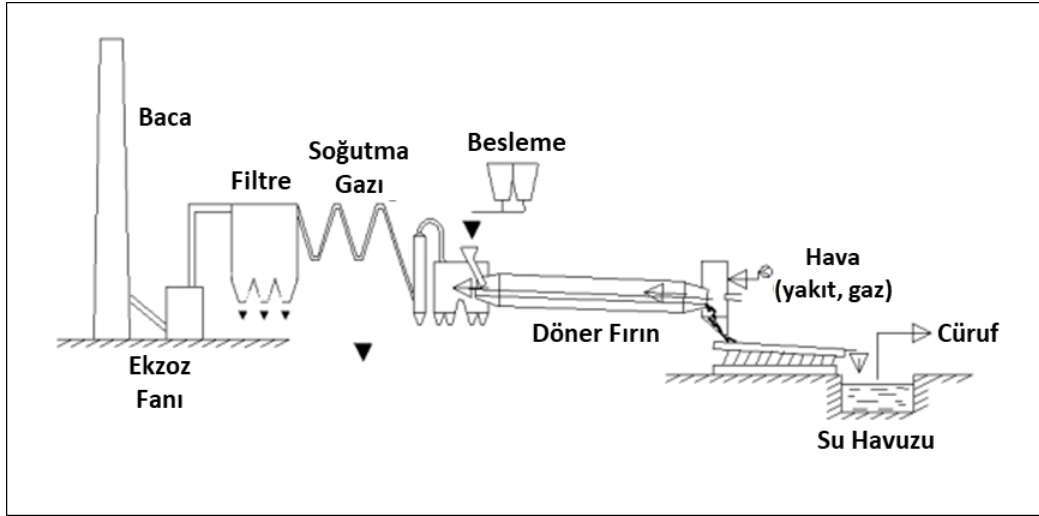
Metal	Type of furnace likely to be encountered	Comment
Copper	Flash smelting furnace Bath smelting furnace Electric furnace Rotary furnace or converter Blast and shaft furnaces Induction furnace Reverberatory furnace (also hearth and chamber furnaces)	A variety of Uygulamas depending on the raw material and process stage
Aluminium	Molten electrolyte cells Reverberatory (and closed well) furnace Rotary, tilting rotary and shaft furnaces Induction furnace	Molten electrolyte cells only for primary production processes

Lead	Imperial Smelting Furnace (ISF) Doerschel (rotating/rocking) furnace Flash furnace (Kivcet) Bath furnace (QSL, Ausmelt/ISASMELT) Short rotary or tilting rotary furnace Reverberatory furnace Heated kettle Sinter machine Blast furnace Electric furnace TBRC (Kaldo)	A shaking ladle is used to produce tin from lead-tin alloys
Zinc	ISF and New Jersey distillation Fluidised bed roaster and sinter machine Induction and crucible furnaces Slag fuming furnaces and Waelz kiln	Temperature control of melting is vital
Precious metals	Electric furnace Blast furnace TBRC (Kaldo) Crucible furnace Rotary and static incinerator Cupel and BBOC Vacuum distillation	A variety of Uygulamas depending on the raw material and process stage
Refractory metals	Pusher furnace Band furnace Batch furnace Rotary furnace Electron beam furnace Vacuum induction furnace Herreshoff furnace	Pusher, band, batch and rotary furnaces are used for powder production. The electron beam furnace is used for ingot smelting. The Herreshoff furnace is only used for Mo concentrate roasting.
Ferro-alloys	Blast furnace Electric and submerged arc furnaces and electric furnace Reaction crucible Metallothermic reactor Induction furnace	The electric arc furnace is used as an open, semi-closed and closed furnace. The induction furnace is also used for remelting.
Alkali metals	Molten electrolyte cells Electric furnace, induction furnace	Induction furnaces are mostly used for remelting
Nickel and cobalt	Flash smelting furnace Bath smelting furnace Electric furnace, reverberatory furnace Converter Fluidised bed roaster Rotary kilns and furnace Induction furnace	A variety of Uygulamas depending on the raw material and process stage
Carbon and graphite	Pit furnace and vacuum furnace Electric furnace	

### 13.1.1 Kavurma ve kalsinasyon fırınları

#### 13.1.1.1 Döner fırınlar

Döner fırınlar döner fırın ile aynı düzenlemeyi kullanırlar ancak Şekil 13.1'de gösterildiği gibi yükü eritmeden çalışırlar.



Şekil 13.1: Döner Fırın

Bu fırınlar çeşitli füme ve kalsinasyon süreçleri için kullanılır. Başlıca örnekler, bir Waelz fırında dumanla çinko oksit üretimi; ferro-nikel işleme için kalsin üretimi; elektrolitik magnezyum üretimi için alüminyum hidroksitin kalsinasyonu ve magnezyum hidroksitin hafif yakılmış magnezyum okside kalsinasyonu. Diğer uygulamalar, yüksek sıcaklıklarda çeşitli hammaddelerin ön-muamelesi, fotografik filmin ve kağıdın yakılması ve konsantratların ve daha düşük sıcaklıklarda malzemelerin harmanlarının kurutulmasıdır.

### 13.1.1.2 Akışkan yataklı reaktörler

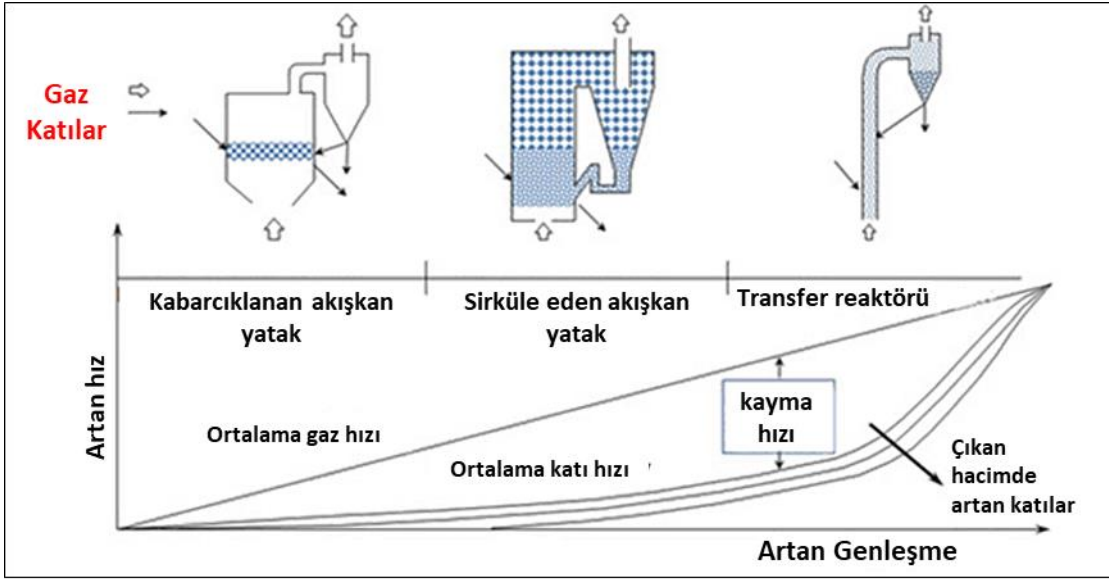
Bu fırınlar özellikle iyi sıcaklık kontrolü gerektiğinde, örneğin bakır, nikel, kobalt ve/veya çinko sülfidik konsantrelerin kavrulması ve çinko konsantrelerinin ölü olarak kavranması ve bakır konsantrelerinin yanı sıra  $Al_2O_3$  kalsine edilmesinin kısmi olarak kızartılması için uygundur.

Yanma havası, fırının tabanındaki bir ızgarada ve ızgara üzerinde kavrulmuş akışkan yatak malzemesinden tuyere'lerden üflenir. (bkz. Şekil 13.2.)

Konsantrat, yatağın üstüne beslenir. Oksijen, kükürt dioksit (kalsin denir) üretmek için yatakta bulunan sülfidler ile reaksiyona girer.  $SO_2$  gazı yaklaşık  $900\text{ }^{\circ}C$  ila  $1000\text{ }^{\circ}C$ 'de oluşur.

Kalsinin bir kısmı mekanik olarak fırından çıkarılır, ancak bazıları gaz akışında taşınır ve atık ısı kazanı, siklonlar veya bir ESP içinde çıkarılır. Kavurma, klor, flor, selenyum ve cıva gibi bazı küçük safsızlıkları gaz fazına çıkarır.

Kavurmada oluşan ısı, yatak içinde ve atık ısı kazanı içinde soğutma bobinleri ile buhar olarak geri kazanılır. Buharın kullanılması, tesis sahasındaki ihtiyaçlara bağlı olarak bir miktar değişiklik gösterebilir, ancak bir kısmı proseste ısıtmak için her zaman kullanılır.



Şekil 13.2: Akışkan yataklı reaktörler

### 13.1.1.3 Çok hazneli veya Herreshoff fırını

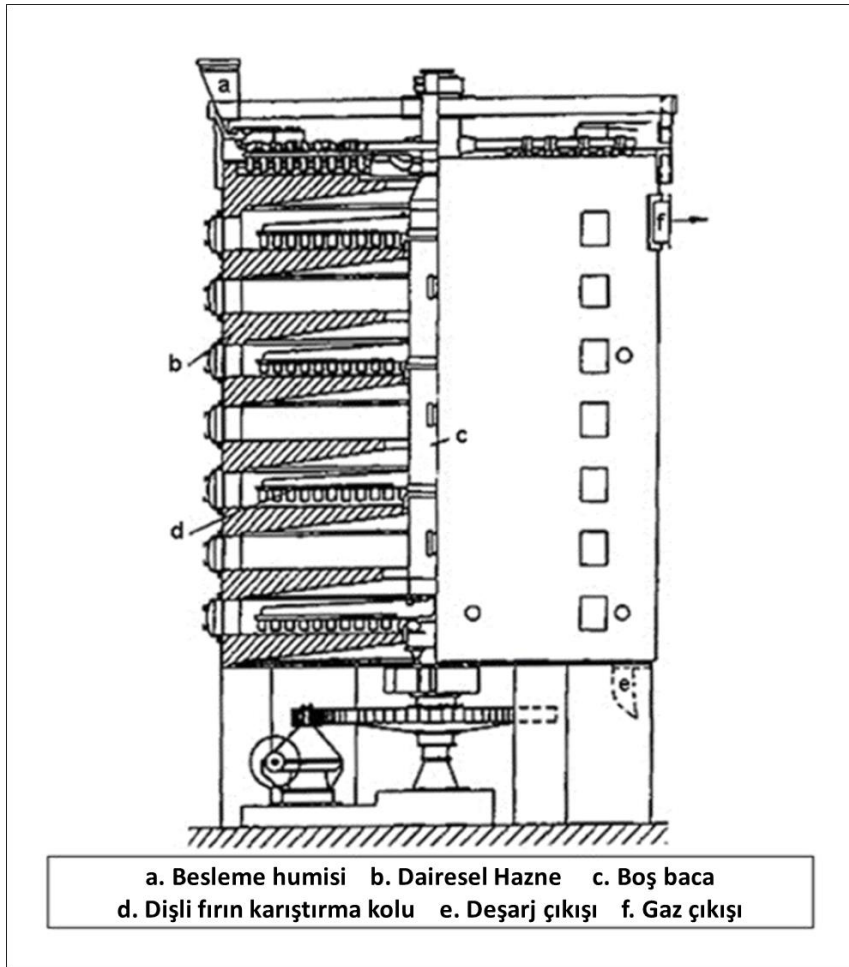
Çoklu ocak veya Herreshoff fırını, dikey olarak düzenlenmiş ve silindirik, refrakter kaplı çelik bir kabuk içine yerleştirilmiş 8 ila 16 halka şeklindeki refrakter tuğla ocak içeren bir kule içerir. Materyal genellikle fırının üst kalıbının dış tarafına beslenir ve bu ocağın ortasına, ikinci ocağın merkezine düştüğü rakor kollarıyla hareket ettirilir. İkinci ocaktaki malzeme akışı, üçüncü ocak dışına düştüğü merkezden dışarı doğrudur. Bu zikzak akışı, kavrulmuş malzeme boşalana kadar tekrarlanır. Rabble kolları hava soğutmalı merkezi, dikey dönen bir boruya bağlanır. Gaz veya yağ brülörleri, malzemenin yanma özelliklerine bağlı olarak fırının çeşitli noktalarında sağlanır. Merkezi boruyu soğutmak için kullanılan soğutma havası normal olarak fırın için önceden ısıtılmış yanma havası olarak kullanılır.

Fırın Şekil 13.3'te gösterilmiştir.

Bu fırın, sülfidik cevherleri kızartmak veya doğrudan metal üretmek veya molibden oksit gibi bir oksit üretmek için kullanılır. Molibdenitin kavurma işleminde serbest bırakılan buharlaştırılmış renyum, bir sonraki rhenium geri kazanım tesisiyle birlikte bir ıslak ovma sistemi kullanılarak kavurucu off-gazından geri kazanılabilir.

Çoklu ocak fırını ayrıca aktif karbonu yeniden üretmek için kullanılır. Ayrıca, Waelz işlemine alternatif olarak çinko elde etmek için çelik tozu, liç kalıntıları ve kaplama çamurlarının arıtılmasında da kullanıldığı bildirilmiştir [227, IZA Rapor 2008]. Bir redüksiyon fırını ile birlikte tortulardan çelik ve diğer metallerin üretilmesinde kullanıldığı bildirilmiştir [257, Paul Wurth 2008].

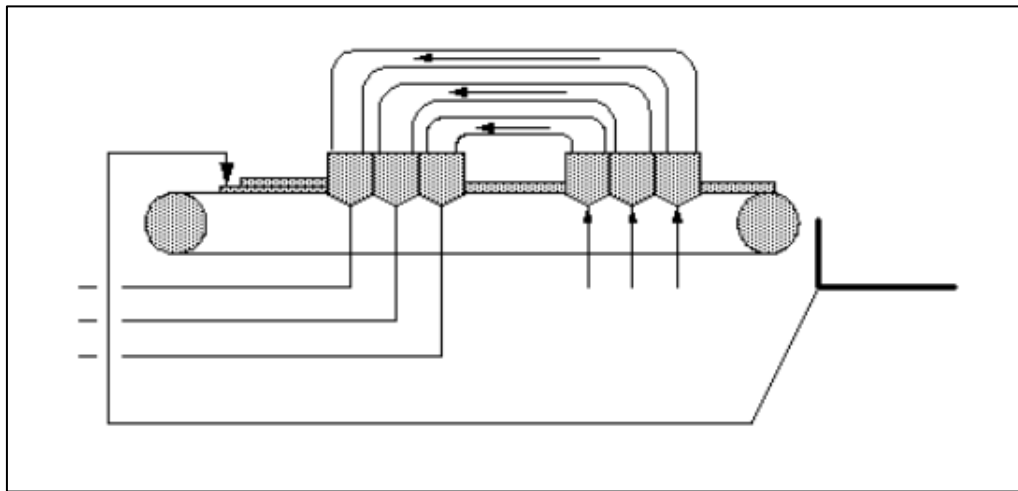




Şekil 13.3: Çok hazneli veya Herreshoff fırın

#### 13.1.1.4 Sinter fırınları

Sinterleme tesisi için hammaddeler konsantre, cevher tozu, baca tozları ve diğer ikincil malzemelerdir. Sinterleme tesisinde, malzeme ilk önce gereken ölçüde toplanır ve pelet haline getirilebilir. Aglomere edilmiş malzeme bir tabaka veya taşıyıcılar içinde sinterleme fırınına beslenir, ısıtılmış gazlar yataktan veya gezici ızgaralı sinter makinesinden geçirilir (yukarı çekilir) veya aşağıya doğru iner (düşürülür).



Şekil 13.4: Çelik bantlı sinterleme fırını

Çelik kayış sinterleme makinesinde, yeşil aglomeraların delikli çelik konveyör bant üzerinde taşındığı çok bölmeli bir fırın kullanılır. Aglomera, son soğutma bölgesinden dolaşımdaki gazla kurutma bölgesinde kurutulur. Ön ısıtma bölgesinde, aglomeratın sıcaklığı artırılır, böylece malzeme kalsine edilir ve yataktaki karbon tutuşturulur. Isıtma gazı ikinci soğutma bölgesinden

alınır. Sinterleme bölümünde sinterleme sıcaklığı elde edilir. Isıtma gazı, karbonun yanmasından ve ütüünün oksidasyonundan kaynaklanan enerjiye ek olarak, ilk soğutma bölümünden alınır.

Ön uç bölmeler downdraught'tır ve soğutma havası yatak boyunca üç soğutma bölümüne üflenir. Bölmelerdeki sıcaklık profilini kontrol etmek için ek enerji gerekiyorsa, ön ısıtma ve sinterleme bölmelerinde eritme işleminden veya doğal gazdan CO gazı yanar. Ürünün sinter veya pelletlerinin bir kısmı, aşırı yüksek sıcaklıklardan korumak için çelik bant üzerinde alt tabaka olarak kullanılır. Egzoz gazları kademeli yıkayıcılarda ve/veya kumaş filtrelerde temizlenir. Tozlar aglomerasyona geri döndürülür. Fırın Şekil 13.4'de gösterilmiştir.

Sinterleme fırınları çeşitli cevherler, tozlar ve çamurların sinterlenmesine uygulanır. Çelik bant sinterleme fırını kromit peletleri, manganez cevheri ve niyobyum konsantresi için kullanılır ancak başka uygulamalara da sahip olabilir.

### 13.1.2 İzabe fırınları

İzabe, çok fazla ısının kullanılmasını veya üretilmesini içerir ve bu ısının çoğu atık ısı kazanlarında çıkan gazlardan geri kazanılır. Bununla birlikte, bir fırın içindeki ısı, etkili eritme işlemine izin vermek ve aynı zamanda fırını korumak için kontrol edilmelidir. Soğutma sistemleri fırınları korumak ve refrakterlerin ömrünü uzatmak için kullanılır. Şelaleler dış kabuğun soğutulması için kullanılabilir ya da astarları soğutmak için özel soğutma elemanları kullanılabilir. İyi tasarlanmış fırın soğutması kullanıldığında uzun kampanyalar düzenlenir.

Soğutma, aynı zamanda, atık gaz toplama davlumbazlarının etkin sızdırmazlığını önleyen cüruf ve diğer malzemelerin birikmesini önlemek için bir fırının boğazında da faydalıdır. Gelişmeler bu hassas alanlarda güvenilir ve güvenli soğutma sistemleri sağlamıştır.

#### 13.1.2.1 Yalama yalazlı fırın ya da kapalı kuyu fırın

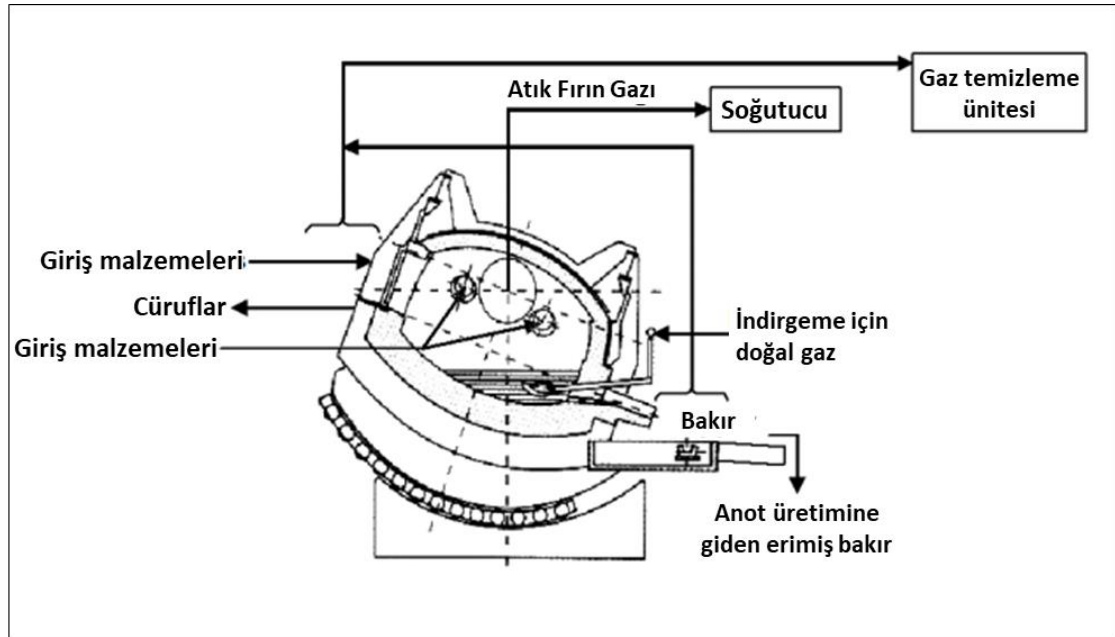
Yalama yalazlı fırın ayrıca kapalı kuyu ocağı olarak bilinir. Konsantre ve ikincil malzeme eritme için kullanılır. İki genel tip mevcuttur: kalsin veya konsantrelerin ergitilmesi için basit bir banyo fırını ve eritme veya inceltme için yalama yalazlı bir fırın. Fırınlar bazen metal dökmek veya metale üfleme için eğilebilir. Delikler, muamele gazlarının enjeksiyonu veya ince malzemelerin eklenmesi için kullanılabilir.

Fırın, belirli metal ve uygulamaya bağlı olarak bir dizi konfigürasyonda yapılandırılmıştır. Varyasyonlar, spesifik erime amaçları için eğimli ocakların ve yan kuyuların sağlanmasını içerir; ve gazların eklenmesi için delikler ve mızraklar.

Cüruf genellikle dökülerek çıkarılır.

Sülfürik cevherler yalama yalazlı bir fırında eritildiğinde, kükürt dioksit konsantrasyonları, yüksek hacimdeki yanma gazları ve fırında düşük kükürt giderme oranı nedeniyle normal olarak düşüktür. Fırın Şekil 13.5'te gösterilmiştir.

Bu fırınlar çeşitli birincil ve ikincil hammaddelerin eritilmesi ve ateşte rafinasyon için kullanılır. Alüminyumun ergitilmesi ve geri kazanılması için yalama yalazlı (kapalı kuyu) fırının kullanımı aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 13.5: İkincil malzemeler için kullanılan eğimli bir yalama yalazlı fırın örneği [121, Rentz, O. et al. 1999], [121, Rentz, O. et al. 1999].

### 13.1.2.2 Yüksek Fırınlar

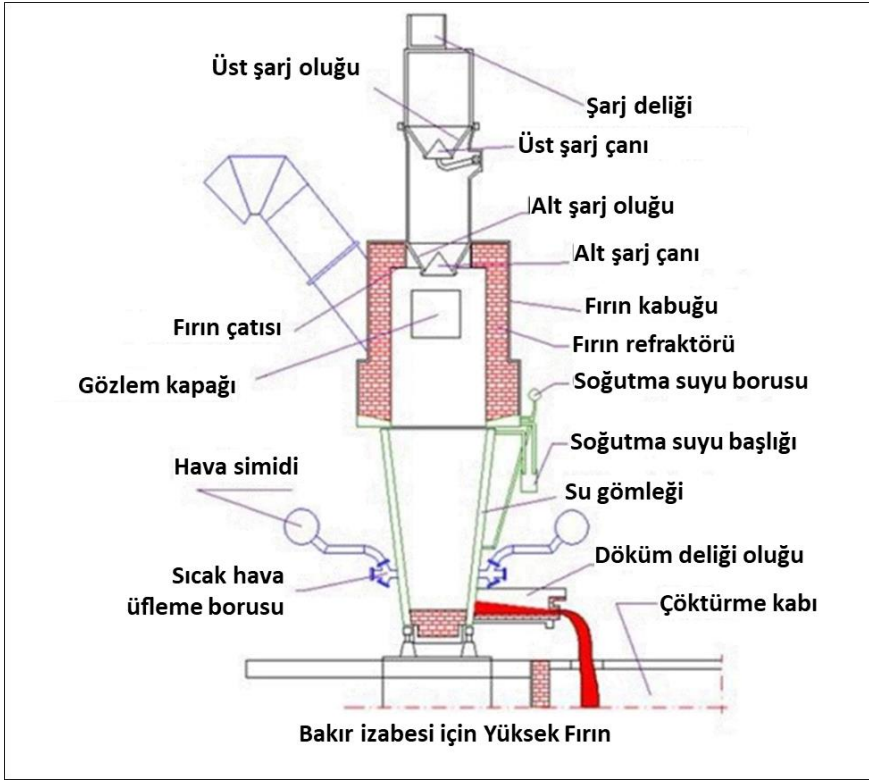
Bunlar şaft fırınlarıdır ve metal oksidin veya ikincil malzemenin ve flaks maddelerin fırın yüküyle karıştırılıp kokları yakmak için fırının alt kısmındaki deliklerden ısıtılmış hava püskürtmesi ile işlerler. Malzemeler genellikle şarj edilmeden önce briketlenir. Kokun bir kısmının yanması, fırın sıcaklığını artırır ve geri kalanı CO üretir ve bu da su gazı reaksiyonu ile üretilen hidrojen ile birlikte metal oksitleri metale indirger. Reaksiyon, karbon monoksit bakımından zengin bir gaz üretir. Bu, üflenen havayı önceden ısıtmak için toplanabilir, temizlenebilir ve yakılabilir veya ayrı bir son yakıcıda veya fırının oksijen bakımından zengin bir bölümünde yakılabilir. Bazı durumlarda, çinko oksit tozları gibi hammaddeler delikler (*ing. tuyère*) yoluyla beslenir.

Metal, fırının tabanında bir ocak veya pota üzerinde toplanır ve sürekli veya kesikli olarak dökülebilir. Kesikli olarak işletildiğinde, cüruf metalin üstünde yüzer ve metal ayrı bir delikten dökülür. Döküm alma işlemi sırasında duman tahliye ve azaltma sistemleri kullanılır.

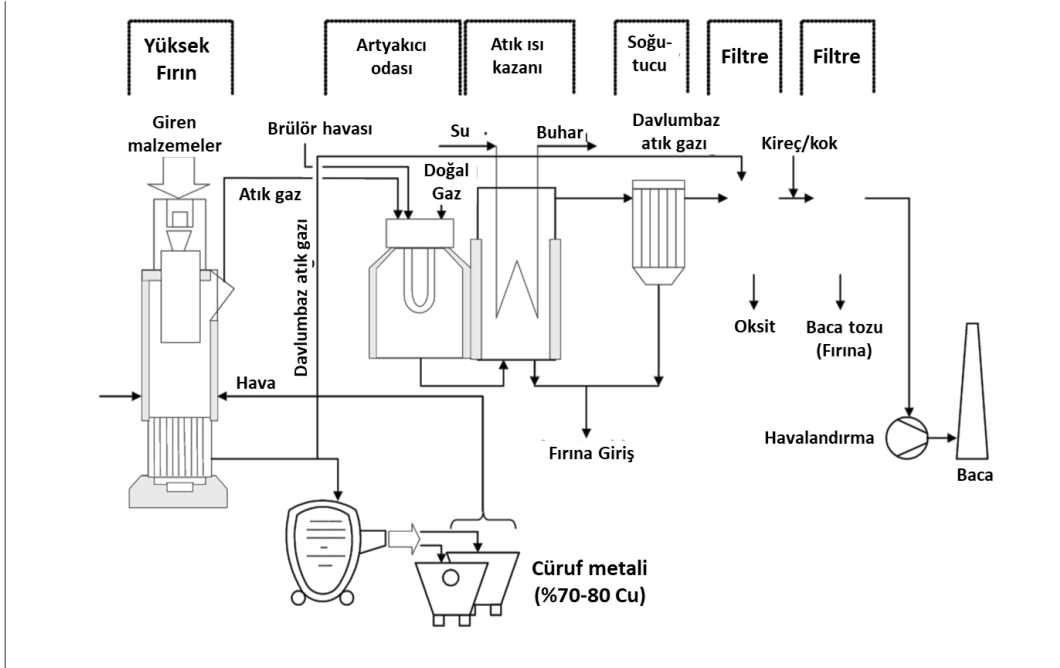
Fırın kabuğu, normal olarak tüm yüksekliği boyunca veya alt kısımda suyla soğutulur. Yüksek fırın aynı zamanda bir su gömlekli fırın olarak da adlandırılabilir. Besleme yöntemine ve metali eritmek için kullanılan çalışma sıcaklığına bağlı olarak iki yüksek fırın varyasyonu vardır. Fırınlar olabilir:

- şarj malzemesinin bir transfer kilidi üzerinden bir çan veya bir konveyör vasıtasıyla beslendiği sıcak tepe;
- fırına bir huniden şarj yapılan ve beslenen malzemenin üstte fırını kapayıp sızdırmaz hale getirdiği soğuk tepe.

Fırınlar Şekil 13.6 ve Şekil 13.7'de gösterilmiştir.



Şekil 13.6: Birincil bakır izabesi için yüksek fırın



Şekil 13.7: İkincil bakır üretimi için yüksek fırın [ 121, Rentz, O. et al. 1999 ]

Yüksek fırınlar, değerli metaller, bakır ve birincil ve ikincil hammaddelerin yanı sıra yüksek karbonlu ferro manganzen elde edilen kurşun gibi çeşitli metalleri temizlemek ve geri kazanmak için kullanılır. Gelişmeler, ince malzemelerin fırınlara tuyères yoluyla yüklenmesini sağlar ve bu, briketlenmeyi önleyebilir ve tozlu malzemenin işlenmesini azaltabilir.

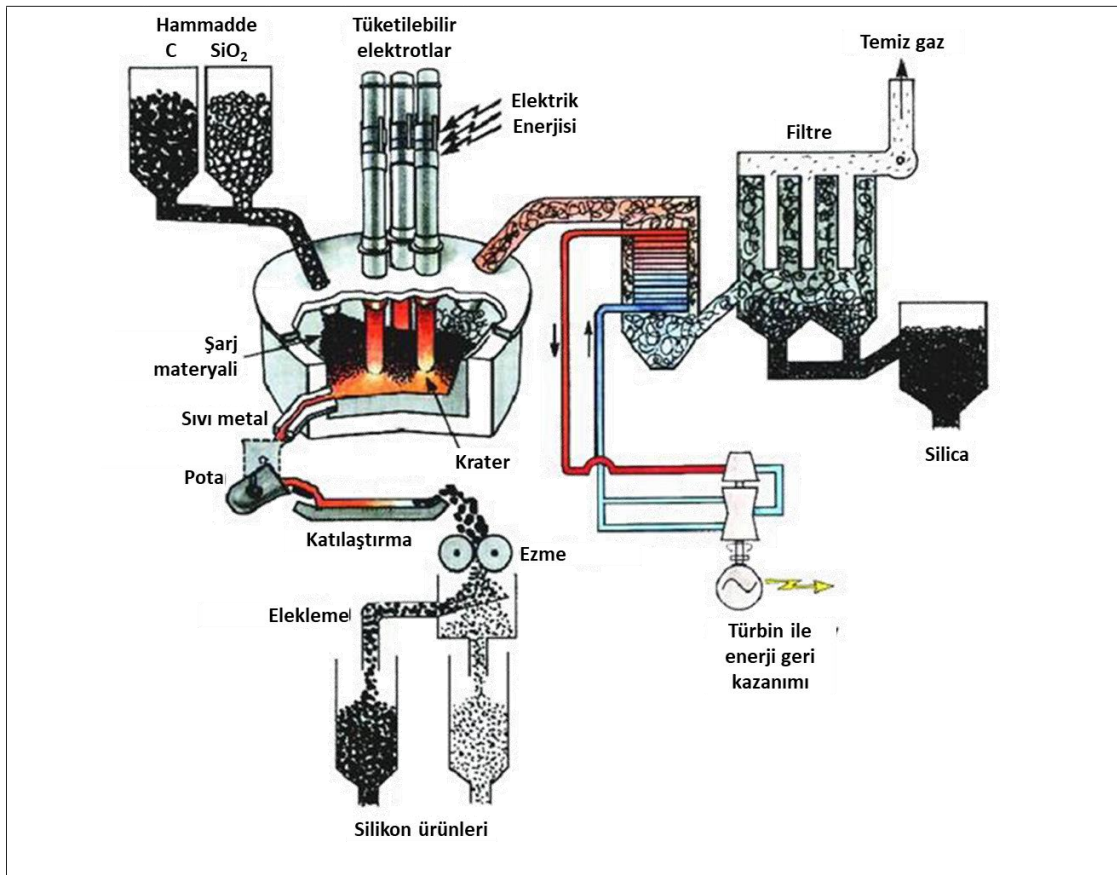
Yüksek fırının özel bir uygulaması, karışık kurşun ve çinko konsantreleri için kullanılan Emperyal Eritme Fırını (ISF) 'dir. Bu fırın, ocak içinde toplanırken, gazlar içinde salınan çinko buharını toplamak için yüksek fırın bölümünden sonra erimiş bir kurşun sıçrama kondansatörü kullanır. Kondenserde toplanan çinko ve kadmiyum, bir fraksiyonel damıtma sisteminde (New Jersey damıtma kolonu) saflaştırılır.

### 13.1.2.3 Elektrikli indirgeme fırınları

Bir elektrik indirgeme fırınındaki işlem normal olarak bir oksit halindeki bir elementi metalik forma indirgemektedir. İşlem normal olarak okside ve genellikle karbon içeren bir indirgeme maddesinin fırına ilave edilmesini içerir. Metalik bileşenler de eklenebilir. Tepkime maddelerini reaksiyon sıcaklığına getirmek ve endotermik reaksiyonları desteklemek için elektrik enerjisi eklenir. Bu elektrik enerjisi, ocaktaki elektrotun yakınındaki bir konsantr reaksiyon bölgesinde ısı enerjisine dönüştürülür. Fırınlar Şekil 13.8, Şekil 13.9 ve Şekil 13.10'da gösterilmiştir.

Bazı fırınlar gerekli enerjiyi geliştirmek için bir cüruf tabakası kullanacaktır. Diğerleri yükün kendisinde veya bir kok yatağında direnmeye dayanır. Bazı işlemler elektrot ucundan kok yatağına veya kratere kadar plazma arkı tutar. Bu tür elektrik indirgeme fırınları bazen tozaltı ark ocağı olarak adlandırılır. Bunun nedeni, batık arkın, işlemin reaksiyon bölgesinde elektrik enerjisinden ısı enerjisine dönüşmesinin önemli bir parçası olmasıdır. Elektrik beslemesi normalde üç fazlı bir elektrik güç kaynağına dayanır. Elektrik güç kaynağı yüksek voltajdan düşük voltaja dönüştürülecektir. Bir DC (doğru akım) elektrik kaynağı da kullanılabilir ve bu durumda ark, elektrotlar ve karbon fırın astarı veya elektrotlar ile fırının alt kısmındaki hammaddeler arasında vurur. Elektrik indirgeme fırını aşağıda gösterilen aşağıdaki ana bileşenlere ayrılabilir:

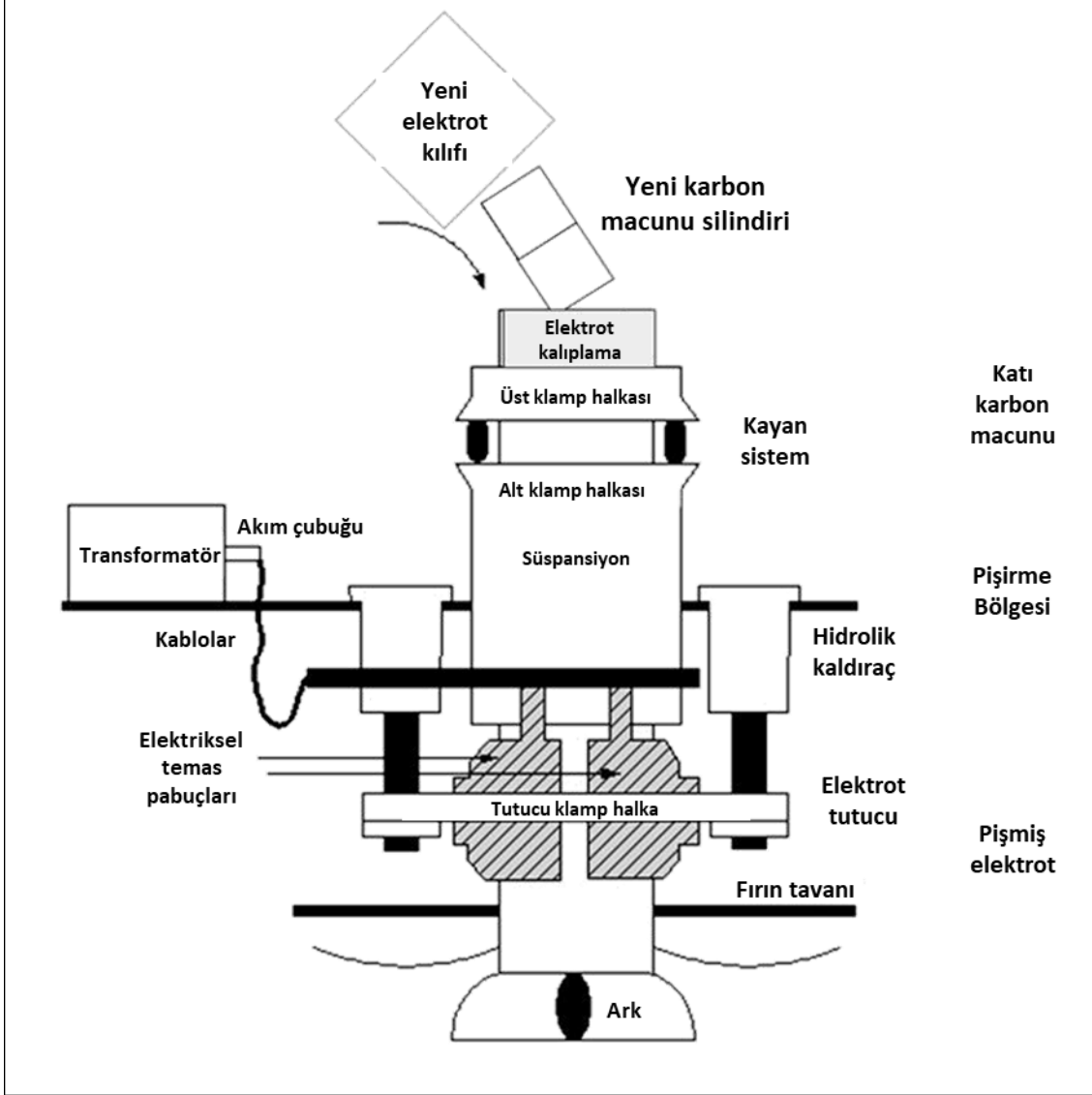
- maden cevherleri, konsantrler ve indirgeyici maddeler gibi hammaddelerin veya fırına hammaddelerin bir karışımının eklenmesi için ekipman;
- bir elektrik şebekesi, transformatörler, baralar ve elektrotlardan oluşan fırına elektrik enerjisi tedarik eden ekipman;
- ekipmanı ısıdan koruyan bir kabuk, astar ve fırın kapağından oluşan fırın gövdesi veya şaftı;
- metal ve cürufun fırından alınması için ekipman; genellikle metal, daha sonra bir kırma işleminde boyutlandırılmalıdır;
- gazdan arındırma sistemi (bir siklon, gaz yıkayıcı veya filtre gibi bir gaz işleme sistemine bağlı atık gaz kanalları), burada bir enerji geri kazanım biriminin yanı sıra gaz temizliği için filtre.



Şekil 13.8: Elektrikli indirgeme fırını süreci ve yardımcı ekipmanlar

Ham malzeme, fırına farklı şekillerde yüklenebilir. Küçük fırınlarda, hammadde bir şarj aracı kullanılarak şarj edilebilir. Şarj aracı bazen fırın yükünün üst kısmındaki kabuk oluşumunu bozmak için gerekli stoklama için de kullanılabilir. Büyük elektrik ark fırınları, normal olarak, şarjın tüplerden fırın yükü seviyesine aktığı tüpler tarafından doldurulur.

Elektrik besleme sistemi, normalde yüksek voltajdaki elektrik enerjisini, işlem için gerekli olan düşük voltaj/yüksek akım seviyesine dönüştüreceklerdir. Fırın transformatörleri normal olarak, elektriksel simetri ve gereksiz elektrik kayıplarını önlemek için kısa elektrik bağlantı hatları elde etmek amacıyla, fırının etrafında simetrik olarak yer almaktadır. Daha küçük, eski fırınlar bazen tek bir üç fazlı trafo kullanır. Tek fazlı transformatörlerin çalışması fırın kontrolü için bazı avantajlara sahiptir. Elektrotlar, elektrik besleme sistemine bara aracılığıyla bağlanır. Elektrotlar önceden veya Söderberg çeşidi olabilir. Grafit veya karbon malzemeden üretilirler ve süreç içerisinde tüketilirler ve sürekli olarak değiştirilmesi gerekir.

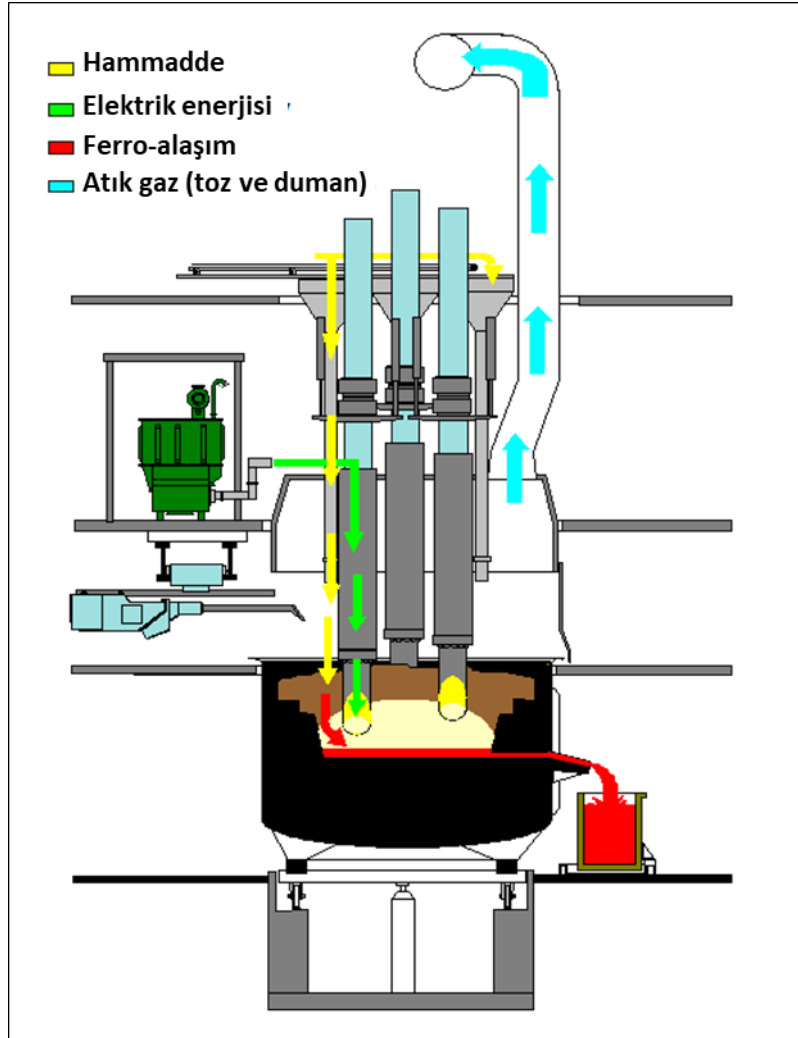


**Şekil 13.9: Bir elektrik ark fırında Söderberg elektrot sistemi**

Şekil 13.9'da gösterilen Söderberg sistemi, karbon macunu için bir kalıp görevi gören bir dış çelik elektrot muhafazasına dayanmaktadır. Karbon macunu, elektrot ısıtıldığında, üst kontak kelepçesi bölgesini geçerek çelik mahfaza içinde katı bir elektrotta pişirilir. Katı karbon elektrodu fırında kısmen termal reaksiyon ve kısmen oksidasyon ile tüketilecektir. Önemli konsantrasyonlarda karbon monoksit üretilebilir. Bazı tesisler, malzemenin elektrodun içinden fırına beslenmesini sağlayan içi boş elektrotlar kullanır. Hammadde elektrik devresindeki direncin bir kısmını sağlar ve ihtiyaç duyulan yüksek sıcaklıkları üreten elektrik arkının oluşumunu destekler. Elektrotların yerleştirilme derinliği direnci düzenler. Doğru akım ark fırınları mevcuttur ve anot pimleri veya iletken ocaklar kullanılır. Elektrik ark ocakları, parti

olarak veya sürekli olarak çalıştırılabilir.

Fırınlr, şarj olukları için besleme olukları ve sızdırmazlık valfleri kullanılarak açık, yarı kapalı veya tamamen kapalı olabilir. İkinci durumda, tüm fırın gazları verimli bir şekilde özütlenir, temizlenir ve yüksek CO konsantrasyonları kullanılarak bir yakıt kaynağı olarak veya ısı içeriğini kullanarak besleme maddelerinin ön ısıtmasında kullanılabilir [112, Outokumpu Oy (SF) 1998]. Davlumbazlar ve zaman zaman fırın gövdesi işlemi kontrol etmek ve hasarı önlemek için suyla soğutulabilir.



Şekil 13.10: Döner elektrikli indigeme fırını

Erimiş veya katı ham maddeler, lapalar, besleme boruları veya içi boş bir elektrot kullanılarak çeşitli şekillerde beslenir. Kapalı veya yarı kapalı koşulların bakımı kolaydır. Eritme işlemlerinde, kavrulmuş cevher konsantreleri, sıvı eriyiği üzerine ya fırının üstünden ya da yanal olarak bireysel şarj cihazları ile aktarılır ve elektrotlar erimiş cüruf tabakasına daldırılır.

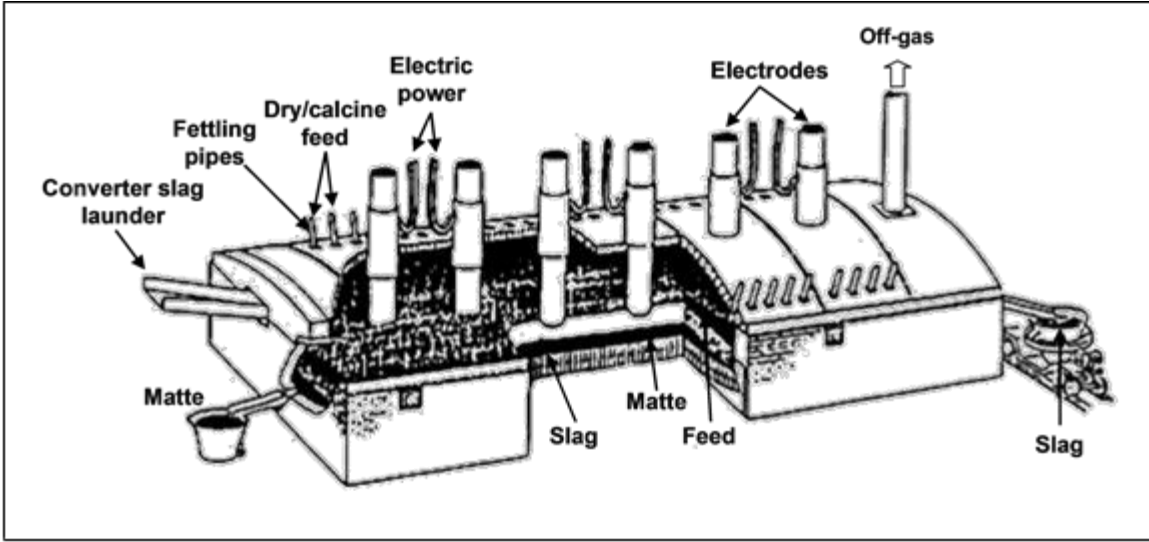
Bu fırınlar bir dizi ferro alaşımın eritilmesi için kullanılır ve CO içeriğinden yararlanmak için malzemenin önceden ısıtılması veya ön-azaltılması için kullanılabilir. Ayrıca, refrakter metallerin ve yüksek sıcaklık alaşımlarının eritilmesi ve rafine edilmesi için kullanılırlar ve bu durumlarda vakum altında çalıştırılırlar.

#### 13.1.2.4 Elektrik (direnç) fırınları

Bu tip fırın, elektrik indirgeme fırınına benzer bir düzenleme kullanır. Fırının büyüklüğüne bağlı olarak, üç ila altı adet Söderberg veya önceden ısıtılmış elektrotlar sıvı tabakaya daldırılır. Erime sıcaklığı, elektrik dirençli ısıtma ile sağlanır. Fırın sürekli olarak çalışır. Fırın Şekil 13.11'de gösterilmiştir.

Erimiş veya katı ham maddeler, lapalar, besleme boruları veya içi boş bir elektrot kullanılarak

çeşitli şekillerde beslenir. Mühürlü veya yarı sızdırmaz koşullar bakımı kolaydır. Eritme işlemlerinde, kavrulmuş cevher konsantreleri, sıvı eriyiği üzerine ya fırının üstünden ya da yanal olarak bireysel şarj cihazları ile aktarılır ve elektrotlar erimiş cüruf tabakasına daldırılır.



Şekil 13.11: Konsantre veya kalsin eritme için elektrikli fırın

Elektrik fırınları, uygulamaya bağlı olarak kok (indirgeyici maddeler olarak) ve dolgu maddelerini kullanarak çeşitli şekillerde çalıştırılabilir. Karbon elektrotları oksit olarak tüketilir ve indirgenir, ancak yakıtın yanmasıyla üretilen gazlar olmadığından, çalışma sırasında üretilen gaz hacimleri minimumda tutulur. Eritme için gerekli olan ısı, elektrik direnci olarak işlev gören erimiş cürufta batırılmış elektrotlarla uygulanan elektrik enerjisi ile üretilir. Bu fırınlar genellikle mühürlenir ve gazlar kolayca toplanır ve çıkarılır ve mümkün olduğunda toz, CO ve sülfür dioksit yeniden kullanılır.

Bu fırınlar, kıymetli metaller, kurşun ve bakır dahil olmak üzere birincil ve ikincil hammaddelerden bir dizi metalin üretiminde kullanılır ve cüruf temizliği için de kullanılabilir [121, Rentz, O. et al. 1999]. Birincil eritme işleminden bazı cüruflar, örn. Bakır, genellikle dairesel fırınlarda temizlenir. Ayrıca değerli metallerin, özellikle gümüşün geri kazanımı için kullanılırlar.

İkincil hammaddeler kullanıldığında, yük belirli bir eritme programına uygun bir bileşim ile hazırlanır ve kapalı bir şarj sistemi vasıtasıyla fırına verilir. Erimiş ürünler kovalar veya kepçeler halinde farklı rötuşlarla çekilir. Azaltım eritme, esas olarak çinko, kalay ve kurşunun uçucu hale gelmesiyle sonuçlanmakta olup, bunlar, çıkış gazıyla oksit olarak boşaltılmakta ve bir toz haznesi, işlem gazı soğutucusu ve bir filtreden oluşan toz toplama sisteminde toplanmaktadır.

### 13.1.2.5 Döner fırın

Döner fırın Ek 13.1.1.1'de açıklanmıştır.

### 13.1.2.6 Refrakter astarlı çukurlar ve potalar

Refrakter astarlı çukurlar ve potalar, potalar oluşturacak şekilde düzenlenmiş  $Al_2O_3$  veya diğer refrakter malzemeden ve refrakter kaplı çelik silindirlere oluşan basit çukurlardır. Bunlar genellikle metalotermik reaksiyonlar için kullanılır. Refrakter astarlı çukurlar ve potalar genellikle ferro-vanadyum ve ferro-molibden gibi özel demir alaşımlarının yanı sıra refrakter metallerin üretiminde kullanılır. Bu tür bir fırın ile duman toplama problemi olabilir ve iyi tasarlanmış ve çalıştırılan gaz ekstraksiyonu gereklidir.

### 13.1.2.7 Ausmelt /ISASMELT fırınlar ve KRS fırın

Ausmelt/ISASMELT fırınları ve KRS fırını, doğal gaz, petrol veya kömürün enjeksiyonu için çelik mızrak ve eriyiğin içine oksijen veya hava veren silindirik banyo fırınlarıdır. Borular erimiş banyoya daldırılır ve hızlı bozulmayı önlemek için cüruf kaplama oluşumuna dayanır. Fırın Şekil

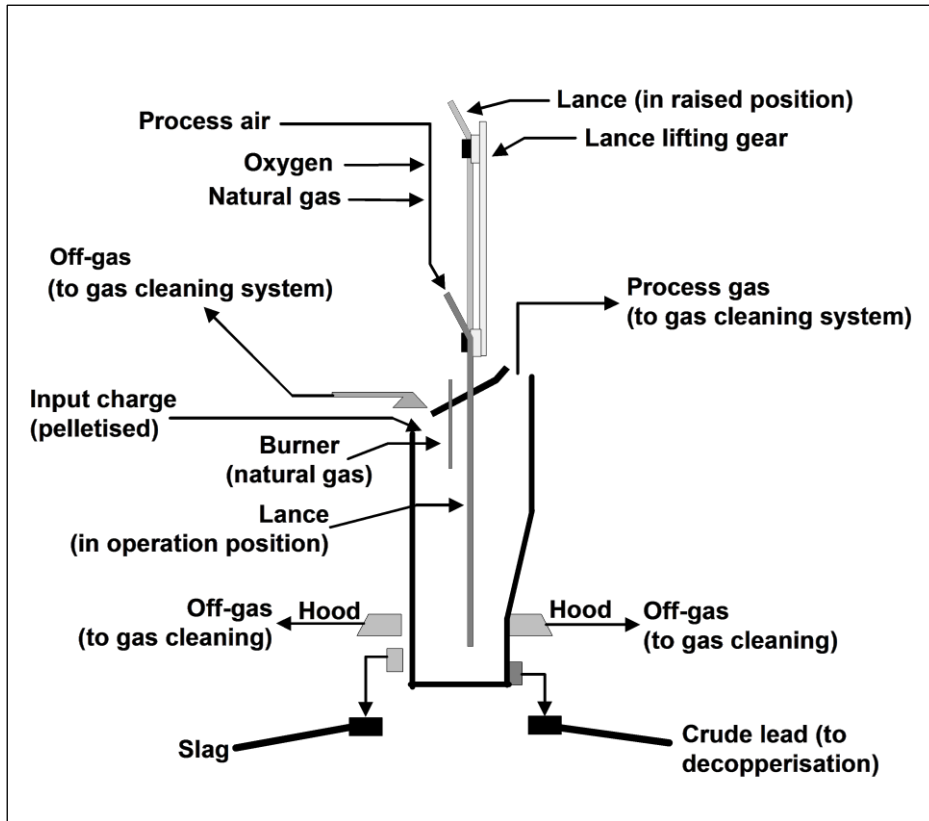


13.12'de gösterilmiştir.

Diğer hammaddeler, yüksek bir oranda reaksiyona girerek eritildikleri kapalı bir konveyör ile fırına verilir. Daldırılmış yanma borusu, banyoyu karıştırır ve istenen metal veya mat ile birlikte bir cüruf üretir. Erimiş fazların ayrılması, fazların ayrı olarak dinlendiği yerlerden ayrı bir çökeltme fırınına gerektirir. Fırın, borunun içinden üflenen gaz gibi, fırın içindeki koşullar, bir partinin sonunda değiştirildiği zaman, parti bazında kullanılabilir. Toplu işlem örnekleri şunlardır:

- bakır/kurşun ikincil malzemenin bir birinci aşamada bir bakır kurşun matına eritilmesi ve ardından oksijenin üflenmesiyle matın kabarcık bakırına dönüştürülmesi;
- çinko süzme kalıntılarının arıtılması.

Seri olarak iki fırın kullanılarak sürekli çalışma mümkündür, örn. ISASMELT kurşun üretim süreci için önerildiği gibi.



Şekil 13.12: Ausmelt (Sirosmelt)/ISASMELT fırın

Fırın, fırın sistemindeki dumanları toplamak ve işlemek için güçlü bir davlumbaz ve bir ekstraksiyon sistemi kullanır. Sülfürik konsantreler eritildiğinde, gazlar bir kükürt giderme sistemine geçirilir.

Konsantre ve dönüştürmeden bakır mat üretimi, ikincil hammaddeden bakır üretimi (KRS), birincil ve ikincil malzemelerden kurşun üretimi, kullanılmış tencere astarının işlenmesi ve bu tür fırınlar için bir dizi uygulama bulunmaktadır. çinkonun dumanlanması [37, Ausmelt Ltd. 1995].

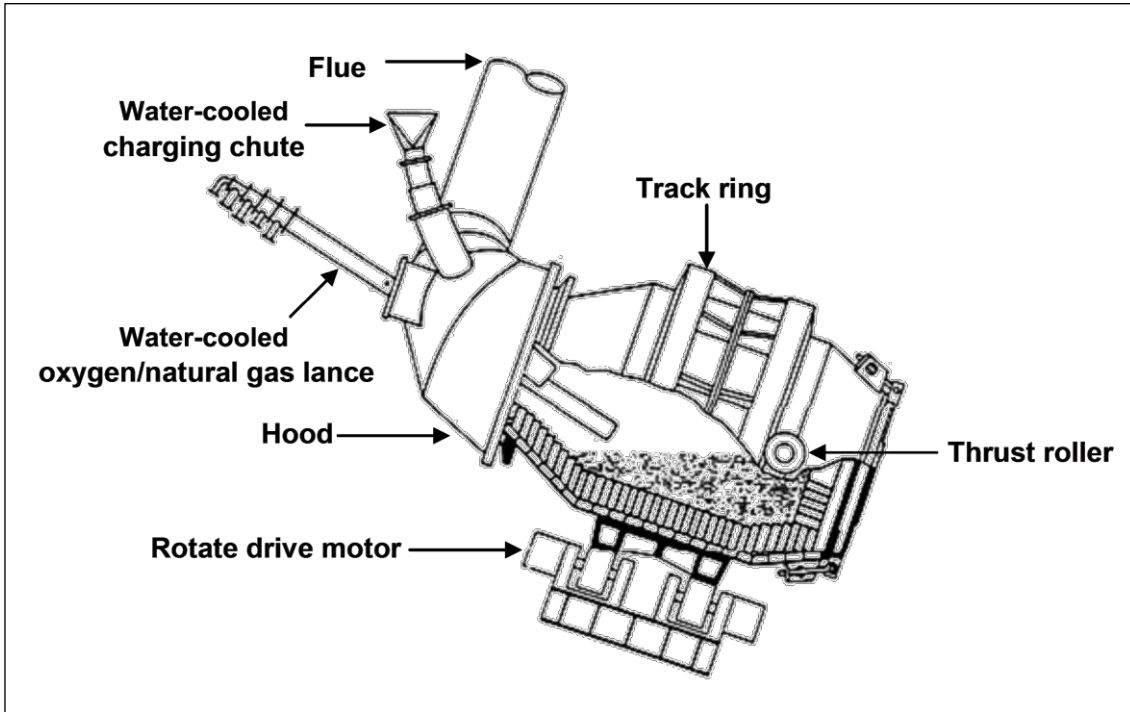
Ausmelt/ISASMELT fırını, sürekli bir doğrudan ergitme ocağı ve parti ve basamaklı işlemler için kullanılır. Bakır konsantrisinin matlaştığı zaman, süreç sürekli olarak fırın içine akı ile beslenen nemli yem kullanır.

Patlama ve elektrikli fırın teknolojilerinden farklı olarak, KRS şu anda bir eritme adımı ve bir

dönüşüm aşamasından oluşan aralıklı iki aşamalı bir süreç kullanmaktadır. Bu şekilde çalışan birkaç fırın var. Örneğin KRS işleminde, ilk aşama metalik bir faz (siyah bakır) ve cüruf deliğinden çıkarılan ve su ile granüle edilen bir cüruf fazı üretir. Üretilen demir silikat kumu bir yapı malzemesi olarak pazarlanmaktadır. Siyah bakır ocakta kalır. İkinci aşamada, siyah bakır, alaşım hurdası ekleyerek oksitleyici koşullar altında bir metal ve dönüştürücü cürufuna dönüştürülür. Konvertör cürufu, daha fazla işlem için bir launder vasıtasıyla kalay-kurşun alaşım fırına (döner fırın) aktarılır. KRS konvertör metali, kuyuların içine döküldüğü ve pirometalurjik rafinasyon için anot fırınına aktarıldığı sıcaklık tutma hizmeti için tasarlanmış bir döner ve eğimli fırına akar. Son arıtma bakır elektroliz ünitesinde gerçekleştirilir. Rafine edilmiş bakırın (katot bakır) kalitesi, birincil ham maddeden elde edilen bakırın miktarına kadar ölçülür [234, UBA (D) 2007].

### 13.1.2.8 Üstten üflelemeli döner konvertör (TBRC) ve döner devirmeli oksî-yakıt fırın (TROF)

TBRC ve TROF, ısıtma ve üfleme amaçlı mızrakları kullanan döner ve devirme fırınlarıdır. Fırınlar küçüktür ve işlenen ikincil emisyonları içermek üzere bir mahfaza içine yerleştirilmiştir. Fırının döndürülmesi, yükün iyi karıştırılmasını ve bileşenlerin tam tepkimesini teşvik eder, ancak refrakter astarın aşınmasına yol açabilir. Fırın Şekil 13.13'te gösterilmiştir.



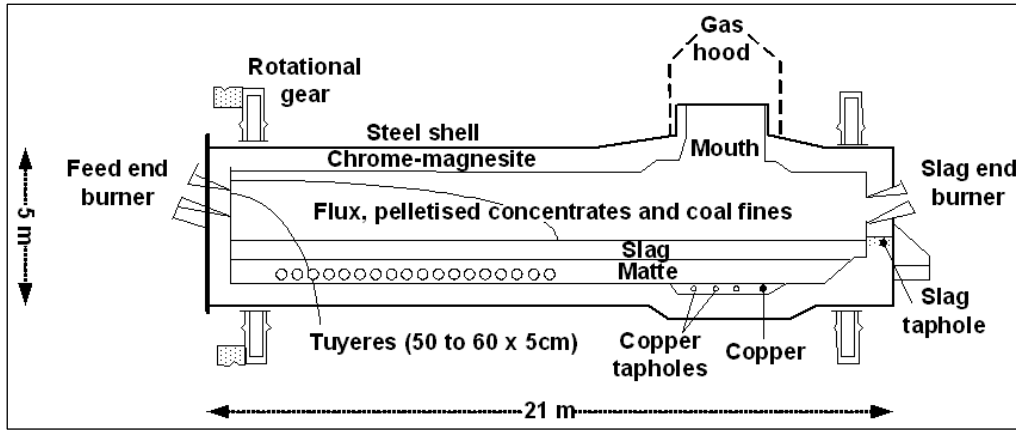
Şekil 13.13: TBRC ve TROF

Oksijen ve yakıt eriyiğın yüzeyine üfleyen mızraklarla eklenir. Oksijen kullanımı, sülfürlerin eritilmesi durumunda düşük çıkışlı gazların ve yüksek sülfür dioksidin üretilmesine neden olur. İşlem normal olarak bir parti bazında gerçekleştirilir ve bu tür eritme, dönüştürme ve cüruf temizliği için bu fırınların kullanılması yaygındır. Birincil ve ikincil bakır ve kurşun ve ferro-nikel üretmek ve değerli metallerin geri kazanımı için kullanılır.

Devirme fırınının diğer ticari tasarımları da ergitme için kullanılır ve örnekler mini köpürtücüdür.

### 13.1.2.9 Noranda, El Teniente, Baiyin ve Vanyukov süreçleri

Noranda reaktörü eritme için silindirik refrakter kaplı bir fırın kullanır. Pelet haline getirilmiş konsantre ve katkı maddeleri, fırının üst ucunda erimiş cüruf banyosu üzerine doldurulur. Her iki uçta yer alan doğal gaz veya petrol tarafından yakılan brülörler, işlem için gerekli ısıyı üretir. Oksijenden zenginleştirilmiş hava, eritilmiş banyoya tuyères ile üflenir, kükürt ve ütünün oksitlenmesine neden olur. Noranda reaktörü Şekil 13.14'te gösterilmiştir.

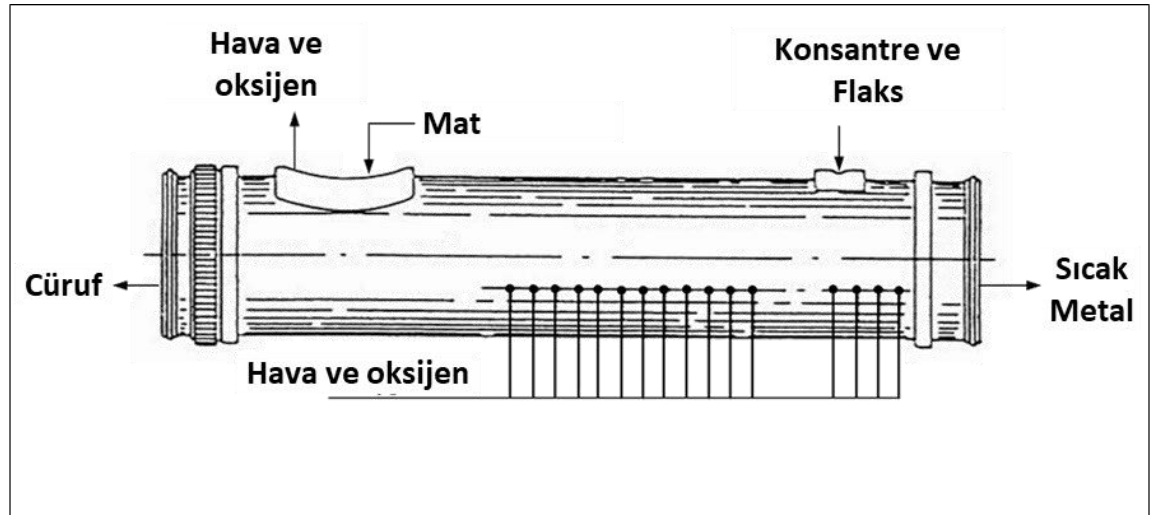


Şekil 13.14: Noranda reaktörü.

Fırında sürekli eritme sırasında, eriyik iki sıvı faza ayrılır: cüruf ve mat. Değişken yoğunlukları nedeniyle, iki tabakaya yerleşirler. Mat, fırının tabanından periyodik olarak tikanır ve cüruf, şarj ucunun sürekli tersine akar. Fırın mühürlenmiş ve bir ekstraksiyon sistemi ile donatılmıştır ve yokuşlar ekstraksiyon ile donatılmıştır.

Bu işlem, bakır konsantrelerinin kokusunu almak için kullanılır ve düşük kirlilik seviyesi veya yüksek dereceli mat olan konsantreler kullanıldığında blister bakır üretebilir. Normal işletim pratiği, daha fazla dönüşüme uğrayacak bakır açısından zengin bir mat üretmektir.

El Teniente, Baiyin ve Vanyukov süreçleri Noranda sürecine benzer. El Teniente işleminde, bir Gar tabancası kullanılarak fırına ıslak konsantreler eklenir ve kuru konsantreler tuyères vasıtasıyla eklenir. Başlangıçta mat işleme yardımcı olmak ve beyaz metal üretmek için fırına ekilir. El Teniente reaktörü Şekil 13.15'te gösterilmiştir. Baiyin süreci, eritme ve çökeltme bölgelerine ayrılan dikdörtgen bir fırın kullanır. Vanyukov işleminde, oksijenle zenginleştirilmiş hava, mat tabakadan ziyade cüruf tabakasına üflenir.



Şekil 13.15: El Teniente reaktörü.

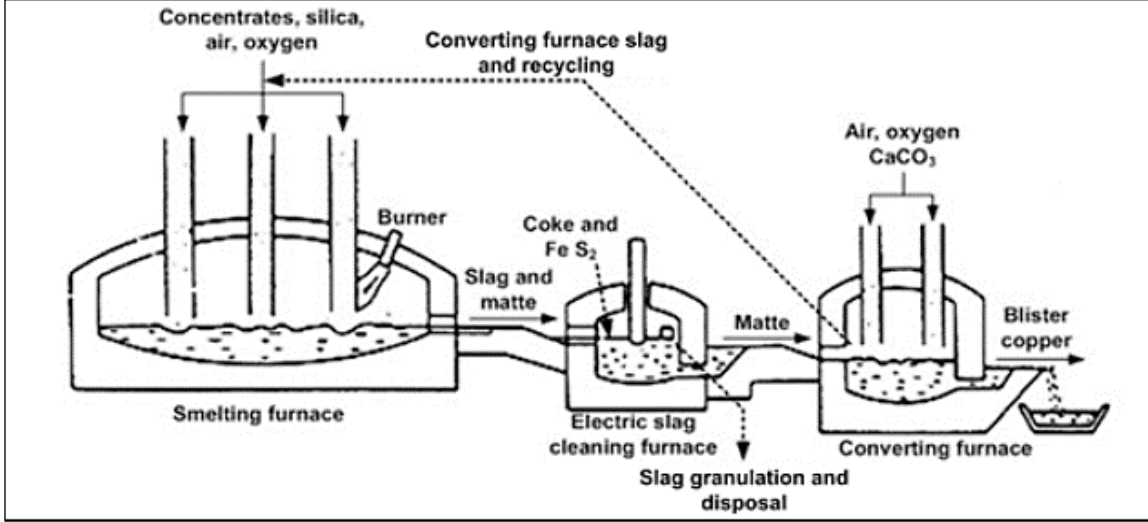
### 13.1.2.10 Mitsubishi prosesi

Mitsubishi prosesi üç adet bağlantılı fırın kullanır; bir banyo eritme ocağı, bir elektrikli cüruf temizleme fırını ve bir dönüştürme fırını. Fırınlar arasında yerçekimi akışı kullanılır ve pota ile taşınmasından kaçınılır. Tüm fırınlar sızdırmaz ve bir ekstraksiyon sistemi ile donatılır, proses gazlarından gelen ısı geri kazanılır ve toz ve kükürt dioksiti gidermek için arıtılır. Fırın Şekil 13.16'da gösterilmiştir.

Kurutulmuş konsantreler, hava, oksijen ve katkı maddeleri, banyo fırınına mızraklar vasıtasıyla yüklenir ve daha sonra mat (%60-65 bakır içeriği) ve cüruf oluşturmak üzere eritilir. Bu karışım, bir kanal boyunca sürekli olarak cürufu ayırmak için bir yerleşen fırın olarak hizmet veren

## Bölüm 13

elektrikli ocak fırına akar. Mat, sürekli olarak, bir fırın sifonundan dönüştürücü fırına dönüştürülen fırından boşaltılır.

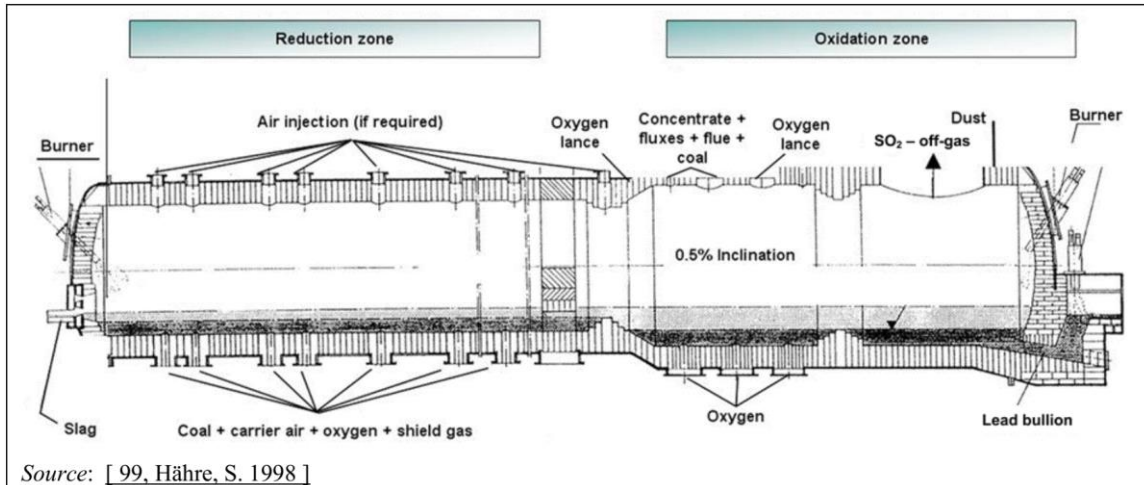


Şekil 13.16: Mitsubishi prosesi.

Konvertör havasında, oksijen ve katkı maddeleri, blister bakır üretmek üzere suyla soğutulmuş mızraklar vasıtasıyla sıvı banyoya üflenir. Dönüştürücü cürufları, anot hurdası ile de beslenebilen eritme fırını için geri dönüştürülür. Dönüştürücü aşamasının diğer ergitme fırınları ile birlikte kullanılması mümkündür. Bu işlem sürekli olarak blister bakır üretir.

### 13.1.2.11 QSL fırını

QSL fırını, bir oksidasyon bölgesine ve bir indirgeme bölgesine bölünmüş bir yatay silindirdir. Fırın, 1250 ° C'lik bir sıcaklıkla başa çıkmak için krom-manyezit tuğlalarla kaplıdır. Fırın tabanındaki Tuyères oksidasyon bölgesine oksijen ve cüruf azaltma bölgesine hava ve kömür tozu karışımı sağlar. Birincil ve ikincil hammaddeler kullanılır ve büyük topaklardan ince malzemeye kadar nemli ve boyutlandırılabilir. Bunlar, daha sonra bir kalite kontrolüne tabi bir yapı malzemesi olarak kullanılabilen, düşük erime noktalı bir cüruf elde etmek için ısı ve indirgeme koşulları ve akışları sağlamak üzere kömür ile karıştırılmış fırının tepesine beslenir. Fırın Şekil 13.17'de gösterilmiştir.



Şekil 13.17: QSL fırını.

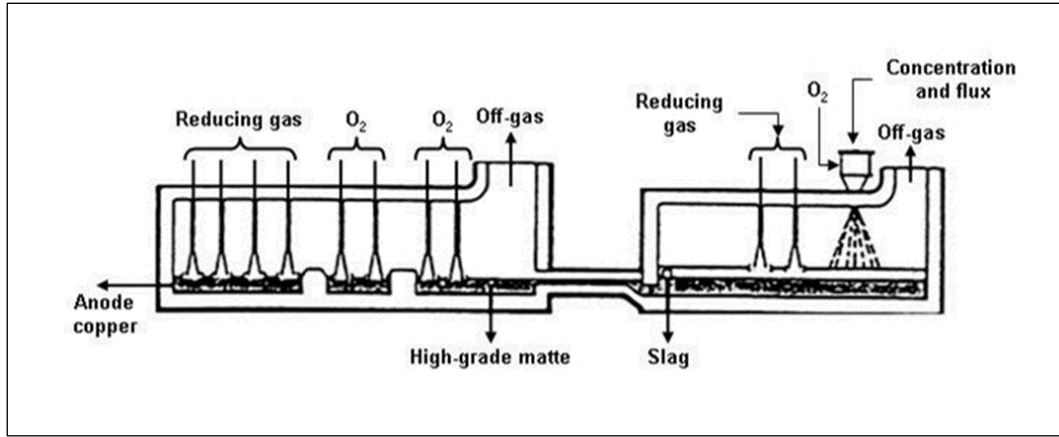
Oksidasyon bölgesi kurşun külçe, kükürt dioksit ve kurşun açısından zengin bir cüruf üretir. Bu, indirgeyici bölgeye akar ve böylece daha fazla kurşun külçe üretilir ve bu da kurşun deliğine zıt yönde akar. Cüruf indirgeme ucundan tıklanarak granüle edilir. Kurşun külçe, oksidasyon ucundan bağlanır ve daha sonra rafine edilir. Davlumbazlar ve komple muhafazalar, çıkışlardan ve havalandırmadan çıkan gazları çıkarır. Egzoz gazları %10-13 SO2 içerir ve ısı geri kazanımı için kullanılır ve daha sonra bir sülfürik asit tesisine geçmeden önce bir ESP içinde ayrılır. Diğer

işlem gazları, kumaş filtrelerinde temizlenir.

QSL fırını, tek bir banyo fırını içinde konsantreler ve bazı ikincil malzemelerden kurşun üretmek ve enerji geri kazanımını maksimize etmek için tasarlanmıştır.

### 13.1.2.12 Siklon izabe fırınları

Siklonlu eritme fırınları alev siklon reaktörünü (FCR) ve Contop reaktörünü içerir. Bu yüksek yoğunluklu flaş eritme prosesleri ile, bakır konsantreleri ve akısı siklon tipi yanma odalarında oksijen ile eritilir. Contop prosesinde, siklon dikey olarak konumlandırılır ve reaksiyona girmiş karışım siklonun altında bir çökeltme odasına düşer. FCR işleminde yanma, dikey bir reaksiyon şaftında gerçekleşir ve mat ve cürufun ayrılması, bir başka yatay reaktörde meydana gelir. Cüruf ve beyaz metal veya bakır zengini mat, ön tarafta ayrılır ve kesilir. Beyaz metal veya mat standart bir dönüştürücüde işlenir. Fırın Şekil 13.18'de gösterilmiştir.



Şekil 13.18: Contop prosesi

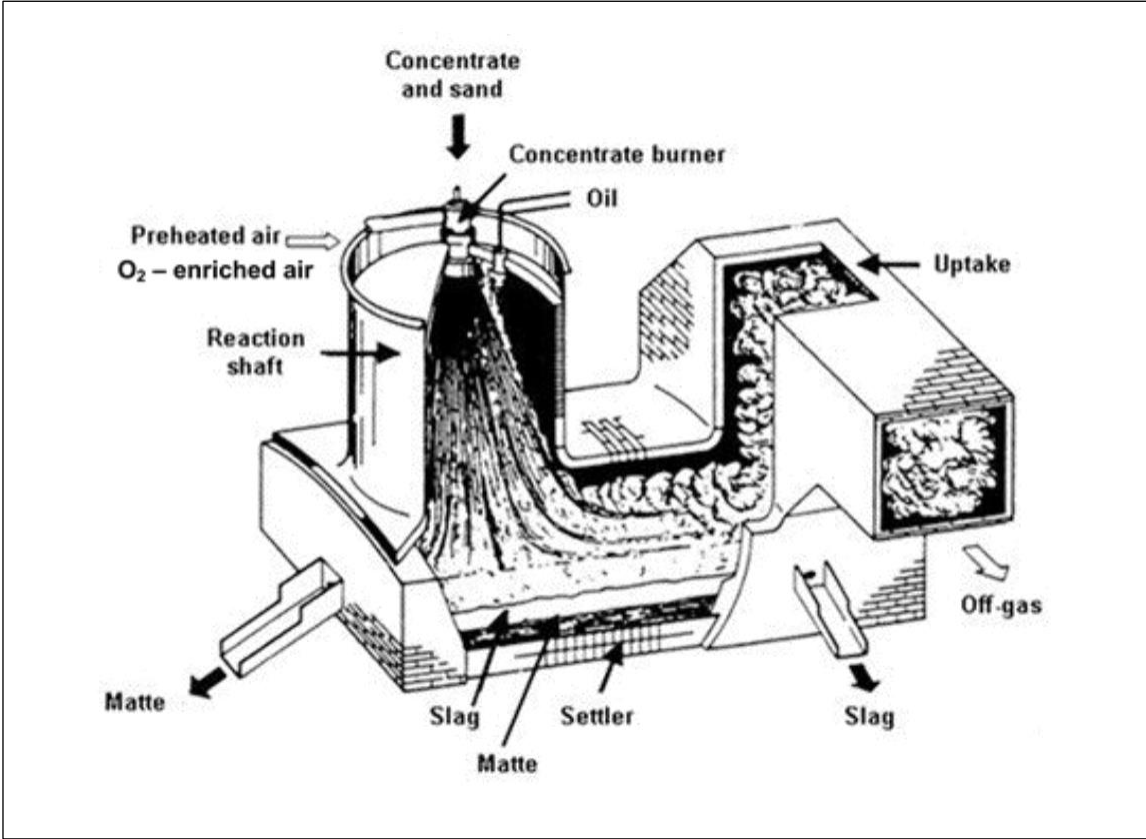
Bu süreçler esas olarak bakır konsantrelerini koklamak için kullanılır.

### 13.1.2.13 Outotec flaş fırını

Outotec flaş fırını, konsantre konsantrelerin eritilmesi için, konsantrelerin ve akışkanın eritilmesi için gerekli olan ısı üretimi için konsantrelerin enerji içeriğini kullanarak kullanılır. Konsantre besleme karışımı sürekli olarak oksijenle zenginleştirilmiş hava ile bir konsantre brulörden kapalı bir fırının dikey reaksiyon şaftına beslenir, burada oksijen ve konsantre arasındaki reaksiyon hızla süspansiyon içinde gerçekleşir. Reaksiyonun ısıyı parçacıkları eritir. Kaynaşmış parçacıklar mat ve cüruf üretir. Aynı zamanda sülfür dioksit oluşur. Daha eski tesislerde, otojen çalışma için proses havası ön ısıtması yaklaşık 200–800 ° C'ye kadar kullanıldı, ancak tesislerin çoğunluğu artık proses havasında yaklaşık %30-90 oranında oksijen zenginleştirilmesi kullanarak otojen çalışma gerçekleştirdi. Oksijen zenginliğinin derecesi konsantre kalite ve ısı dengesi gereksinimleri ile belirlenir. Sürekli çıkış gazı akışı, ısı geri kazanımı ve tozun giderilmesi için fırını yukarı akış şaftı içinden terk eder. Yüksek, sabit bir sülfür dioksit konsantrasyonuna sahiptir ve tozun çıkarılmasından sonra sülfürik aside dönüşerek gazdan kükürt elde edilir. Bazı tesislerde, yanma sonrası tozları için emme miline oksijen eklenir ve kazana sülfatlama havası beslenir. Zayıf asidin, belirli koşullar altında alım miline geri dönüştürülmesi mümkündür, böylece SO<sub>2</sub> oluşumu asit fabrikasında geri kazanılabilir.

Erimiş cüruf ve mat partiküller, fırının bir yatay çökeltici bölümünde gazdan dışarı çıkarılır ve fazların bir dış yerleşimci olmadan ayrıldığı bir erimiş banyo oluşturur. Mat, fırının dışına kuyulara dökülür veya kullanılan bir dönüşüm yöntemine bağlı olarak bir granülasyon aşamasına akan suyla yönlendirilir. Cüruf, sürekli olarak veya yarı sürekli olarak fırından çıkarılır ve bir cüruf fırınında veya bakır geri kazanımı için bir cürufly yüzdürme devresinde işlenebilir. Bazı tesislerde cüruftaki düşük bakır içeriği, birincil içicindeki cürufun doğrudan atılmasına veya kullanılmasına izin verir.

Outotec flaş fırını Şekil 13.19'da gösterilmiştir.



Şekil 13.19: Outotec flaş fırını

Flaş fırın bakır ve nikel mat üretimi için kurulmuştur. Fırın, yüksek dereceli bir mat üretir ve böylece konsantre içindeki sülfürün ana kısmı, eritici gazlarda salınır ve geri kalan sülfürü daha kolay ortadan kaldırmak için dönüştürme işlemini (örneğin, sürekli olmayan Peirce-Smith dönüştürücü) mümkün kılar.

Bu işlem aynı zamanda, doğrudan düşük kükürt dioksit üretecek konvansiyonel bir dönüştürücü ihtiyacını ortadan kaldırarak, düşük demir içeren uygun konsantrelerden, blister bakır üretmek için de kullanılır. Bu doğrudan-blister işleminde, fırın cürufu yüksek bir bakır konsantrasyonu içerir ve bu bakırın çıkarılması için cüruf temizliği işlemin önemli bir parçasıdır.

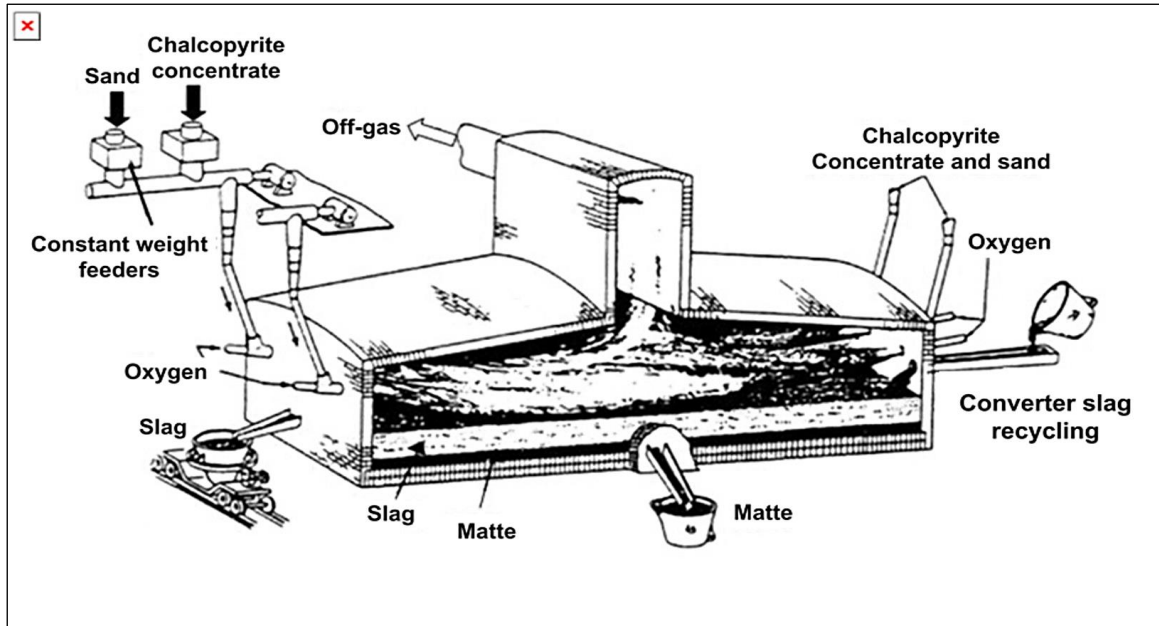
Fırın, kurşun külçesinin üretimi, pirit eritme ve çiroz atığı için bir gösteri ölçeğinde kullanılmıştır.

Aynı tip fırın, zeminin, granüle matın, blister bakır haline dönüştürülmesi için flaş dönüştürme işleminde de kullanılır. Proses, flaş eritme işlemine benzer özelliklere, yani oksijen bakımından zenginleştirilmiş hava ile otojen operasyona ve yüksek bir kükürt dioksit muhtevasına sahip sürekli bir çıkış gazı akışına sahiptir.

#### 13.1.2.14 INCO fırın

INCO, Outotec flaş fırına benzer bir flaş fırınıdır, ancak otojen olarak çalışmak için saf oksijen kullanır. Her iki uçtan fırına yatay olarak üflenene köpürtme ajanları ile harmanlanmış bakır cevheri konsantresi fırının merkezinde toplanır.

INCO fırını Şekil 13.20'de gösterilmiştir.



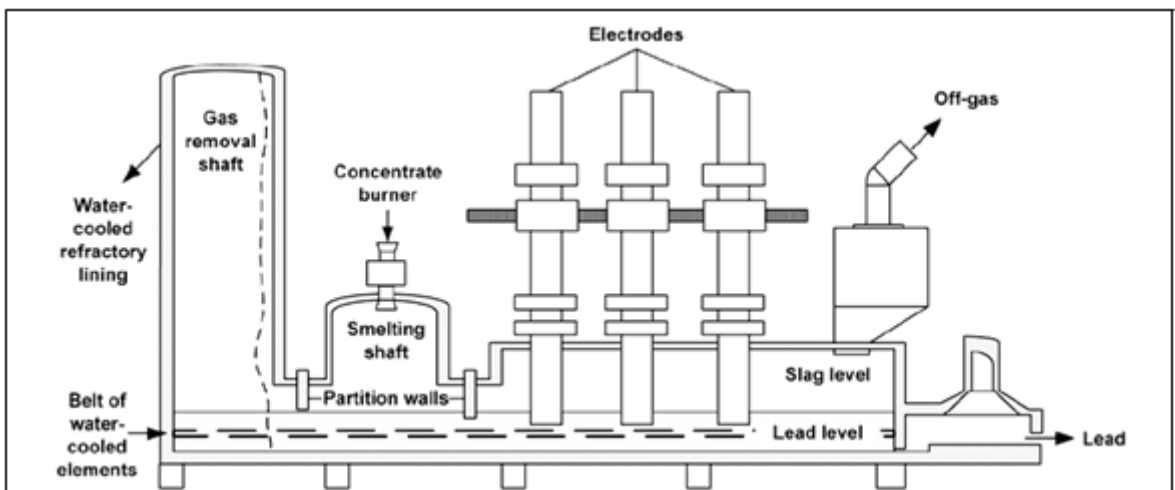
Şekil 13.20: INCO fırın

Konsantreler fırında süspansiyon içinde eritilir ve eritilir ve Outotec flaş fırında olduğu gibi aynı şekilde çökeltiye düşer. Kavrurma ile üretilen ısı, bir ototermal eritme işlemi için yeterlidir. Orta bir bakır içeriğine sahip olan cüruf, fırının bir ucunda sürekli olarak dışarı akar ve mat, bir yan duvarın merkezinde periyodik olarak tıklanır. Atık gaz %75'e kadar SO<sub>2</sub> içerir.

Kivcet (KSS) fırını

Kivcet, Outotec flaş fırına benzer bir flaş fırınıdır. Kuru ve karışmış şarj bileşenleri ve oksijen, üst kısımdaki brülörler vasıtasıyla sürekli olarak bir oksidasyon şaftına beslenir. Aynı zamanda kok esintisi eklenir. Fırın Şekil 13.21'de gösterilmiştir.

Şarj reaksiyon şaftına girdiğinde ateşlenir, 1400 ° C'ye kadar sıcaklıklara ulaşılır ve tam kükürt giderme hemen gerçekleşir. Koklama esintisi sadece şafttan aşağı düştüğünde ısıtılır. Kok, cüruf banyosunda yüzer ve kurşun oksidi azaltır. Daldırılmış bir bölme duvarının altında kısmen cüruf ve külçe akışı, elektriksel olarak ısıtılan ve nihai indirgeme için ilave kola veya kömürün eklendiği fırının indirgeme bölümüne girer.



Şekil 13.21: Kivcet fırını

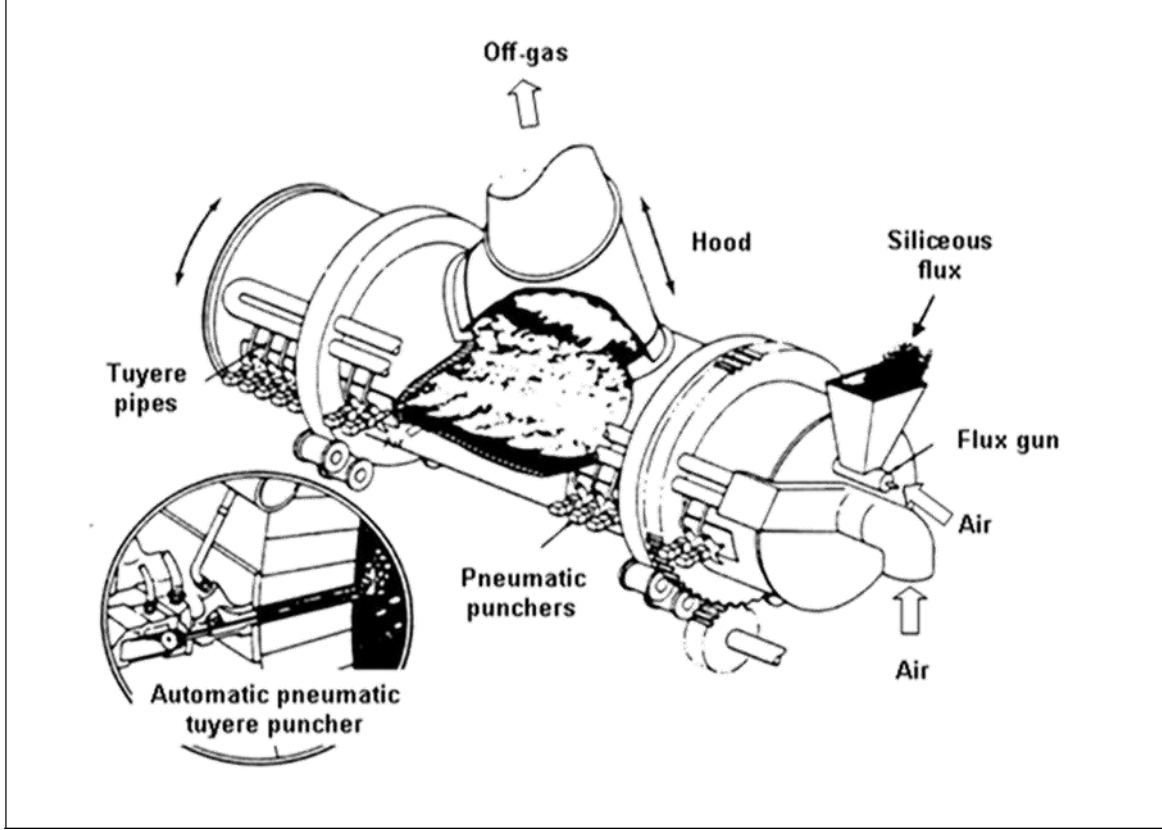
Kurşun külçeleri rafine edilmek üzere gönderilir, cüruf bir Waelz fırınına gönderilebilir ve oksidasyondan gelen baca tozu doğrudan fırına geri gönderilir. Bu süreç aynı zamanda bakır

üretimi için de kullanılıyor. İndirgeme aşamasından gelen baca tozu, bir ISF'de işlenir.

### 13.1.3 Dönüştürücüler

#### 13.1.3.1 Peirce-Smith dönüştürücü

Peirce-Smith dönüştürücüler (PSC) kesikli çalışırlar ve havayı veya oksijeni mat olarak üfleme için tuyeres kullanırlar, böylelikle iki aşamalı olarak blister bakır veya yüksek dereceli nikel mat ve cüruf elde edilir. Ayrıca ferro-nikeli rafine etmek ve bazı metal oksitleri üretmek için kullanılırlar. Otomatik cüruf kalite kontrolü de kullanılabilir [329, Magnus ve Olsson 2007]. Bu, en yaygın dönüştürme gemisi olup, Şekil 13.22'de gösterilmiştir.



Şekil 13.22: Peirce-Smith dönüştürücü

Dönüştürücü, üç farklı tipte dönüştürücü görevi ve bir anot fırını olarak da kullanılabilir:

#### a) Mat dönüştürücü

Üfleme periyotları sırasında büyük miktarlarda sıcak gaz üretilir ve davlumbazlar tarafından toplanır.

Dönüştürücü açıklığı üzerinden. Konvertör muhafazası ve kapak arasındaki boşluk, SO<sub>2</sub> açısından zengin atık gazların seyreltilmesine neden olan baypas havasının girişine izin verir. SO<sub>2</sub> konsantrasyonu proses döngüsüne bağlı olarak değişir. İlk üfleme sırasında, SO<sub>2</sub> konsantrasyonları %10'dan oldukça yüksek olabilir. Bununla birlikte, sonraki üfleme periyodu sırasında ve dönüştürücü başlıktan uzaklaştıkça, SO<sub>2</sub> konsantrasyonları çok daha düşüktür ve çoğu zaman sıfırdır. Değişen SO<sub>2</sub> konsantrasyonu, nispeten sabit bir akış gerektiren asit tesisine tatmin edici bir besleme sağlamamaktadır. Bu, nispeten sabit bir akış elde etmek için çevirici programlaması ile çok-dönüştürücü tesislerde üstesinden gelir. Gazlar ayrıca daha güçlü gaz giderici gazlarla karıştırılabilir. Patlama havasını zenginleştirmek için oksijen kullanımı da SO<sub>2</sub> içeriğini artıracaktır; Ancak, hızla artan refrakter aşınma nedeniyle zenginleştirme sınırlıdır. Su soğutmalı davlumbazlar bazı tesislerde kullanılıyor.

Dönüştürücü, sıvı matlı kepçeler aracılığıyla yüklenir ve matın dönüştürülmesi sırasında üretilen cüruf ve üretilen kabarcık bakır, daha sonra dönüştürücüden kepçeler içine dökülür. Bu döküm



alma işlemleri sırasında, yaygın emisyonlar serbest bırakılır. İlave duman çıkarma tesislerinin (örneğin ikincil davlumbazlar ve hava perdeleri) kullanılması ve dönüştürücü yuvarlama sırasında şişmeyi önlemek için dönüştürücü konumlandırmasının kontrolü bu emisyonları azaltabilir. Kapak üstü ve tuyére şarj sistemleri de kullanılır, böylece metal hurda ve akıların şarjı sırasında konvertörün kaputtan uzağa eğilmesi her zaman gerekli değildir.

#### **b) Hurda dönüştürücü**

Sekonder bakır eritme işleminde (Peirce-Smith) konvertörler, her ikisinde kesikli olarak çalışan hurda dönüştürücüler ve mat dönüştürücüler olarak ayrılır. Hurda dönüştürücüler, kok ve demir açısından zengin malzemeleri sırasıyla yakıt ve indirgeyici maddeler olarak kullanırlar. Mat dönüştürücülerde, enerji kaynaklı olarak sülfürlü kükürt kullanılır. Hurda dönüştürücüler için girdi malzemeleri arasında alaşım hurdası, uygun Cu-Fe hurdası ve (çoğunlukla sıvı) siyah bakır bulunur. Mat dönüştürücü, bakır bakır-kurşun mat ve bakır bakımından zengin dönüş cüruflarını, bazı durumlarda siyah bakır ile birlikte, katı bakır hurdası ilavesiyle işler. Mat dönüştürücü çıkışlı gaz yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonları içerir ve sülfürik asit üretimi için bir temas işlem ünitesine gönderilir. Bu nedenle, ikincil bakır geri kazanımı için mat dönüştürücüler, esas olarak, sülfürik asit üretim üniteleriyle donatıldıklarından, birincil bakır üretim yerlerine yerleştirilmektedir.

#### **c) Alaşım dönüştürücü**

Doğrudan-kabarcıklı flaş fırın prosesi, bir kurşun-demir-bakır alaşımı üretmek için bir elektrikli fırında işlemden geçirilen bir cüruf üretir. Bu alaşım, oksitlenmiş demirin ve kurşunun cüruf fazına geçtiği ve kabarcık bakırının üretildiği bir parti prosesi kullanılarak dönüştürülür.

#### **d) Anot fırını**

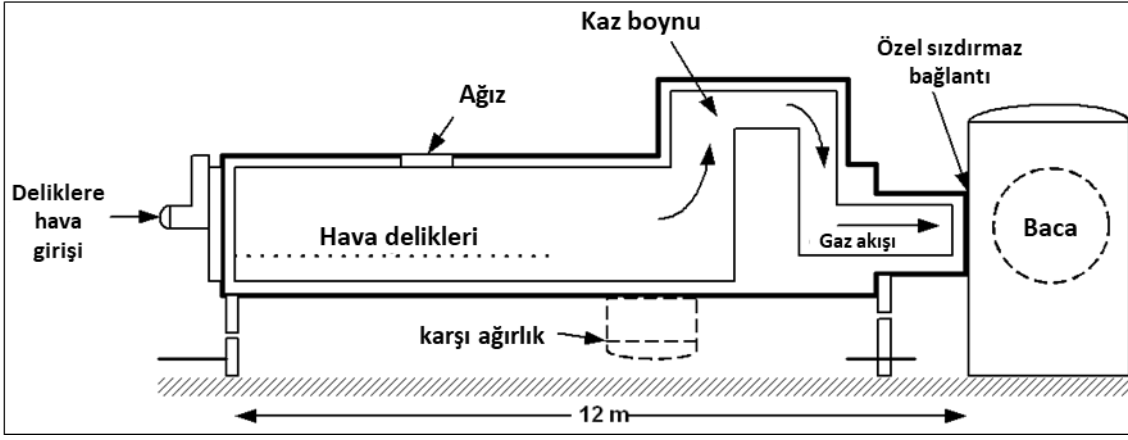
PSC, dönüştürücü tarafından üretilen kabarcık veya siyah bakırın rafine edildiği bir anot fırını olarak da kullanılır. Bu fırınlar, daha fazla hava üflemesi için tuyères kullanırlar, ardından sülfürün son izlerini gidermek için bir indirgeyici madde (genellikle doğal gaz veya propan) ilavesi ve ardından bakır oksidi bakıra dönüştürür.

### **13.1.3.2 Hoboken dönüştürücüsü**

Hoboken dönüştürücü, Peirce-Smith dönüştürücüsüyle aynı üfleme prensibiyle çalışır, ancak genellikle konvertör şarj edilmek ve cüruf için eğildiğinde ve ham bakırdan kaçınıldığında oluşan gazın büyük kaçıışı önlenir.

Atık gaz, dönüştürücünün ucundaki bacadan emilir. Sifon, tüm operasyon aşamalarında gaz kaçışını en aza indirir. Dönüştürücü, muhafazanın üstündeki küçük bir açıklıktan yüklenir ve bu nedenle, daha kısa işlem süresi nedeniyle dönüştürücüyü eğmeden şişirme sırasında şarj işlemi mümkündür. Sızan havaya bağlı atık gazların seyrelmesi küçüktür, bu yüzden SO<sub>2</sub> sabit konsantrasyonu Peirce-Smith dönüştürücüsünden daha yüksektir. Bununla birlikte, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu döngü boyunca değişecektir. Son sonuç, dönüştürücüden daha küçük bir SO<sub>2</sub> kaybı olmasıdır. Şarj için kullanılan daha küçük açıklık, cüruf birikmesi nedeniyle problem yaratabilir.

Hoboken dönüştürücü, Şekil 13.23'te gösterilmiştir.



Şekil 13.23: Hoboken dönüştürücüsü

### 13.1.3.3 Kennecott-Outotec flaş dönüştürücü

Kennecott-Outotec flaş dönüştürücü de kullanılmıştır ve 2001 NFM BREF'in yazılmasından bu yana daha da geliştirilmiştir. ABD'de ve Çin'de iki adet olmak üzere bir kurulum gerçekleştirilmektedir (her biri yılda yaklaşık 400.000 ton bakır üretmektedir). Çin'de dördüncü bir kurulum inşaatı devam ediyor. Bu durumda, bir flash eritme fırını tarafından üretilen zemin matı besleme malzemesi olarak kullanılır. Mitsubishi dönüştürme aşaması ve flaş dönüştürücü, metalürji alanındaki tek sürekli dönüştürücülerdir.

### 13.1.3.4 Diğer dönüştürücüler

Ausmelt/ISASMELT fırını, TBRC, Mitsubishi işleminin dönüştürücü aşaması ve Noranda reaktörü de dönüştürücü olarak kullanılmaktadır. Bu fırınlar besleme malzemesi olarak erimiş mat kullanırlar ve bazıları sürekli olarak çalıştırılabilir. OBM dönüştürücü ferro-nikel için kullanılır.

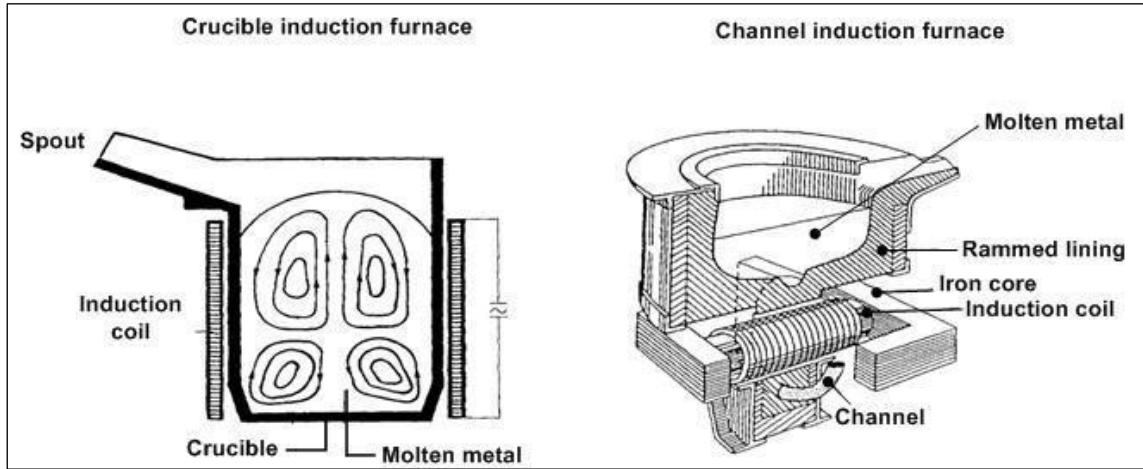
AOD konvertörü, ferro-manganez üretimi için dekarbürizasyon için oksijen ve gaz endüstrisinde olduğu gibi gaz giderici için argon kullanmak için kullanılır [243, Fransa 2008].

### 13.1.4 Eritme ve rafinasyon fırınları

#### 13.1.4.1 İndüksiyon fırınları

İndüksiyon fırınları, harici bir elektrik bobini tarafından ısıtılan basit potalar veya kanallardır. Kanal indüksiyon fırınları ağırlıklı olarak büyük ebatlı ürünleri eritmek için kullanılır. Bir durumda, alüminyum fırınları eritmek için kanal fırını kullanılır.

İki indüksiyon ocağı Şekil 13.24'te gösterilmiştir.



Şekil 13.24: İndüksiyon fırınları

Fırına yüklenen metalde bir akım indüklenir ve ısı üretilir. Fırınlar, cüruf çekme ve dökme işlemleri sırasında kullanılabilen duman çıkarma davlumbazları ve toz azaltma ile donatılmıştır. Şarj ve döküm alma için bir indüksiyon fırına erişim, hareketli bir davlumbaz sisteminin sıklıkla kullanıldığı anlamına gelir. Davlumbazlar sağlamdır, böylece bazı mekanik etkilere dayanabilirler. Alternatif olarak, verimli sabit veya dudak ekstraksiyonu kullanılır.

Bu fırının verimi bazı malzemeler için düşük olabilir, ancak özellikle besleme malzemesi küçükse artırılabilir. Verimliliği artırmak için büyük parçalar kesilebilir ve aynı zamanda duman toplama davlumbazlarının doğru şekilde yerleştirilmesine izin verilir. Bazı sürekli işlemler ayrıca, işlemin izin vermesi halinde, fırının tabanında erimiş metalin bir topuğunu şarjlar arasında tutar.

Bu fırınlar genellikle bakır, pirinç, çinko ve alüminyum için 30 tona kadar küçük erime kapasiteleri için kullanılır. Aynı zamanda, örneğin süper alaşımları, yüksek alaşımlı çelikleri ve saf metalleri eritirken ve bazı durumlarda metal damıtma için, vakum altında çalıştırılabilirler. Çinko veya çinko içeren alaşımlar gibi uçucu veya oksitlenebilir metalleri eritirken, dumanın üretimini en aza indirmek için fırının sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilebilir.

Bu fırınlar, alaşım ve döküm için erimiş metali tutmak için de kullanılır. Bu fırınlarda indüklenen akım, metalin elektromanyetik olarak karıştırılmasına neden olur, bu da yükün ve eklenen tüm alaşım malzemelerinin karıştırılmasını teşvik eder.

#### 13.1.4.2 Dolaylı ısıtmalı ısıtıcılar

Dolaylı olarak ısıtılmış ısıtıcılar, gaz veya yağ yanmasından gelen yanma gazları tarafından elektrikle veya daha düşük sıcaklıklar için termal akışkanla dışarıdan ısıtılan basit potalardır. Potanın tabanındaki lokal sıcak noktaların önlenmesi için doğrudan alevle temastan kaçınılır ve eriyik içerisinde iyi sıcaklık kontrolü sağlanabilir, böylece metalin oksidasyonu ve buharlaşması önlenir.

Bu su ısıtıcılar, esas olarak, erimekte olan kurşun ve kurşun alaşımları ile çinko ve plastik veya

diğer organik maddeler içermeyen alaşımlarının eritilmesi için kullanılmaktadır.

### 13.1.4.3 Metal eritmek için şaft fırınları

Şaft fırınları, toplayıcı bir ocak (fırının içinde veya dışında) ve üst kısımda malzeme yükleme sistemi bulunan basit dikey fırınlardır. Mil fırınları hem metallerin eritilmesi için hem de diğer metalik bileşiklerin indirgenmesinden metal üretmek için kullanılabilir. Metal eritme için kullanılırsa, alt tarafta bir brülör sistemi bulunur. Brülörler genellikle gaz yakıtlıdır ve oksitleyici veya indirgeyici bir atmosfer üretecek şekilde tasarlanmıştır. Bu, metalin oksidasyon ile veya oksidasyon olmadan erimesine izin verir. Her brülör için genellikle yakıtın hava oranının bağımsız olarak kontrol edilmesi sağlanır. Her bir brülör sırası için sürekli CO veya hidrojen izleme de sağlanır ve her brülörden gelen yanma gazlarını sırayla izler. Yanma gazları genellikle çıkarılır ve temizlenir.

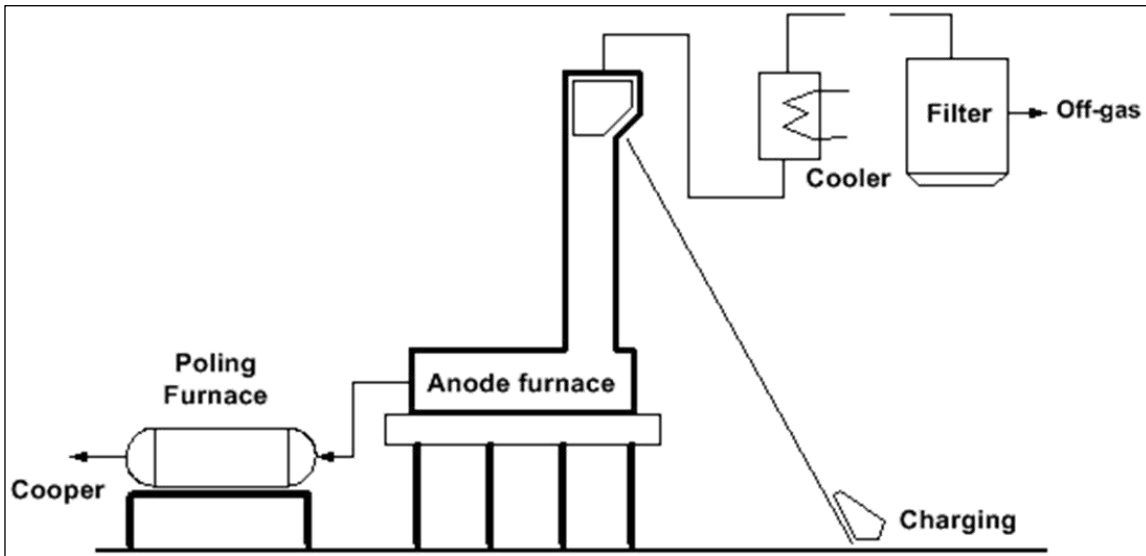
Yağlı metal fırın içine beslenirse, şarj alanı ve brülörler arasında mevcut olan sıcaklık gradyanından geçer. Düşük sıcaklık, kısmen yanmış organik malzemeden oluşan bir sis üretebilir.

Metalik bileşiklerin indirgenmesinden metallerin üretilmesi için kullanılırsa, giriş malzemesi çoğunlukla hurda kurşun-asit bataryaları gibi malzemeleri içerecektir. Bu hammaddeler daha sonra, fırının tepesine beslenmeden önce kok, akı, diğer metalik hurdalar ve ara maddeler ile karıştırılır. Fırının altında, kokuyu ateşlemek ve giriş malzemesindeki metalleri koklamak ve azaltmak için oksijenden zengin hava içeriye üflenir. Fırından çıkan gazlar çıkarılır ve herhangi bir karbon monoksit, yağ, VOC veya PCDD/F'nin ayrıştırılması için bir son yakıcıda işlenir. Şaft fırını, sıcak eritme/indirgeme bölgesine ulaşmadan önce şarj malzemesini önceden ısıttığı için enerji açısından verimlidir.

### 13.1.4.4 Contimelt süreci

Contimelt prosesi, birbirine bağlı iki fırın, bir ocak şaftı ocağı ve bir tambur (veya poling) fırını içermektedir. Birincisi, blister veya siyah bakır ve diğer hammaddelerle beslenen yatay bir toplama odasına sahip dikey bir dikdörtgen fırındır. Oksi-gaz brülörleri ısıyı besler ve besleme, rafine edilmiş bir bakır ve ayrılan az miktarda cüruf üretmek için eritilir.

Contimelt işlemi, Şekil 13.25'te gösterilmiştir.



Şekil 13.25: Contimelt süreci

Erimiş bakır, bir sifon ve bir yağım yoluyla doğal gaz kullanılarak deoksidize edildiği yatay bir silindirik fırına akar. Rafine edilmiş bakır daha sonra anotlar olarak dökülür. İkinci fırından çıkan gazlar bir son yakıcıya geçirilir. Daha sonra, ilk fırından çıkarılan gazlarla birleştirilir ve atık ısı kazanı, brülör hava ön ısıtıcısına, soğutma aşamasına ve son olarak da bir kumaş filtresine geçer.

Fırının çalışma koşulları, metalin oksitlenmesini en aza indirmek için kontrol edilebilir. Düzenleme, buhar üretimi veya şarj ön ısıtma ile ısı geri kazanımı sağlar.

Bu, bakır anotların üretilmesi için siyah ve kabarcıklı bakır, yüksek dereceli bakır hurda ve anot hurdasının eritilmesi ve işlemde geçirilmesi için sürekli iki aşamalı bir işlemdir. Alüminyum endüstrisinde de benzer bir gelişme Meltower prosesidir [113, ALFED 1998]. Bu işlem dikey erime kulesi kullanır ve sıcak egzoz gazlarını kullanarak şarj ön ısıtmayı içerir.

#### 13.1.4.5 Elektron ışını fırınları

Tungsten ve molibden, tantal veya niyobyum gibi çok yüksek sıcaklıktaki erime sıcaklıkları, normal bir eritme fırını içinde erimeye izin vermez. Yüksek erime noktalı metaller için, elektron demeti fırını enerjisini fırın yüküne vermek için enerji kaynağı olarak hızlandırılmış elektronlar kullanılarak geliştirilmiştir. Elektron demeti eritme ocağı yüksek saflıkta metal üretmek için kullanılır. Yüksek saflıkta metalleri eritebilme yeteneği, mükemmel temiz yüksek sıcaklıkta ısı kaynağı (elektronlar) ve su soğutmalı bakır ocaktan kaynaklanır. Erimiş metal, bakırın karşısında donar ve böylece eriyik sadece kendi katı ile temas eder. Elektron ışını eritme ve arıtma, ultra refrakter metallerin üretimi için iyi kurulmuş bir süreçtir.

#### 13.1.4.6 Döner fırın

Döner fırın, bir ucunda brülör bulunan, ateşe dayanıklı bir döner silindirdir. Bir uçta bir yükleme kapısı bulunur ve brülör bazen bu şekilde muhafaza edilebilir. Oksi-yakıt ateşleme kullanılabilir. Fırınlar uzun veya kısa olabilir ve çeşitli varyantlar bulunabilir:

- sekonder kurşunun, değerli metallerin vb. eritilmesi için kısa döner fırın;
- alüminyum hurda, vb eritme ve geri kazanımı için uzun döner fırın;
- Bakır hurdasının eritilmesi ve rafine edilmesi için Thomas fırın;
- blister veya siyah bakır, cüruf temizleme, vb. rafine etmek için suya batırılmış tıyeresli döner fırın;
- döner fırın: alüminyum hurda, kurşun, cüruf vb. eritme ve geri kazanımı için;
- döner/sallama fırını ayrıca ikincil kurşunun eritilmesi için kullanılan Doerschel fırını olarak da adlandırılır.

Fırın rotasyonu, yüklü malzemenin tam bir reaksiyonunu ve yüksek verimliliği sağlamak için değiştirilebilir. Hammaddeler genellikle bir uç kapı ile yüklenir; Bu, duman emisyonlarını önlemek için genellikle kapalı ve özütlenir. Fırınlar petrol veya gaz yakıtı kullanır ve oksibrülörleri yaygın olarak kullanılır. Brülörden gelen ısı refrakter duvara aktarılır ve şarj, dönüş sırasında refrakter tarafından ısıtılır.

İşlem sırasında üretilen cüruflar ve metal, kapı ucunda veya fırının ortasındaki bir delikten tıklanabilir. Tapa, metal ve cürufun ayrılmasını sağlamak için fırının kısmi rotasyonu ile yönlendirilir. Kapı ucundan dokunmak, dumanların tek bir muhafaza ve ekstraksiyon sisteminden toplanmasını sağlar. Devirme döner fırınlar da kullanılır, bazı hammaddeler için iyileştirilmiş iyileşme oranları gösterir ve akıllara daha az bağımlıdır. Bu fırınlarda çeşitli metaller eritilebilir veya eritilebilir.

#### 13.1.4.7 Yalama yalazlı (kapalı kuyu) fırınlar

Yanma fırınları, özellikle alüminyum olmak üzere çeşitli metalleri eritmek, rafine etmek ve tutmak için kullanılır. Duvar veya çatı tipi brülörlerin ateşe dayanıklı, dikdörtgen veya dairesel banyo fırınlarıdır. Bunlar genellikle çeşitli konfigürasyonlarda, bazen karışık metal nesnelerin yerleştirilebileceği eğimli bir ocak ile ve alüminyumun partikülünün kirlenmesini önlemek için alüminyum gibi demirden diğer metal bileşenlerden ayrılır. Ayrıca kullanılan kuyu veya oda sayısında da değişiklik gösterebilirler [234, UBA (D) 2007].

Çeşitli yakıtlar kullanılır ve erime oranını arttırmak için oksi-yakıt brülörleri kullanılabilir. Yanma gazlarının çıkarılması ve işlenmesi kullanılır ve fırınlar kısmen kapatılır. Davlumbazlar ve kapalı dolgular, kılavuz çekme ve şarj etme sırasında ekstraksiyon sağlar. Cüruf veya cüruf,

tırmıklayarak veya dokunarak çıkarılabilir.

Birçok tasarım, büyük nesnelerin şarj edilmesine izin veren geniş erişim kapılarına sahiptir. Bu, şarj etme sırasında sızdırmazlık ve özütleme problemini ortaya çıkarır. Kapıların su soğutması, kapıların bükülmesini azaltarak bu sorunu azaltabilir. Mühürlü şarj arabaları kullanılır ve şarj boruları konsantreler için kullanılabilir. Benzer bir şekilde, kapı sızdırmazlığı fırına yanlış bir şekilde yüklenen malzemeden etkilenebilir. Bazı durumlarda, dökülmüş metal veya cüruf açıklıkta katılaşabilir veya diğer durumlarda, kablo veya kablo, kapıların düzgün şekilde kapanmasını engelleyebilir.

Yanıcı bir fırının erime etkinliği genellikle brülörden zayıf ısı transferi nedeniyle yüksek değildir. Verimlilik, oksijen zenginleştirilmesi kullanılarak veya alev uzunluğunu uzatmak için gaz ve katı yakıt kombinasyonları kullanılarak pratikte geliştirildi. Rejeneratif brülörlerin kullanımı enerji tüketimini önemli ölçüde azaltır. İçeriğin elektromanyetik sistemler veya pompalar kullanılarak karıştırılması verimliliği de artırabilir. Pompalanan sistemler, ince metal partiküllerinin minimum oksidasyon ile erimesine olanak sağlamak için bir yan kuyu ile çalıştırılabilir. Eritme için reverberator (banyo) fırınının kullanımı Ek 13.1.2.1'de açıklanmıştır.

### 13.1.5 Ortak kullanılan fırınların özeti

Bu sanayilerde kullanılan fırınlar Tablo 13.2, Tablo 13.3 ve Tablo 13.4'te özetlenmiştir.

**Tablo 13.2: Kurutma, kavurma, sinterleme ve kalsine fırınları**

Fırın	Kullanılan metaller	Kullanılan malzeme	Yorum
Buharlı kurutucu, Akışkan yataklı kurutucu, Flaş kurutucu	Bakır ve diğerleri	Concentrates	
Döner fırın	Kurutma için çoğu metal; Dumanlama ZnO; Kalsine alümina, nikel ve ferro-alaşımları; Kıymetli metallerde yanan film; Bakır ve alüminyum hurdaların çıkarılması Gaz temizleme gazlarından çıkan civalar.	Ores, concentrates and various scrap and residues	Kurutma, kalsine etme ve dumanlama uygulamaları
Şaft	Ferro alaşımlar (FeCr)	Lumpy furnace charge	Fırın yükünün kurutulması, buharlanması ve ön ısıtılması
Akışkan yataklı reaktör	Bakır, nikel, kobalt, kıymetli metaller, çinko ve Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Concentrates and Al(OH) <sub>3</sub>	Kalsinasyon ve kavurma
Uprader sinterleme makinesi	Çinko ve kurşun	Concentrates	sinterleme
Aşağı hava akımlı sinterleme makinesi	Çinko ve kurşun	Concentrates	sinterleme
Çelik bantlı sinterleme makinesi	Ferro alaşımlar, manganez, krom ve niyobyum	Concentrates and and fines	Diğer uygulamalar
Gezer ızgaralı Sinterleme makinesi	Ferro alaşımlar	Manganese fines	sinterleme
Herreshoff	Refrakter metaller ve molibden	Ores and concentrates	Kavurma, kalsine etme

**Tablo 13.3: Ergitme ve dönüştürme fırınları**

Fırın	Kullanılan metaller	Kullanılan malzeme	Yorum
Kapalı refrakter kaplı potalar	Refrakter metaller ve özel ferro alaşımlar	Metal oksitler	
Açık kuyu	Refrakter metaller ve özel ferro alaşımlar	Metal oksitler	
itici	Ateşe dayanıklı metaller	Oksitler	
kesikli	Ateşe dayanıklı metaller	madenler	
Vakum	Kurşun, kalay ve refrakter metaller	İkincil ham karbon malzemeler	
Baiyin	Bakır	konsantreler	
Elektrik ark	Ferro alaşımlar	Konsantreler, cevherler ikincil malzemeler	
Contop/siklon	Bakır	Konsantreler, cevherler	
			Üretimi için

**Bölüm 13**

Batık elektrik ark	Değerli metaller, bakır ve demir alaşımları	Cüruf, ikincil malzemeler, konsantreler, cevherler	ferro alaşımlar, açık, yarı kapalı ve kapalı tipler kullanılır
Döner	Alüminyum, kurşun ve değerli metaller	Hurda ve diğer ikincil hammaddeler	Oksidasyon ve reaksiyon alt tabaka ile
Devirme döner	Alüminyum ve Kurşun	Hurda ve diğer ikincil hammaddeler. Kurşun ve ikincil malzeme içeren baca tozları	Tuz akı kullanımını en aza indirir Birincil bakır üretiminden baca tozu. Pil kurtarma
Döner/sallanan	Öncülük etmek	Eritme ikincil kurşun	Ayrıca denir Doerschel fırın
Revereratory ve ocak/iyi kapalı	Alüminyum, bakır, kurşun ve diğerleri	Hurda ve diğer ikincil hammaddeler	Oksitli bakır malzemenin eritilmesi, rafine edilmesi
Vanyukov	Bakır	konsantreler	
Ausmelt/ISAS MEL T/KRS	Bakır ve kurşun	Ara, konsantreler ve ikincil hammaddeler	
QSL	Öncülük etmek	Konsantreler ve ikincil hammaddeler	
Kivcet	Kurşun ve bakır	Konsantreler ve ikincil hammaddeler	
Noranda	Bakır	konsantreler	
El Teniente	Bakır	konsantreler	
TBRC (KALDO) ve TROF	Bakır, kurşun, kalay ve değerli metaller	En ikincil ham ince tabakalar dahil malzemeler	
Mini eritici	Bakır/kurşun/kalay	Hurda	
Patlama ve ISF	Kurşun, kurşun-çinko, bakır, değerli metaller, HC FeMn	Konsantreler, çoğu ikincil	
INCO flaşı	Bakır ve nikel	konsantreler	
Outotec flaşı fırın	Bakır ve nikel	konsantreler	
Mitsubishi süreci	Bakır	Konsantreler ve anot hurdası	
Peirce-Smith	Bakır (dönüştürücü), ferro alaşımlar, metal oksit üretimi	Mat ve anot hurdası	
Hoboken	Bakır (dönüştürücü)	Mat ve anot hurdası	
Outotec flaş konvertör	Bakır (dönüştürücü)	Mat	
Noranda	Bakır (dönüştürücü)	Mat	
Mitsubishi	Bakır (dönüştürücü)	Mat	



Tablo 13.4: Ergitme fırınları

Fırın	Kullanılan metaller	Kullanılan malzeme	Yorum
indüksiyon	Çoğu	Temiz metal ve hurda	Uyarılan karıştırma, alaşımlamaya yardımcı olur. Bazı metaller için vakum uygulanabilir
Elektron demeti	Ateşe dayanıklı metaller	Temiz metal ve hurda	
Döner	Alüminyum ve kurşun	Muhtelif hurda kaliteleri	Karmaşık matrisler için kullanılan akışkanlar ve tuzlar
Reverberatory (aynı zamanda ocak olarak da bilinir veya iyi kapatılmış)	Alüminyum (birincil ve ikincil)	Muhtelif hurda kaliteleri. (İnce metal partiküller için ek bir yan kullanılabilir)	Banyo veya ocak konfigürasyonları değişebilir. Erime veya metal tutma
Contimelt	Bakır		Entegre fırın sistemi
Şaft	Bakır	Bakır katot ve temiz hurda	Azaltılması koşulları
Davul (Thomas)	Bakır	Temiz bakır hurda	Eritme ve ateş arıtma
Isıtmalı potalar (dolaylı ısıtmalı ısıtıcılar)	Kurşun ve çinko	Temiz hurda ve ham metal	Eritme, rafine etme ve alaşımlama
Doğrudan ısıtmalı potalar	Değerli metaller	Temiz metal	Erime ve alaşımlama
Batik elektrik ark	Ferro alaşımlar (FeCr, FeMn, SiMn)	Topaklı cevher, pelet, sinter, cüruf ve ikincil malzemeler	

### 13.1.6 Elektrokimyasal prosesler

#### 13.1.6.1 Elektrikli özütleme

Elektrikli özütleme, metal solüsyonu içeren sulu bir elektrolit içine yerleştirilmiş bir kurşun veya titanyum ve bir katot inert anotundan oluşan bir elektrolitik hücre kullanılır. Katot ya saf metalden (başlangıç levhası) veya paslanmaz çelikten veya alüminyumdan (kalıcı katot plâkası) yapılmış eski bir tabakadan ibarettir. Metal iyonları çözeltiden geçer ve katoda yerleştirilir ve anotta klor veya oksijen gibi gazlar oluşur. Klor, sızdırmaz bir anot bölmesinde toplanır, ancak oksijen genellikle serbest bırakılır ve elektrolitin bir kısmına girebilir ve toplanması ve işleme geri dönmesi gerekebilecek bir asit sisi üretebilir. Sisin işyerine ya da çevreye girmesini önlemek için hücre davlumbazları ve gaz temizleme ekipmanı ya da boncuk ya da köpürtücü ajan kullanılması gerekir. Tüketilen elektrolit normal olarak prosese geri döndürülür.

Bakır, kobalt, nikel, kalay, çinko ve değerli metaller bu şekilde üretilmektedir. Kalıcı katot plakaları kullanıldığında, saf metal tortuları soyulabilir, sıyrılabılır, eritilebilir ve gerekli şekillere dökülür.

#### 13.1.6.2 Elektrikli arıtma

Elektro-rafinasyonda ( ya da elektrikli arıtma), rafine edilecek olan metalin bir döküm anotundan ve metal solüsyonu içeren bir elektrolit içine yerleştirilmiş bir katottan oluşan bir elektrolitik hücre kullanılır. Katot, saf metalden (başlangıç levhası) veya paslanmaz çelikten (kalıcı katot plâkası) yapılmış eski bir levhadır. Metal iyonları saf olmayan anodan çözülür ve katoda yerleştirildikleri yerden çözeltiye geçer.

Bakır, kıymetli metaller, kurşun ve kalay bu şekilde rafine edilir. Kalıcı katot plakaları kullanıldığında, saf metal tortuları soyulabilir, sıyrılabılır, eritilebilir ve gerekli şekillere dökülür.

Elektro kırılma sırasında, anotlarda bulunan diğer metaller ayrılır, daha az asil metaller elektrolit içinde çözülür ve değerli metaller gibi daha soylu metaller, selenyum ve tellür, elektrolitik hücrelere yerleşmiş bir anot sümük oluştururlar. Anot incelikleri periyodik olarak hücrelerden uzaklaştırılır ve değerli metaller geri kazanılır. Bazı durumlarda, ince tabakaları içermek için anot torbaları kullanılır.

Elektrolitin bir kısmı sistemden kanştınlı ve diğer metaller bundan kurtuldu.

### 13.1.6.3 Erimiş tuz elektrolizi

Erimiş tuz elektrolizinde, bir elektrolitik hücre, inert katotlar ve anotlar (çelik veya karbon) kullanılarak yapılır, böylece yüksek elektrolit sıcaklıkları tolere edilebilir. Erimiş metal, katoda biriktirilmekte ve vakum veya yer değiştirme ile periyodik olarak uzaklaştırılmaktadır. Anotta klor veya oksijen gibi gazlar gelişir; Klor toplanır ve geri dönüştürülür veya satılır. Alüminyum için, oksijen sürekli olarak tüketilen karbon anodu ile reaksiyona girer.

Erimiş tuz elektrolizi, alüminyum, lityum, sodyum ve magnezyum üretmek için kullanılabilir.

### 13.1.7 Hidrometalurjik süreçler

Asitler ve NaOH, bazen de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, çeşitli cevherlerin metal içeriğini çözmek ve rafine etmeden ve elektrolize edilmeden önce konsantre hale getirmek için kullanılır. Süzülecek malzeme genellikle oksit formundadır, ya bir oksidik cevher ya da kavurma ile üretilen bir oksittir [134, Metallurgical Consulting Traulsen GmbH 1998]. Çinko konsantresinin doğrudan süzdürülmesi, hem yükseltilmiş hem de atmosferik basınçta da yapılır.

Bazı bakır sülfid cevherleri, oksidasyon ve çözünmeyi desteklemek için kimi zaman doğal bakteriler kullanılarak sülfürik asit veya başka ortamlarla yıkanabilir, ancak çok uzun kalma süreleri kullanılır. Uygun koşulları sağlamak için liç sistemlerine hava veya oksijen veya klor eklenebilir ve ayrıca ferrik klorid içeren çözeltiler de kullanılır. HydroCopper® prosesi ve benzer proseler, hidrometalurji ile işleme tabi tutulabilecek cevher ve konsantreleri genişletmek için geliştirilmiştir [308, Haavanlammi 2007].

Üretilen çözümler, metalleri rafine etmek ve kazanmak için çeşitli yollarla ele alınmaktadır. Yaygın uygulama, tükenmiş çözeltileri, uygun olduğu yerde, asitleri ve alkali çözeltileri korumak için liç aşamasına döndürmektir.

#### 13.1.7.1 Yığın liç

Açık yığın liç genellikle madende gerçekleştirilir. Malzeme, partikül-asit temasına izin verecek şekilde öğütülmüş ve öğütülmüş ve daha sonra geçirimsiz bir astar üzerinde doğal yığınlar halinde oluşturulmuştur. Asit yığımlara püskürtüldü ve kütle boyunca süzüldü [127, Chadwick, J. 1994]. Astar üzerinde toplanır ve metal içeriğinin birikmesine izin vermek için yeniden sirküle edilir. Tek bir yığının süzme süresi bakır oksit cevheri için 100 gün ila bakır sülfid cevheri için 500 gün arasında değişebilir.

Liç sürecini hızlandırmak ve verimliliği artırmak için bakteriler kullanılabilir ve bu teknik çinko, kobalt ve bakırın aynı anda liçlendiği ve ardından metal geri kazanımı öncesinde ayrıldığı bazı nikel cevherleri için kullanılır [284, Riekkola ve ark. 2008].

Yığın biyoliç avantajları şunlardır:

- doğal olarak oluşan bir sürece dayanır, bakteriler metallerin cevherden çözeltilmeye ayrışmasını destekler;
- Sulama ve havalandırma tek ek süreçlerdir;
- Sermaye ve işletme maliyetleri geleneksel ergitme ve arıtma işlemlerinden önemli ölçüde daha düşük olabilir.

#### 13.1.7.2 Atmosferik liç (açık tank)

Oksitlerin ve konsantrelerin atmosferik liçlenmesi, sıcaklığı ve asit konsantrasyonunu korumak

için karışımı devirerek açık veya kısmen kapalı tanklarda gerçekleştirilir. Sistem genellikle seri halde bir dizi tankta çalıştırılmaktadır. Bunu, tortuyu ayırmak ve saflaştırmayı ve metal çözeltinin kazanılmasını sağlamak için sedimantasyon izler. Asit mukavemeti ve sıcaklığı arttığında bazı süzme kalıntıları daha da yıkanabilir. Bir dizi liç aşamasının kullanılması, süzdürme verimliliğini arttırabilir, ancak daha sonra, daha sonra çıkarılması gereken daha fazla kirliliğin, özellikle de demirin çözünmesine neden olabilir. Oksijenin eklenmesi ve sızıntı ile karıştırılarak karıştırılması işlemi hızlandırabilir.

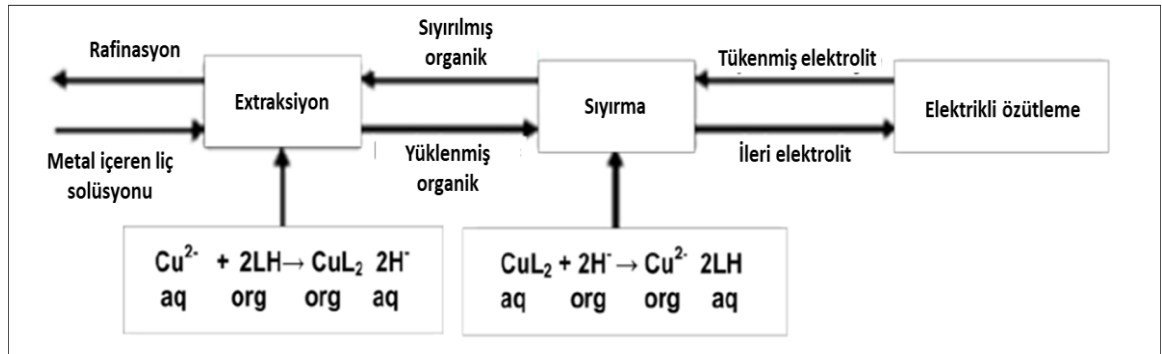
### 13.1.7.3 Basınçlı süzme (otoklavlama)

Basınçlı liç veya otoklavlama, tam bir liç işlemi veya bir dizi liç aşamasının bir parçası olarak gerçekleştirilebilir. Asit veya alkali dirençli basınçlı kaplar kullanılır ve reaksiyonların devam etmesi için sıvı sirküle edilir. Basınçlı liç, aynı zamanda, değerli metaller de dahil olmak üzere diğer metallerden bakırın ayrılması için siyah bakırın süzdürülmesinde kullanılır.

Oksidasyonu arttırmak için oksijen, hava veya klor eklenebilir. Basınç düşürme aşamaları asit dumanlarının üretilmesine neden olabilir ve bunları içerecek şekilde tasarlanmıştır.

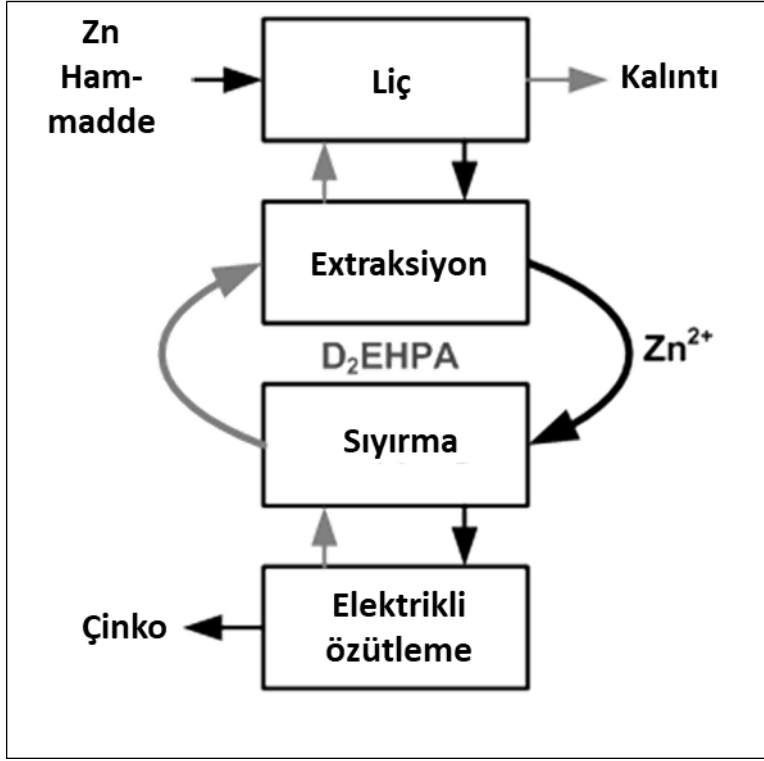
### 13.1.7.4 Solvent ekstraksiyonu

Çözücü ekstraksiyonunda, metaller suda çözülmeyen bazı organik çözücülerle sulu çözeltilerden özütlenebilir. Sulu ve organik fazlar karıştırılır ve karışımın pH'ı ve kullanılan kompleksleştirici madde kontrol edilerek, hedef metal organik faza seçici olarak ekstrakte edilir. Faz ayırma işleminden sonra, metalin organik fazdan, farklı şekillerde kazanılabilen ikincil bir sulu faza (sıyırma) yeniden çekilmesiyle saf bir metal çözeltisi elde edilir [309, Pekkala 2007], Şekil 13.26, bakır üretmek için böyle bir işlemin prensibi. Kobalt ve çinko gibi diğer metaller de bu şekilde üretilir.



Şekil 13.26: Solvent ekstraksiyon (SX) işleme aşamaları

Solvent ekstraksiyonu, birincil veya ikincil hammaddelerden çinko içeren çözeltileri seçici bir şekilde konsantre etmek ve saflaştırmak için kullanılabilir. Sonuç, elektroliz veya saf çinko sülfat, çinko oksit veya diğer çinko kimyasallarından sonra SHG çinko üretmek için kullanılabilen saf çinko çözeltisidir. Zincex işlemi orijinal olarak iki farklı çözücü ekstraksiyon devresi kullanmıştır, ilk olarak bir anyonik özütleyici, ikincil bir amin (Amberlite LA-2) kullanılır ve ikincisi ayırmak için bir katyonik özütleyici, di-2-etilheksil-fosforik asit (D2EHPA) kullanır. safsızlıktan çinko ve ayrıca saf bir çinko sülfat elektroliti üretmek için çinko konsantrasyonunu artırır. İşlem, D2EHPA ile sadece bir çözücü ekstraksiyon döngüsü kullanmak için basitleştirilmiş ve geliştirilmiştir ve liç, solvent ekstraksiyonu ve elektrowinningin üç ana aşamasında entegre edilmiştir [327, Gnoinski et al. 2008].



Şekil 13.27: Değiştirilmiş Zincex sürecinin süreç diyagramı

Primer çinko cevherlerine ve konsantrelerine uygulandığında, işlem ham maddenin atmosferik süzdürülmesini, çözücü ekstraksiyonu (SX) ile hamile süzdürme çözeltisinin yükseltilmesini ve saflaştırılmasını ve elektrolizle (EW) çinko geri kazanılmasını içerir. SX aşaması ayrıca, piller gibi kirli ikincil hammaddelerden çinko elde etmek için de kullanılır.

## 13.2 Çevresel izleme uygulamaları

Bazı ülkelerde, üretim sahaları, üretim biriminin çevresi üzerindeki çevresel etkileri kapsayan zorunlu ölçüm programlarına sahiptir [226, Nordic Report 2008]. Diğer durumlarda, ölçümler üretim bölgesi dışındaki taraflarca finanse edilen daha büyük araştırma çalışmalarının bir parçası olarak yerel otoriteler veya endüstri tarafından gerçekleştirilir [237, UBA (A) 2004]. Yaygın emisyonlar hakkında Bölüm 2.3.5 ve 2.4'de tartışıldığı gibi, hava dağılımı modellemesi, ters hava dağılımı modellemesi, hava gibi çevre çalışmaları

ulaşım modelleri ya da su akışları ile ilgili çalışmalar, ortamdaki bileşenlerin potansiyel ya da dağılık emisyonlardan kaynaklanmasına yardımcı olmak ve aralarında ayırım yapmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [269, Broom 2005]. Dördüncü Hava Kalitesi Kızı Direktifi, yerel otoriteler tarafından belirli maddeler için havanın çevresel olarak izlenmesini gerektirir ve monitörlerin konumu uygunsa, söz konusu sonuçlar, söz konusu maddelerin söz konusu sanayiye özgü olması koşuluyla, emisyonların değerlendirilmesinde kullanılabilir. AB Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC) uyarınca alıcı suların kalitesini izlemek için kapsamlı bir izleme programı da gereklidir.

Amaçlar, çevredeki havada, su veya toprakta metaller veya toz birikimi gibi belirli bileşenleri ölçmek olabilir. Biyolojik veya sağlık etki anketleri veya kaza uyarı sistemleri de uygulanabilir.

### 13.2.1 Çevresel izleme uygulamalarına örnekler

#### 13.2.1.1 İskandinav ülkelerinden örnekler

##### Hava izleme

Aşağıdaki örnek [226, Nordic Report 2008] çinko eritme ortamındaki hava kalitesi ile ilgili bazı özelliklerin kısa bir özetini göstermektedir. Tablo 13.5'te, bazı metallerin yıllık ortalama konsantrasyonları gösterilmiştir.

**Tablo 13.5: Birincil çinko tasfiyesini içeren karmaşık bir endüstriyel alandan ortam havasındaki yıllık ortalama metal konsantrasyonları [ 226, Nordic Report 2008 ].**

Madde	Emisyon noktasına göreceli uzaklık	2003	2004	2005	2006
PM <sub>10</sub> (µg/Nm <sup>3</sup> )	Kompleksten 2 km uzakta	12	11	12	14
Çinko (ng/Nm <sup>3</sup> )	Kompleksten 2 km uzakta	NA	13,3	NA	NA
Cadmiyum (ng/Nm <sup>3</sup> )	Kompleksten 2 km uzakta	NA	0,14	NA	NA
Nikel (ng/Nm <sup>3</sup> )	Kompleksten 2 km uzakta	NA	2,2	NA	NA
Arsenik (ng/Nm <sup>3</sup> )	Kompleksten 2 km uzakta	NA	0,57	NA	NA

NB: NA = mevcut değil.

Bu durumda, yerel makamlar bir ortam hava kalitesi izleme sistemini sürdürür ve hava kalitesi izleme programında yer alan farklı taraflar arasında bir işbirliği sözleşmesi vardır. Sistem, fabrikadan 2-4 km mesafelerde dört ölçüm istasyonu içermektedir. PM10 kolektörü ve analizörü olarak bir TEOM 1400a kullanılır ve tam otomatik sürekli olarak çalışır. Filtre tabanlı doğrudan kütle ölçüm yöntemine dayanmaktadır. Her beş yılda bir metal analizi için parçacıklar iki haftalık bir periyot boyunca bir aksesuar ACCU sistemi ile toplanır.

Ölçüm istasyonlarında, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi başka birçok parametre de ölçülür. Tüm analizörler otomatik ve sürekli çalışır. Analizörler yılda bir kez harici bir uzman tarafından kalibre edilir. İzleme istasyonlarından elde edilen sonuçlar otomatik olarak belediye çevre otoritesinin ofisinde bulunan bir bilgisayara aktarılır. Yetkili, verileri toplar, katılımcılara raporlar ve farklı ilgili taraflarla iletişim kurar.

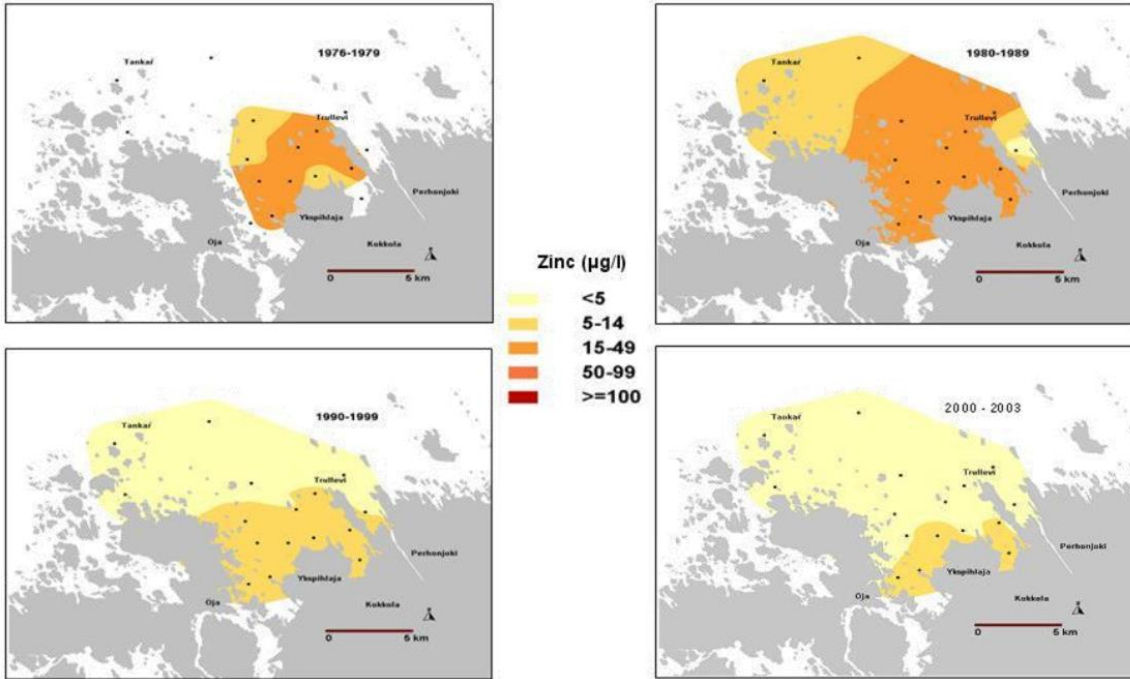
Kara-deniz rüzgarı etkisi ilkbahar ve sonbaharda sonuçları önemli ölçüde etkileyebilir. Arazi ve denizden ilkbahar ve sonbaharda meydana gelen emisyonlar, alanın yakınında birikmekte ve buradaki ölçülen konsantrasyonlar genellikle normal durumlardan daha yüksektir.

Bazı tesislerde, emisyonların çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için düzenli olarak geniş bir biyo-gösterge çalışması yapılmaktadır. Bu çalışma, aynı zamanda, toz metalleri ve topraktaki havadaki metal konsantrasyonlarının bir araştırmasını da içermektedir. Biyolojik indikatörde ve metal çalışmasında numune noktaları (yaklaşık 100) çinko eriticiden 0.1 km ila 30 km uzaklıkta yer almaktadır.

### **Su izleme**

AB Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC) uyarınca alıcı suların kalitesi için kapsamlı bir izleme programı da kurulmuştur. İzleme otorite onaylı ve işbirliğine dayalı bir izleme programına dayanmaktadır. Bir örnekte deniz alanında 18 örnek nokta bulunmaktadır. Su kalitesi analizleri için numuneler yılda sekiz kez alınır, böylece numuneler hem yaz hem de kış aylarında alınacaktır (buzla kaplı mevsim). Deniz suyu izleme programı birçok farklı çevresel parametreyi içerir, örn. deniz suyu kalitesi (tuzluluk, pH, O<sub>2</sub>, sıcaklık, renk, P-toplamı, N-toplamı), biyolojik yüzey araştırması (fitoplankton, alt makrofauna, makroalg, perifiton, balık) ve metal yüzey araştırması (balık, tortu ve dip faunasında metal konsantrasyonları). İzleme programı (örnek toplama, analiz ve raporlama) tamamen dış uzmanlar tarafından gerçekleştirilmektedir.

Çevresel konsantrasyonlardaki zaman içindeki eğilimler, standartlardaki gelişmelerin elde ettiği etkiyi göstermektedir. Şekil 13.28, 30 yıllık bir süre zarfında çinko eritme noktasına yakın deniz suyundaki çinko konsantrasyonlarını göstermektedir. Bu, yetkili makamın alınan önlemlerin emisyonların azaltılmasıyla sonuçlanmasını sağlamasına izin verir.



**Şekil 13.28: Çinko kirliliğine yakın zaman içinde deniz suyundaki çinko konsantrasyonlarının eğilimi**

#### **13.2.1.2 Diğer ülkelerden örnekler**

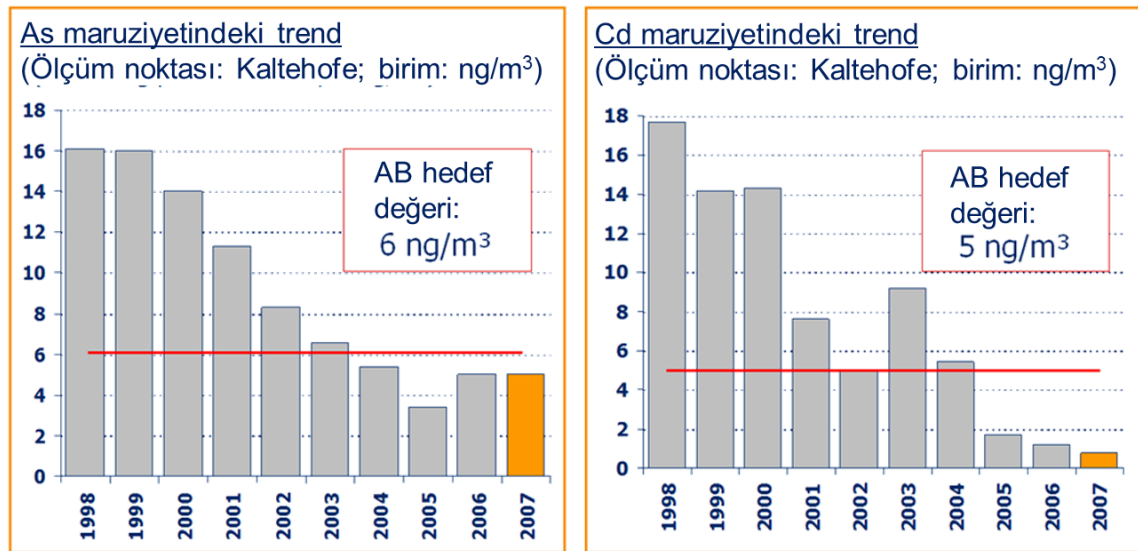
Birleşik Krallık'ta çevresel numunelerin düzenli olarak alındığı benzer uygulamalar, tesislerin ölçeğine ve yayılan maddelere bağlı olarak, etkiyi kurmak için kullanılmaktadır. İzleme siteleri, hava dağılımı modellemesinden türetilen maksimum çevresel etki noktalarına göre seçilebilir. Havadan, hava ve yağmura bırakılan materyaller, toprak ve çöpler çevresel düzey ve eğilimleri oluşturmak için kullanılır. Toprağın çekirdek örnekleri, kirlenici maddelerin uzun süreli birikimini gösterirken, çimenler veya mahsullerin analizi, büyüme mevsimi boyunca birikimi

gösterir.

PM10'un bir çelik fabrikasının yakınındaki potansiyel kaynakları araştırılmış ve örneklenmiş parçacıkları mikroskobik olarak incelemek ya da muhtemel kaynakları tanımlamak için sıralı trend analizi kullanmak mümkün olmuştur [269, Broom 2005] Bu durumda, demir yataklarının ortaya çıkması mümkün olmuştur. fırınlardan ziyade boşaltma yapar.

Üst Swansea Vadisi'ndeki nikel emisyon kaynakları etrafında hava monitörlerinde bir takım metaller bulunmaktadır. Genel olarak, her bir ana nikel kaynağı etrafında bir rüzgâr ve bir rüzgâr eşleşmesi vardır. Monitörler, haftalık çevre metal konsantrasyonları vermek için birkaç yıl boyunca çalışmaktadır, bu da daha sonra sitelerin etrafındaki havada ortalama metal seviyelerinin hesaplanması için kullanılabilir. Bu çalışma, nokta kaynağı ve yaygın kontrollerde yapılan iyileştirmeler sonucunda havadaki nikel seviyelerinin düştüğünü göstermiştir. Kirlilik gülleri kullanılarak haftalık verilerin analizi, bölgede iki nikel kaynağı olduğunu gösterdi: Birincisi nikel üreticisi ve ikincisi, önceden tanımlanmamış bir nikel kaynağı, bir dizi üretmek için nikel ve diğer metalleri kullanan küçük bir metal üretim tesisinden metal alaşımları ve alaşımlı ürünler [416, UK 2013].

Almanya'da, yerel otoritenin hava kalitesi verileri ve maksimum kirletici seviyesinin tahmin edildiği bir kirliliğin rüzgârı altındaki bir izleme noktasından kaynaklanmakta olup süreç iyileştirmelerinin etkisini göstermek için kullanılmaktadır [274, COM 2008]. Çevresel izlemeden elde edilen bazı sonuçlar Şekil 13.29'da gösterilmiş ve 1989'dan 2007'ye kadar çevresel düzeylerdeki azalmayı göstermektedir.



Şekil 13.29: Hamburg'daki Elbe adasında ölçülen havadaki As ve Cd konsantrasyonunun eğilimleri (DE)

### 13.2.1.3 Avusturya'daki çalışmalar

Avusturya'da, bir köprünün yakınındaki yosunların test edilmesi de dahil olmak üzere Arnoldstein kasabasından gelen emisyonlar ve biriktirme verileri analiz edilmiş ve sonuçlar iyileştirilmiş ve daha temiz süreçler benimsenerek sonuçların etkilerini azaltmıştır. Bahçelerde yetiştirilen sebzelerin ikincil kurşunundan 320 metre ile 4700 metre arasında yapılan analizleri ve ayrıca çekirdeklerden 10 mm derinliğe kadar olan yağ örneklerinin analizi yapılmıştır [237, UBA (A) 2004], [328, Winter B., ve diğ. 2009].

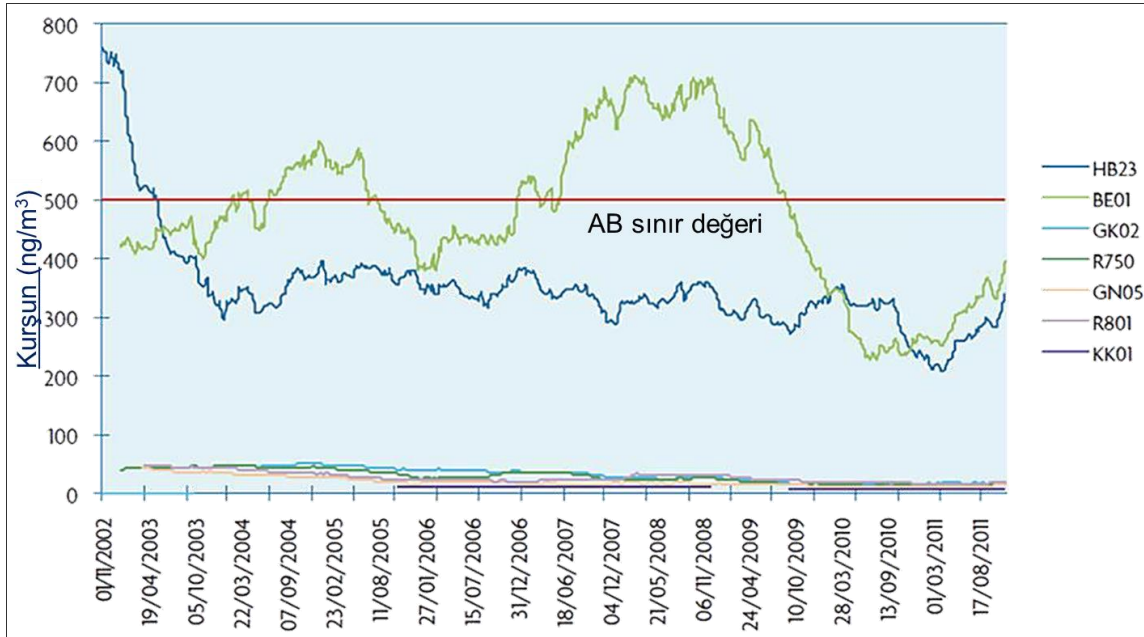
### 13.2.1.4 Belçika'daki çalışmalar

Flanders'da, Hoboken yakınlarındaki sanayi sitelerinin etrafındaki hava kalitesi, birkaç yıl boyunca örnekleme istasyonları ağı kullanılarak belirlenmiştir. Bu, emisyonlardaki eğilimlerin incelenmesine izin verir ve izleme istasyonlarının sonuçları da ters hava dağılımı modellemesi yapmak için kullanılmıştır. Bazı metallerin çevresel konsantrasyonları Tablo 13.6'da ve Şekil 13.30'daki kurşun eğilimleri [335, VMM 2011] 'de gösterilmiştir.

Tablo 13.6: PM10'da Flanders'daki örnek istasyonlarında bazı metallerin çevresel konsantrasyonları

	Belediye/sem	İstasyon kodu	Yıllık ortalama 2007 (ng/m <sup>3</sup> )	Yıllık ortalama 2011 (ng/m <sup>3</sup> )
Cd - hedef	Beerse	00BE01	28,5	12
	Beerse	00BE07	14,4	7,2
	Hoboken	00HB17	6,8	4,0
	Genk	00GK04	5,3	-
As - hedef	Beerse	00BE01	22,6	8,5
	Beerse	00BE07	12,4	5,8
	Hoboken	00HB01	31,1	14
	Hoboken	00HB17	25,3	23
	Hoboken	00HB23	49,0	41
	Hoboken	00HB18	15,2	8,8
	Hoboken	00HB19	12,2	NR
	Hoboken	00HB24	9,8	NR
Ni - hedef	Genk	00GK02	34,9	21
	Genk	00GK03	32,9	17
	Genk	00GK04	81,4	NR

NB: NR= rapor edilmedi.  
Kaynak: [ 335, VMM 2011 ]



Şekil 13.30: Flanders'daki bazı örnekleme istasyonları için 2002'den 2011'e kadar PM10'da kurşun konsantrasyonlarındaki eğilim [335, VMM 2011].

### 13.2.2 Ekotoksisite ve biyoyararlanım

Orijinal BREF son haline getirildiğinden, metallerin toksisitesini ve çevreye yönelik riskleri değerlendirmekle ilgili birçok araştırma ve düzenleyici gelişme gerçekleşmiştir. Bu kavramlar ve metodolojiler, 793/93/EEC Mevcut Maddeler Yönetmeliği kapsamında gerçekleştirilen metal risk değerlendirmelerinde AB yetkili makamları tarafından değerlendirilmiş ve onaylanmıştır ve ayrıca 1907/2006/EC sayılı AB REACH Tüzüğü'nde kullanılmak üzere onaylanmıştır.

Kavramlar ve metodolojiler, sahaya özgü çeşitli çevresel koşulları değerlendirirken ve metal konsantrasyonlarının çevre üzerinde (diğer bir deyişle su, çökelti ve toprak) olabileceği durumlarda yararlıdır. Çevresel izleme açısından, böyle metallere özgü bir risk değerlendirmesi, metallerin toksisitesinin bir dizi parametreye ve abiyotik faktörlere bağlı olduğunu fark ederek,



çeşitli metallerin biyoyararlanım değerlendirmesinin nasıl gerçekleştirileceğine dair ayrıntıları verdiği için özellikle önemlidir. sertlik gibi).

Demir dışı metal endüstrilerin atık suları, bileşenlerinin konsantrasyonlarının ölçülmesiyle iyi karakterize edilir. Metallerin listesi kimyasal veya diğer sanayi sektörlerinde meydana gelebilecek organik bileşenlerle karşılaştırıldığında nispeten kısadır. Bazı araştırma projeleri atık su bileşimi ve alg için ekotoksitesitesi arasındaki bağlantıya baktı. Tehlikelerin değerlendirilmesi, önceliklerin belirlenmesi, çevresel kalite kriterlerinin oluşturulması ve kimyasalların risklerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için modeller ve metodolojiler geliştirilmekte ve çeşitli yargı bölgelerinde kullanılmaktadır. Değerlendirilen bileşiklerin çoğunluğu, inorganik metallerden ziyade organik maddelerdir ve bu nedenle, bu değerlendirmeleri gerçekleştirmek için sunulan çeşitli metodolojiler ve kılavuz belgeler, metale özgü özneliklerin nasıl hesaba katılacağı konusunda ayrıntılı olarak eksiktir.

Metallerin çevreye ve insan sağlığına özel etkileri ile ilgili sorular gündeme gelmiştir. Bilinçli, bilimsel temelli kararlar alabilmek için hazır ve erişilebilir metal-spesifik araç ve veri kümeleri oluşturma ihtiyacı, yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası idarelerin temsilcileri ve sivil toplum kuruluşlarının üyeleri tarafından da gündeme getirilmiştir. , özel şirketler ve dernekler.

Metaller Çevresel Risk Değerlendirme Kılavuzu (MERAG), araştırmacılar, metal dernekleri, bilimsel panel eleştirmenleri ve hükümet yetkilileri konsorsiyumu (İngiltere Hükümeti, Çevre, Gıda ve Köy İşleri Dairesi (DEFRA)) tarafından oluşturulmuştur. MERAG, 1907/2007 sayılı AB REACH Tüzüğü'nün özel ihtiyaçları için bir eke daha eklenmiştir (Teknik rehber doküman, Ek 4 VIII 'Çevresel risk değerlendirmesi ve metaller ve metal bileşikleri için risk karakterizasyonu'). Bu metal ekleri Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) tarafından gözden geçirilmiş ve yasal olarak kabul edilmiştir [301, MERAG 2007].

Kılavuz, metaller için kimyasal yönetim ve çevresel kalite standardı ayarlarında kullanılacak metodolojiler ile risk değerlendiricilerini/düzenleyicilerini sağlayan ve meta-spesifik kavramların tanıtımı yoluyla değerlendiricinin sahaya özgü koşullarının dikkate alınmasını sağlayan farklı bilgi formlarına ayrılmıştır. Aşağıdaki 1 ila 3 arasındaki noktalarda tarif edilmiştir.

### 1) Maruz kalma değerlendirmesi

Maruz kalma değerlendirmesinin temel amacı, insan faaliyetlerinden potansiyel olarak etkilenen her çevresel ortam (su, hava, toprak, tortu) için metal konsantrasyonlarının türetilmesi ve değerlendirilmesidir.

Çevrede bulunan metal konsantrasyonları, doğal bileşimin, tarihsel kontaminasyonun ve kullanım paterni ile ilişkili emisyonların ve metalin tam yaşam döngüsünün (yani madencilikten metallerin maksimum ayrışmasına ve geri dönüştürülmesine ve kalan atıkların bertaraf edilmesine) bir sonucudur. Doğal ortamda (örn. Farklı doğal konsantrasyonlarda) metal konsantrasyonlarının varyasyonları ve antropojenik girdilerin varyasyonları nedeniyle, farklı yerlerde gözlemlenen metal seviyelerindeki büyük farklılıklar bulunabilir.

Türleşme büyük bir öneme sahiptir; metaller farklı anyonlar veya katyonlarla ilişkili farklı değerlerde olabilir ve suda çözülmüş organik madde (DOM) gibi yüzermeyle ilgili maddelerle veya tortu veya topraktaki minerallere bağlanabilir. Bu nedenle, türleşme, sitenin çevre koşullarına ve kimyasına büyük ölçüde bağlıdır. Bir metalin emilim/desorpsiyon davranışı, mevcut çevresel koşullara büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle maruz kalma değerlendirmesi basit bir direkt toksisite değerlendirmesi ile elde edilenin ötesine geçer.

### 2) Etki değerlendirmesi

Ana hedef, çevrenin uzun vadeli korunmasıdır. İç ortam için düşünülen tipik ekosistemler, sular (tortullar dahil), kanalizasyon arıtma tesisleri ve karasal olanlardır. Bunların her biri için tahmin edilen etkisiz konsantrasyon (PNEC) türetilmelidir. Bu PNEC, kabul edilemez bir etkinin büyük olasılıkla gerçekleşmeyeceği konsantrasyon olarak kabul edilir.

MERAG, veri kalitesi ve veri alaka düzeyi için gereksinimlere (ölçütlere) uymak için PNEC

türevi için seçilen efekt verisi hakkında rehberlik sağlar. İzin ayarındaki metal özel hususları dikkate alır (veri kalitesi seçiminde, toplamada, yorumlamada ve PNEC değerinin türetilmesinde metodolojiler sağlanmıştır) [301, MERAG 2007]

PNEC değerinin türetilmesi, alanın spesifik çevresel koşulları için (biyo) mevcut organizma fraksiyonunu dikkate alabilir (karasal, tortu ve sucul ekosistemlerde risk değerlendirmeleri yapmak için metallerin biyoyararlanımını tahmin etmek için toksisite modelleri geliştirilmiştir). Metallerin biyoyararlanımını dikkate alma olasılığı, su politikası alanında 2008/105/EC Direktifinde çevresel kalite standartlarına ve 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC ve 2000/60/EC sayılı direktiflerin tadil edilmesine yöneliktir.

### 3) Risk karakterizasyonu

Bu kılavuz, izin koşullarına uyum sağlamak için bir “yapı taşı” yaklaşımı ortaya koymakta ve aynı zamanda, metal/metal bileşikleri tarafından sunulan potansiyel riskleri yönetmek için en iyi seçeneğin dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, veri mevcudiyeti büyük ölçüde araştırmaya tabi tutulan metal/metal bileşiğinin türüne bağlı olacağından, değerlendirmenin daha da iyileştirilmesine olanak tanıyacak şekilde kademeli bir yaklaşım savunulmaktadır.

2008 yılında, MERAG belgesinde sunulan arıtma araçları sadece yeterli verilere sahip metaller (örneğin nikel, bakır, çinko) için geçerlidir. Bilim geliştikçe (örneğin gümüş, kobalt, alüminyum için) ek metaller için aletler araştırılmaktadır.

MERAG kapsamında geliştirilen metodolojiler, çeşitli AB ülkelerinde saha düzeyinde uygulanmaktadır. Biyoyararlanım modelleri daha geniş ölçekli çevre koşulları (örn. deniz ve haliç koşulları) için daha halen geliştirilmektedir.

### 13.3 Metal üretimi ve azaltımı için spesifik maliyet verileri

Bu ekte verilen veriler, proses tesisi ve ana tüketim rakamlarına odaklanmaktadır. Sahaya özgü maliyet faktörleri mümkün olduğunca elimine edilmiştir. Buradaki bilgiler, maliyet aralığının büyüklüğünü verir ve teknikler arasındaki sınırlı bir maliyet karşılaştırmasına izin verir.

Tüm metal grupları için veri mevcut değildir ve bu nedenle bu veriler bir ek olarak sunulmuştur, böylece bazı maliyetler, *örn.* fırınlar veya kirlilik azaltma, için bu gruplara başvurulabilir. Maliyetler temel olarak yıllık üretilen metal ton başına maliyet esasına göre sunulmaktadır. İşlemin veya azaltma tesisinin büyüklüğüne mümkün olan yerlerde referans verilmiş böylece mevcut verilerin temsil edilemeyen sektörler için kaba tahminler sağlaması umulmuştur.

Çeşitli kaynaklardan veriler alınmıştır ve hepsi de yılda üretilen metal ton başına spesifik yatırım maliyetini vermektedir. Veriler, satın alma anında etkili olan çeşitli para birimlerinde sağlanmıştır. Doğrudan karşılaştırmalar için, bu para birimleri 16 Haziran 1999'da geçerli olan döviz kuru kullanılarak Euro'ya çevrilmiştir: 1,06 Dolar = 1 Euro'dur. 1950'den bu yana faaliyet gösteren çeşitli döviz kuru oranları aşağıda verilmiştir. Böylece güncel maliyetler gerekirse türetilir.

**Tablo 13.7: Bazı döviz kurları**

Yıl	DEM/GBP	DEM/USD	USD/GBP	DEM/EUR <sup>(1)</sup>	USD/EUR <sup>(1)</sup>
1950	11.76	4.20	2.80	-	-
1960	11.71	4.17	2.81	-	-
1970	8.74	3.65	2.40	-	-
1980	4.23	1.82	2.33	2.48	1.36
1990	2.88	1.62	1.79	2.07	1.26
1993	2.48	1.65	1.50	1.90	1.15
1996	2.35	1.50	1.56	1.90	1.27
1998	2.91	1.76	1.66	1.97	1.12
2008	NA	NA	1.992	NA	1.487

(<sup>1</sup>) sadece 1979 beri.

Bu ekte gösterilen maliyet verileri sadece büyüklük göstergesidir.

Bazı kaynaklar ayrıca belirli bir kurulum için finansman ve işletme maliyetleri bildirmiştir. Bunlar, diğer faaliyet alanlarına uygulanamayabilir çünkü bireysel işlemlerin maliyeti, önemli oranda şirkete ve şirkete özgü maliyet bileşenlerini içerecektir.

#### 13.3.1 Maliyet verisi üzerindeki etkiler

Yukarıda belirtilen maliyetler üzerindeki lokasyona özgü etkilerden bazıları şunlardır:

- Nakliye: besleme malzemesi taşıma maliyetleri (arıtma ve arıtma ücretine etkisi), ürün(ler) için nakliye maliyetleri;
- Direkt işletme maliyetleri: iş mevzuatı, iklim koşulları, birim işlemlerin düzenlenmesi (fabrika içi nakliye maliyetleri), enerji kullanılabilirliği, mevcut altyapı, özel çevre koruma gereksinimleri;
- Satış maliyetleri: pazar erişimi, altyapı, iklim koşulları;
- Sermaye maliyetleri: besleme malzemesi sevkiyat seçenekleri, pazara giriş ve piyasa koşulları/ürün satışı, kurumsal yapı;
- Yatırım maliyetleri: iklim koşulları, mevcut altyapı, enerji ve sarf malzemeleri, belirli yerel çevre koruma gereksinimleri.

Yukarıdaki faktörler, yanıltıcı sonuçlar doğurmaksızın daha genel anlamda kullanılacak güvenilir maliyet verilerinin verilmesinin çok zor olduğunu göstermektedir. Tam ve güvenilir bir ekonomik hesaplama/değerlendirme sadece sahaya özel bir yatırım için yapılabilir. Sadece böyle bir temelde kesin maliyet verileri mevcuttur. Örneğin, aşağıdaki faktörler bir projenin ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve her zaman bu ekte tahmini yapılmamıştır:

- • Konsantreler için arıtma ve arıtma ücretleri;
- • Konsantre, akı, vb. ve diğer alımlar için maliyetler;
- • ikincil malzemelerin alım fiyatı (indirimlerden sonra);
- • rafine metal için satın alma fiyatı;
- • sülfürik asit veya benzerleri gibi yan ürünlerin satışı;
- • Seçilen ülke (vergiler, işgücü, elden çıkarma ve enerji maliyetleri, enflasyon);
- • özel saha (saf malzeme ve ürünlerin taşınması);
- • altyapı (enerji, su, oksijen, bakım durumu);
- • Tesis kapasitesi;
- • beslemenin türü ve bileşimi;
- • zaman çizelgesi ve yatırım zamanı;
- • Yatırımın finansmanı;
- • inşaat ve montaj maliyetleri (denizden uzakta uygulama).

Belirli tesisler için doğru maliyetler biliniyorsa, bunlar dahil edilmiştir ancak bunlar, saha varyasyonunun hesaba katılabilmesi için ayrı olarak temin edilir. Mümkün olan durumlarda, maliyet çeşitlemelerinin nasıl örneklendiğini gösteren yorumlar da yapılmıştır. Atık bertaraf maliyetleri, maliyetlerde önemli değişime neden olabilir.

Emisyon kontrol önlemlerinin ve ekipmanının sermaye maliyeti, tesis tipine göre değişir. Mevcut tesislerde yenileme maliyetleri çok yüksek olsa da yeni tesislerdeki entegre kirlilik kontrol önlemleri daha uygun maliyetli olabilir [234, UBA (D) 2007]. Bir kumaş filtre sisteminin sermaye maliyetini yöneten faktörler şunları içerir:

- Temizlenen gaz hacmi;
- çıkış gazı özellikleri (toz ve nem içeriği, sıcaklık, agresif bileşenlerin varlığı);
- Katkı dozajı veya baca gazı devridaimine (ek borular, silolar, taşıma sistemleri) olan ihtiyaç;
- inşaat için uygun zemin alanı; yapım şekli (düzenleme seçenekleri, sığ veya kazıklı temel, toplam yükseklik, filtre alanı, bölme sayısı, kanal yönlendirme, vb.);
- gerekli baca yüksekliği veya baca astarlama ihtiyacı (atık gaz bileşime bağlı olarak);
- Gerekli ölçüm ekipmanı (platform, sürekli izleme ekipmanı, erişim);
- Genişletilmiş tedarik kapsamı (atık gaz soğutucu, kompresör vb.).

Düşük toz yükü olan (örneğin, ince toz yükleri  $<50 \text{ mg/Nm}^3$  olan ikincil davlumbazdan gelen atık gazlar) gazlara normal olarak toz toplama verimliliğini arttırmak için bir katkı maddesinin (örneğin kireç) eklenmesini gerektirir. Bu sadece ham gaz toz yükünü değil, aynı zamanda bertaraf edilmesi gereken toplanan tozun hacmini de artırır. Nemli ve/veya agresif atık gazlar için, filtrenin ısıtılması veya bir korozyon koruyucu kaplama ile donatılması gerekebilir.

Fan ve filtre medyası da dahil olmak üzere yaklaşık  $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$ 'lik bir çıkış gazı akış hızı için tasarlanan bir kumaş filtresinin sermaye maliyeti, yaklaşık 650.000 EUR (düşük toz yükü olan ikincil davlumbazdan çıkış gazı) seviyesinde idi veya yaklaşık 950.000 EUR (yüksek toz yüküne sahip çıkış gazı). Çelik ve beton yapılar, kanal, baca ve diğer ekipmanı içeren bir filtre sisteminin toplam maliyeti (yukarıya bakınız), filtrenin sermaye maliyetinin üç veya dört katı olabilir.

Elektrik tüketimi işletme maliyetlerine en büyük katkıda bulunan kalemdir. Filtre alanına, filtre direncine, toz bileşimine ve konsantrasyonuna bağlı olarak, torba filtresinin özgül güç tüketimi,  $1000 \text{ m}^3$  gaz çıkışı için 2 kWh ile 3 kWh arasında değişir. Kullanılan spesifik katkıdan dolayı, filtre sisteminde toplanan toz metal geri kazanımı için daha fazla işlenemez ve düzenli depolama sahasında bertaraf edilmelidir; ek maliyet önemli olacaktır.

### 13.3.2 Bakır işleme tesisleri için özel yatırım maliyetleri

Yukarıda açıklandığı gibi, bakır tesislerinin yatırım maliyetleri de, sadece proses teknolojisi ve seçilen azaltma teknikleri ile değil, birtakım sahaya özgü faktörlerden de etkilenmektedir. Tablo 13.8'den Tablo 13.12'ye, teknoloji ile ilgili bazı veriler verin.

Tablolar yeşil alandaki tesisleri gösterir:

- yatırım ya da maliyetin belirlendiği yıl;
- Kapsanan ana tesis bölümleri;
- Maliyet göstergesi ile ilgili üretim kapasitesi.

Fabrika ile ilgili azaltma teknikleri, maliyet göstergesinde yer almaktadır. Yatırım maliyetleri, bir ton bakır için spesifik maliyet olarak belirtilir. Gösterilen maliyet verileri, büyüklük göstergesi sırasına göre anlaşılmalıdır. Arazi, finans, iç ve dış tesis altyapısı maliyetleri, yapım aşamasında mal sahibi maliyetleri ve söz konusu tesis bölümlerine doğrudan bağlı olmayan diğer tüm yatırımlar dahil değildir.

**Tablo 13.8: Birincil bakır izabe/asit tesis kompleksleri**

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1977	2250–2450	Anot bakır 70.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, kısmi kavurma ve elektrikli fırın izabesi, PS dönüştürücü, anot tesisi, EF cüruf temizleme, çift katalizli asit tesisi
1980	2450–2650	Anot bakır, 150.000–160.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, Outotec flaş izabe fırını, PS dönüştürücü, anot tesisi, EF cüruf temizleme, çift katalizli asit tesisi
1981	1700–1850	Anot bakır, 280.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, Outotec flaş izabe fırını, PS dönüştürücü, anot tesisi, EF cüruf temizleme, çift katalizli asit tesisi
1981	2850–3000	Anot bakır 100.000 t/yr	Malzeme taşıma deposu, Mitsubishi sürekli izabesi, anot tesisi, çift temiz/çift adsorbsiyonlu asit tesisi
1981	2250–2550	Anot bakır 120.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, INCO fırın, PS dönüştürücü, anot tesisi, çift katalizli asit tesisi
1992	2150–2250	Anot bakır 150.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, ISASMELT fırın, PS dönüştürücü, anot tesisi, EF cüruf temizleme, çift katalizli asit tesisi
1994	2250–2350	Anot bakır 285 000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, Outotec flaş izabe fırını, flaş dönüştürücü, anot tesisi, çift katalizli asit tesisi. Cüruf flotasyon dahil değildir
1995	2350–2750	Anot bakır 120.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, Outotec flaş izabe fırını, PS dönüştürücü, anot tesisi, EF cüruf temizleme, çift katalizli asit tesisi
1997	1950–2150	Anot bakır 160.000 t/yr	Malzeme taşıma deposu, Mitsubishi sürekli izabesi, anot tesisi, çift temiz/çift adsorbsiyonlu asit tesisi
1998	2550–2650	Anot bakır 303 000 t/yr	Outotec flaş izabe fırını, flaş dönüştürücü, anot tesisi, çift katalizli asit tesisi
1998	2950–3150	Anot bakır 200.000 t/yr	Malzeme taşıma deposu, Mitsubishi sürekli izabesi, anot tesisi, çift temiz/çift adsorbsiyonlu asit tesisi

NB: Orijinal maliyetler ABD Doları idi ve belirtilen oran kullanılarak dönüştürülmüştür: EUR 1 = USD 1.06.  
Kaynak: [ 90, Traulsen, H. 1998 ], [ 206, Traulsen, H. 1999 ]

Tablo 13.9: Rönskär Projesi

Yıl	Yatırım maliyeti	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1999	SEK 2 milyar (224 milyon EUR)	Bakır 100.000 t/yr	Hammadde boşaltma için rıhtıma genişletme; Hammadde kullanımı için kapalı konveyörler; Karıştırma tesisi ve konveyörler; Outotec flaş fırını; 250 ton kapasiteli Dönüştürücü koridoruna sahip üç Peirce-Smith dönüştürücüler ile; Havalandırma havası tahliye sistemi ve torba filtresi; Ateşli rafinasyon ve anot döküm tesisi - 45 t/h ekstra kapasite; Bakır elektro-rafinerisinde % 33 artış, bakır sülfat üretmek için evaporatör; 280.000 Nm <sup>3</sup> /saat işlemek üzere sülfürik asit tesislerinin yenilenmesi; Cıva çıkarma aşaması; Proses enstrümantasyonu; İnşaat mühendisliği maliyetleri.
NB: Tesis, 1999 yılında ilave 100.000 ton/yıl bakır üretimine olanak sağlamak için yenilenmiştir. Beklenen geri ödeme süresi 6,5 yıl idi.			

Tablo 13.10: İkincil bakır izabe

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1990	1300–1500	Anot bakır 50.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, şaft ocağı, dönüştürücü, anot tesisi
1990	1100–1300	Anot bakır 80.000–100.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, elektrik ocağı, dönüştürücü, anot tesisi
1991	1250–1400	Anot bakır, 60.000 t/yr	Malzeme taşıma/depolama, TBR fırın, anot tesisi ( <sup>1</sup> )
( <sup>1</sup> ) The technical concept is different from the process now used at Metallo-Chimique and Elmet. NB: Orijinal maliyetler ABD Doları idi ve belirtilen oran kullanılarak dönüştürülmüştür: EUR 1 = USD 1.06 Kaynak: Boliden [ 90, Traulsen, H. 1998 ].			

Tablo 13.11: Elektrolitik bakır rafinerileri

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1976	470	Katot bakır 380.000 t/yr	Başlangıç plakaları ve mekanizasyon ile geleneksel süreç kavramı
1987	550–600	Katot bakır 40.000 t/yr	Kalıcı katotlar ile ISASMELT süreç kavramı
1990	400–450	Katot bakır 180.000 t/yr	Kalıcı katotlar ile ISASMELT süreç kavramı
1993	450–480	Katot bakır 150.000 t/yr	Kalıcı katotlar ile ISASMELT süreç kavramı
1994	650	Katot bakır 280.000 t/yr	Kalıcı katotlar ile Kidd Creek konseptine dayalı olarak mevcut bir rafinerinin güçlendirilmesi/genişletilmesi
1996	400–450	Katot bakır 200.000 t/yr	Kalıcı katotlar ile ISASMELT süreç kavramı
NB: Orijinal maliyetler ABD Doları idi ve belirtilen oran ile dönüştürülmüştür: EUR 1 = USD 1.06 Kaynak: [ 90, Traulsen, H. 1998 ]			

Tablo 13.12: Bakır filmaşın tesisleri

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1992	180–200	Bakır tel çubuk 220.000 t/yr	Eritme için şaft fırını ile sürekli Güney tel tip çubuk hattı
1995	280–320	Bakır tel çubuk 80.000 t/yr	Eritme için şaft fırını ile sürekli Güney tel tip çubuk hattı
1995	290–330	Bakır tel çubuk 80.000 t/yr	Eritme için şaft fırını ile sürekli Contirod tipi çubuk hattı
NB: Orijinal maliyetler ABD Doları idi ve belirtilen oran ile dönüştürülmüştür: EUR 1 = USD 1.06 Kaynak: [90, Traulsen, H. 1998]			

### 13.3.3 Birincil ve ikincil alüminyum işlemleri için özel yatırım maliyetleri

#### Birincil alüminyum smelters

Aşağıdaki aralıklar, yeni bir tesis için olası seçenekler olarak veya mevcut tesislerin iyileştirilmesi için belirlenen dönüşümler için yatırım maliyetleri olarak verilmiştir [421, EAA, 2014]:

- yandan çalışan prebaked'ten (SWPB) nokta besleme prebaked'e (PFPB): Yıllık üretim kapasitesi ton başına 400–1000 EUR.
- merkezden beslemeli prebaked'ten (CWPB) nokta besleme prebaked'e (PFPB): yıllık üretim kapasitesinin tonu başına 100-200 EUR.
- dikey pimli Soderberg (VSS), nokta besleme prebaked'e (PFPB): yıllık üretim kapasitesinin tonu başına 2300–3100 EUR.
- Modernize edilmiş VSS'ye geleneksel VSS: Yıllık üretim kapasitesi ton başına 270-400 EUR.
- Yeni nokta besleme prebaked (yeşil alandaki tesis için): Yıllık üretim kapasitesi ton başına 4500-5500 EUR.

SWPB veya VSS'nin nokta-besleme ön pişirmeliye (*ing.* point feed prebaked) dönüştürülmesi, çoğu durumda, tamamen yeni bir PFPB tesisiyle karşılaştırılabilir bir standartta asla elde edilemez.

Bir birincil tasnif için işletme maliyeti tamamen yukarıda belirtilen faktörlere bağlıdır ve çeşitli danışmanlardan gelen raporlara göre, sermaye maliyetleri hariç ton başına 1200-1600 \$ arasında olacaktır.

Azaltım ekipmanı için yatırım maliyetleri yine sahaya özgü koşullara bağlı olacaktır, çünkü bu durum, ek ekipmanın kapsamını ve gerçek ekipman kurulumuna ek olarak gerekli çalışmaları belirleyecektir. Aşağıdaki aralıklar verilebilir:

Kuru gaz yıkayıcı ünitesi: Yılda üretilen ton başına 200-300 EUR.

Pota gazları için deniz suyu ile SO<sub>2</sub> ıslak gaz yıkayıcı: Yılda üretilen ton başına 100-200 EUR.

Pota gazları için SO<sub>2</sub> alkali gaz yıkayıcı: Yılda üretilen ton başına 150–250 Euro.

#### İkincil alüminyum izabe fırınları

Proses ekipmanı maliyetleri:

- Döner fırın: Yılda üretilen ton başına 15-60 EUR.

Azaltma ekipman maliyetleri:

- Torba filtre sistemi: Yılda üretilen ton başına 30-75 EUR.

- Seramik filtre sistemi: Yılda üretilen ton başına 30 EUR.

### 13.3.4 Kurşun-çinko süreçleri için özel yatırım maliyetleri

Tablo 13.13 ila Tablo 13.16, bir Waelz fırını, bir dumanlama tesisi ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tesisleri için; elektrolitik çinko tesisleri ve ayrıca kurşun-çinko şaft fırınları için; birincil ve ikincil kurşun-çinko için bazı veriler vermektedir. Maliyetler, yılda üretilen metal ton başına USD cinsinden verilmiştir. Yine, USD'ye bağlı döviz kuru, zamana bağlı olduğu için çok önemlidir.

Sunulan veriler şunları içerir:

1. Maliyet rakamlarının değerlendirildiği yıl;
2. Teslimat hacmi;
3. İzabe fırınının büyüklüğü;
4. Metalin ton başına özel yatırım maliyetleri.

Kurşun-çinko şaft fırınları söz konusu olduğunda, yatırım maliyetleri sadece Zn + Pb üretiminin yanı sıra çinko üretimi ile de ilgilidir. Maliyetler sadece bu tür yatırımlar için yaklaşık büyüklüğü gösterir.

**Tablo 13.13: Kurşun prosesleri**

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1980	660	Pb, 100.000 t/yr	Sinter makinesi, şaft fırını, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, kurşun arıtma
1990	400	Pb, 60.000 t/yr	İkincil, plastik ayırma, eritme, kurşun arıtma
1990	635	Pb, 30.000 t/yr	İkincil, plastik ayırma, eritme, kurşun arıtma (CX sistemi için aynı büyüklük derecesi)
1997	625	Pb, 100.000 t/yr	QSL tesisi, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, kurşun arıtılmadan (Kivcet ve TBRC tesisi benzer yatırım maliyetleri göstermelidir)
1997	330	Pb, 30.000 t/yr	İkincil şaft fırını, kurşun arıtma
1997	145	Pb, 100.000 t/yr	Kurşun rafinasyonu
2009	1080 <sup>(1)</sup>	Pb, 65 000 t/yr	Kurulum ve azaltma ve asit tesisi ile Ausmelt tesisi

(<sup>1</sup>) Toplam kurulum maliyeti 65 000 t/yıl için 70 milyon Euro'dur.  
Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]

**Tablo 13.14: Çinko prosesleri**

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1980	1580	Zn, 100.000 t/yr	Kavurma, liç, arıtma, elektroliz, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, dökümhane
1996	1530	Zn, 100.000 t/yr	Kavurma, liç, arıtma, elektroliz, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, dökümhane
1997	1450	Zn, 100.000 t/yr	Kavurma, liç, arıtma, elektroliz, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, dökümhane



2002	533 (1)	Zn, 75 000 t/yr	Kavurma, WHB ve su arıtma, gaz temizleme, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, soğutma suyu kurulumu, zayıf asit muamelesi
(1) Total installation cost was EUR 40 million for 75 000 t/yr Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]			

Tablo 13.15: Çinko ve kurşun prosesleri

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1980	1550	Zn, 100.000 t/yr; Pb, 40.000 t/yrO	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
1996	1380	Zn, 100.000 t/yr; Pb, 40.000 t/yrO	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
1996	2080	Zn, 100.000 t/yr	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
1997	1790	Zn, 100.000 t/yr; Pb, 40.000 t/yr	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
1997	2580	Zn, 100.000 t/yr	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
1994	2800	Zn, 85 000 t/yr; Pb, 35 000 t/yr	Sinter-kavurma, ISF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tesisi, Zn rafinasyonu
Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]			

Tablo 13.16: Çinko kalıntıları

Yıl	Tesis maliyeti (EUR/t üretim kapasitesi/yr)	Yapılan ürün ve tasarım kapasitesi	Hesaba katılan tesis bölümleri
1980	480	Waelz oxide, 21 000 t/yr	Waelz kiln, cooler, filter
1997	415	Slag, 20.000 t/yr	Drying, fuming, waste heat boiler, PSA, filter
Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]			

### 13.3.5 Azaltma teknikleri için maliyet verileri

#### 13.3.5.1 Bakır endüstrisinde hava emisyonlarının azaltılması

Bakır işlemlerinden çıkan gazların ve havalandırma gazlarının temizlenmesi için uygulanan teknikler, SO<sup>2</sup> ve SO<sup>3</sup> dahil olmak üzere toz ve gaz halindeki maddelerin giderilmesine odaklanır. Yaygın olarak uygulanan gaz temizleme sistemleri/ekipmanı örnekleri elektrostatik çöktürücüler (ESP'ler), torba filtreler, seramik filtreler, vb.

Aşağıdaki veriler atık ısı kazanı, sıcak ve ıslak ESP'ler, gaz soğutması ve temizliği için verilmiştir.

Tam sülfürik asit bitkileri için veriler daha sonra verilir.

Tablo 13.17: Dolaylı gaz soğutması - enerji geri kazanımı

Uygulama: izabe fırını atık ısı kazanı	
Tasarım temeli:	
Gaz sıcaklığı:	
Giriş	1300–1350 °C
Çıkış	300–400 °C
Gaz akışı	100.000 Nm <sup>3</sup> /h
Buhar üretimi	35 t/h
Toplam kurulum maliyeti	7,0–8,0 milyon EUR

Tablo 13.18: Kuru ESP

İzabe fırını SO <sub>2</sub> gazı temizleme		
Uygulama	Flaş Fırın ESP	Flaş Fırın ESP
Tasarım temeli:		
Çalışma sıcaklığı	300–400 °C	300–400 °C
Gaz akışı	43 000 Nm <sup>3</sup> /h	61 000 Nm <sup>3</sup> /h
Toz girişi	10–20 g/Nm <sup>3</sup>	10–15 g/Nm <sup>3</sup>
Toz çıkışı	150–200 mg/Nm <sup>3</sup>	200–300 mg/Nm <sup>3</sup>
Verim	99.9 %	99.8 %
ESP karakteristiği:	4 saha, 3000 m <sup>2</sup> toplama alanı, tek ünite	3 saha, 4800 m <sup>2</sup> toplama alanı, tek ünite
Toplam ekipman tedarik maliyeti	1.0 milyon EUR <sup>(1)</sup>	2.0 milyon EUR <sup>(1)</sup>
Elektrik tüketimi	250 kW kurulu	400 kW kurulu
<sup>(1)</sup> İnşaat çalışması, ereksiyon, vb. kurulum maliyetleri hariçtir, yaklaşık % 80-100 oranında ekleme yapılmalıdır. Kaynak: [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ]		

Tablo 13.19: Torba Filtre

Uygulama	Şaft fırını, dönüştürücü ve anot fırını	TBRC	Soğutucu ve torba filtre
Tasarım temeli:			
Çalışma sıcaklığı	~ 100 °C	~ 100 °C	~ 100 °C
Gaz akışı	750.000 Nm <sup>3</sup> /h	730.000 Nm <sup>3</sup> /h	70.000 Nm <sup>3</sup> /h
Toz çıkışı	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>
Total installation cost	20 milyon EUR <sup>(1)</sup>	14 milyon EUR <sup>(2)</sup>	2–2.5 milyon EUR <sup>(3)</sup>
Ana tüketimi:			
Elektrik	2.5–3 kWh/1000 Nm <sup>3</sup>	2–3 kWh/1000 Nm <sup>3</sup>	1.5–4 kWh/1000 Nm <sup>3</sup>
Diğerleri	1 g/Nm <sup>3</sup> kireç <sup>(4)</sup>		
(1) havalandırma kanalları ve baca dahil. (2) havalandırma kanalları ve baca hariç. (3) Gaz soğutucu ve baca dahil olmak üzere toplam kurulum maliyeti. (4) anot fırın gaz akışı için. Kaynak: [ 90, Traulsen, H. 1998 ]			

Tablo 13.20: Islak ESP

SO <sub>2</sub> gazı arıtımı	
Tip	Seri halde iki ıslak ESP
Uygulama	Daha fazla arıtma için son SO <sub>2</sub> gazı temizleme
Tasarım temeli:	
Çalışma sıcaklığı	27 °C girişte
Gaz akışı	88.00 Nm <sup>3</sup> /h
İçin yağış verimliliği	
Toz	99 %
Arsenik	99 %
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99 %

Toplam ekipman tedarik maliyeti	2.0 milyon EUR <sup>(1)</sup>
Elektrik tüketimi	112 kW
<sup>(1)</sup> İnşaat çalışması, ereksiyon, vb. hariç, kurulum maliyetleri için yaklaşık % 80-100 oranında ekleme yapılmalıdır. <i>Kaynak:</i> [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ]	

Tablo 13.21: Islak ESP

izabe SO2 gazı için ıslak gaz soğutma ve temizleme sistemi		
Sistem	Fırın SO2 gazı için ıslak gaz temizleme	Fırın ve konvertörün kombine gazlarında SO2 için ıslak gaz soğutma ve temizleme bölümü
Sistem ekipmanı	1 radyal akışlı gaz yıkayıcı, 1 fan, 2000 m2 toplam toplama alanına sahip 2 sıralı ıslak ESP'ler, asit soğutucu ve asit sirkülasyon pompaları, 1 soğutma kulesi, 900 m3/h soğutma sıvısı sirkülasyonu	2 radyal akışlı gaz yıkayıcı, 7000 m2 toplam toplama alanına sahip 3 sıralı ıslak ESP'ler, asit soğutucu ve asit sirkülasyon pompaları, 2 soğutma kulesi, 2200 m3/h soğutma sıvısı sirkülasyonu
Tasarım temeli: Çalışma sıcaklığı Gaz akışı İçin çökeltme verimliliği: Toz Arsenik Buğu	390 °C girişte, 35 °C çıkışta 96 000 Nm <sup>3</sup> /h  96–97 % 99.0 % > 99.5 %	370 °C girişte, 27 °C çıkışta 250.000 Nm <sup>3</sup> /h  96–97 % 99.0 % > 99.5 %
Equipment supply Maliyetler	7.5–8 milyon EUR <sup>(1)</sup>	16–17 milyon EUR <sup>(2)</sup>
Electricity consumption	828 kW	1250 kW
<sup>(1)</sup> İnşaat çalışması, ereksiyon, vb. hariç, kurulum maliyetleri için yaklaşık % 60-80 oranında ekleme yapılmalıdır. <sup>(2)</sup> İnşaat çalışması, ereksiyon, vb. hariç, kurulum maliyetleri için yaklaşık % 70-100 oranında ekleme yapılmalıdır. <i>Kaynak:</i> [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ]		

İkincil bakır işlemlerinde kullanılan azaltma sistemleri için aşağıdaki maliyet verileri verilmiştir; bu veriler Avusturya tarafından sağlanmıştır. Maliyetler Avusturya şilini (ATS) ve Euro (EUR) cinsinden verilmiştir; sahaya özel yatırım, işletme ve bertaraf maliyetleri verilmiştir [157, Winter, B. ve ark. 1999]

Tablo 13.22: Artyakıcı, reaktör ve torba filtresi

Şarf fırından gelen atık gazları arıtan reaktör ve kumaş filtreli rejeneratif artyakıcı montajı		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 20.000 Nm <sup>3</sup> /h	Üretilen metalin miktarı: 18 000 t/yr siyah bakır. Operasyon süresi 6300	
Çıktı verisi: < 0.1 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> PCDD/F		
Açıklama: Regenerative afterburner installed after a fabric filter treating 20.000 Nm <sup>3</sup> /h of dedusted gas with a reduction of 98 % for PCDD/F		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	12 +/-20 %	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.24	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		68.64 (4.99)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si = ATS 0.24 milyon/yr)	2	13.33 (0.97)
Oransal giderler:		
Ek yakıt (MJ/t)	1342	80.52
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t) - ATS 0.9/kWh	13.5	12.15
Toplam maliyetler		~ 175 (12.72)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Tablo 13.23: Artyakıcı

bir şaft fırını ve atık ısı kazanı arasına yerleştirilmiş Artyakıcı		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 20.000 Nm <sup>3</sup> /h	Üretilen metalin miktarı: 18 000 t/yr siyah bakır. Operasyon süresi 6300 h/yr	
Açıklama: 98 % removal of PCDD/F		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS) Yılların sayısı	8 +/-20 %	
Faiz Oranı (%)	15	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	6	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri	0.82	45.76 (3.33)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	2	8.89 (0.65)
Oransal giderler:		
Ek yakıt (MJ/t)	1304	78.24
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t)	16.0	5.4

Toplam maliyetler		~ 138 (10.03)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Tablo 13.24: Islak desülfürizasyon

<b>Kükürtdioksitin hurda dönüştürücüsünün gazlarından arındırılması için ıslak kükürt giderme işlemi</b>		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 35 000 Nm <sup>3</sup> /h. Average input SO <sub>2</sub> ~ 2300 mg/Nm <sup>3</sup> , pik 4000 mg/Nm <sup>3</sup>	Üretilen metalin miktarı: 12 000 t/yr raw copper. Operasyon süresi 1200 h/yr	
Çıktı verisi: Yıllık ortalama SO <sub>2</sub> < 50 mg/Nm <sup>3</sup> , pik < 200 mg/Nm <sup>3</sup>		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	25	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	2.54	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		214.51 (15.59)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	2	41.67 (3.03)
Oransal giderler:		
Cost of CaO (kg/t Cu) - ATS 1/kg	6.74	6.74
Disposal cost of gypsum (kg/t Cu) - ATS 0.2/kg	22.99	4.6
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t) - ATS 0.9/kWh	16.39	14.75
Toplam maliyetler		~ 282 (20.49)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Tablo 13.25: Yarı kuru gaz yıkayıcı

<b>Bir anot fırından kükürt dioksiti azaltmak için yarı-kuru desülfürizasyon işlemi</b>		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 80.000 Nm <sup>3</sup> /h. Basınç düşüşü 20 mbar. SO <sub>2</sub> ~ 500 mg/Nm <sup>3</sup>	Üretilen metalin miktarı: 60.000 t/yr anode copper. Operasyon süresi 7000 h/yr	
Çıktı verisi: SO <sub>2</sub> ~ 50 mg/Nm <sup>3</sup> , 95 % reduction of PCDD/F		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)

Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	30 +/- 20 %	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	3.09	51.48 (3.74)
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	3	15 (1.09)
Oransal giderler:		
CaO (kg/t Cu)	7.35	7.35
Carbon (kg/t Cu)	1.87	6.53
Combustion air	23.33	3.97
Disposal (kg/t Cu)	13.42	26.83
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t)	14.08	12.67
Toplam maliyetler		~ 124 (9.01)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Tablo 13.26: Aktif karbon filtresi

Siyah bakır üretimi için aktif karbon filtre		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi 20.000 Nm <sup>3</sup> /h. Basınç düşüşü 25 mbar	Üretilen metalin miktarı: 18 000 t/yr siyah bakır. Operasyon süresi 6300	
Çıktı verisi: PCDD/F < 0.1 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	12	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.24	68.64 (4.99)
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	2	13.33 (0.97)
Oransal giderler:		
Aktif karbon tüketimi ve bertarafı (kg/t Cu) - ATS 6.5 /kg	1.4	9.1
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t) - ATS 0.9/kWh	17.51	15.76

Toplam maliyetler		~ 107 (7.78)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Tablo 13.27: SCR

Azot oksitlerini azaltmak için seçici katalitik indirgeme		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 20.000 Nm <sup>3</sup> /h	Üretilen metalin miktarı: 18 000 t/yr siyah bakır. Operasyon süresi 6300	
Çıktı verisi: NO <sub>x</sub> < 100 mg/Nm <sup>3</sup> , 98 % reduction of PCDD/F		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	10	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.03	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		57.2 (4.16)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	2	11.11 (0.81)
Oransal giderler:		
Amonyak maliyeti (kg/t Cu) - ATS 1.8/kg	2.07	3.73
Replacement catalyst (m <sup>3</sup> /yr) - ATS 200.000 /m <sup>3</sup>	0.5	5.56
Yeniden ısıtma için enerji (MJ/t) - ATS 60/GJ	284	17.01
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/t) - ATS 0.9/kWh	19.03	17.13
Toplam maliyetler		~ 112 (8.14)
<i>Kaynak: Avusturya'daki maliyet verileri [ 157, Winter, B. et al. 1999 ]</i>		

Aşağıdaki veriler, 2007 yılında NFM BREF'in gözden geçirilmesi sırasında Almanya tarafından sağlanmıştır.

Emisyon kontrol önlemlerinin ve ekipmanının sermaye maliyeti, tesis tipine göre değişir. Mevcut tesislerde, yenileme maliyetleri çok yüksek olabilir, yeni tesislerdeki entegre kirlilik kontrol önlemleri daha uygun maliyetli olabilir. Bir kumaş filtre sisteminin sermaye maliyetini yöneten faktörler şunları içerir:

- • Temizlenen gaz hacmi;
- • Atık gaz özellikleri (toz ve nem içeriği, sıcaklık, agresif bileşenlerin varlığı);
- • Katkı dozajı veya baca gazı devridaimine (ek borular, silolar, taşıma sistemleri) olan ihtiyaç;
- • İnşaat için uygun zemin alanı; yapım şekli (düzenleme seçenekleri, sığ veya kazıklı temel, toplam yükseklik, filtre alanı, bölme sayısı, kanal yönlendirme, vb.);
- • Gerekli baca yüksekliği veya baca astarı ihtiyacı (gaz bileşimine bağlı olarak);
- • Gerekli ölçüm ekipmanı (platform, sürekli izleme ekipmanı, erişim);
- • Genişletilmiş tedarik kapsamı (gaz soğutucu, kompresör vb.).

## Bölüm 13

Düşük toz yükü olan (örneğin, ince toz yükleri  $<50 \text{ mg/Nm}^3$  olan ikincil davlumbazdan gelen atık gazlar) gazlara normal olarak toz toplama verimliliğini arttırmak için bir katkı maddesinin (örneğin kireç) eklenmesini gerektirir. Bu sadece ham gaz toz yükünü değil, aynı zamanda bertaraf edilmesi gereken toplanan tozun hacmini de artırır. Nemli ve/veya agresif atık gazlar için, filtrenin ısıtılması veya bir korozyon koruyucu kaplama ile donatılması gerekebilir.

VDI kılavuzlarının (2007) yayınlandığı tarihte, yaklaşık  $100.000 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'lık bir atık gaz akış hızı için tasarlanan bir kumaş filtresinin sermaye maliyeti, yaklaşık 650.000 EUR (düşük toz yükü olan ikincil davlumbazdan çıkış gazı) seviyesinde idi veya yaklaşık 950.000 EUR (yüksek toz yüküne sahip çıkış gazı). Çelik ve beton yapılar, kanal, baca ve diğer ekipmanı içeren bir filtre sisteminin toplam maliyeti (yukarıya bakınız), filtrenin sermaye maliyetinin üç veya dört katı olabilir [219, VDI 2007].

Elektrik tüketimi işletme maliyetlerine en büyük katkıda bulunan kalemdir. Filtre alanına, filtre direncine, toz bileşimine ve konsantrasyonuna bağlı olarak, torba filtresinin özgül güç tüketimi,  $1000 \text{ m}^3$  gaz çıkışı için 2 kWh ila 3 kWh arasında değişir. Kullanılan spesifik katkıdan dolayı, filtre sisteminde toplanan toz metal geri kazanımı için daha fazla işlenemez ve düzenli depolama sahasında bertaraf edilmelidir; ek maliyet önemli olacaktır.

### 13.3.5.2 Hava emisyonları azaltımı - alüminyum endüstrisi

İkincil alüminyum işlemlerinde kullanılan azaltma sistemleri için aşağıdaki maliyet verileri verilmiştir; bu veriler Avusturya tarafından sağlanmıştır. Maliyetler Avusturya şilini (ATS) ve Euro (EUR) cinsinden verilmiştir; sahaya özel yatırım, işletme ve bertaraf maliyetleri verilmiştir [ 142, Boin, U. et al. 1998 ].

**Tablo 13.28: Kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre**

Torba filtreli kireç enjeksiyonu		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of $40.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , şunları içeren $\sim 600 \text{ mg toz/Nm}^3$ , $500 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ , $300 \text{ mg HCl/Nm}^3$ and $50 \text{ mg HF/Nm}^3$	Üretilen metal miktarı: $40.000 \text{ t/yr Al}$ . Operasyon süresi $5500 \text{ h/yr}$	
Çıktı verisi: $< 5 \text{ mg toz/Nm}^3$ , $< 300 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ , $< 30 \text{ mg HCl/Nm}^3$ and $< 5 \text{ mg HF/Nm}^3$		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	15	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.54	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		38.61 (2.81)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	3	11.25 (0.82)
Oransal giderler:		
CaO Tüketimi (kg/t Al)	22	22
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/h)	102	14.03
Teknoloji maliyetleri		86 (6.25)
Filtre tozunun bertarafı (kg/t Al)	35–60	70–240 (5.09–17.44)



Toplam maliyetler		~ 156–326 (11.34–23.69)
NB: Toplam maliyetler, filtre tozunun bertaraf maliyetinin değişkenliğinden etkilenir. Bu faktör AB genelinde çok değişmektedir. Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ]		

Tablo 13.29: Yarı kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre

Bir torba filtre ve emici devridaim ile yarı kuru kireç enjeksiyonu		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 40.000 Nm <sup>3</sup> /h , şunları içeren ~ 600 mg toz/Nm <sup>3</sup> , 1000 mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , 300 mg HCl/Nm <sup>3</sup> and 50 mg HF/Nm <sup>3</sup>		Üretilen metal miktarı: 40.000 t/yr Al. Operasyon süresi 5500 h/yr
Çıktı verisi: < 5 mg toz/Nm <sup>3</sup> , < 200 mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , < 10 mg HCl/Nm <sup>3</sup> , < 1 mg HF/Nm <sup>3</sup> and < 0.1 ng PCDD/F/Nm <sup>3</sup>		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	20	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	2.06	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		51.48 (3.74)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	3	15 (1.09)
Oransal giderler:		
CaO Tüketimi (kg/t Al)	22	22
Aktif karbon tüketimi (kg/t Al)	1	3.5
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/h)	110	15.13
Teknoloji maliyetleri		107.11 (7.78)
Filtre tozunun bertarafı (kg/t Al)	35–60	70–240 (5.09–17.44)
Toplam maliyetler		~ 180–350 (13.08–25.44)
NB: Toplam maliyetler, filtre tozunun bertaraf maliyetinin değişkenliğinden etkilenir. Bu faktör AB genelinde çok değişmektedir. Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ]		

Tablo 13.30: Yarı kuru gaz yıkayıcı ve torba filtre

Kükürt-dioksit içermeyen gaz için torba filtre ve absorbant devridaimi ile yarı kuru sodyum bikarbonat enjeksiyonu		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 40.000 Nm <sup>3</sup> /h , şunları içeren ~ 600 mg/Nm <sup>3</sup> dust		Üretilen metalin miktarı: 40.000 t/yr Al. Operasyon süresi 5500 h/yr
Çıktı verisi: < 5 mg toz/Nm <sup>3</sup> , < 0.1 ng PCDD/F/Nm <sup>3</sup>		

Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	14	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.44	36.04 (2.62)
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	3	10.5 (0.76)
Oransal giderler:		
Consumption of NaHCO <sub>3</sub> (kg/t Al) – 3 ATS/kg	12	36
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/h) – 1 ATS/kWh	110	15.13
Teknoloji maliyetleri		97.67 (7.1)
Filtre tozunun bertarafı (kg/t Al)	15–30	15–30 (1.09–2.18)
Toplam maliyetler		~ 110–130 (7.99–9.45)
NB: Toplam maliyetler, filtre tozunun bertaraf maliyetinin değişkenliğinden etkilenir. Bu faktör AB genelinde çok değişmektedir. Bu özel örnekte, filtre tozu sodyum bikarbonat ve sodyum klorür bazlıdır ve bir tuz geri kazanım işleminde işlem için uygundur. Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ]		

Tablo 13.31: Islak gaz yıkayıcı ve ESP

Elektrostatik çökteltici ile ıslak gaz yıkayıcı		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 40.000 Nm <sup>3</sup> /h , şunları içeren ~ 600 mg toz/Nm <sup>3</sup> , 1000 mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , 300 mg HCl/Nm <sup>3</sup> and 50 mg HF/Nm <sup>3</sup>	Üretilen metal hacmi: 40.000 t/yr Al. Operasyon süresi 5500 h/yr	
Çıktı verisi: ~ 5–15 mg toz/Nm <sup>3</sup> , < 50 mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , < 5 mg HCl/Nm <sup>3</sup> and < 1 mg HF/Nm <sup>3</sup>		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	17	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	1.75	43.76 (3.18)
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	2	8.5 (0.62)

Oransal giderler:		
Su tüketimi (m <sup>3</sup> /t Al) ve atık su bertarafı	0.3	1.5–9
CaO Tüketimi (kg/t Al)	11	11
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/h)	90	12.38
Teknoloji maliyetleri		77.14–84.64 (5.61–6.15)
Filtre tozunun bertarafı (kg/t Al)	10–35	20–140 (1.45–10.17)
Disposal of neutralisation sludge (kg/t Al)	15	22.5–45 (1.64–3.28)
Toplam maliyetler		~ 120–270 (8.72–19.62)
NB: Toplam maliyetler, filtre tozunun bertaraf maliyetinin değişkenliğinden etkilenir. Bu faktör AB genelinde çok değişmektedir. Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ]		

Tablo 13.32: Yarı kuru gaz yıkayıcı, aktif karbon enjeksiyonu ve torba filtre

Yarı kuru kireç ve aktif karbon enjeksiyonunun torba filtre ile kombinasyonu		
Girdi verisi: Egzoz gazı hacmi of 40.000 Nm <sup>3</sup> /h , şunları içeren 600 mg toz/Nm <sup>3</sup> , 1000 SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , 300 mg HCl/Nm <sup>3</sup> and 50 mg HF/Nm <sup>3</sup>		Üretilen metalin miktarı: 40.000 t/yr Al. Operasyon süresi 5500 h/yr
Çıktı verisi: < 5 mg toz/Nm <sup>3</sup> , < 50 mg SO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> , < 5 mg HCl/Nm <sup>3</sup> , < 1 mg HF/Nm <sup>3</sup> ve PCDD/F giderimi <0.1 ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>		
Açıklama		Maliyetler ATS/t metal (EUR/t metal)
Yıllık harcama için girdi faktörleri:		
Yatırım maliyetleri (milyon ATS)	22	
Yılların sayısı	15	
Faiz Oranı (%)	6	
Faiz dahil yıllık geri ödeme (milyon ATS/yıl)	2.27	
Faiz dahil oransal yatırım maliyetleri		56.63 (4.16)
Bakım + ekipman yıpranması (Yatırım maliyetlerinin %'si)	3	16.5 (1.2)
Oransal giderler:		
CaO Tüketimi (kg/t Al)	11	11
Aktif karbon tüketimi (kg/t Al)	1	3.5
Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/h)	160	22
Teknoloji maliyetleri		109.63 (7.97)
Filtre tozunun bertarafı (kg/t Al)	25–50	50–200 (3.63–14.53)
Toplam maliyetler		~ 160–310 (11.63–22.53)
NB: Toplam maliyetler, filtre tozunun bertaraf maliyetinin değişkenliğinden etkilenir. Bu faktör AB genelinde çok değişmektedir. Kaynak: [ 142, Boin, U. et al. 1998 ]		

**13.3.5.2.1 DeSO<sub>x</sub> ile ilgili maliyetler**

Maliyet verileri çeşitli proses varyasyonları ve azaltma sistemleri için derlenmiştir. Bu bölümün başlarında verilen örneklerde mevcut olan bazı maliyetler dahildir. Maliyet verisi sahaya özgüdür ve bir dizi faktöre bağlıdır, ancak verilen aralıklar bazı karşılaştırmalar yapılmasını sağlayabilir.

Hollanda, iki izabe fırınının deSO<sub>x</sub> azaltma tekniklerinin maliyet etkinliği arasında bir karşılaştırma yapmıştır. Kullanılan maliyet etkinliği yöntemi, Tablo 13.33'te gösterildiği gibi, Hollanda Hava Emisyon Yönergeleri (NeR) ve BREF çapraz ortam etkileri ve ekonomisinde Bölüm 4.13'te açıklanan yöntemdir [241, Infomil 2008].

**Tablo 13.33: NeR metodolojisine göre maliyet etkinliği**

<b>Maliyetler, etkiler ve maliyet etkinliği</b>	<b>Tesis A</b>	<b>Tesis B</b>
<b>Maliyetler:</b>		
Toplam yatırımlar (milyon EUR)	32.4	23.5
Sermaye maliyeti (bin EUR)	4975	3839
Sabit işletme maliyetleri (bin EUR)	1002	680
Değişken işletme maliyetleri (bin EUR)	7571	1624
Toplam brüt (veya net) yıllık maliyetler (bin EUR)	13548 (A)	6143
<b>Etkileri:</b>		
Yıllık azaltılmamış yük (bin ton)	2.67	2.0
Yıllık kalan emisyon (bin ton)	0.45	0.3
Önlenecek SO <sub>2</sub> (bin ton)	2.2 (B)	1.7
<b>Maliyet etkinliği (kg başına EUR):</b>		
- Gaz yeniden ısıtma ile (A/(B1000)) (mavi buğu oluşumunu önlemek için)	6.2	
- Gaz tekrar ısıtılmadan	3.7	3.6
<i>Kaynak: [ 303. ENVIRONNEMENT CANADA 2008 ]</i>		

Diğer maliyet verileri aşağıda verilmiştir, böylece demir dışı metal endüstrisinin tamamında işlem maliyetleri ve azaltma sistemleri karşılaştırılabilir:

- Deniz suyu kullanan ıslak gaz yıkayıcı: 1600–2800/t SO<sub>2</sub> (yıllık bazda) [421, EAA, 2014];
- NaOH veya soda külü gaz yıkayıcı: 1367–3000/t SO<sub>2</sub> (yıllık bazda); Norveç'te bir referans tesis, ABD'de dört tane;
- çift alkali gaz yıkayıcı: 1183–1270/t SO<sub>2</sub> (yıllık bazda);
- kalsiyum (karbonat): 3300–3700/t SO<sub>2</sub> (yıllık bazda) [421, EAA, 2014];
- kalsiyum (kireç): 1954/t SO<sub>2</sub> (yıllık bazda).

## 13.3.5.3 Sülfürik asit tesisleri

Tablo 13.34: Bakır izabe fırını sülfürik asit tesisleri

Bakır izabe için uygulanan gaz soğutma ve temizleme bölümü, çift temaslı/çift absorpsiyonlu sülfürik asit tesisi.		
Gaz soğutma ve temizleme sistemi	Fırın ve dönüştürücünün kombine SO <sub>2</sub> gazı için ıslak gaz soğutma ve temizleme bölümü	Fırın ve dönüştürücünün kombine SO <sub>2</sub> gazı için ıslak gaz soğutma ve temizleme bölümü
Sağlanan ekipman	2 radyal akışlı gaz yıkayıcı, 3 hatta seri halde 2 ıslak ESP'li, asit soğutucu ve asit sirkülasyon pompaları, 2 soğutma kulesi, 2200 m <sup>3</sup> /h soğutma sıvısı sirkülasyonu	1 ters jet gaz yıkayıcı, 1 soğutma kulesi, 3 hatlı birinci kademe ıslak ESP'ler, 2 hatlı ikinci kademe ıslak ESP'ler, asit soğutucu, SO <sub>2</sub> sıyrıcı, asit sirkülasyon pompaları, 2 soğutma kulesi, 6–24 m <sup>3</sup> /h zayıf asit deşarjı
Asit tesisi	Çift katalizli sülfürik asit tesisi	Çift katalizli sülfürik asit tesisi
Sağlanan ekipman	İkinci geçişten sonra ara-geçiş absorpsiyonlu tek aşamalı, 4-geçişli dönüştürücü	3. geçişten sonra ara-geçiş absorpsiyonlu tek aşamalı, 5-geçişli dönüştürücü
Tasarım temelli gaz temizliği: Çalışma sıcaklığı Gaz akışı	370 °C giriş, 27 °C çıkış 91 000–123 000 Nm <sup>3</sup> /h	370 °C giriş, 27 °C çıkış 45 000–115 000 Nm <sup>3</sup> /h
Toz çöktürme etkinliği	96.7 %	96.7 %
Tasarım temelli tesis: Gaz akışı SO <sub>2</sub> Dönüşüm SO <sub>2</sub> /SO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> üretimi	91 000–123 000 Nm <sup>3</sup> /h 10–15.1 % (avg. 13 %) > 99.5 % 1700 t/d	45 000–115 000 Nm <sup>3</sup> /h 6–11.3 % > 99.5 % 1350 t/d
Kurulum maliyetleri	44–45 milyon EUR	51–52 milyon EUR
Ana tüketimi:	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )
Elektrik	75–80 kWh/t acid	55–60 kWh/t acid
Akaryakıt		2–3 kg/t acid
Doğal gaz	3–4 Nm <sup>3</sup> /t acid	
katalizatör	0.02–0.04 l/t acid	0.02–0.04 l/t acid
İşçilik	0.1 h/t acid ( <sup>1</sup> )	0.1 h/t acid ( <sup>1</sup> )
( <sup>1</sup> ) t acid = tonnes of nominal design of sulphuric acid production plant. Kaynak: [ 90, Traulsen, H. 1998 ]		

Tablo 13.35: Sülfürik asit tesisleri

Sulphuric acid plants. Applied to lead/zinc smelters			
Yıl	Components	Cost (EUR per t/yr of acid)	Acid production
1995	Çift temas/çift absorpsiyon tesisi	40	800.000 ton/yıl asit
1996	Çift temas/çift absorpsiyon tesisi + Hg giderme	155 120	100.000 t/yıl asit 200.000 ton asit
1997	Çift temas/çift absorpsiyon tesisi + Hg giderme	130 100	100.000 t/yıl asit 200.000 ton asit
2009	Üfleyici kapasitesi artışı ile birlikte 5. yatağın eklenmesi	Toplam tutar 8 milyon EUR	Lurgi (Outotec) tarafından sağlanan Güncelleme maliyetleri
2009	Sezyum tarafından teşvik edilen katalizörün katılması için 4. yatakta katalizör değişimi	Toplam tutar 700.000 EUR	Lurgi (Outotec) tarafından sağlanan Güncelleme maliyetleri
2009	100.000 t/yıl asit tesisi için H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> yıkayıcı	Toplam tutar 25 milyon EUR	Lurgi (Outotec) tarafından sağlanan Güncelleme maliyetleri

Kaynak: [ 117, Krüger, J. 1999 ]

### 13.3.5.4 Atıksu arıtma sistemleri

Tablo 13.36: Zayıf asit nötralizasyonu

Neutralisation of zayıf asit from a sulphuric acid plant and other acidic process water	
Sistem Ekipmanı	Yoğunlaştırıcılar, tanklar, pompalar, filtre presi
Uygulama	Bir SO <sub>2</sub> gaz akışından kaynaklanan Zayıf asit 200.000 Nm <sup>3</sup> /h
Tasarım temeli:	
Akış	32 m <sup>3</sup> /h zayıf asit
Yatırım maliyeti	2.5 milyon EUR <sup>(1)</sup>
Ana tüketimi:	
Elektrik	200 kW
Kireç sütü (10 %)	15 m <sup>3</sup> /h
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10 %)	0.8 m <sup>3</sup> /h
FeSO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O	80 kg/h
<sup>(1)</sup> İnşaat çalışması, ereksiyon, vb. hariç, kurulum maliyetleri için yaklaşık % 90-110 oranında eklenme yapılmıştır.	
Kaynak: [ 195, Lurgi, A.G. et al. 1991 ]	

Kireç ile 140.000 ton/yıl metal üreten bir çinko/kurşun fabrikası için 350-400 m<sup>3</sup>/h'lik atıksu arıtma tesisinin maliyeti ve FeCl<sub>3</sub> ile arıtım, çöktürme tankları ve çamur filtre presi 3 milyon Euro'dur (2005 yılında). Zayıf asit için yerel arıtma, ek bir ücret karşılığında gerçekleştirilir.

## 14 SÖZLÜKÇE

Bu sözlükçe, bu dokümanda yer alan bilgilerin anlaşılmasını kolaylaştırmak içindir. Burada verilen terim tanımları (bazıları Avrupa Birliği mevzuatında verilen tanımlarla örtüşüyor olsa bile), yasal tanımlar değildir ve sadece bu dokümanın kapsadığı sektörlerde kullanılan bazı temel terimlerin okuyucu tarafından daha iyi kavranmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Bu sözlükçe, şu bölümlere ayrılmıştır:

- I. ISO ülke kodları
- II. Para birimleri
- III. SI önekleri, sayı ayrıçaları ve notasyonlar
- IV. Ölçü birimleri
- V. Kimyasal elementler
- VI. Bu belgede sık kullanılan kimyasal formüller
- VII. Kısaltmalar ve tanımlar

### I. ISO Ülke Kodları

ISO Kodu	Ülke
<i>Üye Devletler (*)</i>	
AT	Avusturya
BE	Belçika
BG	Bulgaristan
CZ	Çek Cumhuriyeti
DE	Almanya
ES	İspanya
FI	Finlandiya
FR	Fransa
IT	İtalya
NL	Hollanda
PL	Polonya
PT	Portekiz
SE	İsveç
UK	Birleşik Krallık
<i>Üye Olmayan Devletler</i>	
CH	İsviçre
NO	Norveç
US	Birleşik Devletler
(*) : Üye devletlerin protokol sırası, kendi dillerindeki coğrafi adlarının alfabetik sırasına göre.	

## II. Para Birimleri

Kod <sup>(1)</sup>	Ülke / Bölge	Para Birimi
<b>Üye Devlet Para Birimleri</b>		
EUR	Euro Bölgesi <sup>(2)</sup>	Euro
ATS	Avusturya	Avusturya şilini
DEM	Almanya	Alman markı
GBP	Birleşik Krallık	İngiliz sterlini
PLN	Polonya	Zloti
SEK	İsveç	Kron
<b>Diğer Para Birimleri</b>		
USD	Birleşik Devletler	ABD doları
<sup>(1)</sup> : ISO 4217 kodları. <sup>(2)</sup> : Avusturya, Belçika, Kıbrıs, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Portekiz, Slovakya, Slovenya ve İspanya'yı kapsamaktadır.		

## III. SI önekleri, sayı ayrıçaları ve notasyonlar

Bu dokümandaki sayılar yazılırken ‘.’ (nokta) karakteri ondalık ayrıç ve boşluk binlik basamak ayrıç olarak kullanılmıştır.

‘~’ işareti (benzer; yaklaşık), yaklaşıklık belirtmek için kullanılmıştır.

‘Δ’ sembolü (delta), farkı belirtmek için kullanılmıştır.

Aşağıdaki tabloda sık kullanılan önekleri listelenmiştir:

Sembol	Önek	10 <sup>n</sup>	Basamak Adı	Ondalık Sayı
T	tera	10 <sup>12</sup>	Trilyonlar	1 000 000 000 000
G	giga	10 <sup>9</sup>	Milyarlar	1 000 000 000
M	mega	10 <sup>6</sup>	Milyonlar	1 000 000
k	kilo	10 <sup>3</sup>	Binler	1 000
h	hekto	10 <sup>2</sup>	Yüzler	100
da	deka	10 <sup>1</sup>	Onlar	10
-----	-----	1	Birler	1
d	desi	10 <sup>-1</sup>	Onda birler	0.1
c	centi	10 <sup>-2</sup>	Yüzde birler	0.01
m	milli	10 <sup>-3</sup>	Binde birler	0.001
μ	mikro	10 <sup>-6</sup>	Milyonda birler	0.000 001
n	nano	10 <sup>-9</sup>	Milyarda birler	0.000 000 001



## IV. Birimler ve ölçüler

Birim sembolü	Birim adı	Ölçü adı (ölçü sembolü)	Birim Çevrimi ve Yorum
bar	bar	basınç (P)	1.013 bar = 100 kPa = 1 atm
°C	santigrat derece	sıcaklık (T), sıcaklık farkı ( $\Delta T$ )	
d	gün	zaman	
g	gram	ağırlık	
h	saat	zaman	
J	jul	enerji	
K	kelvin	sıcaklık (T), sıcaklık farkı ( $\Delta T$ )	0 °C = 273.15 K
kg	kilogram	ağırlık	
kJ	kilojoule	enerji	
kPa	kilopaskal	basınç	
kWh	kilovat saat	enerji	1 kWh = 3 600 kJ
l	litre	hacim	
lb	pound	ağırlık	
m	metre	uzunluk	
m <sup>2</sup>	metrekare	alan	
m <sup>3</sup>	metreküp	hacim	
mg	miligram	ağırlık	1 mg = 10 <sup>-3</sup> g
mm	milimetre	uzunluk	1 mm = 10 <sup>-3</sup> m
min	dakika	zaman	
MWe	megawatt elektrik (enerji)	elektrik enerjisi	
MWth	megawatt termal (enerji)	ısı enerjisi	
Nm <sup>3</sup>	normal metreküp	hacim	101.325 kPa basınç ve 273.15 K sıcaklıkta
Pa	paskal	basınç	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
ppb	milyarda parça	karışımların bileşimi	1 ppb = 10 <sup>-9</sup>
ppm	milyonda parça	karışımların bileşimi	1 ppm = 10 <sup>-6</sup>
ppmv	hacimsel milyonda parça	karışımların bileşimi	
rpm	dakika başına devir	dönme hızı, frekans	
t	metrik ton	ağırlık	1 t = 1 000 kg or 10 <sup>6</sup> g
t/d	günde ton	kütle akışı, malzeme tüketimi	
t/yr	yılda ton	kütle akışı, malzeme tüketimi	
vol-%	hacimce yüzde	karışımların bileşimi	
wt-%	ağırlıkça yüzde	karışımların bileşimi	
W	vat	güç	1 W = 1 J/s
yr	yıl	zaman	
µm	mikrometre	uzunluk	1 µm = 10 <sup>-6</sup> m

## V. Kimyasal elementler

Sembol	İsim	Sembol	İsim
Ag	Gümüş	Mg	Magnezyum
Al	Alüminyum	Mn	Manganez
As	Arsenik	Mo	Molibden
Au	Altın	N	Azot
B	Bor	Na	Sodyum
Ba	Baryum	Nb	Niobyum
Be	Berilyum	Ni	Nikel
Bi	Bizmut	O	Oksijen
C	Karbon	Os	Osmiyum
Ca	Kalsiyum	P	Fosfor
Cd	Kadmiyum	Pb	Öncülük Etmek
Cl	Klor	Pd	Palladyum
Co	Kobalt	Pt	Platin
Cr	Krom	Re	Renyum
Cs	Sezyum	Rh	Rodyum
Cu	Bakır	Ru	Rutenyum
F	Florin	S	Sülfür
Fe	Demir	Sb	Antimon
Ga	Galyum	Se	Selenyum
Ge	Germanyum	Si	Silikon
H	Hidrojen	Sn	Teneke
He	Helyum	Ta	Tantal
Hg	Merkür	Te	Tellür
I	İyot	Ti	Titanyum
In	İndiyum	Tl	Talyum
Ir	İridyum	V	Vanadyum
K	Potasyum	W	Tungsten
Li	Lityum	Zn	Çinko

## VI. Bu belgede sık kullanılan kimyasal formüller

Kimyasal formül	İsim (açıklama)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum oksit
CaO	Kalsiyum oksit, kireç
D2EHPA	Di (2-etilheksil) fosforik asit
FeO	Demir oksit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
H <sub>2</sub> S	Hidrojen sülfid
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
HCl	Hidroklorik asit
HF	Hidrojen florid
HNO <sub>3</sub>	Nitrik asit
K <sub>2</sub> O	Potasyum oksit
MgO	Magnezyum oksit, Magnesia
MnO	Manganez oksit
NaOH	Sodyum hidroksit. Ayrıca "kostik soda" denir.
NO <sub>2</sub>	Nitrojen dioksit
NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub> olarak ifade edilen azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO <sub>2</sub> ) toplamı
PbO	Kurşun oksit
SiO <sub>2</sub>	Silika, silikon oksit
SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
SO <sub>3</sub>	Kükürt trioksit
SO <sub>x</sub>	Sülfür oksitler - SO <sub>2</sub> ve SO <sub>3</sub>
ZnO	Çinko oksit

## VII. Kısaltmalar ve tanımlar

Türkçe Terim veya Kısaltma	İngilizce Terim veya Kısaltma	Açıklama
AB	EU	Avrupa Birliği.
AB ETS	EU ETS	Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Planı.
AB-15	EU-15	1 Mayıs 2004'ten önce Avrupa Birliği Üye Devletleri.
AB-25	EU-25	1 Mayıs 2004'den 31 Aralık 2006'ya kadar Avrupa Birliği Üye Devletleri.
AB-27	EU-27	1 Ocak 2007'den 30 Haziran 2013'e kadar Avrupa Birliği Üye Devletleri.
AB-28	EU-28	Avrupa Birliği Üye Devletleri 1 Temmuz 2013'ten itibaren.
Adsorpsiyon	Adsorption	Yüzeye tutunma. Bir gaz veya sıvının moleküllerinin ince bir film oluşturarak katı (veya sıvı) bir yüzeyde birikimi.
Aglomera	Agglomerate	İnce taneli agregaların birbirine yapışması ile doğal ya da yapay yöntemlerle oluşmuş gelişigüzel kümelenme durumu. Eşanlam: topak.
Agrega	Aggregate	1. Değişik türdeki kayacık ve mineral kırıntılarının doğal ya da yapay yollarla birbirine kaynaşarak oluşturduğu ve büyüklüğü çakıldan kuma değişen katı taneler. 2. Beton, harç, asfalt yapımında kullanılan, istenilen boyut ve nitelikteki çakıl, kum, cüruf, kırmatas veya bunların karışımı.
Akı	Flux	Küçük miktarlarda bile, doğal olarak mevcut olduğu malzemenin füzyon noktasını düşüren bir madde, örn. kil içinde veya eklendiği materyaldeki alkaliler, örn. boraks sirlara eklendi.
Akut Kirlilik	Acute pollution	Nadir gerçekleşen olaylardan, plansız olaylardan veya kazalardan kaynaklanan kirlilik. Ayrıca bkz.: 'kronik kirlilik'.
Akut toksisite	Acute toxicity	Bir kimyasalın tek bir dozuna veya bu kimyasala tek bir kez maruz kalınması sonucunda ortaya çıkan olumsuz bir etki; genellikle 96 saatten daha az olan kısa bir süre içinde gözlemlenen herhangi bir zehirli etki. Bu terim normalde kimyasalların deney hayvanları üzerindeki etkilerini tanımlamak için kullanılır. Eşanlam: iyeğen zehirlilik. Akut toksisite LD <sub>50</sub> değerini belirleyerek ölçülür.
Alaşım	Alloy	En az biri metal olan iki veya daha fazla elementin eriyik halde iken birbiri içerisinde çözünerek ya da sadece birbirine karışarak oluşan metallik özelliklere sahip katı malzeme.
Alkali	Alkali	Baz; proton alıcısı: su çözeltisindeki hidronyum iyonlarını (H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ) almaya yatkınlığı olan kimyasal bileşik.
Ana likör/sıvı	Mother liquor	Bir sentez veya kimyasal reaksiyondan doğrudan kaynaklanan atık su akıntısı, genellikle ürünler, başlangıç materyali veya yan ürünler başta olmak üzere, başlangıçtaki akıntı deşarjlarında yüksek oranda yoğunlaşır.
Analiz	Analysis	Bir örneğin doğasının karakterizasyonu. 'Analiz' ve 'değerlendirme' arasındaki fark: bir eylemin etkilerinin resmi, genellikle nicel olarak belirlenmesi (risk analizinde ve etki analizinde olduğu gibi).
Anot	Anode	Pozitif bir elektrot.
Anotlaştırma	Anodising	Anodik oksidasyon - Alüminyum, magnezyum veya çinko gibi bir metalin yüzeyinde genellikle oksitlerden oluşan koruyucu, dekoratif veya fonksiyonel özelliklere sahip bir film oluşturmak için kullanılan elektrolitik süreç.
Anyon	Anion	Negatif yüklü iyon: elektrokimyasal reaksiyonlarda anoda çekilen iyon. Eşanlam: eksin.
AOD konvertörü	AOD converter	Argonlu-oksijenli-karbonsuzlaştırma kullanan bir konvertör (dönüştürgeç).
Ardıl yanma	Post-combustion	Egzoz gazının hava enjeksiyonu ya da bir brülörün kullanılması yoluyla yakılması ve yakılması (örn. CO ve uçucu) organik bileşiklerin miktarını azaltmak için).
Art Yakıcı	Afterburner	Üretim işlemleri sırasında oluşan ve istenmeyen organik gazları karbon dioksit oksitleyip azaltmak için yeterli oksijen ile zaman, sıcaklık ve türbülans sağlayan, bir brülör sistemine sahip özel olarak tasarlanmış bir yanma odasından oluşan hava kirliliği kontrol donatımı. Art yakıcılar, gerekli ısı girdilerinin çoğunu sağlamak için ham gazın enerji içeriğini kullanacak şekilde tasarlanabilirler ve böylece daha enerji tasarruflu olabilirler.
Asit	Acid	Proton donörü: suda çözündüğünde hidronyum iyonu (H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ) verme yatkınlığı olan kimyasal bileşik.
Asit üretimi	Acid generation	Temas ettiği gözenek suyu üzerindeki etkisi hesaba katılmaksızın ortaya çıkan 'asitlik' veya malzemenin ya net asit üretmesi ya da nötürleştirilmesi.
Asitlendirme	Acidification	Bir maddeye asidik özellikler kazandırmak için asit ekleme.
Asitlik	Acidity	Bir maddenin bazı nötürleştirme kapasitesi. Eşanlam: Asidite.

Atık arıtma	Waste treatment	Bu belgenin kapsamında yer alan atık arıtma gerçekleştiren kurulumlardan herhangi biri.
Atık gaz	Waste gas	Uçucu organik bileşikler (VOC) veya diğer kirleticiler içeren bir bacadan veya emisyon azaltma sisteminden havaya verilen gaz deşarjı.
Atıksu	Waste water	Kimyasal işlemler, ürün üretimi, hammadde hazırlama, ekipman temizleme, depolama tesisleri, yükleme faaliyetlerinden kaynaklanan sulu çıktı. Üye ülkelerdeki farklı "atık su" tanımlamaları nedeniyle yağmur suyu ve dolaylı soğutma suyu dahil edilmemiştir. Bunun yerine yağmur suyu ve bunun arıtmaya olan ihtiyacı ayrı ayrı ele alınmaktadır. Soğutma suyu, Endüstriyel Soğutma Sistemlerinde ilgili yatay BREF'de ele alınmaktadır.
Atıl gaz	Inert gas	Toksik olmayan, insanın nefes almasını veya yanmasını desteklemeyen ve diğer maddelerle hiç karşılaşmayan ya da hiç olmayan bir gazdır. İner gazlar çoğunlukla azot ve helyum, argon, neon, ksenon, kripton gibi nadir gazlardır.
AÜOP	BBOC	Alttan Üfleli Oksijen Potası; <i>ing.</i> Bottom-blown oxygen cupel.
Avantajlar	Advantages	Bkz. Faydalar
Ayrırma	Separation	Cevheri konsantr ve atık haline ayırmak için işleme yöntemleri.
Baca gazı	Flue-gas	Yanma odası bırakan ve yanma odasından çıkan ve yayılacak bir yığına yönlendirilen hava karışımı.
Banyo	Bath	Belirli bir yüzey işlemi için hazırlanan kimyasal çözelti; örneğin, paklama banyosu. Bu aynı zamanda işlemin yapıldığı ilgili kaba veya iş istasyonuna atıfta bulunur.
BaP	BaP	Benzo(a)piren (PAH içeriğinin bir göstergesi olarak kullanılır).
Başlatma, kapatma işlemleri	Start-up, shutdown operations	Bir aktiviteyi, bir teçhizat ögesini veya bir tankı hizmete sokarken veya hizmet dışıyken veya rölanti durumunun dışında veya dışındayken çalıştırma. Düzenli olarak salınan aktivite aşamaları, başlangıç veya kapanma olarak kabul edilmez.
Bazlık	Alkalinity	Bir çözeltinin kuvvetli asitleri nötralize etme kapasitesinin bağlı ölçüsü. Eşanlam: alkalilik.
Belirli su tüketimi	Specific water consumption	Üretim sırasında tüketilen taze su miktarı (yüzey suyu, yeraltı suyu), dış kaynaklardan çıkarılır. Bu tatlı su talebi hava kuru net üretimiyle ilgilidir ve m <sup>3</sup> / t olarak ifade edilir. Sadece soğutma amacıyla kullanılan tatlı su, yani lifler ve katkı maddeleri ile temas etmeyen ve doğrudan alıcıya boşaltılan su dahil değildir. Ayrıca tesiste bulunan buhar ve enerji santrallerinde oluşan atık su dahil değildir.
Bertaraf	Disposal	AT Atık Çerçeve Direktifi tarafından tanımlanmıştır.
Bileşen	Component	Bir karışım içine gömülmüş madde, örn. atık su, atık gaz veya hava.
Bioreaching	Biyoözütme	Minerallerin bakteriler yardımı ile çözündüğü proses.
Birincil ölçü / teknik	Primary measure/technique	Bir şekilde çekirdek sürecin işleyiş şeklini değiştiren bir ölçüm / teknik, böylece ham emisyonları veya tüketimi azaltır (ayrıca bakınız: boru sonu tekniği).
Biyçeşitlilik	Biodiversity	Doğal olarak meydana geldikleri ekolojik komplekslerdeki farklı organizmaların sayısı ve çeşitliliği. Organizmalar, ekosistemlerden kalıtımın moleküler temeli olan biyokimyasal yapılara kadar birçok seviyede organize edilir. Dolayısıyla, bu terim, sağlıklı bir çevre için bulunması gereken farklı ekosistemleri, türleri ve genleri kapsamaktadır. Çok sayıda tür, çoklu avcı-av ilişkilerini temsil eden besin zincirini tanımlamalıdır.
Biyoyarlanım	Bioavailability	Bir maddenin, bir organizmanın sağlığını etkilemesini ve potansiyel olarak etkilemesini sağlayan özelliği. Sahaya özgü koşullara bağlıdır.
BOİ, Biyolojik Oksijen İhtiyacı	BOD	Organik maddeleri ayrıştırmak için mikroorganizmaların ihtiyacı olan çözünmüş oksijen miktarı. Ölçüm birimi mg O <sub>2</sub> /litre'dir. Avrupa'da, BOİ genellikle üç (BOİ3), beş (BOİ5) veya yedi (BOİ7) gün sonra ölçülür.
Boru sonu tekniği	End-of-pipe technique	Son emisyonları veya tüketimi bir miktar ek işleme azaltan, ancak temel işlemin temel işleyişini değiştirmeyen bir teknik.
BREF	BREF	MET referans dokümanı; <i>ing.</i> best available techniques reference document.
BSS	BSS	Artırılmış emme sistemi.
Buharlaştırma	Evaporation	Bir sıvının bir gaza dönüştüğü fiziksel süreç.
Buz çözme	Defrosting	Hammaddeden donun giderilmesi.
Camlaşma	Vitrification	Bir maddenin veya bir madde karışımının cam veya amorf camsı matrikse dönüşümü.
Camsı	Vitreous	Bu terim, yüksek dereceli bir camlaştırma sonucu (sinterlemeden farklı olarak) son derece düşük bir gözenekliliğe sahip olan seramik eşyalar için kullanılır.
Çamur	Sludge	Arıtma çamuru. Su veya atıksu arıtma süreçleri sırasında çöktürülen

## Terimler Sözlüğü

		yüksek katı içerikli bir süspansiyon.
Çapraz Ortam etkileri	Cross-media effects	Çevresel basıncın bir çevre kompartımanından diğerine kayması olasılığı. Tekniğin uygulanmasının neden olduğu herhangi bir yan etki ve dezavantaj.
CEFIC	CEFIC	European Chemical Industry Council (from its French name Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique)
CEN	CEN	Comité Européen de Normalisation (European Committee for standardisation).
Çene kırıcı	Jaw crusher	Malzemelerin boyutunu sabit bir plaka ve bir salınım plakası arasında darbe veya ezme ile azaltmak için bir makine.
Cevher	Ore	Birikmiş madenlerin (kömür de dahil olmak üzere) maddi veya çeşitliliği, nitelik ve nicelik açısından bir karla çıkarılabilecek miktar bakımından yeterli değerdedir. Çoğu cevher, ekstrakte edilebilir minerallerin ve "gangue" olarak tanımlanan yabancı kayaç malzemesinin karışımlarıdır.
Cevher hazırlama (zenginleştirme, cevher sosu, mineral sosu, öğütme)	Mineral processing (benefaction, ore dressing, mineral dressing, milling)	Cevherden pazarlanabilir mineral ürünler (konsantreler) üretme süreçleri. Bu genellikle maden sahasında yapılır, bitki mineral işleme tesisi (değirmen veya konsantratörü) olarak adlandırılır. Temel amaç, taşınması gereken ve sonraki işlemler ile işlenmesi gereken cevherin kütlelerini azaltmaktır, örn. Eritme, değerli (arzulanan) mineralleri gangsterden ayırma yöntemlerini kullanarak. Bunun pazarlanabilir ürününe "konsantre" denir; Kalan malzemeye "atık" denir. Mineral işleme, mineralin fiziksel özelliklerine, yani parçacık büyüklüğüne, yoğunluğuna, manyetik özelliklerine, rengine veya fiziko-kimyasal özelliklerine, yani yüzey gerilimi, hidrofobiklik, ıslanabilirliğe dayanan çeşitli prosedürleri içerir.
Cevher hazırlama tesisi (değirmen veya yoğunlaştırıcı)	Mineral processing plant (mill or concentrator)	Cevher işlemenin yapıldığı tesis.
çevre	Environment	Canlı organizmaların gelişimini etkileyen birbiriyle ilişkili fiziksel, kimyasal, biyolojik, sosyal, manevi ve kültürel bileşenler.
Çevreye zararlı malzeme	Environmentally harmful material	Ekosistemlerde akut veya kronik etkilere neden olabilecek bir materyal - çevresel olarak zararlı malzemelerin sınıflandırılması, 67/548 / AET Direktifinde yer alan anlaşmalara uygun olarak gerçekleştirilir.
CFD	CFD	Yakma ve diğer sistemlerde gaz akışını ve sıcaklığını tahmin etmek için kullanılan bir modelleme tekniği. <i>Ing.</i> Computerised fluid dynamics.
Çıkış akıntısı	Effluent	Bir emisyon oluşturan bir fiziksel sıvı (kirleticilerle birlikte hava veya su).
Çıkış gazı	Off-gas	Bir işlem veya işlemde kaynaklanan gaz/hava için genel terim (bkz. Egzoz gazı, baca gazı, atık gaz).
Çıktı	Output	Atık arıtma sırasında üretilen "atık çıkışı" (ana çıktı) ve diğer katı kalıntıları, emisyonları, atık suları vb. İçerir.
Çözünürlük	Solubility	Belirli bir sıcaklıkta ve basınçta belirli bir hacimde ve çözücü tipinde çözünen çözünmüş madde miktarı. Çözünme, çözünen maddeye doymuş bir çözelti oluşa kadar devam eder. Bileşiklerin çözünürlüğünün derecesi, iyonlar ve sulu kompleksler oluşturmak için yeteneklerine ve diğer çözünmüş türlerin özelliklerine bağlıdır.
CTO	CTO	Katalitik termal oksitleyici.
Cüruf	Slag	Eriye durumundaki madenlerin yüzeyinde toplanan camlaşmış veya kısmen camlaşmış bir eritme kalıntısı, demir boku, dışık. Çoğunlukla silikatlar içerir, mat veya metal olarak üretilmeye çalışılmayan ve metalden daha düşük bir özgül ağırlığa sahip olan maddelerdir.
CV	CV	Kalorifik değer, örn. MJ / kg cinsindedir.
CWPB	CWPB	Merkezi çalışmış bir ön-arkalı anot hücresi.
CWPB	CWPB	Central-worked prebaked (merkezden beslemeli prebaked)
Darbeleri kırıcı	Impact crusher	Darbeleri kırıcılarda, malzeme parçalanması, esas olarak kırıcı haznesi içerisinden kaya serbest bırakma parçalarına çarparak yüksek hızda sabit yüzeylere fırlatılan kanatlıların çarpma eylemi ile gerçekleştirilir.
DC	DC	Doğru akım (elektrik kaynağı).
DCS	DCS	Dağıtılmış kontrol sistemi; malzeme besleme hızını, kritik süreci ve yanma koşullarını ve gazların eklenmesini kontrol etmek için kullanılır.
De novo sentezi	De novo synthesis	İnce karbon parçacıklarının, PCDD/F üretmek için 250°C ila 500°C sıcaklık aralığında inorganik klorürler veya organik olarak bağlı klor ile reaksiyona girdiği mekanizma. Bu işlem, bakır veya demir gibi metallerin varlığıyla katalize edilir.
Değerlendirme	Assessment	Yeterli bir gözlem kümesinin bunlara uygun bir kriterler kümesi ile birlikte sabit hedefler için bir karara varmak üzere değerlendirilmesi. Ayrıca, meselelerin teşhis edilmesi ya da fayda ve zararların karşılaştırılması (örneğin; risk değerlendirmesi ve etki değerlendirmesi)

		gibi politika ile ilgili faaliyetlerin analizi.
Demir dışı metallere	Non-ferrous material	Demir olmayan/içermeyen tüm malzemeler.
Demirli malzeme	Irony material	Ayrı demir bileşenlerin yanı sıra istenen metal (Al, Cu) içeren malzeme.
Deşarj	Discharge	Bir kirleticinin belirli bir çıkıştan, yani kanallı sistemden, örn. kanalizasyon, yığın, havalandırma, kontrol alanı, çıkış.
DeSOX	DeSOX	Desülfürizasyon tekniği.
DIN	DIN	Deutsches Institut für Normung (Alman ulusal standardizasyon kuruluşu).
Dioksinler (PCDD/F)	Dioxins (PCDD/F)	Poliklorlu dibenzo-dioksinler (PCDD) ve poliklorlu dibenzo-furanlar (PCDF).
Doğal yığılma açısı	Angle of repose	Yatay bir yüzeye boşaltılıp yığıldığında ya da bir yamaca boşaltıldığında, parçalanmış veya gevşek yapıdaki bir katı malzemeyle kayma olmaksızın oluşturulabilecek şevin azami eğim açısı.
Doğrudan ölçümler	Direct measurements	Yayılan bileşiklerin kaynağında spesifik niceliksel belirlenmesi.
Doğruluk	Accuracy	Ölçülen değerler ile ilişkilidir. Bir ölçümün kabul edilen veya gerçek değere ne kadar yakın olduğunun bir değerlendirmesidir. Saflığı ve/veya konsantrasyonu bilinen kimyasal preparatlar (eşanlam: anık), doğruluğu değerlendirmek için kullanılır. "Standartlar" olarak bilinen bu preparatlar, numunelerin ölçüldüğü yöntemin aynısı takip edilerek tahlil edilir. Doğruluk asla 'hassasiyet' ile karıştırılmamalıdır: hassasiyet, aynı numuneden elde edilen analitik sonuçların birbirine ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsüdür.
Döküm	Casting (noun)	Bir kalıptaki bir metal veya alaşımın katılaştırılmasıyla şekillendirilen bitmiş formdaki veya yakın ürünler için kullanılan genel terim (ISO 3134-4: 1985).
Döküm alma	Tapping	Erimiş metal veya cürufu uzaklaştırmak için bir fırın çıkışının açılması.
dolomi	Dolomite	Karbonat fraksiyonu mineral dolomit, kalsiyum magnezyum karbonat (CaMg (CO <sub>3</sub> )) tarafından baskın olan kireçtaşı tipi.
DON süreci	DON process	Doğrudan Outotec Nikel işlemi.
Drenaj	Drainage	Yüzey akışları ve yeraltı suyu yolları dahil olmak üzere bir alandan yüzey ve yeraltı suyunun doğal veya yapay olarak uzaklaştırılması.
Dros	Dross	Cevherin izabe edilmesi sırasında veya eritme işleminde metallere düşen/çıkan ve genellikle eriyiğin üzerinden doğru sıyrılıp alınan atık madde.
DSA	DSA	Boyutsal olarak kararlı anotlar - kullanım sırasında tüketilmeyen metal anotlar grafit anotlar dolayısıyla boyutsal olarak stabildir.
EAA	EAA	Avrupa Alüminyum Birliği
EAF	EAF	Elektrik ark ocağı.
EB	EB	Elektron demeti.
ECGA	ECGA	Avrupa Karbon ve Grafit Derneği
ECI	ECI	Avrupa bakır enstitüsü.
EEA	EEA	Avrupa Çevre Ajansı.
EEB	EEB	Avrupa Çevre Bürosu
Egzoz gazı (veya egzoz havası)	Exhaust gas (or exhaust air)	Bir yanma veya özütleme işlemlerinden çıkan gaz / hava akımı, gaz veya parçacıklı bileşenler içerebilir. Bir yığın üzerinden yorucu bir bağlantı yoktur. (Ayrıca bkz. Baca gazı, atık gaz).
Ekonomi bilimi	Economics	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar, örn. Azaltılmış hammadde tüketimi, atık yükü, ayrıca tekniğin kapasitesi ile ilgili olarak.
Elde edilen çevresel faydalar	Achieved environmental benefits	Elde edilen emisyon değerleri ve verimlilik performansı dahil olmak üzere uygulanan sözkonusu teknik (proses veya azaltma) ile üstesinden gelinecek temel çevresel etkiler. Söz konusu tekniğin diğer tekniklere kıyasla çevresel faydaları.
Electro-özütme (EW)	Electrowinning (EW)	Bir inert metal anodun kullanıldığı elektrolitik üretim aşaması ve katotta biriktirilen elektrolit içindeki istenen metal.
Elekme	Screening	Malzemenin boyut fraksiyonlarına ayrılması.
Elektrolit	Electrolyte	Çözelti veya kaynaştırılmış durumda elektrik akımı iletebilen bir madde.
Elektroliz	Electrolysis	Bir kimyasal bileşiği parçalayan veya bir elektrik akımının etkisiyle yeni bir bileşik üreten bir işlem. Elektrik akımı bir elektrolitik hücre içinden geçirilir ve elektrotlarda oksitleme / indirgeme reaksiyonları meydana gelir; örneğin, su elektroliz ile hidrojen ve oksijene ayrılabilir.
elektrorefinasyon	Electrorefining	Bir metal anodun çözüldüğü ve metalin katotta biriktirildiği bir elektrolitik rafinasyon aşaması. Anot slime denilen safsızlıklar hücrede biriktirilir.
Elektrot	Electrode	Bir elektrik akımının bir elektrokimyasal reaksiyona (veya bir elektrik

## Terimler Sözlüğü

		arkına veya bir vakum tüpüne girdiği veya bir elektrolit bıraktığı bir iletken (ayrıca bakınız: anot ve katot).
EMAS	EMAS	Avrupa Eko-Yönetim ve Denetim Planı (Konsey Tüzüğü 761/2001).
Emisyon faktörü	Emission factor	Belirli bir kaynağın belirli bir kirletici için tahmini birim emisyon oranı, faaliyet birimlerine göre.
Emisyon modeli	Emission pattern	Emisyonun zaman içindeki değişimi, örneğin, emisyonlar kararlı, dögüsel, rastgele pik, rastgele değişken, düzensiz olabilir.
Emisyonların değerlendirme yöntemi	Assessment method of emissions	Bir emisyon veya emisyon faktörünü hesaplamak veya değerlendirmek amacı ile toplanmış; ve ekipman veya işlem parametreleri ile ilgili; ölçülen veriler, fiziksel özellikler, meteorolojik veriler ve tasarım verileri arasındaki ilişkilerin bütünü.
EMS	EMS	Çevre Yönetim Sistemi.
EPA	EPA	Çevreyi Koruma Ajansı.
EPMF	EPMF	Avrupa Değerli Metaller Federasyonu
Ergitme kapasitesi	Melting capacity	Eğer uygunsa, saatlik oranın 24 ile çarpıldığı bir kurulumda fırınların toplam "kaplamalı" kapasitesi kullanılmalıdır.
Erozyon	Erosion	Rüzgâr, yağmur, dalga hareketi, donma, çözülme ve diğer işlemler ile ya kaya ya da yüzey malzemelerinin ayrılması ve daha sonra uzaklaştırılması.
Eşdeğer parametre	Equivalent parameter	Aynı (benzer) bilgi düzeyini aynı (benzer) güven düzeyiyle sağlayan bir emisyon ile ilgili parametre.
ESP	ESP	Elektrostatik presipitator.
Euroalliages	Euroalliages	Avrupa ferro alaşımlı üreticiler Birliği.
Eurometaux	Eurometaux	Avrupa demir dışı metaller derneği.
Euromines	Euromines	Avrupa madencilik endüstrileri, metal cevherleri ve endüstriyel mineraller birliği.
Ezme	Crushing	Bu, cevherin sert yüzeylere karşı sıkıştırılmasıyla veya sert bir şekilde kısıtlanmış hareket yolundaki yüzeylere çarpma ile gerçekleştirilir.
Faydalar	Benefits	Bu belgede, bir tekniğin veya başka bir çevresel önlemin uygulanmasından kaynaklandığı düşünölen olumlu çevresel etkileri belirtmek için "avantajlar" ile eş anlamlı olarak kullanılır.
FGD	FGD	Baca gazı kükürt giderme.
Fırın	Furnace	Yanmanın başladığı veya gerçekleştirildiği bir tesisin parçası. Bu belgenin Ek 13.1'inde kullanılan fırınlar raporlanmakta ve kısaltmaların tanımı verilmektedir.
FSF	FSF	Flash eritme ocağı
Gelişen teknikler	Emerging techniques	Çevresel performans iyileştirme potansiyeli olan ancak henüz ticari olarak uygulanmayan veya halen araştırma ve geliştirme aşamasında olan teknikler. Potansiyel gelecek BAT.
Geri Dönüşüm	Recycle	Bu belgede iki anlamla kullanılmıştır: waste Atıkların bir kısmının başka bir endüstri sektörüne geri dönüőtürölmesi; WT kurulumunda geri dönüşüm. İkincisi, bu belgede en yaygın kullanılanıdır.
Günlük üretim kapasitesi	Daily production capacity	Bir gün boyunca üretilen ürünün kuru ağırlığı.
Hata	Error	Ölçüm hatası - gözlemlenen veya yaklaşık bir sonucun gerçek veya kesin olandan farklı olduğu miktar. Bunlar tipik olarak parametre değerlerinin ölçölmesinde bir yanlışlık veya yanlışlıktan kaynaklanır.
Hava sınıflandırıcı	Air classifier (ACCU)	Tozu (<0,05 mm) ve ince partikülleri kuru giriş malzemesinden (<10 mm); veya ince parçacıkları ve kaba fraksiyonları bir hava akımından ayıran ekipman.
Havaya emisyon	Emission to air	Yayılan maddelerin kütlesi: a) Konsantrasyon: standart koşullar altında (273 K, 101.3 kPa) atık gazın hacmine bağlı yayılan madde kütlesi, su buharı miktarının düşmesinden sonra, g / Nm <sup>3</sup> biriminde ifade edilir, mg / Nm <sup>3</sup> , µg / Nm <sup>3</sup> veya ng / Nm <sup>3</sup> . b) Kütle akışı: zamana bağlı olarak salınan maddelerin kütlesi kg / s, g / sa veya mg / sa birim olarak ifade edilir. c) Spesifik emisyon: yayılan maddelerin kütlesinin, üretilen veya işlenen (kitle veya emisyon faktörleri) kütlesine oranı, kg / t, g / t veya mg // t veya µg / t birimleri cinsinden ifade edilir.
Havaya verilen ilgili emisyonlar	Associated emissions to air	Bu dokümanda emisyon ölçölmlerinin değerleri, hava ile seyreltilmeden önce kuru gaz halinde; oksijen içeriği ölçöllecek; standart şartlarda (273 K, 101.3 kPa) sürekli izlemeye dayalı günlük ortalamalar olarak verilmiştir. Sürekli izlemenin mümkün olmadığı durumlarda, örnekleme dönemi boyunca yapılan ölçölmlerin ortalaması verilmiştir.
HAZOP	HAZOP	Tehlike ve çalışabilirlik çalışması.
HCN	HCN	hidrojen siyanür.
Hizmetin sonlandırılması	Decommissioning	Dekontaminasyon ve/veya söküm dahil bir tesisin kapatılması.



HMP	HMIP	Majesteleri'nin Kirlilik Müfettişliği (İngiltere).
HSS	HSS	Horizontal stud Soderberg (yatay pimli Soderberg)
HT	HT	Yüksek gerilimli elektrik.
İçerik	Content	Bir ortamda bulunan madde.
İES	AEL	Kısaltma: İlgili emisyon seviyesi; <i>ing.</i> : Associated Emission Level.
IF	IF	İndüksiyon fırını.
ILA	ILA	Uluslararası Kurşun Derneği.
İmha	Destruction	Örneğin, atıkların imhası - bu, atıkta bulunan başlıca moleküler organik türlerin kimyasal dönüşüm sürecine atıfta bulunmaktadır. Örneğin karbonhidratlar, karbon ve hidrojen oksitlerine dönüştürülür.
İmisyon	Immission	Çevrede kirlenici madde, koku veya gürültü oluşumu ve seviyesi.
IMPEL	IMPEL	Avrupa Birliği Çevre Kanunu'nun Uygulanması ve Uygulanması Ağı.
İnce tanecikler	Fines	Küçük parçacık boyutlu malzeme.
IPPC	IPPC	Entegre kirlilik önleme ve kontrolü.
İR	IR	Kızılötesi.
ISF, ISS	ISF, ISP	İmparatorluk Eritme Ocağı veya Imperial Eritme İşlemi.
Islak ESP	Wet ESP	Islak elektrostatik çöktürücü.
İşletme	Operational	Normal operasyonel faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar. Sıklık, hacimler ve yükler genellikle önceden bilinir veya tahmin edilebilir veya planlanabilir. Yukarıdakiler, yatırımları önceliklendirirken ve uygulanabilir en iyi emisyon azaltma tekniklerini belirlerken, en iyi yatırım / verimlilik oranını belirlemek için kullanılabilir. Kaçak emisyonlar ve basınç tahliyesi, normal çalışma koşullarında meydana geldiklerinden operasyonel olarak kabul edilir.
I-TEQ	I-TEQ	Uluslararası toksisite eşdeğeri.
İyi pratik	Good practice	Verilen faaliyete iyi bir çerçeve sağlayan yaklaşım. Belirli bir gereksinim için daha uygun olabilecek diğer yaklaşımları engellemez.
iyileşme	Recuperation	Isı geri kazanımı. Bu sektörde, hammadde, yakıt veya yanma havasını ısıtmak için proses ısısının kullanılması söz konusu olabilir.
İyileştirici brülörler	Recuperative burners	Bunlar, ısıyı geri kazanmak için brülör sistemindeki sıcak gazları dolaştırmak için tasarlanmıştır. Ayrıca bakınız: rejeneratif brülörler.
IZA	IZA	Uluslararası Çinko Derneği.
İzabe	Smelting	Maden cevherinin metal içeriğini yalın element halinde elde etmek için uygulanan yüksek sıcaklıkta indirgenme tepkimesi yardımıyla cevherin geri kalanından ayırma süreci.
İzabe Fırını	Smelter	İzabe işleminin yapıldığı fırın.
İzleme	Monitoring	Emisyonların, deşarjların, tüketimin, eşdeğer parametrelerin veya teknik önlemlerin vb. Belirli kimyasal veya fiziksel özelliklerinin varyasyonlarının sistematik olarak izlenmesi
İzokinetik örnekleme	Isokinetic sampling	Numunenin örnekleme nozuluna girdiği hızın, kanaldaki akış hızı ile aynı olduğu örnekleme tekniği.
JRC	JRC	Ortak Araştırma Merkezi.
Kaçak	Leakage	Sistem / ekipman arızası nedeniyle sistem veya ekipmandan gaz veya sıvı dökülür.
Kaçak emisyonlar	Fugitive emissions	Bir işlemin, kontrolsüzlük veya engellenme yetersizliği nedeniyle bıraktığı emisyonlar.
Kalibrasyon	Calibration	Ölçülecek bir parametrenin değerleri ile bir ölçüm sistemi ile gösterilenler arasında referans farklar (referans materyaller ve kabul edilen değerler dahil olmak üzere belirli bir referans sistemine göre karşılık gelen değerler). Not: Bir kalibrasyonun sonucu, göstergelere göre ölçülen parametrelerin değerlerinin gösterilmesine ya da düzeltmelerin belirlenmesine izin verir.
Kalıntı	Residue	Bir üretim sürecinde kasıtlı olarak üretilmeyen ve atık olarak betaraf edilen veya değerlendirilip geri kazanılan malzeme.
Kanserojen madde	Carcinogenic material	İnsanda kansere neden olduğu bilinen bir materyal.
Katot	Cathode	Negatif bir elektrot.
Katyon	Cation	Pozitif yüklü iyon - elektrokimyasal reaksiyonlarda katoda doğru çekilen bir iyon.
kirlenici madde	Pollutant	Çevreye zarar verebilecek veya etkileyebilecek maddeler veya maddeler.
Kirlilik (IED'den)	Pollution (from the IED)	İnsan sağlığı ya da çevrenin kalitesi açısından zararlı olabilecek hava, su ya da toprağa maddelerin, titreşimlerin, ısı ya da gürültünün insan aktivitesi sonucu doğrudan ya da dolaylı olarak girmesi, maddi mallara

## Terimler Sözlüğü

		zarar verebilir ya da Çevrenin olanaklarını ve diğer meşru kullanımlarını engelleyebilir veya etkileyebilir.
Kirlilik kaynağı	Pollution source	Emisyon kaynağı. Kirlilik kaynakları aşağıdaki gibi kategorize edilebilir: nokta veya konsantrasyon kaynakları; dağınık kaynaklar; Mobil (ulaşım) ve sabit kaynaklar dahil olmak üzere sources hat kaynakları; Sources alan kaynakları.
KOİ	COD	ISO 15705: 2002'ye göre atık sularda kimyasal olarak oksitlenebilen organik madde miktarını (normal olarak dikromat oksidasyonu ile yapılan analize dayanarak) gösteren kimyasal oksijen ihtiyacı.
Kompozit örnek	Composite sample	Bir operatör veya otomatik bir cihaz tarafından hazırlanan ve birkaç spot numunenin karıştırılmasıyla elde edilen örnek.
Konsantrasyon	Concentrate	Değerli mineral içeriği artırılmış mineral işleme tesisinde ayrıldıktan sonra pazarlanabilir ürün.
Kostik soda	Caustic soda	Sodyum hidroksit.
Küresel ısınma	Global warming	Sera etkisi - kısa dalga güneş radyasyonu Dünya atmosferinden geçer, ancak yüzeyi kızılötesi radyasyon olarak yeniden ışılandıktan sonra, bir kısmı atmosferdeki gazlar tarafından absorbe edilir ve bu da sıcaklıkta bir artışa neden olur (küresel ısınma olarak bilinir). Küresel ısınmanın% 55'inin, enerjinin CO2 tarafından emilmesinden kaynaklandığı hesaplanmıştır. Geriye kalan% 45'lik oran esas olarak çeşitli ozon tüketen maddelerin (ODS) kullanımı sonucunda metan tarafından enerji emilimi ve ozon tabakasına zarar verilmesidir.
Kurtarma	Recovery	AT Atık Çerçeve Direktifi tarafından tanımlanmıştır. Ayrıca bu belgede, atıktan elde edilen materyalin geri kazanımı ya da bir kısmının artırılması için kullanılan bir yöntem olarak kullanılmıştır.
Kütle dengesi	Mass balance	İzlemeye yaklaşım, girdilerin muhasebeleştirilmesi, birikim, çıktılar ve ilgili maddenin üretimi veya imha edilmesi ve farkı bir çevreye salıverme olarak sınıflandırarak muhasebeleştirmek. Kütle dengesinin sonucu, büyük bir girdi ile büyük bir çıktı arasındaki küçük bir farktır, aynı zamanda söz konusu belirsizlikleri de hesaba katar. Bu nedenle, kütle dengeleri sadece doğru girdi, çıktı ve belirsizlik miktarları ölçülebildiğinde pratikte uygulanabilir.
LCV	LCV	Düşük kalorifik değer.
L-SX-EW	L-SX-EW	Liç-Solvent Ekstraksiyon-Electrowinning.
LÜTFEN	PLS	Substrattan mineraller liç edilerek üretilen leach solüsyonu.
Madencilik	Mining	Destek tesisleri dahil olmak üzere zeminden cevher çıkarmak için yöntemler ve teknikler, örn. Madendeki ya da civardaki stoklar, atölyeler, ulaşım, havalandırma ve destek faaliyetleri.
Madencilik işlemi	Mining operation	Maddi amaçların işletme karı elde etmek olduğu veya karlı bir işletmeye doğru sürekli bir şekilde inşa edildiği maden maddelerinin alındığı herhangi bir cevher çıkarılması.
Madeni kaynak	Mineral resource	Doğal, katı, inorganik veya fosilleşmiş organik malzemenin, Yerküre kabuğunun içinde veya üzerinde, böyle bir biçimde ve miktarda ve ekonomik çıkarım için makul olasılıkları olan böyle bir kalite veya kalitede yoğunlaşması veya oluşması. Bir mineral kaynağının yeri, miktarı, derecesi, jeolojik özellikleri ve sürekliliği, belirli jeolojik kanıt ve bilgidir bilinir, tahmin edilir veya yorumlanır.
Mat	Matte	Nikel, bakır, kobalt vb. içeren sülfürlü metal cevherleri izabeye tabi tuluğunda oluşan sülfürlerin bir karışımı. Örneğin: bakır matı, nikel matı
MET	BAT	Avrupa Birliği'nin Endüstriyel Emisyon Direktifi'nin 3(10) maddesinde (the Industrial Emissions Directive, IED, 2010/75/EU) tanımlandığı üzere Mevcut En İyi Teknik(ler); <i>ing.</i> Best Available Technique(s).
Metaller Çevresel Risk Değerlendirme Kılavuzu (MERAG)	Metals Environmental Risk Assessment Guidance (MERAG)	Metaller Çevresel Risk Değerlendirme Kılavuzu (MERAG), kimyasallar yönetimi ve çevre kalitesi standardında kullanılmak üzere bir araştırmacı, metal birliği derneği, bilimsel panel eleştirmeni ve hükümet yetkilisi (İngiltere Hükümeti, Çevre, Gıda ve Köy İşleri Dairesi (Defra)) konsorsiyumu tarafından oluşturuldu. Metaller için ayarlama ve metal-spesifik kavramların tanıtımı yoluyla değerlendirici tarafından sahaya özgü koşulların dikkate alınmasına izin vermek.
MET-İES	BAT-AEL	Avrupa Birliği'nin Endüstriyel Emisyon Direktifi'nin 3(10) maddesinde (the Industrial Emissions Directive, IED, 2010/75/EU) tanımlandığı üzere Mevcut En İyi Teknikleri ile İlgili Emisyon Seviyesi; <i>ing.</i> Best Available Technique(s) - Associated Emission Level.
MS	MS	Avrupa Birliği Üye Devleti.
N	N	Normal - normal koşullar altında 273.15 K sıcaklık ve 101.325 kPa basınç ile gaz hacmini ifade eder.
NA	NA	Uygulanamaz (içeriğe bağlı olarak).
ND	ND	Veri yok.

NFM	NFM	Demir dışı metaller (BREF).
NJ	NJ	New Jersey - bir çeşit damıtma sütunu
NMVOC	NMVOC	Metan olmayan uçucu organik bileşikler.
Nominal kapasite	Nominal capacity	Bir birimin normal çalışma koşullarında tasarımı üretebileceği üretim miktarı.
OBM konvertör	OBM converter	Ferro-nikel üretimi için kullanılan alttan üflemlerli bir dönüştürücü.
Oda	Hearth	Bir fırının parçası.
Öğütme	Grinding	Boyut küçültme işleminin aşınma ve darbe ile yapıldığı ve bazen çubuklar, toprak ve çakıl taşları gibi bağlı olmayan ortamların serbest hareketiyle desteklendiği ince bir ürün (<1 mm) veren parçalama işlemi.
Oksidan	Oxidant	Özellikle yanıcı maddeler olan diğer malzemelerle temas ettiğinde yüksek egzotermik olarak reaksiyona girebilen bir materyal.
Ölçüm	Measurement	Bir miktarın değerini belirlemek için işlemler kümesi.
Ölçüm sistemi	Measuring system	Belirlenen ölçümleri gerçekleştirmek için kullanılan tüm çalışma prosedürleri dahil olmak üzere tüm ölçüm aletleri ve diğer ekipman seti.
Oluk	Laundrer	Erimiş metal veya cürufu taşımak için kullanılan bir kanal.
Onay (bir ürün, süreç veya hizmet için)	Approval (of a product, process or service)	Pazarlanacak olan ya da belirtilen amaçlarla veya belirtilen koşullar altında kullanılacak olan ürün, süreç veya hizmet için izin.
Onay (test laboratuvarından)	Approval (of a testing laboratory)	Yetkili makam tarafından belirli bir alanda yasal ölçümler, kontroller veya muayene yapmak için bir test laboratuvarına verilen yetki.
Operasyonel veriler	Operational data	Emisyonlar / atıklar ve tüketim ile ilgili performans verileri, ör. hammaddeler, su ve enerji. Güvenlik yönleri, teknolojinin çalışabilirlik kısıtlamaları, çıktı kalitesi vb. Dahil olmak üzere nasıl işletileceğine, sürdürüleceğine ve kontrol edileceğine dair diğer yararlı bilgiler.
Örnek bitkiler	Example plants	Tekniğin kullanılacağı rapor edilen bir tesise referans.
Örnekleme	Sampling	Maddenin, malzemenin veya ürünün bir kısmının, söz konusu maddenin, malzemenin veya ürünün incelenmesi amacıyla, temsili temsili bir numune oluşturmak için çıkarıldığı + C262: C276 ile işlem. Örnekleme planı, örnekleme ve analitik hususlar her zaman aynı anda dikkate alınmalıdır.
OSPAR	OSPAR	Kuzey Doğu Atlantik deniz ortamının korunması için Oslo ve Paris kongresi.
Otomatik ölçüm sistemi	Automatic measuring system	İncelenen parametrenin fiziksel büyüklüğüne orantılı bir sinyal çıktısı üreterek insan müdahalesi olmaksızın ölçüm sonuçları üretme kabiliyeti olan sistem.
Özel emisyon	Specific emission	Üretim kapasitesi veya gerçek üretim gibi referans esasına bağlı emisyon.
Ozmos	Osmosis	Çözücünün (su) geçmesine izin veren fakat çözünmeyen katı maddelerden geçmeyen yarı geçirgen bir zar boyunca bir sıvının zayıf bir çözeltiden daha konsantre bir çözeltiye geçmesi.
Özütleme, liç	Leaching	Bileşenleri sıvı fazdan çıkarmak için bir çözütücünün gözenekli veya ezilmiş bir malzeme içinden geçirilmesi. Örneğin, altın, gözenekli bir cevherin veya toz haline getirilmiş atıkların liçlenmesiyle çıkarılabilir. Diğer yöntemler ise cevher, konsantreler veya tortuların depolanması ve in situ liçtir.
PAH	PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar.
PAN	PAN	Poliakrilonitril.
Parametre	Parameter	Bir istatistiksel grubun temel özelliklerini temsil eden ölçülebilir büyüklük.
Partikül madde (PM)	Particulate matter (PM)	Toplam partiküllü madde, baca gazında mevcut olabilecek tüm inorganik ve organik katı ve sıvı malzemeleri (damlacıklar ve aerosoller) ifade eder (ayrıca bkz. Toz).
PB	PB	Önceden anot tipi.
PCC	PCC	Yanma sonrası oda - gaz yanmasının meydana geldiği ilk yanma odasından sonra bölgeye uygulanan bir terim. Ayrıca ikincil yanma odası veya SCC olarak adlandırılır.
PCDD/F	PCDD/F	Bkz. Dioksinler
PF	PF	Point feeding (nokta besleme).
PFC	PFC	Poliflorokarbon: Hidrojenlerin çoğunun alifatik zincir yapısında flor ile yer değiştirdiği organo-bileşik. Bu organik florin bileşiklerinin bazıları, perfluorat olarak bilinir, bu da tüm hidrojenlerin flor ile değiştirildiği anlamına gelir.
PFPB	PFPB	Primer alüminyum elektroliz için kullanılan nokta beslemeli ön hücreler.
PGM'ler	PGMs	Platin grubu metalleri: Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru.

## Terimler Sözlüğü

pH	pH	Bir çözeltinin asitliği veya asitliği. Bu, sulu bir çözelti içindeki hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun karşılıklı olarak 10 tabanına kadar olan logaritmaya eşdeğer bir sayıdır.
PLC	PLC	Programlanabilir mantık kontrolü: Endüstriyel işlemlerin otomasyonu için kullanılan dijital bilgisayar.
PM	PM	Bakınız: partikül madde. Değerli metaller: Ag, Au ve PGM'ler.
PMX	PMX	Nominal x mikrometreye eşit veya daha küçük aerodinamik çapa sahip partikül madde.
PNEC	PNEC	Hiçbir etki konsantrasyonunu tahmin etmemiştir - toksik etkinin gözlenmediği konsantrasyon.
Preparat	Preparation	Anık; kimyasal yöntemlerle hazırlanan karışım.
PRTR	PRTR	Kirlenici bırakma ve transfer kaydı.
Referans koşulları	Reference conditions	Belirtilen koşullar, ör. Bir işlem yürütme ile bağlantılı olarak, örnek toplama.
Rejeneratif brülörler	Regenerative burners	Bunlar, alternatif olarak ısıtılan ve daha sonra yanma havasını ön ısıtmak için kullanılan iki veya daha fazla refrakter kütle kullanarak sıcak gazlardan ısı elde etmek için tasarlanmıştır, ayrıca iyileştirici brülöre de bakınız.
RF	RF	Döner fırın.
RLE	RLE	Fırında-liç-elektrolitik kazanma.
RTO	RTO	Rejeneratif termal oksitleyici, bir tip artıyıcı.
Rulo kırıcı	Roll crusher	İki rulonun monte edildiği ağır bir çerçeveden oluşan bir tür sekonder kırıcı. Bunlar, birbirlerine doğru dönmeleri için sürülür. Yukarıdan beslenen kaya, aşağıdan ezilmiş ve taburcu edilen hareketli silindirler arasına kısırlır.
Saha, yer	Site	Birden fazla kurulum, tesis veya tesis içerebilen coğrafi alan.
Salıverme	Release	Çevreye salınan gerçek akıntı (rutin, olağan veya tesadüfi).
Şartname	Specification	Bazı bileşiklere mevzuatta verilen fiziko-kimyasal değerler, ör. kayganlaştırıcı yağlar.
SCNR	SNCR	Seçici katalitik olmayan indirgeme - nitrojen oksidin, yüksek sıcaklıkta bir amonyak reaktifi ile reaksiyona sokularak nitrojen oksite dönüştürüldüğü NOx emisyonlarını azaltmak için bir işlem.
SCR	SCR	Seçici katalitik redüksiyon.
Sınıf, kalite	Grade	Bir cevherdeki herhangi bir bileşenin boyutsuz oranı, genellikle yüzde olarak, ton başına gram (g / t) veya milyonda parça (ppm) olarak ifade edilir.
Sıvılaştırma	Liquation	Erimiş bir metali, kirliliklerin çözünürlüğünün azaltılacak bir ısıya ısıtılmasını içeren bir rafinasyon tekniği, böylece ayrılabilir.
Sızıntı Suyu	Leachate	Liç ile elde edilen çözelti, örn. Çözünür maddeler içeren toprakla kaplanan ve çözelti içinde bu maddelerin belirli miktarlarını içeren su.
Soğutma suyu	Cooling water	Endüstriyel sudan ayrılan ve daha fazla arıtılmadan alıcı sulara geri bırakılabilen bir şebekede tutulan enerji transferi (soğutma, ısıtma) için kullanılan su.
Soluma	Breathing	Ortam sıcaklığı değişikliğine bağlı gaz emisyonu, genellikle depolama tanklarının içeriğinin gündüz ısınması sonucu gerçekleşir.
SPL	SPL	Primer alüminyum üretiminde katot kaplaması, katot sisteminin kalıntıları.
STK(lar)	NGO(s)	Sivil toplum kuruluşları).
Susuzlaştırma	Dewatering	Bir yeraltı madeninden veya açık bir çukurdan ya da çevreye kaya ya da yanmamış alandan suyun çıkarılması işlemi. Terim ayrıca, su içeriğinin konsantrasyonları, tortular ve arıtma çamurlarında azaltılmasından da yaygın olarak kullanılmaktadır.
Suya emisyon	Emission to water	Atık su hacmi ile ilgili yayılan maddelerin kütlesi (g / m <sup>3</sup> ), (g / l), (mg / l) veya (µg / l) cinsinden ifade edilir.
Suya verilen ilgili emisyonlar	Associated emissions to water	Bunlar nitelikli rasgele bir numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayanır.
SWPB	SWPB	Side-worked prebaked (yandan çalışan prebaked)
SX	SX	Solvent ekstraksiyonu.
Tamamlama suyu / Doldurma uyu	Make-up water	Su, bir tepkime veya birleştirme, bir tepkimesiz, bir tane eklenmiştir.
Tambur	Drum	Eksen üzerinde dönen silindirik kapalı bir kap.
Taşma Havuzu	Bund	Bir tankın etrafına inşa edilmiş hendek; tankın delinmesi veya büyük bir aşırı dolunun neden olduğu gibi büyük dökülmeleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Dökülme muhtemel herhangi bir ürünü içeren bir tankın (veya tankların) etrafındaki duvarlardan oluşur. Taşma havuzu tipik

		olarak iyi sıkıştırılmış toprak veya takviyeli betondan yapılmıştır. Hacim normalde, taşma alanı içindeki en büyük tankın içeriğine uygun olacak şekilde boyutlandırılır.
Tavlama	Annealing	Bir malzeme içerisindeki gerilmeleri gidermek, malzemeye esneklik kazandırmak için belli bir sıcaklığın üzerine ısıtma, belirli bir süre bekleme ve sonrasında da yavaşça soğutma yapılan ısı işlemleridir.
TBRC	TBRC	Cu, değerli metaller ve Pb konsantrasyonlarının yanı sıra atık elektronik ekipmanların eritilmesi için kullanılan en iyi döner döner dönüştürücü.
Tehlikeli madde	Hazardous substances	1272/2008/EC sayılı yönetmeliğe (Madde ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve paketlenmesi) göre toksisite, kalıcılık ve biyoakümülyasyon gibi bir veya birkaç tehlikeli özelliğe sahip olan veya insanlar veya çevre için tehlikeli olarak sınıflandırılan maddeler veya madde grupları.
Teknik oksijen	Technical oxygen	Azottan ayrılan ve % 97'den fazla O <sub>2</sub> veren havadaki oksijen; tonaj oksijeni olarak da adlandırılır.
Ters Ozmoz	Reverse osmosis (RO)	Bkz. Ozmoz.
TO	TO	Termal Oksitleyici
Toz	Dust	Gaz fazında dağılmış herhangi bir şeklin, yapının veya yoğunluğun mikroskobik ve makroskobik boyutlarına kadar değişen büyüklükteki katı partiküller.
TR	EN	Avrupa Normu veya Avrupa Normu standardı.
TROF	TROF	Döner okisi-yakıt fırını devirme (TBRC'ye benzer kullanımlara sahiptir).
TVOC	TVOC	Karbon olarak ifade edilen toplam uçucu organik bileşikler.
TWG	TWG	Teknik Çalışma Grubu.
UAKM	VSS	Uçucu askıda katı maddeler. 550 °C'de yok olan ve organik yapıdaki içeriği için bir gösterge kabul edilen atıksu arıtma işlemleri ile ilgili katı madde sınıflandırması.
Üretim kapasitesi	Production capacity	'İyi dökümler' üretimi ve 24 saat çalıştırıldığı takdirde dökümhanenin teorik kapasitesine dayanan kapasite, teknik olarak bu şekilde çalışabilmesi koşuluyla.
Uygulama Nedeni	Driving force for implementation	Tekniğin uygulanmasının nedenleri; örn. diğer mevzuat, üretim kalitesinde iyileşme.
Uygulanabilirlik	Applicability	Tekniğin uygulanması ve güçlendirilmesinde yer alan faktörlerin göz önünde bulundurulması, örneğin; alanın kullanılabilirliği, süreç özellikleri.
Uygunluk değerlendirmesi	Compliance assessment	Tanımlanmış emisyon sınır değerleriyle bir kurulumdan (üretim birimi) gerçek bir kirletici emisyonunu belirli bir güven derecesi içinde karşılaştıracak süreç.
VDI	VDI	Verein Deutscher Ingenieure, Alman mühendislerin birliği.
Verim	Yield	Konsantrenin beslenen malzemeye kütle oranı, kuru bazda hesaplanır ve yüzde olarak ifade edilir.
Verimlilik	Efficiency	Belirli bir sonuca ulaşmak için bir teknolojinin etkinliğinin bir ölçüsü. Bazı durumlarda, girdinin çıktıya oranı olarak ifade edilebilir.
VOC, uçucu organik bileşikler	Volatile organic compound (VOC)	293.15 K'de 0.01 kPa veya daha fazla bir buhar basıncına sahip olan veya belirli kullanım koşulları altında bir volatiliteye sahip olan herhangi bir organik bileşik.
VSS	VSS	Vertical stud Soderberg (dikey pimli Soderberg)
WT	WT	Atık arıtma
WWT	WWT	Atıksu arıtımı
WWTP	WWTP	Atıksu arıtma tesisi
Yağ giderme	Degreasing	Mümkün olduğunca, bir bileşenden gelen yağı veya gresi ortadan kaldırın.
Yanıcı malzeme	Combustible material	Ateşleme kaynağından sonra bile normal bileşim ve basınç havası ile yanıcı bir reaksiyon göstermeye devam edecek bir materyal.
Yarı mamüller	Semis	Diğer mamullerin üretimi için girdi olarak kullanılan çubuk, tel, ekstrüzyon, külçe vb. yarı mamul ürünler.
Yayıllı emisyon	Diffuse emission	Uçucu veya hafif tozlu maddelerin çevre ile doğrudan temasından kaynaklanan emisyonlar (atmosfer, normal çalışma koşulları altında). Bunlar aşağıdakilerden kaynaklanabilir: • ekipmanın iç tasarımı (örneğin filtreler, kurutucular); • çalışma koşulları (örneğin, kaplar arasında malzeme transferi sırasında); • işlem türü; • Media Diğer ortamlara kademeli olarak salınma (ör., Su veya atık su soğutma).
Yeraltısuyu	Groundwater	Doğunluk bölgesinde yerin altındaki suyunun bir kısmı. Yüzeysel suyunun farklıdır.
Yıllık sermaye maliyeti	Annual capital cost	Önerilen teknolojinin yararlı ömrü boyunca yapılan eşit miktardaki yeknesak yıllık ödeme. Tüm ödemelerin toplamı, ilk yatırım harcamaları ile aynı

## Terimler Sözlüğü

		'mevcut değere' sahiptir. Bir varlığın yıllık sermaye maliyeti, yatırımcının varlığa sahip olmasının fırsat maliyetini yansıtır.
Yüksek Fırın	Blast Furnace, BF	Yüksek fırın, içeriği izabe etmek için fırın yüküne ısıtılmış veya soğuk havayı veren borular (tuyère) kullanan dikey bir fırın. (Ayrıca ocak mil fırını, su ceketli fırın ve şaft fırın olarak da bilinir).
Yüzey akış	Run-off	Yağış ve kar erimesi, içeri sızmaz, karasal akış olarak hareket eder.
Zararlı materyal	Harmful material	Solunduğunda veya ağız veya deri yoluyla vücuda giriş yaptığında sınırlı bir rahatsızlığa neden olabilecek bir materyal.

**REFERANSLAR**

- [1] CEN, EN 1179:2003 Zinc and zinc alloys - Primary zinc, 2003.
- [2] McLellan et al., Pollution Control in the Secondary Aluminium Industry, HMIP (UK), Surrey, 1993.
- [4] Hatch Associates Ltd, Pollution Control for Secondary Lead Production, HMIP (UK), 1993.
- [5] B R Lerwill et al., Pollution Control in the Precious Metals Industry, HMIP (UK), 1993. [6] McLellan and Partners Ltd, Pollution Control in the Primary Aluminium Industry, HMIP (UK), Surrey, 1993.
- [7] Metallo-Chimique, Metallo-Chimique - Operational data of material storage and drying, 2012.
- [8] Hatch Associates Ltd, Pollution Control for the Tin, Bismuth and Silicon Industries, HMIP (UK), 1993.
- [11] Hatch Associates Ltd, Pollution Control for Primary Zinc Production, HMIP (UK), 1993. [12] HMIP (UK), Process for the Production of Zinc and Zinc Alloys, 1994.
- [13] HMIP (UK), Processes for the Production of Lead and Lead Alloys, 1994. [16] HMIP (UK), Processes for the Production of Aluminium, 1994.
- [18] HMIP (UK), Processes for the Production of Precious Metals and Platinum Group Metals, 1994.
- [19] HMIP (UK), The Extraction of Nickel by the Carbonyl Process and the Production of Cobalt and Nickel Alloys, 1994.
- [21] COM, Technical BAT Note Heavy Metal Emissions from Non-Ferrous Industrial Plants, 1991.
- [23] DFIU-University Karlsruhe, Emission control at stationary sources in Germany; part I - sulphur and nitrogen oxides, 1996.
- [25] OSPARCOM, Description of BAT for the Primary Production of Non-Ferrous Metals (Zinc, Copper, Lead and Nickel), OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 1996.
- [26] McLellan and Partners Ltd, Pollution Control in the Copper Industry, HMIP (UK), Surrey, 1993.
- [27] M. Barry et al., Study on the Technical and Economic Aspects of Measures to reduce (on the Basis of Best Available Technology) the Pollution of Water and Other Environmental Areas from the Non-Ferrous Metal Industry (Contract B6612-90-006931), European Commission (DG XI), 1993.
- [28] OSPARCOM, Description of Existing Techniques and Best Available Techniques in the Aluminium Electrolysis Industry, 1997.
- [32] Mantle et al., Potential for Air Pollution Emissions from the Aluminium Industry and the Best Available Technology for Abatement (final report), 1998.
- [34] UNECE, Heavy Metals Emissions - Long-range Transboundary Air Pollution, 1995.
- [35] COM, Panorama of EU Industry 1997 - An extensive review of the situation and outlook of the manufacturing and service industries in the EU, European Commission - DG III, 1997.
- [37] Ausmelt Ltd., EAF Dust Processing with Ausmelt Technology, 1995.
- [40] Ausmelt Ltd., Treatment of Lead and Zinc Residues using the Ausmelt Process, 1996.
- [41] Ausmelt Ltd., Application of Ausmelt Technology to the Recycling of Spent Pot Liner for the Aluminum Industry, 1996.
- [46] Guindy, M , 'Precious Metals 1996 - Proceedings of the Twentieth International Precious Metals Conference', International Precious Metals Institute, 1996, Newport Beach, California.
- [47] Järvinen, O, Wenmec/Outokumpu Technology Update of Current Developments for Anode Slime, Wenmec Systems Oy, 1995.
- [48] Järvinen, O, Current Developments for Anode Slime Precious Metals Treatment, Wenmec Systems Oy, 1994.
- [49] Hyvärinen, O. et al., 'Recovering Selenium from Copper Refinery Slimes', Journal of Metals, 1989.
- [52] Newman, C.J. et al., Kennecott Utah Copper Smelter Modernization, Kennecott Utah Copper Corporation, Magna, Utah, 1998.
- [54] Biswas, A.K. et al., 'Extractive Metallurgy of Copper', Pergamon Press, 1976.
- [55] Kojo, I.V. et al., Copper Production by Leaching - Solvent Extraction - Electrowinning, 1994.
- [56] Knuutila, K., Nickel electrolysis process, Outokumpu Harjavalta Metals Oy, Finland, 1997.
- [57] Knuutila, K. et al., 'New Nickel Process Increasing Production', Outokumpu Harjavalta Metals Oy, Finland, 1996.
- [58] Kojo, I.V. et al., 'Direct Outokumpu Nickel Flash Smelting Process (DON)', Outokumpu Engineering Contractors Oy, Finland, 1997.
- [62] Helle, L. et al., 'Copper production by flash-converting technology: process and equipment',

- Outokumpu Engineering Contractors Oy, Finland, 1994.
- [66] George, D.B. et al., 'Modernization of Kennecott Utah copper smelter', Copper 95 - International Conference, 1995.
- [72] Shibasaki, T. et al., Recent Operation at Naoshima with a larger Mitsubishi Furnace Line, Mitsubishi Materials Corp., Japan, 1993.
- [73] Theodore, L. et al., Air Pollution Control Equipment, ETS International, Inc (USA), 1992.
- [74] Startin, A., Solve your gas filtration problems, Cerafil (Ceramic Filter Elements), UK, English, 1998.
- [75] Nordheim, E., '(EEA) Minutes from IPPC BREF Notes - Aluminium Expert Group Meeting - Brussels 27 April 1998', Aluminium Expert Group Meeting, 1998, Brussels.
- [76] Soud, H.N, Particulate control handbook for coal-fired plants, IEA Coal Research, 1993. [77] Soud, H.N., 'Developments in particulate control for coal combustion', IEA Coal Research (UK), 1995.
- [81] NRW (D), NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Gießen in verlorenen Formen - Sandgußverfahren, 1997.
- [82] NRW (D), NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Gießen in Dauerformen - Druckgußverfahren, Ministerium NRW (D), 1997.
- [83] NRW (D), NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Schmelzen von Schwermetallen, Ministerium Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft, 1997. [88] Nordheim, E., Aluminium Expert Group Site Visits, EEA, 1998.
- [90] Traulsen, H., 'Plant Information - Copper Industry (Draft)', Copper Expert Group 1998, 1998.
- [91] OSPARCOM, BAT for the Preparation of Anodes in the Primary Aluminium Industry, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 1992.
- [92] Laine et al., 'The Support of the Nickel and Cobalt Section of the BREF Note', Ni Expert Group 1998, 1998.
- [93] García-Agocheaga, B., Zinc Recovery Processes, ASER (E), 1998. [94] Laine, L., NI Production, Outokumpu (SF), 1998.
- [96] Bontoux, L. et al., The Legal Definition of Waste and its Impact on Waste Management in Europe, IPTS, European Commission, 1997.
- [97] Lijftogt, J.A. et al, Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Aluminium, V.R.O.M. (NL), 1998.
- [98] Lijftogt, J.A. et al, Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Zinc, V.R.O.M. (NL), 1998.
- [99] Hähre, S., Report on BAT in German Zinc and Lead Production (Draft), University Karlsruhe DFIU (D), 1998.
- [102] Hasenpusch, W., 'Precious Metals', PM Expert Group - Degussa (D), 1998. [103] COM, 'Personal Discussions', Personal Communication, 1998.
- [104] Ullmann's Encyclopedia, 'Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry', , 1996.
- [106] Raffinot, P., Environmental Management of Nickel Production, United Nations Environment Programme, 1993.
- [110] Anthony, T., Nickel Processing Technology: A Review, Minerals Industry International, 1997.
- [111] Shunan Denko, Japan, High-Carbon Ferrochrome Smelting Process Cuts Electric Power Consumption, 1998.
- [112] Outokumpu Oy (SF), Outokumpu oy Ferrochrome Process Results in Energy Savings, Outokumpu Oy, 1998.
- [113] ALFED, Secondary Aluminium Refining and Remelting, 1998.
- [114] Eurometaux, Fabrication of Semi-Finished Products from Copper and Copper Alloys, Eurometaux, 1998.
- [115] ETSU (UK), Waste heat recovery from high temperature gas streams, ETSU (UK), 1996. [116] VDI , VDI (D) 3467 Emission Control - Production of Carbon and Electrographite Materials, 1998.
- [117] Krüger, J., Proposal for a BREF-note for Pb, Zn, Cd, Sb, University of Aachen for Eurometaux, 1999.
- [118] Laheyte, R. et al., Greenmelt: An Environmentally Sound Remelting Concept, Hoogovens (NL), 1998.
- [119] McLellan, Electromagnetic Pumping Improves the Efficiency of Melting Aluminium, ETSU, 1998.
- [120] McLellan, Electromagnetic Pumping of Aluminium; Audit of Fluxless Melting Technology at Calder Aluminium Ltd., Wellington, ETSU, 1998.
- [121] Rentz, O. et al., Report on BAT in German Copper Production (Final Draft), University Karlsruhe



- (DFIU), 1999.
- [122] ETSU, Oxy-Fuel Melting of Secondary Aluminium, ETSU, 1994.
- [123] Robson, T.G. et al., A Review of the Industrial Uses of Continuous Monitoring Systems: Metals Industry Processes, UK Environment Agency, 1998.
- [125] Euroalliages (B), Ferromolybdenum Notes, Euro Alliages (B), 1998.
- [126] Madelin, B. et al., 'Lead blast-furnace evolution: a new approach', EMC '91: Non-Ferrous Metallurgy, 1991.
- [127] Chadwick, J., 'Zaldivar Copper Mine', Mining Magazine, 1994.
- [128] Davies, N., Emissions from Carbon Fibre Production, UK Environment Agency, 1998. [130] Eurometaux, 'Eurometaux Copper Industry - Draft Report from IPPC BAT Copper Experts Group Meeting, Hamburg July 1998', IPPC BAT Copper Expert Group Meeting, 1998, Hamburg.
- [131] Nordheim, Aluminium BREF Note - Primary Aluminium Section on Spent Potlinings, European Aluminium Association, 1998.
- [134] Metallurgical Consulting Traulsen GmbH, 'Technologies Applied Outside the EU and New Technologies (draft 2nd version)', Eurometaux, Copper Expert Group, 1998. [135] Gershel, T., Copper and its Alloys, EMCI, 1998.
- [136] Fugleberg, S., Finnish Expert Report on BAT in Zinc Production, Finnish EPA, 1999.
- [137] Riekkola-Vanhanen, M., Finnish Expert Report on BAT in Copper Production and By- Production of Precious Metals, Finnish EPA, 1999.
- [138] Niemelä, P., Finnish Expert Report on BAT in Ferrochromium Production, Finnish EPA, 1999.
- [139] Riekkola-Vanhanen, M., Finnish Expert Report on BAT in Nickel Production, Finnish EPA, 1999.
- [140] Ferro-Alloy Expert Group, BAT for Ferro-Alloy-Production, Euroalliages (B), 1998.
- [141] Elkem Asa, 'Company Profile Including Development in Stack Emission Filtration Technology', 8th International Ferroalloys Congress, 1998, Beijing; China.
- [142] Boin, U. et al., Stand der Technik in der Sekundäraluminiumerzeugung im Hinblick auf die IPPC-Richtlinie, UBA (A), 1998.
- [145] Dalrymple, I., Setting New Standards of Performance and Economy for Effluent Treatment and Heavy an Precious Metal Recovery, EA Technology ltd. Chester (UK), 1999.
- [146] Kemmer, The Nalco Water Handbook (2nd edition), McGraw-Hill, 1988.
- [148] Kolbeinsen, L. et al., Energy Recovery in the Norwegian Ferro Alloy Industry, INFACON (N), 1995.
- [149] Schei, A, et al., Production of High Silicon Alloys, Tapir Forlag, Trondheim (N), 1998. [150] J.A. Davis, W.R. Hopkins, 'Recent developments in electrometallurgical tank house environmental control', 1994, pp. 86-94.
- [154] Lindstad, T. et al., '10th International Ferro-Alloys Conference', 10th International Ferro- Alloys Conference, 1994, SINTEF, Trondheim (N).
- [156] VDI, (D) 3478 Part1 and Part2 (Draft 2008-04) Biological Waste Gas Purification – 1 Bioscrubbers and 2 Trickle Bed Reactors, 2008.
- [157] Winter, B. et al., Stand der Technik in der Sekundärkupfererzeugung im Hinblick auf die IPPC-Richtlinie, UBA (A), 1999.
- [158] Petersen, K., Determination of specific emission values (BAT), Umweltbehörde, Hamburg (D), 1999.
- [159] Coulton, G., IPPC BREF Notes- Refractory Metals (Chromium) and Ferro Alloys (Ferro Titanium), London & Scandinavian Metallurgical Co. Ltd., 1999.
- [160] Steudtner, Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen im Rahmen des Projektes RWO an den Dachreitern der Konverterhalle sowie des Nebenhaubenfilters (Esse 48) in der Rohhütte Werk Ost bei der Firma Norddeutsche Affinerie Hamburg, TÜV Ecoplan, Umwelt GmbH, Mönchengladbach (D), 1998.
- [161] Bobeth, A., 'Precious Metals', Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1999. [165] Neuhaus, W., 'Enforcement Programme Concerning Avoidance and Recycling of Waste at non-ferrous Metal Smelting Plants and Foundries in North-Rhine Westphalia', Global Symposium on Recycling, Waste Treatment, etc., 1999.
- [166] Clark, J.H., Chemistry of Waste Minimization, Blackie Academic & Professional, 1995. [168] Steil, H.U. et al., 'Personal Communication', Personal Communication, 1999.
- [178] UBA (A), Emissionserklärung Treibacher Chemische Werke, UBA (A), 1998. [183] ABB, Information on Systems for Pollution Control, ABB (S), 1999.
- [184] Elkem, Energy recovery from hot gas in ferroalloy and silicon industry, Elkem (N), 1999. [189] VDI, VDI 3478 Part 2 Electrostatic Precipitators - Process and Waste Gas Treatment, Lurgi GmbH,

- 1998.
- [194] Mezger, G., German Aluminium Expert Group, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 1999.
- [195] Lurgi, A.G. et al., Cleaning of Process and Waste Gases, Lurgi AG, 1991. [196] Finkeldei, L., 'Personal Discussions', Personal Communication, 1999.
- [197] Kantola, E., Dust emissions from closed electric arc furnaces for ferro-chrome production, Lapin Ympäristökeskus, 1999.
- [198] Velten, Primary Smelter, Converter Secondary Hood System, Norddeutsche Affinerie, 1999.
- [199] EnviroSense, 'Closed Ferro-Alloy Furnace with Dry Removal', EnviroSense, 1995.
- [202] Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente, Metalurgia no Férrea, Tecnología y Gestión de la Innovación S.A., 1999, p. Epígrafes 2.5.a, 2.5b.
- [206] Traulsen, H., Information on the Copper Industry Section 6 and 7, Eurometaux Copper Industry Expert Group, 1999.
- [210] Greek State, Olympias Project, TVX-Hellas: Greek Directorate for the Environment, 1999.
- [211] VDI, VDI 2442 Waste gas cleaning - methods of Thermal Waste Gas Cleaning, VDI (D), 2003.
- [212] VDI, VDI 2443 Waste-gas purification by oxidative scrubbing, VDI (D), 1995.
- [213] VDI, VDI 3674 Waste gas cleaning by adsorption - Process gas and waste gas cleaning, VDI (D), 1998.
- [214] VDI, VDI 3476 Part 1 Waste gas cleaning Methods of Catalytic Waste Gas Cleaning - Fundamentals, VDI (D), 2005.
- [215] VDI, VDI (D) 3677 Part 1 Filtering separators - Surface filters, VDI (D), 1997. [216] VDI, VDI (D) 1 3679 part Wet separators for particle collection, VDI (D), 1998.
- [217] VDI, VDI (D) 3927 Part 1 and Part 2 Waste gas cleaning 1) Removal of sulphur oxides, nitrogen oxides and halide from combustion flue gases 2) Removal of inorganic and organic trace species from combustion flue gases, VDI (D), 2004.
- [218] VDI, VDI (D) 3460 Emission Control - Thermal treatment of waste, VDI (D), 2002. [219] VDI, VDI (D) 2102 Emission Control 1) Secondary copper smelting and refining plants 2) Copper and copper alloy melting plants, VDI (D), 2007.
- [226] Nordic Report, A Nordic contribution concerning the revision of the IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, 2008. [227] IZA Report, BREF Ch1 for zinc, 2008.
- [228] COM, F Farrell Mission in BE - Visits to Belgium, 2007.
- [229] IZA plant data, Q/A - Aggregated data on local emissions & exposure, 2008. [230] COM, FF Mission report 2007 for Poland, 2007.
- [231] COM, Mission of Frank Farrell to Belgium and Germany 27 to 31 August, 2007.
- [232] COM, Spanish Mission - Mission to Aluminium, Copper and Zinc installations in Spain, 4 to 8 February, 2008.
- [233] COM, Farrell Nordic Mission - Mission to Norway, Sweden and Finland June, 2008. [234] UBA (D), UBA Copper, lead, zinc and aluminium. Abschlussbericht. Teil 1, 2, 3 and 4. Kupfer, etc., 2007.
- [237] UBA (A), Austria M168 Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten Monographien, M-168, Wien,, 2004.
- [238] ECI, ECI Copper Installations - Copper Smelters and Refineries in the EU, 2012. [239] ENIA, ENIA Input, 2008.
- [240] Nyrstar Budel, NI Input on Zn production Installation for the production of Zinc by hydrometallurgical route, 2008.
- [241] Infomil, Netherlands SOX paper. Comparison of Cost effectiveness of SO2 reduction emissions measures of aluminium smelters, 2008.
- [242] Infomil, NI Anode Input - Regenerative thermal oxidation (RTO) for a standalone installation for the production of anodes, 2008.
- [243] France, French comments on MnFe alloys, 2008. [244] France, French comments on SiMn, 2008.
- [245] France, French Report on De-commissioning, 2008. [246] France, French Report on SDHL process, 2008.
- [247] France, New possible uses of Red Mud, French Report, 2008.
- [248] UBA (A), UBA Austria report Rep-0223. Medienübergreifende Umweltkontrolle in

- ausgewählten Gebieten. Reutte/Breitenwang, 2009", 2009.
- [249] Austria, Brixlegg, Montanwerke\_Brixlegg AG\_UBA\_0208, 2007.
- [253] Eurometaux, Sulphuric Acid Plants in the European NFM Industry, 2008.
- [254] VDI , VDI (D) 2597 Emission control - Plants for the production of lead and lead alloys, 2004.
- [255] VDI, VDI (D) 2576: 2010-01 Emission Control - Carbothermic and Metallothermic Production of Ferro-Alloys and Silicon Metal, 2010. [256] Winter, Plant visit report AMAG 20071114.doc, 2007. [257] Paul Wurth, 'Primus process', 2008.
- [258] Finland input, Weak Acid Treatment, 2007.
- [260] Nyberg et al., Recent process improvements in the Kokkola Zn-Roaster - Outokumpu, 2000.
- [261] Nyman et al., Outokumpu ref - The OutoCompact SX Approach to Copper Solvent Extraction, 2002.
- [264] Seyer, Chen, Jarofix - Iron Residues in the Zinc Industry, 1999.
- [265] AJ Rigby et al, Porous Pluges in Molten Copper Production and Refining, 1999. [266] Italy , Italy Report on Desulphurisation, 2008.
- [267] BEFESA, BEFESA Comments on Salt Slag, 2008.
- [268] Belgium, Conditions Relating to Composition for Use in or as a Building Material, 2008. [269] Broom, Port Talbot pm10s : A Study into Industrial Source identification, Reduction and Improvement. David Mark Perryman Broom, 2005.
- [272] Al input, European Aluminium Association Input to Revision , 2008.
- [274] COM, Farrell Mission in Germany and Netherlands, September 2008, 2008. [276] Schmitt G. , French PCDD/F Report, G. Schmitt, 2008.
- [277] Heino, Heino - Industrial Ecology - Finland Paper on Industrial ecology, 2004.
- [278] Hunsiger et al, Reduction of Dioxin Formation by the Sulphur Cycle in MSW Incinerator, 2007.
- [282] KGHM, Example PM Plant Precious Metals Plant in KGHM Polska Miedź S.A., 2008. [283] Lahtinen et al, Zinc Concentrate Leaching, 2004.
- [284] Riekkola et al., Talvivaara bioheapleaching June, 2008.
- [286] OSPAR, OSPAR Rec 98/2, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 1998. [288] UK, Decommissioning Guide, 2002.
- [289] USEPA , USEPA Method 1311 and 1312, 2008.
- [290] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Emissions from Storage (EFS BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2006.
- [291] COM, Competitive Report - Competitive Study Non-Ferrous Metals Final report.doc, 2001.
- [292] Kojo et al., Copper production with FSF and FCF, TMS, 2006.
- [293] COM, JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED installations (ROM REF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2017.
- [294] ITRI , Tin for tomorrow New sources for new applications, 2012.
- [295] Gaver C. Jr , 'TIN AND TIN ALLOYS - Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology', 2013.
- [296] EAA, OEA, EAA and OEA proposal for the review of Chapter 4, 2012.
- [297] Schlesinger. et al., 'Extractive metallurgy of Copper, Fifth Edition', , 2011, pp. 435 - 438. [298] Mensink , RDM paper 2005 - Source Analysis and Emission Abatement Measures for PM10 Hot Spot Regions in Flanders, 2005.
- [299] COM, TWG KOM Report, 2007.
- [301] MERAG, MERAG Guidance - Metals Environmental Risk Assessment Guidance, 2007. [303] ENVIRONNEMENT CANADA, Canadian Al Rapport final in French.pdf - Aperçu des émissions de particules et évaluation de la performance et de la faisabilité des technologies de prévention et de contrôle des émissions de dioxyde de soufre pour l'industrie primaire de l'aluminium, 2008. [304] KGHM, KGHM Lead Report, 2009.
- [305] Ausmelt, Ausmelt Lead and Copper Processes and plant list, 2009.
- [306] COM, Environment Dioxins Report - Preparatory work for new dioxin measurement requirements for the European metal industry Final Report, 2007.
- [307] Austria, Austria BE277, Austrian Report on Dust, 2006.
- [308] Haavanlammi, Hydrocopper for treating variable concentrates, 2007. [309] Pekkala, Performance Highlights of a Modern VSF SX Plant, 2007.
- [310] Makinen T., Taskinen P., The State of the Art in Nickel Smelting: Direct Outokumpu Nickel Technology, 2006.
- [311] Mauschitz, Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie, 2007.
- [312] VDI, VDI 2286 Part 1 and 2 Emission control in Aluminium Smelting Plants, VDI, 2008. [313]

- UBA (D) , UBA DE Sulphur dioxide conversion, 2009.
- [314] UBA (D), UBA DE Sulphur dioxide volume reduction data, 2009.
- [315] Okopol , Okopol Report - Assessment of the application and possible development of community legislation for the control of waste incineration and co-incineration, 2007.
- [316] Wedde et al., 'Experiences with High performance Dry and Wet Scrubbing Systems for Potlines (Dry and Wet Scrubbing)', 2004.
- [317] UBA (D), Requirements on the measurement of air pollutants with relevance within the scope of the BREF NFM, 2009.
- [318] Hagen et al., 'Results of operating an RTO based Fume treatment system from Baking Furnaces (Fume treatment from Baking Furnaces).', 2007.
- [319] Boonstra, 'Biotechnology for Sustainable Hydrometallurgy', 2003.
- [320] Huisman, 'Biologically produced Sulphide for Purification of Process streams, effluent treatment and recovery of metals', 2004.
- [321] Weijma, 'Solutions in Practice for Removal of Selenium and Molybdenum', 2007.
- [322] CEN , Fugitive Dust emission rate estimates by Reverse Dispersion Modelling (15445), 2008.
- [323] VDI , 4285 part 1 and 2 - Determination of Diffuse Emissions by Measurements Part 1 - Basic Concepts Part 2 - Industrial Halls, 2008.
- [324] VDI 3790 part 3, Emission of gases, odours and dusts from diffuse sources - Storage, transshipment and transport of Bulk Materials, 2008.
- [325] Austria, Austrian RTO for secondary lead smelter, 2009.
- [326] Daum et al., 'High Concentrated SO<sub>2</sub> - How to process these gases', EMC 2005, 2005. [327] Gnoinski et al., 'Highlights and hurdles in Zinc production by solvent extraction', ISEC 2008, 2008.
- [328] Winter B., et al., Cross-Media - Environmental Control In Selected Area. Emissions from Refractory Metal Production, 2009.
- [329] Magnus and Olsson, Recent Developments on the Peirce-Smith Converting Process at the Rönnskär Smelter, 2007.
- [330] Petola H. et al., Patent for mercury removal , 1985.
- [331] Chmielarz A. et al., FGD process for NFM and Site Visits by FF, 2009.
- [332] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities (MTWR BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2009.
- [333] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Energy Efficiency (ENE BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2009.
- [335] VMM, Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest, 2011.
- [336] COM, Reference Document on Economics and Cross-Media Effects (ECM REF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2006.
- [337] K. Aasly, Properties and behaviour of quartz for the silicon process, Norwegian University of Science and Technology, 2008.
- [339] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids, Fertilisers (LVIC-AAF BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2007.
- [340] ILA, ILA comments on D3, 2013.
- [341] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Waste Treatments Industries (WT BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2006.
- [342] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Industrial Cooling Systems (ICS BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2001.
- [344] Outotec, 'Outotec cost estimation for acid plant retrofitting', Personal Communication, 2010.
- [345] UBA (D), Data from UBA DE from the comments on the first and second drafts (Additional Data from UBA DE), 2009.
- [346] Eurometaux, Techniques and emission data from treating low-strength SO<sub>2</sub> gases (SO<sub>2</sub> low strength treatment - emission data), 2010.
- [347] Alcoa, SO<sub>2</sub> Emissions ALCOA Europe, 2010.
- [348] Solios, 'Correspondence from Fives Solios to the French Ministry (French input for Aluminium)', Personal Communication, 2010.
- [350] Heegaard, Arc Fume process - The plasma arc fuming process for external recovery of EAF dust,

- 2009.
- [351] COM, Mission to Poland 2009, 2009. [355] NERC, 'Ocean Acidification', 2010.
- [356] ENIA, ENIA emission data for the nickel industry, 2008.
- [357] VDI , VDI 2286 Part 1 - Emission control in Aluminium Reduction Plants, VDI/DIN, 1998.
- [358] CLC, Solvent extraction in Cobre las Cruces hydrometallurgical process, 2012. [359] Tsakiridis, 'Aluminium salt slag characterization and utilization – A review', 2012. [360] Germany, Germany comments on D3, 2013.
- [361] Spain, Spain comments on D3, 2013.
- [363] Brown et al., European Mineral Statistics 2007-11, 2013.
- [364] Metallo-Chimique, Comparison between lead and tin vapour pressures, 2014. [365] Karuppanan et al., 'Analyzing of Soderberg Cell Technology Performance and Possibilities', 2002.
- [366] International Aluminium Institute, Results of the 2012 Anode Effect Survey , 2013.
- [367] Authier-Martin et al., 'The Mineralogy of Bauxite for Producing Smelter-Grade Alumina', 2001.
- [368] Haberl A. et al., 'Dry and wet Scrubbers for High-Amperage Pots: Some recent developments', 2002.
- [369] Treibacher Industries AG, Reporting data for Non Ferrous Metals Industies BREF Ferro- alloy Plant and premelt plant, 2008.
- [370] France, French comments on NFM D2, 2009.
- [371] Pekka et al., 'Formation, characteristics and utilisation of CO-gas formed in ferro- chromium smelting', 2014.
- [372] BMG Metall und Recycling GmbH, Aktualisierte Umwelterklärung 2010/9/7, 2010.
- [373] Grådahl et al., 'Reduction of emissions from ferro-alloy furnaces', Infacon XI, 2007, pp. 479-488.
- [374] COM, Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Non-ferrous Metals Industries (NFM BREF), European Commission, JRC IPTS EIPPCB, 2001.
- [375] Mannweiler et al., 'An anode plant in urban areas: Fiction or reality?', ARABAL, 2006, Sharm El-Sheikh, April 2006.
- [376] Regain, Aluminium Smelters as a Source of Fuel & Mineralizing Materials, 2011. [377] ILA, ILA comments on D3, 2013.
- [378] Industrial NGOs, NFM data collection, 2012. [379] Sweden, Sweden comments on D3, 2013.
- [380] European Aluminium Association, EAA sustainability report, 2012. [381] ECGA, ECGA proposal for the review of NFM BREF, 2012.
- [382] Holding, 'Copper worldwide July/August 2012, Metallic Media Ltd ISSN 2046-9438', 2012.
- [383] Copper subgroup, Copper subgroup proposal for techniques to consider in the determination of BAT section, 2012.
- [384] Italy, Italian comments on D3, 2013.
- [385] Germany, German plants emissions data, 2012.
- [386] EAA, EAA proposal based on B. E. Raahaughe, F L Smidth Metal Bulletin, Alumina and Bauxite Conference, March 2011, 2012.
- [387] EAA, Bauxite Residue Management: Best Practice, 2013.
- [388] Finland, Finland Comments on D3 - based on Klett C, Missalla M, Bligh R, Improvement of product quality in circulating fluidized bed calcination, Light Metals 2010 TMS , 2013.
- [389] EAA, EAA proposal based on D. Thomas "Heat transfer in the Bayer process", Light Metals 2010, TMS, pg 161 - 166, 2012. [390] France, France plants emissions data, 2012.
- [391] The Netherlands, The Netherlands plants emissions data , 2012. [392] UK, The United Kingdom plants emissions data, 2013.
- [393] Austria, Austria plants emissions data, 2012.
- [394] Schmitz, Handbook of aluminium recycling, 2006. [395] France, France comments on D3, 2013.
- [396] Italy, Italy plants emissions data, 2012.
- [397] ILA, ILA proposal for the revision of Chapter 5, 2012. [399] IZA, IZA proposal for the revision of Chapter 6, 2012. [400] IZA, IZA comment on D3, 2013.
- [401] Houten et al., 'Long-term performance and microbial community analysis of a full-scale synthesis gas fed reactor treating sulfate- and zinc-rich wastewater', 2009.
- [402] Buisman et al., 'BIOLOGICAL SULFIDE PRODUCTION FOR METALRECOVERY', 1999.
- [403] EPMF, EPMF plants emissions data, 2008.
- [404] EPMF, EPMF proposal for the revision of Chapter 7, 2012.
- [405] Euroalliages, Euroalliages proposal for the revision of Chapter 9 , 2012. [406] Greece, Greece comments on D3, 2013.
- [407] Euroalliages, Euroalliages comments on D3 , 2013.
- [408] Kadkhodabeigi M., Modelling of Tapping Processes in Submerged Arc Furnaces - Norwegian

- University of Technology NTNU, 2011.
- [409] Finland, Finland comments on D3, 2013.
- [410] Mäkinen et al., 'Outokumpu's technologies for efficient and environmentally sound nickel production, COM 2005 Canada', 2005.
- [411] Taskinen et al., 'Oxygen pressure in the Outokumpu flash smelting furnace- Part 2: the DON process, Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section C 110 (May-August 2001) C101-C108', 2001.
- [412] Norwegian Environment Agency , <http://www.norskeutslipp.no> open database maintained by Norwegian Environmental Authorities that contains all emission data reported to authorities for Xstrata Nikkelverk AS from 2002 and onwards , 2012.
- [413] Warner et al., 'JOM World Nonferrous Smelter Survey Part IV: Nickel: Sulphide, JOM April 2007', 2007.
- [414] Peek et al., 'Technical and Business Considerations of Cobalt Hydrometallurgy, Journal of Metals, Vol 61, No. 10, 2009, pp. 43-52', , 2009.
- [415] Nickel Institute, Nickel Institute comments on D3 , 2013. [416] UK, The United Kingdom comments on D3 , 2013.
- [417] IAF, International Accreditation Forum website , 2010.
- [420] EC, 'Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco- management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC', Official Journal of the European Union, Vol. L 342, 22.12.2009, 2009, pp. 1-45.
- [424] Asturiana de Zinc, Photo of landscape restoration ongoing with Jarofix, 2014. [426] GFMS, World Silver Survey 2012 A Summary, 2012.
- [428] COM, Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry, 2005.
- [429] Eurometaux, 'Updated figure of the NFM sector', Personal Communication, 2016.
- [430] CEN, EN ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use, 2015.