



**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI**
ÇEVRE YÖNETİMİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI

SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen ve ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen “ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN SEKTÖREL YÖNETİMİ KAPSAMINDA ATIK ÜRETİM FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ VE SEKTÖR KILAVUZLARININ HAZIRLANMASI” projesi kapsamında hazırlanmıştır.

ODTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü
2016, Ankara

Proje Yöneticisi:
Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Atık Akü Geri Kazanımı Sektörü Grubu
Prof. Dr. Kahraman Ünlü
Çevre Müh. Cansu Demir
Çevre Müh. Sarp Çelebi

Proje Ekibi:
Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü
Y.Doç. Dr. Derya Dursun Balcı, Y.Doç. Dr.Evrım Çelik
Çevre Y. Müh. Mert Erkanlı, Çevre Y. Müh. Elif Küçük, Çevre Y. Müh. Tolga Pilevneli
Çevre Müh. Ecem Bahçelioğlu, Çevre Müh. Sarp Çelebi, Çevre Müh. Dilara Danacı, Çevre Müh. Cansu Demir, Çevre Müh. Kumru Kocaman, Çevre Müh. Pelin Yılmaz, Çevre Müh. Özge Yücel, Çevre Müh. Ruken D. Zaf
Danışman: Prof. Dr. Tanju Karanfil, Clemson University, Environmental Engineering and Earth Sciences Department, A.B.D.

İÇİNDEKİLER

1.0 GİRİŞ	5
2.0 ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜ	7
3.0 ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER ..	9
3.1 ÖN İŞLEMLER.....	10
3.2 ERGİTME İŞLEMLERİ	12
3.3 HİDROMETALURJİK ERGİTME ALTERNATİFİ.....	16
3.4 RAFİNASYON VE DÖKÜM İŞLEMLERİ	20
3.5 BACA GAZI ARITIM İŞLEMLERİ	21
4.0 ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR	23
4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI	23
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI	32
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDERGENMESİ.....	35
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI	41
7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR	57

1.0. GİRİŞ

Sektörel Atık Yönetimi Kılavuzları dizisi, sanayi kaynaklı atıkların tanımlanması, doğru şekilde sınıflandırılması, atıkların önlenmesi/azaltılması ve uygun şekillerde geri kazanımı/bertarafı için öncelikle, atık üreticilerine ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) teşkilatına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmaktadır. İlk dizisi, “LIFE06 TCY/TR/000292 HAWAMAN – Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi”, ikinci dizisi “TÜBİTAK-KAMAG, 107G126, Türkiye’de Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı İle Uyumlu Tehlikeli Atık Yönetimi” projesi kapsamında hazırlanan sektörel kılavuzlarla;

- Atık üreticileri tarafından ÇŞB’ye yapılan beyanların kalitesinin artırılması
- Yapılan beyanların ÇŞB tarafından kontrolünün kolaylaştırılması
- Önleme/azaltma ve geri kazanım yoluyla ürettikleri atık miktarını düşürmek isteyen atık üreticilerine yol gösterilmesi
- Atıklara en uygun bertaraf yönteminin seçiminde hem atık üreticilerine hem de İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüklerine destek verilmesi

hedeflenmektedir.

ÇŞB tarafından desteklenen ve 2016 yılında gerçekleştirilen “Endüstriyel Atıkların Sektörel Yönetimi Kapsamında Atık Üretim Faktörlerinin Belirlenmesi ve Sektör Kılavuzlarının Hazırlanması” başlıklı proje kapsamında, üçüncü dizi olarak aşağıda sıralanan sektörler için Sektörel Atık Yönetimi Kılavuzları hazırlanmıştır:

- Boya üretimi
- Deri sektörü

- Boyama-vernikleme
- Galvaniz kaplama
- Tekstil ve hazır giyim sektörü
- Ağaç, ağaç ürünleri ve mobilya imalatı sektörü
- Petrol rafinasyonu
- Petrokimya
- Termik santraller
- Birincil/ikincil alüminyum üretimi
- Akü geri kazanımı

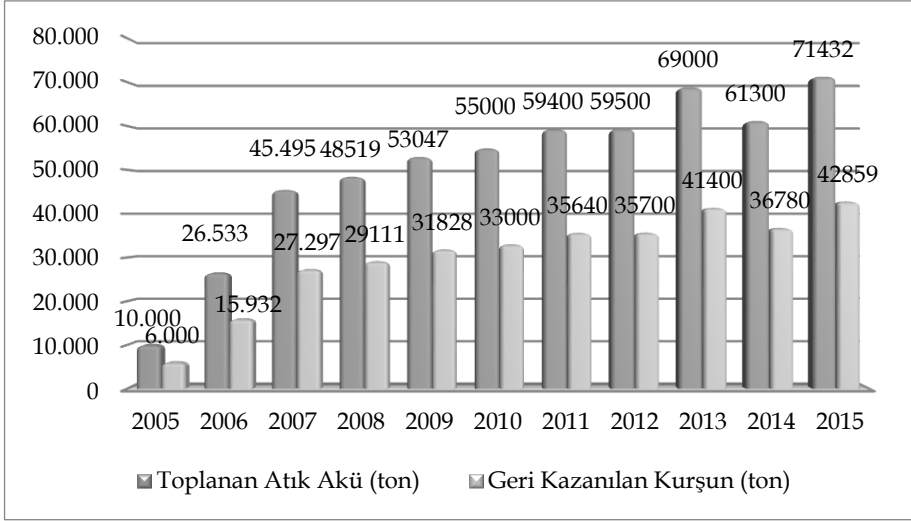
NACE Rev.2 Ekonomik Faaliyet Sınıflaması sistemine göre “38.32 – tasnif edilmiş materyallerin geri kazanımı” ve “24.43 – kurşun, çinko ve kalay üretimi” kategorileri altında değerlendirilen atık akü geri kazanımı sektörünü ele alan bu kılavuz kapsamında; öncelikle, sektörde uygulanan olan süreçler ele alınmış, daha sonra bu süreçlerde atık üretimine neden olan noktalar belirlenmiş ve bu atıkların sınıflandırılmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Ardından, atık akü geri kazanımı sektöründe uygulanabilecek atıkların önlenmesi ve azaltılması uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak, atıkların önlenemediği ya da azaltılamadığı durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir.

2.0. ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜ

Ülkemizde, 2014 yılı itibariyle, akümülatör üretimi 11 ayrı işletmede 9 milyon adet ürün ve 1 milyar TL'nin üzerinde satış hacmi ile gerçekleşmektedir [1]. Bu sayılar hem yurtiçi hem de yurtdışı pazarı kapsamaktadır. Türkiye için dış akümülatör pazarında en önemli alanlar Ortadoğu ile Doğu Avrupa'dır [2]. Dış ticaretin payı düştüğü takdirde bile, bu hacimdeki bir sektör, ciddi miktarda atık akünün üretilmesine sebep olacaktır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden yapılabilecek bir diğer çıkarım ise, 2014 yılında iç ve dış piyasaya sürülen akümülatörlerin toplam kütlelerinin 135 bin ton civarında olduğudur [1]. Akümülatör ve Geri Kazanım Sanayicileri Derneği'nin (AKÜDER) verilerine bakıldığında üretilen akülerin yaklaşık %25'inin ihraç edildiği görülebilir [3]. Bu bilgilere göre yaklaşık 100 bin ton akümülatörün yurtiçinde pazarlandığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü (APAK) Yönetmeliği'ne göre piyasaya sürülen tüm akülerin, hurda haline gelmeleri durumunda, lisanslı depolama alanlarında depolanması ve geri kazanımlarının yine LİSANSLI TESİSLERDE yapılması gerekmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre ülkemizde 2016 yılı Haziran ayı itibarıyla 16 adet lisanslı akümülatör geri kazanım tesisi bulunmaktadır. Ülkemizde 2012 yılı içerisinde 59,5 bin ton atık akü toplanmış, toplanan akülerden 35,7 bin ton kurşun geri kazanılmıştır [4]. 2013 yılında ise toplanan akü miktarı 64 bin ton civarına yükselmiştir [4]. Bu sayı, daha önceden belirtildiği üzere yurtiçi pazarda dolaşıma giren 100 bin ton aküye kıyasla düşük gibi görünse de toplanan atık akülerin sayısının seneden seneye artış gösterdiği ve en son 2015 yılında 71,4 bin tona yükseldiği görülmektedir (**Şekil 1**).



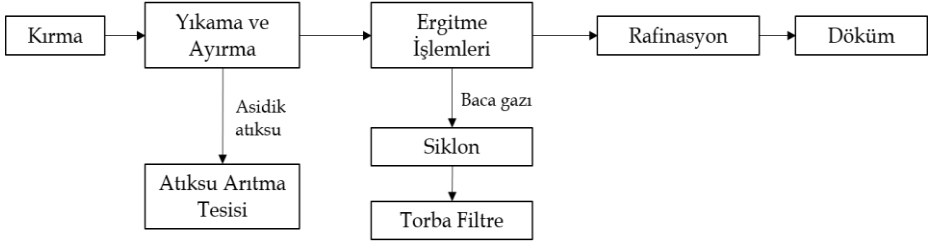
Şekil 1. Atık akü toplama ve geri kazanım miktarları [4]

Şekil 1’de görüldüğü üzere toplanan atık akü miktarları ile bunlardan geri kazanılan kurşun miktarları arasında sabit sayılabilecek bir oran vardır. Bu oran her yıl için ayrı ayrı hesaplandığı takdirde ortalama %60 civarında gözükmektedir. Geri kazanım süreçleri tam verimle çalıştığı takdirde bu oran, akülerin ne miktarda kurşun içerdiğine bağlı olarak değişecektir. Avrupa Komisyonu’nun Demir Dışı Metal Sanayileri için hazırladığı MET (Mevcut En İyi Teknikler) referans dokümanında bir aküdeki kurşun miktarının kütlece %60 ila 75 arasında olduğu belirtilmektedir [5]. Bu açıdan bakıldığında Türkiye’deki atık akü geri kazanım sektörünün iyi bir verimle çalışmakta olduğu değerlendirilmektedir.

3.0. ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Atık akü geri kazanımı sektöründe genellikle birbirini izleyen üç ayrı süreç bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla; ön işlemler, ergitme işlemleri, rafinasyon ve döküm işlemleridir. Bu süreçler ve bunların alt süreçleri sonraki bölümlerde detaylı olarak anlatılmaktadır. Süreçlerin akış şeması için

Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Atık akü geri kazanımındaki süreçlerin akış şeması

APAK Yönetmeliği 19. Maddesi, atık akümülatör geri kazanım ve geçici depolama tesislerinin sahip olması gereken nitelikleri tanımlamakta; tesislerde atık akümülatör kabul ünitesi, atık akümülatör proses sahası ve diğer çalışma bölümleri bulunmasını, araçlarının giriş çıkışına uygun olmasını, tesis alanında zemin geçirimsizliğinin sağlanmasını, duvarların aside karşı dayanıklı malzeme ile kaplanmasını, akülerden sızmanın engellenmesini ve asitler için asit nötralizasyon ünitesi ve deşarj izni alınmış arıtma üniteleri bulunmasını gerektirmektedir.

3.1. Ön İşlemler

Genellikle fiziksel prensipler üzerine kurulu kırma, yıkama ve ayırma işlemlerini içermektedir. Bu işlemler akış şemasında birbirini takip eden işlemlerdir. Ön işlemlerin temel amacı atık aküyü metal, oksit, sülfatlı ve organik bileşenler şeklinde temel bileşenlerine ayırmaktır. Bir aküyü oluşturan tipik bileşenlerin oransal dağılımları **Tablo 1**'de sunulmuştur.

Tablo 1. Kurşun-asit akülerinin tipik bileşenleri [5]

Bileşen	Kütlesel %
Kurşun-antimuan alaşımı bileşenler (plakalar, kutuplar vb.)	25-30
Elektrot pastası	35-45
Sülfürik asit	10-15
Polipropilen	4-8
Diğer plastikler (PVC, PE vb.)	2-7
Ebonit	1-3
Diğer (ör. cam vb.)	< 0,5

Kırma

Fiziksel kuvvet uygulamaya dayalı kırma işlemi tesisten tesise farklı şekillerde yapılabilmektedir. Buna rağmen, birçok akü geri kazanım tesisinde, aküler bütün halinde kırma işlemine tabi tutulmaktadır.

Bazı tesislerde ise öncelikle akülerin kapakları kesilerek içlerindeki kurşundan yapılmış plakalar alınmaktadır [6]. Bu şekilde, plakalar oksitler gibi diğer bileşenlerden ayrı olarak ergitilerek, karışık olarak ergitmeye kıyasla çok daha yüksek bir ekonomik verimle kurşun geri kazanımı sağlanabilmektedir. Zira, oksitlerden kurşun elde edilmesi

için çok daha yüksek sıcaklıklara ve cüruf yapıcı ilave maddelere (flaks) gerek duyulmaktadır.

Kırma işlemi için, aküler bütün olarak veya içerisindeki plakalar alındıktan sonra çekiçli değirmenlere iletilmektedir. Burada geri kalan elektrot pastası, tüm plastik parçalar, sülfürik asit, ebonit vd. bileşenler ezilerek daha küçük parçalara ayrılmakta ve birbirleriyle karışarak sonraki adıma hazır hale getirilmektedir.

Alternatif bir yöntem, akünün bütün olarak çekiçli değirmenden geçirilmesidir. Bunun sonucunda ortaya çıkan karışım da sonraki adımda bileşenlerine ayrılmaktadır.

Yıkama ve Ayrılma

Bu aşamada gerçekleştirilen işlem, temel olarak yoğunluk farkından yararlanılarak suyla yıkama işlemidir. Bu işlemde, ufalanmış akü parçaları suya daldırılarak üzerlerindeki sülfürik asit ve diğer safsızlıklardan büyük ölçüde arındırılmaktadır.

Kırma evresinde ayrı toplanan kurşun plakalar da, üzerlerindeki sülfürik asitin uzaklaştırılabilmesi için bir defa yıkanabilmektedir. Sülfürik asidin eritmeye girecek malzemelerden temizlenmesi özel önem taşımaktadır; çünkü, bu işlemin yapılmaması, eritme fırınında zararlı kükürtlü gazların oluşmasına sebep olmaktadır.

Suyla yıkama işlemi esnasında her türlü plastik parçalar yüzeyde toplanırken, içeriği **Tablo 2'**de verilen elektrot pastası, kurşun plaka parçaları gibi metal, metal alaşımı veya metal bileşiği bileşenler dipte birikmektedir. Sonrasında yüzeyde de dipte de biriken bileşenleri ayırmak için bir dizi ızgara ve filtre yardımıyla üç ayrı hat oluşturulmaktadır.

Birinci hat, yüzeyde biriken materyallerden oluşan ve içinde bulunan polipropilenin büyük ölçüde geri kazanılabildiği plastik malzemeyi içermektedir. İkinci hat, dipte biriken materyallerden oluşan ve içerisinde bulunan metalik kurşun ve kurşun oksitlerin geri kazanılabildiği kurşun içerikli malzemeyi içermektedir. Üçüncü hat ise,

bunların dışında kalan atık proses suyunu içermektedir ki bu atıksu, seyreltik bir sülfürik asit çözeltilisidir. Bu haliyle geri kullanılabilceği özel bir sanayi kuruluşu olmadığı takdirde, bu asidik atıksular, nötralizasyon sonrasında alıcı ortama deşarj edilecek kaliteye getirilebilmektedir. Deşarja alternatif olarak; arıtılan atıksu, tesis içerisinde aynı proseste tekrar tekrar kullanılabilir.

Tablo 2. Kurşun-asit akülerin tipik elektrot pastası bileşimi [7]

Bileşen	Yaklaşık kütleli %
PbSO ₄	60
PbO ₂	28
PbO	9
Metalik kurşun	3

3.2. Ergitme İşlemleri

Burada kurşun plakaları, kurşun sülfat/oksit, kurşun külçeler özel tasarlanmış ocaklarda 900-1200°C’da ergitmeye tabi tutulurlar.

Ergitme işlemleri genelde kesikli süreçler olup, bu işlemler için çeşitli avantajları ve dezavantajları olan farklı ergitme fırınları kullanılabilir. **Tablo 3**’te akü geri kazanımı için kullanılmakta olan fırın tipleri verilmektedir. Ergitme, fırınlarda yapılabildiği gibi, hidrometalurjik ergitme yöntemi ile de gerçekleştirilebilir (Bölüm 3.4).

Tablo 3. Ergitme fırınları ([5]'ten adapte edilmiştir.)

Fırın tipi	Kullanılan kurşun türü	Açıklamalar
Reverber fırın	Hurda veya diğer ikincil malzemeler	
Yüksek fırın	Konsantreler, birçok ikincil malzeme	
Döner fırın	Hurda veya diğer ikincil malzemeler	Oksitlenme ve substratla reaksiyon
ISA Smelt fırını	Ara bileşikler, konsantreler ve ikincil malzemeler	
QSL fırını	Konsantreler ve ikincil malzemeler	
Kivcet fırını	Konsantreler ve ikincil malzemeler	
Mini Smelter fırını	Hurda	

Aşağıda ülkemizde yaygın olarak kullanılan ergitme süreçlerinin yanı sıra dünyada verimlilik konusunda kanıtlanmış yöntemler de ele alınmaktadır:

- *Reverber Fırın:* Bu fırınlar ateşe dayanıklı astarla kaplı, dikdörtgen veya dairesel, duvara veya tavana yerleştirilmiş fırınlardır. Konsantreler ve ikincil materyalleri ergitmek ve rafinasyon işlemleri için kullanılırlar. Bazı modellerinde metal dökülmesi veya üflenmesi için eğilebilme özelliği bulunmakta ve ince malzemenin püskürtülmesi için üfleme boruları da eklenebilmektedir. Bu fırınlarda çeşitli yakıtlar kullanılabildiği gibi erime hızını artırmak için oksijenli yakıtlar da kullanılabilmektedir. Fırından çıkan yanma gazları arıtıma tabi tutulmaktadır. Bu sebeple, reverber

fırınlara yarı kapalı olarak nitelendirilir. Reverber fırınlarda erime verimi çoğunlukla çok yüksek değildir. Bunun nedeni brülörden ısı transferinin zayıf olmasıdır. Verim; oksijenle zenginleştirme veya alev uzunluğunu artırmak için gaz ve katı yakıtların bir arada kullanılması uygulamalarıyla artırılmıştır. Reverber fırınlarda oluşan cüruf ve posa, dökme veya eğme yoluyla uzaklaştırılmaktadır [5].

- Yüksek Fırın: Bu fırınlar dik fırınların bir çeşididir. Fırınlara şarj edilen metal oksit veya ikincil malzemeler ile flakslama katkılarını kok ile yakmak için fırınların alt kısımlarında bulunan üfleme borularından şiddetli sıcak hava üflenmektedir. Fırınlanacak malzemeler çoğu zaman önden briketlenmektedir. Kokun bir kısmının yanması fırınlardaki sıcaklığı artırmakta ve kalan koktan da CO oluşmaktadır. Bu da, su gazı tepkimesiyle beraber metal oksitleri metallere indirgemektedir. Tepkime CO oranı yüksek bir gaz açığa çıkarmaktadır. Bu gaz, temizlendikten sonra basınçlı üfleme havasına ön ısıtma işlemine tabi tutulmak için yakılabilmektedir. Metaller fırın tabanında bir haznedeye veya potada birikmekte ve sürekli veya kesikli olarak dökülmektedir. Kesikli toplandığı takdirde cüruf metalin üzerinde yüzer duruma gelmekte ve metal ayrı bir boşaltma deliğinden dökülmektedir. Yeni yüksek fırın modellerinde ince malzemeler fırına üfleme borularında yüklenmekte, bu da briketleme ve tozlu malzeme kullanımını önleyebilmektedir [5].
- Döner Fırın: Bu fırınlar ateşe dayanıklı astarla kaplı, bir uçlarında brülör bulunan dönen silindirlere ibarettir. Fırınlarda birkaç farklı modeli (kısa veya uzun) mevcuttur. Kurşun geri kazanımında kısa döner fırınlar tercih edilmektedir. Fırın devri, şarj edilen malzemenin tam olarak tepkimeye girmesi ve yüksek verim için değiştirilebilmektedir. Fırınlarda sıvı veya gaz yakıtlar ve oksijenli brülör yaygın olarak kullanılmaktadır. Brülörden gelen ısı ateşe

dayanıklı duvara iletilmekte, şarj ise devir süresince ateşe dayanıklı malzeme üzerinden ısınmaktadır. Proses boyunca üretilen metaller ve cüruf lar fırından dışarı akıtılmaktadır. Bu sırada, fırının kısmi döndürülmesiyle metal ve cüruf ayrımının bozulması engellenmektedir. Bazı besleme stokları için daha yüksek geri kazanım oranları veren devirme döner fırınlar da kullanılmaktadır [5].

- ISA Smelt Fırını: Bu fırınlar gaz, sıvı yakıtlar veya kömür ve oksijen veya havanın püskürtülmesi için çelik üfleme boruları kullanan silindir fırınlardır. Üfleme boruları erimiş malzemeyi içeren fırının içine daldırılmış durumdadır ve bir cüruf örtüsü sayesinde hızlı bozulmanın önüne geçilmektedir. Diğer hammaddeler yüksek hızda tepkime verdikleri ve erimeye maruz kaldıkları fırına kapalı bir taşıyıcı vasıtasıyla gelmektedir. Batık yanma borusu malzemeyi karıştırmakta ve istenen metal ya da matın yanı sıra bir cüruf da oluşmaktadır. Erimiş fazların ayrılması ayrı çöktürme fırınları gerektirmektedir. Bu fırınlar hem kesikli hem sürekli çalıştırılabilmekte, sürekli işlem için seri bağlı iki fırın önerilmektedir [5].
- QSL Fırını: Bu fırınlar konsantrelerden ve ikincil malzemedan kurşun üretimini tek kazanlı fırınlarda yapmak ve enerji kazanımını maksimize etmek için tasarlanmıştır. Bir oksitlenme bir de indirgenme bölgesi olan yatay silindirlerdir. 1250°C sıcaklığa dayanabilmeleri için krom-manyezit tuğlalarla kaplanmaktadır. Fırınların altlarındaki üfleme boruları ile oksitlenme bölgelerine oksijen, cüruf indirgenme bölgelerine de hava ve kömür tozu tedarik edilmektedir. Hammadde nemli ve iri parçalardan ince malzemelere kadar büyüklüklere sahip olabilmekte ve kömür ve eritkenlerle beraber fırının tepesinden beslenmektedir. Oksitlenme bölgesinde külçe kurşun, kükürt dioksit ve kurşunca zengin cüruf oluşmaktadır. Akış buradan indirgenme bölgesine doğru olmakta

ve böylece üretilen külçe kurşun miktarı artmaktadır. Külçe kurşun ters yöne, kurşun boşaltma deliğine doğru akmaktadır. Cüruf, indirgenme ucundan akıtılmakta ve ardından tanelendirilmektedir. Külçe kurşun oksitlenme ucundan akıtılmakta ve ardından rafine edilmektedir. Oluşan çıkış gazlarının dışarı alınması sağlamaktadır. Atık gazlar ısı geri kazanımı için de değerlendirilebilmektedir. Diğer proses gazları torba filtrelerde temizlenmektedir [5].

- Kivcet (KSS) Fırını: Bu fırınlar bir tür flaş fırınlardır. Kuru ve harmanlanmış şarj bileşenleri ve oksijen, fırının tepesindeki brülörler vasıtasıyla sürekli olarak fırına beslenmektedir. Aynı zamanda kok tozu da eklenmektedir. Şarj tepkime kuyusuna girdiği anda tutuşmakta, 1400°C'ye kadar sıcaklıklara ulaşılmakta ve tam kükürt giderimi hemen sağlanmaktadır. Cüruf yunağında yüzer halde bulunan kok, kurşun oksiti indirgemektedir. Kısmen indirgenmiş cüruf ve külçe, batık son indirgenme için ek kok ve kömürün eklendiği indirgenme kısmına geçmektedir. Külçe kurşun rafinasyona gönderilmekte, cüruf ise bir Waelz döner fırınına yollanmaktadır. Oksitlenmeden çıkan baca gazı, fırına doğrudan geri gönderilmektedir. İndirgenme basamağından çıkan baca gazı ise bir ISF fırınında işlem görmektedir [5].
- Mini Smelter Fırını: Yeni gelişen bir teknoloji olduğundan mini smelter fırınlara dair yeterli literatür bilgisi henüz mevcut değildir. Bazı Avrupa ülkelerinde bu tarz fırınların kurşun elde edilmesinde kullanıldığı bilinmektedir [8].

3.3. Hidrometalurjik Ergitme Alternatifi

Fırınlarda ergitme prosesine alternatif olarak son yıllarda uygulanmakta olan hidrometalurjik teknolojiler daha temiz bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bu alternatif işlemler yalnızca ergitme

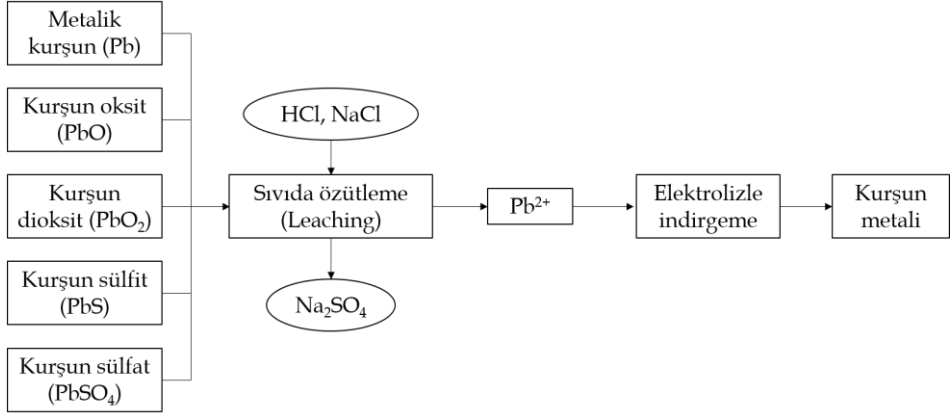
adımına alternatif teşkil etmekle kalmayıp elektrotların düzenli bakımı ve değişimi, reaksiyon sıcaklığının kontrolü, kimyasalların doğru oranda eklenmesi gibi işletimsel faktörler özenle ele alınırsa rafinasyon adımını da gereksiz kılabilirler.

Ergitmeye alternatif bu hidrometalurjik proseslerden ticarileşmiş olan elektroliz ve henüz ticarileşmemiş olan kalsinasyon yöntemleri, iki örnek yöntem olarak aşağıda anlatılmıştır.

- Elektroliz Yöntemi: Nispeten yüksek maliyeti sebebiyle fazla tercih edilmese de dünya üzerinde bazı ticari uygulamaları olan bu yöntemde dair bir akış şeması **Şekil 3**'te verilmiştir. Bu yöntem *sıvıda özütleme (leaching)* ve *elektrolizle indirgeme* ana aşamalarını içermektedir.

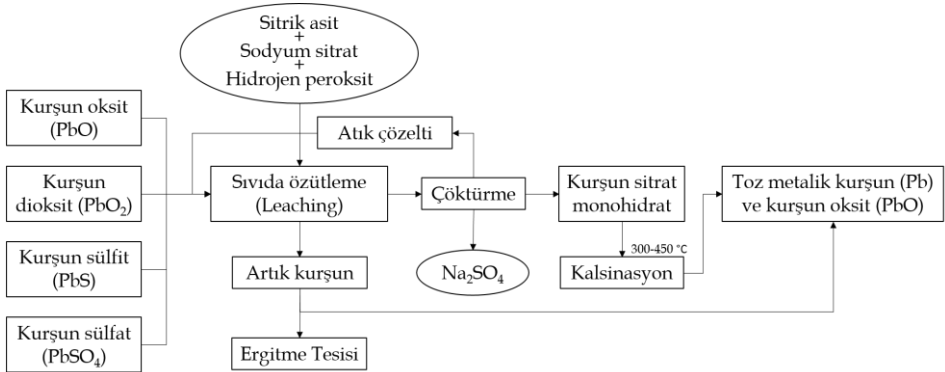
Sıvıda Özütleme: Bu ilk aşamada kırılmış hurda aküden gelen kurşun içerikli her tür malzemenin içindeki kurşun, asit ilavesiyle sıvıda özütleme yöntemi yoluyla suda çözülmüş Pb^{2+} iyonlarına dönüştürülür. Bu işlem esnasında sodyum klorür ($NaCl$) ilavesi sayesinde, beslemede kurşun sülfat ($PbSO_4$) mevcutsa, bundan kaynaklanan sülfat (SO_4^{2-}) iyonları da sodyum sülfat (Na_2SO_4) kristalleri halinde hapsedilebilmektedir.

Elektrolizle İndirgeme: İkinci ve son aşama olan elektrolizle indirgeme adımında sudaki Pb^{2+} iyonları indirgenerek metalik kurşuna haline gelmektedir. Burada elde edilen kurşun %99.99 saflığa sahiptir ve elektroliz havuzunun içerisinden toplanarak doğrudan döküm potalarına alınabilmektedir [9].



Şekil 3. Elektroliz yöntemi

- Kalsinasyon Yöntemi: Henüz ticari uygulaması olmayan bu yönteme dair bir akış şeması Şekil 4'te verilmiştir. Bu yöntem sıvıda özütlenme (leaching) - kristallendirme ve yanma - kalsinasyon ana aşamalarını içermektedir.



Şekil 4. Kalsinasyon yöntemi

Sıvıda Özütlenme – Kristallenme: Suyula yıkanarak asidinden arınmış elektrot pastasına sitrik asit, sodyum sitrat ve hidrojen peroksit eklenmekte ve bu bileşenler karıştırıldıktan sonra çökeltme için ayrı bir havuza alınmaktadır. Önceki işlem esnasında oluşan kurşun sitrat monohidrat kristalleri bu havuzda dibe çökeltmekte ve konsantre bir sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi oluşmaktadır [10].

Yanma – Kalsinasyon: Bu aşamada; kurşun sitrat monohidrat kristalleri içerisindeki organikleri uzaklaştırmak için, kristaller 300 - 450°C'ye ısıtılmaktadır. Bu sırada, gerçekleşen oksitlenme sonucunda metalik kurşun ve kurşun oksit oluşmaktadır. Oksitlenmenin derecesi işletme şartlarına bağlıdır. Doğrudan kurşun veya kurşun oksit, ya da yeni bir akünün anot ve katodunu oluşturacak şekilde ikisinin karışımını üretmek mümkün olabilmektedir. Bu yöntemle kurşun oksit nano-kristal yapıda da üretilabilmektedir [10].

- *Kurşun Sülfat Geri Kazanımı:* İlk adım olan sıvıda özütlenme işlemi esnasında çözeltiye geçmeyen kurşun sülfatın tamamı geri kazanılabilmekte ve geri kazanılan bu malzeme yeni akü üretiminde kullanılabilmektedir. Böylece kurşun geri kazanımı sürecinde, kükürt oksitlerin hiçbir çeşidi çevreye salınmamaktadır [10].

Yukarıda özetlenmiş olan bu iki hidrometalurjik sürecin iddia edilen bazı avantajları aşağıda sıralanmaktadır [10]:

- Daha az kirletici salımı
- Daha az enerji ihtiyacı
- Daha az sera gazı salımı
- Doğrudan kullanılabilir nihai ürün
- Küçük ve orta ölçekte yüksek verim

3.4. Rafinasyon ve Döküm İşlemleri

Herhangi bir kaynaktan gelen kurşunun içerisinde bakır, bizmut, antimuan, arsenik ve kalay metalleri bulunabilmektedir. İkincil malzemelerde ise genellikle dikkat gerektiren safsızlıklar, bakır ve antimuandır. Ham kurşuna iki tür rafinasyon uygulanabilmektedir: elektrolitik rafinasyon, pirometalurjik rafinasyon [5].

Elektrolitik rafinasyon yüksek maliyetli bir proses olduğundan sıklıkla kullanılmamaktadır. Buna rağmen kendi içinde bazı avantajları vardır. Bunlar; kurşunu kalay dışındaki tüm safsızlıklarından tek bir basamakta ayırabilmesi ve kurşun ihtiva eden hiçbir gaz veya duman salınımı oluşmamasıdır. Külçe kurşun büyük plakalara dökülmekte ve bu plakalarsa anot olarak çözüldükleri elektrolitik tanklara daldırılmaktadır. Saf kurşun ise katot işlevi gören ince bir kurşun sacın üzerinde birikmektedir. Geride kalan safsızlıklar birçok karmaşık işlemle geri kazanılabilmektedir [11].

Pirometalurjik rafinasyon işlemi ise, dolaylı olarak sıvı veya gaz yakıtlarla ısıtılan bir dizi kazandan ibarettir [5]. Ergitme işleminden geçmiş külçe kurşunun pirometalurjik rafinasyon yöntemleriyle bakır, kalay ve antimuandan arındırılma teknikleri aşağıda anlatılmaktadır.

- Bakır Giderimi: Külçe kurşundan giderimi ve ayrımı yapılan ilk element bakırdır. Bakır, kurşundan sülfid cürufu olarak ayrılır. Eğer külçe kurşundaki kükürt miktarı yetersizse, kükürt tozu veya pirit ayrıca ilave edilmektedir. Sülfid cürufu mekanik sıyırıcılar yoluyla metal yüzeyinden ayrılmakta ve konteynerlerde saklanmaktadır [5].

- Antimuan Giderimi: Antimuan külçe kurşundan oksitleme ile uzaklaştırılmaktadır. “Kurşun yumuşatma” olarak geçen alışlagelmiş yöntem, külçe kurşunun sodyum nitrat (NaNO_3) ve kostik soda (NaOH) karışımıyla tepkimeye sokulmasıyla başlamaktadır. Oksitleyici etken olarak hava/oksijen de kullanılabilir. Bunu oksit cürufunu uzaklaştırmak için uygulanan mekanik sıyırma izlemektedir [5]. Tuzlu cürufun içinde hala fazla miktarda kurşun bulunuyorsa, bu cürufun içindeki kurşun tanelendirilerek hidrometalurjik yöntemlerle (yani elektrolitik rafinasyon) geri kazanılabilmektedir [8].
- Kalay Giderimi: Kalay giderimi tıpkı antimuan giderimi gibi sodyum nitrat (NaNO_3) ilavesiyle mümkün olduğundan, iki metalin giderimi aynı proseste sağlanmaktadır [9].

Rafinasyon sonucunda elde edilen yüksek saflıktaki kurşun (%99.99), bloklar ve ingotlara dökülür. İşlemden geri kalan duman, cürufur, oksitler ve diğer kalıntıların genellikle küçük bir yüksek fırında veya döner fırında ergitildikten sonra rafinasyon devresine geri dönüşümleri sağlanmaktadır [5].

3.5. Baca Gazı Arıtım İşlemleri

Ergitme fırınlarından çıkan baca gazı yüksek oranda kurşun oksit tozları ve kükürtlü bileşikler içerebilecek yüksek sıcaklıkta bir gaz olduğundan atmosfere salınmadan önce birtakım arıtım işlemlerine tabi tutulması gerekmektedir. Aşağıda bu işlemlerden en sık kullanılanların bir özeti sunulmuştur:

- Siklon: Siklonlar, atık gaz akımlarından partikülleri eylemsizlik yoluyla ayıran sistemlerdir. Fırının cehennemliğinde üzerindeki partikül maddenin bir kısmını bırakan baca gazı, genelde koni biçimde bir hazne olan siklona girerek sarmal bir akıntıya doğru

iletilmektedir. Böylece sarmalın içinde etkin olan merkezkaç kuvveti sayesinde belli bir kritik kütlelerin üzerindeki partiküller siklon duvarında birikmektedir. Partiküllerden arınmış gaz ise haznenin çıkış noktasından çıkarak sonraki proses olan soğutma sistemine giriş yapmaktadır. Bu sektörde, baca gazı arıtımı için siklonlar tek başlarına kullanılmazlar [8].

- Soğutma: Fırından çıkan baca gazının ham sıcaklığı hem torba filtrelerin çalışma sıcaklıklarının, hem de emisyon sınır değerinin üzerindedir. Bu sebeple, baca gazının torba filtreye girmeden önce soğutulması oldukça önemlidir. Soğutma işlemi çoğunlukla, baca gazını içinden soğuk su veya hava geçen metal tüplerden oluşan bir soğutma sisteminden geçirerek gerçekleştirilmektedir [8].
- Torba Filtre: Siklondan geçen baca gazının hala bünyesinde bulundurduğu tozun tutulabilmesi için çoğunlukla kullanılan ek bir sistem torba filtrelerdir. Siklonla beraber kullanılan torba filtre sayesinde, baca gazındaki partikül madde ve toz miktarı minimum düzeylere indirilebilmektedir [8].
- Kükürt Giderimi: Her atık akü geri kazanım tesisinde görülmesi de, eğer baca gazında emisyon sınır değerlerinin üzerinde kükürt dioksit SO_2 bulunuyorsa kükürt giderimi yapılması gerekmektedir. Kükürt giderimi için kullanılan en yaygın yöntem, baca gazının üzerinden kireç kaymağı püskürtülmesini sağlayan yarı-kuru yıkayıcıları kullanmaktır [8]. Bunun dışında torba filtrelerin için kireç enjeksiyonu yapmak da bir kükürt giderimi seçeneği olarak kullanılabilir [6].

4.0. ATIK AKÜ GERİ KAZANIMI SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

4.1. ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan atıklar iki ana sınıf altında incelenebilir.

- Prosese özel atıklar
- Proses dışı atıklar

Bu atıklar **Tablo 4** ve **Tablo 5**'de sıralanmıştır. Bu tablolarda en sağ kolonda atıkların türleriyle ilgi bilgi verilmiştir. *Bu kolonda "A" işareti ile gösterilen atıklar içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarından bağımsız olarak tehlikeli kabul edilmektedir. "M" işaretli atıklar ise içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak tehlikeli ya da tehlikesiz olarak sınıflandırılabilir.* Listede "M" işareti ile gösterilmiş atıklar üzerinde analiz yapılmalı ve analiz sonuçlarına göre atık koduna karar verilmelidir. Eğer yapılan analiz sonucunda atık içerisindeki tehlikeli bileşenler Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B'de verilen konsantrasyonları aşıyorsa atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılır ve "M" işareti ile gösterilen, yanında yıldız (*) işareti bulunan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Eğer tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonları, Ek 3-B'de verilen eşik değerlerin altında kalıyorsa, bu atıklar tehlikesiz olarak sınıflandırılmalı ve "M" kodlu atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır. Aşağıdaki tablolarda tüm "M" işaretli atıkların altındaki satırda bu atıkların analiz sonucunda tehlikesiz çıkması durumunda almaları gereken altı haneli kodlar da verilmiştir. *Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.*

Prosesse özel atıklar

Atık akü geri kazanımı prosesinin doğası gereği, sektörden çıkan atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4’te verilen atık listesinde çeşitli başlıklar altında toplanmıştır [12]. Bu listede tehlikeli atıklar “*” ile işaretlenmiştir. Prosesse özel atıkların listesi **Tablo 4**’te verilmiştir.

Tablo 4. Atık akü geri kazanımı sektöründen kaynaklanan prosesse özel atıklar

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
06	Anorganik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar	
06 03	<i>Tuzların ve Çözeltilerinin ve Metalik Oksitlerin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</i>	
06 03 14	06 03 11 ve 06 03 13 dışındaki katı tuzlar ve solüsyonlar	
10	Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar	
10 04	<i>Kurşun Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
10 04 01*	Birincil ve ikincil üretim cürufları	A
10 04 02*	Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruf ve köpükler	A
10 04 04*	Baca gazı tozu	A
10 04 05*	Diğer partiküller ve toz	A
10 04 06*	Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar	A
16	Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar	
16 11	<i>Atık Astarlar ve Refraktörler</i>	
16 11 03*	Metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refraktörler	M
16 11 04	16 11 03 dışındaki metalürjik proseslerden kaynaklanan diğer astar ve reflektörler	

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
19	Atık Yönetim Tesislerinden, Tesis Dışı Atıksu Arıtma Tesislerinden ve İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Su Hazırlama Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar	
<i>19 02</i>	<i>Atıkların Fiziki/Kimyasal Arıtımından Kaynaklanan Atıklar (Krom Giderme, Siyanür Giderme, Nötralizasyon Dahil)</i>	
19 02 05*	Fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurları	M
19 02 06	19 02 05 dışındaki fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan çamurları	
<i>19 12</i>	<i>Başka Bir Şekilde Tanımlanmamış Atıkların Mekanik Arıtımından (Örneğin Ayrıştırılması, Ezilmesi, Sıkıştırılması, Topak Haline Getirilmesi) Kaynaklanan Atıklar</i>	
19 12 04	Plastik ve lastik	
19 12 11*	Atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)	M
19 12 12	19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)	

06 03 14 kodlu “06 03 11 ve 06 03 13 dışındaki katı tuzlar ve solüsyonlar” adlı ergitmeye alternatif olarak gösterilen hidrometalurjik metodun tek atığı olan sodyum sülfata (Na_2SO_4) karşılık gelmektedir.

10 04 01* kodlu “birincil ve ikincil üretim cürüfları” kurşun içeren akü bileşenlerinin ergitmeye uğratıldığı her tür fırından çıkan, kurşun içeriği fırın teknolojisine göre değişen cürüflardır.

10 04 02* kodlu “birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruf ve köpükler” rafinasyondan çıkan pota üstü cüruflarına karşılık gelmektedir.

10 04 04* kodlu “baca gazı tozu” ergitme fırınlarından çıkan gazların toplanarak geçtikleri arıtım prosesleri olan siklonlar ve torba filtreler gibi noktalardan toplanan yoğun olarak kurşun oksitler içeren torba filtre tozudur.

10 04 05* kodlu “diğer partiküller ve toz” tesis içindeki fırın beslemesinin hazırlanması, iş makineleri ile taşınması ve tesis içi temizliği sırasında oluşan kurşun içerikli tozlardır.

10 04 06* kodlu “gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar” yakıt yakılmasından kaynaklanan sülfürlü gazların desülfürizasyona tabi tutulması sonucu ortaya çıkan alçıtaşı gibi atıklardır.

16 11 03* kodlu “metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refraktörler” döner fırınların içine döşenen ve zaman zaman incelip tükendikleri için fırın duvarlarından sökülerek atık konumuna gelen refraktör tuğlalardır. Bunlardan en sık kullanılan iki tip krom manyezit ve alümina içerikli olanlardır. Bunlardan krom manyezit tuğlalar doğrudan tehlikeli kategorisine girmektedir. Alümina tuğlalar da ham hallerinde tehlikesizken, fırın içindeki eriyikle uzun süre temas esnasında kaçınılmaz olarak eriyik içindeki her tür metalle (Pb, Sb, Cu, Sn, Fe vb.) kontamine olacağından tehlikeli kategorisine girmektedir. Aynı kaynaktan gelen benzer türde atıkların tehlikeli olmadıkları kanıtlanabilirse, bu atıklar 16 11 04 kodlu “16 11 03 dışındaki metalürjik proseslerden kaynaklanan diğer astar ve reflektörler” olarak değerlendirilebilmektedirler.

19 02 05* kodlu “fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurları” hurda akü yıkama ve ayırma işlemleri

Atık Akü Geri Kazanım

sırasında ortaya çıkan kurşun içerikli ve aynı ünitelerde oluşan atıksuyun nötralizasyonu sonucunda oluşan çökelti ve dip çamurları ile ergitmeye alternatif olarak sunulan kalsinasyon prosesinin sıvıda özütleme (leaching) adımından çıkan atık kurşunu kapsamaktadır. Aynı kaynaktan gelen benzer türde atıkların tehlikeli olmadıkları kanıtlanabilirse, bu atıklar 19 02 06 kodlu “19 02 05 dışındaki fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan çamurları” olarak değerlendirilebilmektedirler.

19 12 04 kodlu “plastik ve lastik” hurda akülerin kırılması sonucu ayrılan ve geri kazanılabilir durumda olan plastik ve lastik parçalarıdır.

19 12 11* kodlu “atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)” ise bu plastik ve lastiklerin kurşun içerikli elektrot pastasıyla veya akü asidiyle kontamine olmuş ve geri kazanılamayacak, tehlikeli atık sınıfına girmiş durumlarını içermektedir. Aynı kaynaktan gelen benzer türde atıkların tehlikeli olmadıkları kanıtlanabilirse, ikinci seçenek daha uygun olmak koşuluyla, 19 02 12 kodlu “19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)” olarak veya atık akü geri kazanım sektörü özelinde 19 02 04 kodlu “plastik ve lastik” olarak değerlendirilebilmektedirler.

Proses dışı atıklar

Proses dışı atıklar kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde uygulanan süreçlerden bağımsız olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır. Genel olarak endüstriyel sektörler incelendiği zaman proses dışı atıkların farklı sektörler arasında benzerlik gösterdiği görülecektir. Proses dışı atıklar ile ilgili listenin hazırlanması aşamasında endüstriyel sektörlerdence genel atık türlerini içeren 13 “Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları”, 15 “Atık ambalajlar; başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler”, 16 “Listede başka şekilde sınıflandırılmamış atıklar” gibi sınıflar incelenmiştir.

Ayrıca geçmiş yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na yapılan atık beyanları da (TABS verileri) göz önünde bulundurulmuştur. Atık beyanı veren atık üreticilerinin **Tablo 5'**de verilen genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıklardan söz konusu olanları göstermeleri gerekmektedir.

Tablo 5. Atık akü geri kazanımı sektöründen kaynaklanabilecek proses dışı atıklar

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/ M
08	Astarlar (Boyalar, Vernikler ve Vitrikiye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar Ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik Ve Kullanımından (İTFK) Kaynaklanan Atıklar	
08 03	<i>Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</i>	
08 03 17*	Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri	M
08 03 18	08 03 17 dışındaki atık baskı tonerleri	
13	Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)	
13 01	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 11*	Sentetik hidrolik yağlar	A
13 02	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
13 02 06*	Sentetik motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
15	Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler	
15 01	<i>Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)</i>	
15 01 01	Kağıt ve karton ambalaj	
15 01 02	Plastik ambalaj	
15 01 07	Cam ambalaj	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
15 02	<i>Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu</i>	

	<i>Giysiler</i>	
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
15 02 03	15 02 02 dışındaki emiciler, filtre malzemeleri, temizleme bezleri, koruyucu giysiler	
16	Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar	
16 01	<i>Çeşitli Taşıma Türlerindeki (İş Makineleri Dahil) Ömrünü Tamamlamış Araçlar ve Ömrünü Tamamlamış Araçların Sökülmesi ile Araç Bakımından (13, 14, 16 06 ve 16 08 hariç) Kaynaklanan Atıklar</i>	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 02	<i>Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları</i>	
16 02 13*	16 02 09'dan 16 02 12'ye kadar olanların dışındaki tehlikeli parçalar içeren ıskarta ekipmanlar	A
16 02 14	16 02 09'dan 16 02 13'e kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar	
16 02 15*	ıskarta ekipmanlardan çıkartılmış tehlikeli parçalar	A
16 02 16	16 02 15 dışındaki ıskarta ekipmanlardan çıkartılmış parçalar	
16 05	<i>Basıncılı Tank İçindeki Gazlar ve ıskartaya Çıkmış Kimyasallar</i>	
16 05 06*	Laboratuvar kimyasalları karışımları dahil tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren laboratuvar kimyasalları	M
16 05 09	16 05 06, 16 05 07 ya da 16 05 08 dışında tehlikeli maddeler içeren ıskarta organik kimyasallar	
16 06	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A
16 06 02*	Nikel kadmiyum piller	A

18	İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
18 01 03*	Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
18 01 04	Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olmayan atıklar (örneğin sargılar, vücut alçıları, tek kullanımlık giysiler, alt bezleri)	
20	Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evlerden Kaynaklanan ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)	
20 01	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)</i>	
20 01 01	Kağıt ve karton	
20 01 21*	Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
20 01 25	Yenilebilir sıvı ve katı yağlar	
20 01 26*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	A
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02, 16 06 03'ün altında geçen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A
20 01 34	20 01 33 dışındaki pil ve akümülatörler	
20 01 35*	20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ve ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar	A
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar	
20 01 40	Metaller	

4.2. ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Atık akü geri kazanım tesislerindeki proseslere dayalı atıkların üretim noktaları **Şekil 5'**te gösterilmiştir.

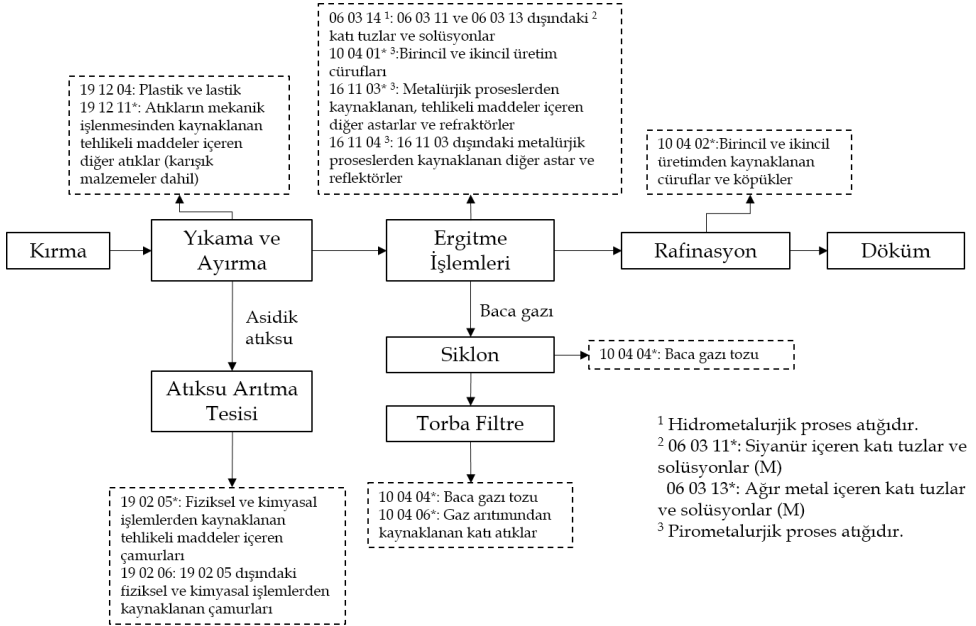
Şekil 5'te verilen atıkların haricinde, 10 04 05* kodlu “Diğer partiküller ve toz” tesis içindeki fırın beslemesinin hazırlanması, iş makineleri ile taşınması ve tesis içi temizliği sırasında oluşan kurşun içerikli tozlar da prosesin çeşitli noktalarından çeşitli miktarlarda çıkabilmektedir.

Proses dışı atıklar ise için tüm yan işletmeler, yemekhane, ofisler ve revir gibi üniteler de göz önünde bulundurulurken incelenmelidir. Proses dışı atıkların incelenmesi için örnek bir kontrol listesi aşağıda verilmiştir. Ancak bu listenin tesis bazında genişletilmesi gerekebileceği unutulmamalıdır.

- 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
 - 13 01 “Atık hidrolik yağlar” için tesis bünyesinde kullanılan hidrolik cihazlar
 - 13 02 “Atık motor, şanzıman ve yağlama yağları” için tesise ait tüm araçlar
- 15 “Atık Ambalajlar; Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler”
 - Tesis içerisinde muhtelif noktalar
- 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
 - 16 01 “Çeşitli taşıma türlerindeki ömrünü tamamlamış araçlar ve ömrünü tamamlamış araçların sökülmesi ile

araç bakımından kaynaklanan atıklar” için tesise ait tüm araçlar (özellikle araç bakım noktaları)

- 16 02 “Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları” için tesisin muhtelif yerleri
- 16 05 06 “Laboratuvar kimyasalları karışımları dahil tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren laboratuvar kimyasalları” için laboratuvarlar
- 16 06 “Piller ve aküler” için gerek üretim alanları gerek ofis, yemekhane, revir gibi alanlar gerekse tesise ait araçlar
- 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri
- 19 “Atık Yönetim Tesislerinden, Tesis Dışı Atıksu Arıtma Tesislerinden ve İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Su Hazırlama Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar” için proses hattı içinde bulunmayan atık yönetim, atıksu arıtma ve su hazırlama üniteleri
- 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları ofisler, yemekhaneler.

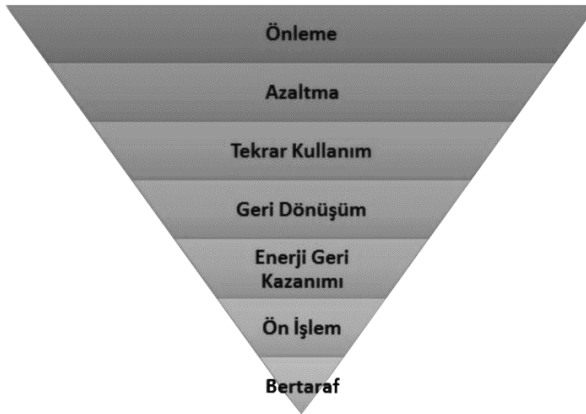


Şekil 5. Atık akü geri kazanım tesislerindeki proses atıkları için atık üretim noktaları

5.0. ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği incelendiğinde atık hiyerarşisinin altının çizildiği görülmektedir.

Şekil 6'da şematik olarak gösterilen bu anlayışa göre öncelikle atıkların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa, üretilen miktarların mümkün olduğu kadar aza indirgenmesi esastır. Atıkların önlenemediği ya da miktar olarak azaltılamadığı durumda, atıkların yeniden değerlendirilebilmeleri için geri dönüşüm ya da yeni kullanılabilir ürünler elde edilme fırsatları aranmalıdır. Geri dönüşüm/geri kazanım uygulamaları bir alternatif değilse atıklar ön işlem tesisleri ya da yakma fırınlarında işlem görmelidir. Bu aşamadaki en önemli hedef işlenen atık hacminin ya da miktarının işlem sonunda düşürülmesidir. Bu sayede en az tercih edilen alternatif olan nihai bertarafa gidecek toplam atık miktarı önemli oranda azaltılacaktır. Atık hiyerarşisi prensibinde atıklar ancak daha tercih edilebilir alternatifler işe yaramadığı durumda nihai bertarafa gönderilmelidir.



Şekil 6. Atık yönetim hiyerarşisi

Özellikle sanayiden kaynaklı atıkların miktarlarının mümkün olduğu kadar düşürülmesi için, atık önleme ve azaltma ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bunların bir kısmı literatürde önerilmekte ve sanayi kuruluşları tarafından benimsenmekte, bir kısmı da bireysel kuruluşlar tarafından kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmekte ve daha sonra uygulama olarak yayılmaktadır. Atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) sadece üretilen atık miktarlarının düşürülmesi sayesinde pozitif bir çevresel etki yapmakla kalmayıp, atık bertaraf masraflarının önlenmesi ya da azaltılması sayesinde de işletmelere ekonomik bir fayda sağlamaktadır.

Bu bölümde ayrıntıları verilen atık önleme ve azaltma tedbirleri özellikle atık akü geri kazanımı proses atıklarını kapsamaktadır. İncelenecek tedbirlerin bir özeti

Tablo 6'da verilmiştir. Bu tabloda proses atıkları bazında MET hakkında kısa bir açıklama verilmiştir. Atık akü geri kazanımı sektörü için geliştirilen tüm MET hem yeni hem de kurulu tesislerde uygulanabilmektedir. Son olarak bu uygulamalar ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye ulaşılabilecek kaynaklar verilmiştir.

Tablo 6'da sıralanmış uygulamaların bir kısmı işletmelerin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirdiği ve saha çalışmaları sonucu bu rehberde eklenen MET'lerdir. Bununla birlikte, atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan ulusal mevzuata uygun olması halinde mümkündür.

Atık akü geri kazanımı sektöründeki sektör atıklarının büyük bir kısmı pirometalurjik süreçlerden gelen cüruf, toz gibi atıklar olduğundan, bunlardan kaçınmanın en doğrudan yolu, önceki bölümlerde açıklandığı gibi, kurşun indirgeme (redüksiyon) yöntemi olarak hidrometalurjik yöntemleri tercih etmektir. Bu seçeneklerin dezavantajları, henüz tam olarak yerleşmemiş olmaları ve buna bağlı olarak da yatırım ve işletme maliyetlerinin yaygın kullanımı olan mevcut ergitme yöntemlerine oranla oldukça yüksek olmasıdır.

Tablo 6. Atık akü geri kazanımı sektöründen kaynaklanan proses atıkları için kullanılabilir mevcut en iyi tekniklerin listesi.

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET	Açıklaması	Referans
10 04 01*	Birincil ve ikincil üretim cürüfları	A	Yoğun Kurşun İçeren Proses Atıklarının Fırınlara Geri Beslenmesi	Atık oluşumunu önler. Atık miktarını azaltır.	[5], [13], Saha çalışmaları
10 04 02*	Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruf ve köpükler	A			
10 04 04*	Baca gazı tozu	A			
10 04 05*	Diğer partiküller ve toz	A			
10 04 06*	Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar	A	Düşük Kükürtlü Yakıt Kullanımı	Atık oluşumunu önler. Atık miktarını azaltır.	[14]
16 11 03*	Metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refrakterler	M	Fırın İçi Astar ve Tuğlaların Etkin Kullanılması	Atık miktarını azaltır.	[5], [15], Saha çalışmaları
19 02 05*	Fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurları	M	Yoğun Kurşun İçeren Proses Atıklarının Fırınlara Geri Beslenmesi	Atık oluşumunu önler. Atık miktarını azaltır.	[5], [13], Saha çalışmaları

Tablo 6' da sunulan MET'lere ilişkin açıklamalar aşağıda verilmektedir.

MET	<i>Yoğun Kurşun İçeren Proses Atıklarının Fırınlara Geri Beslenmesi</i>
Kaynaklar	[5], [13], Saha çalışmaları
Hedef Atıklar	10 04 01* Birincil ve ikincil üretim cürufları 10 04 02* Birincil ve ikincil üretimden kaynaklanan cüruf ve köpükler 10 04 04* Baca gazı tozu 10 04 05* Diğer partiküller ve toz 10 04 06* Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar 19 02 05* Fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurları
Uygun Proses	Olduğu Ergitme işlemleri, rafinasyon işlemleri, baca gazı arıtımı, atıksu arıtımı
Açıklama	Tesiste kütlece %50 ve üzerinde oradan kurşun içeren, ergitme fırını cürufları (%60-80), rafinasyon potalarından toplanan pota üstü cürufları (%70-80), atıksu arıtma tesisinden gelen susuzlaştırılmış dip çamuru, baca gazı arıtımında torba filtrelerden toplanan kurşun oksit içerikli tozlar (%50-60) ve kurşunlu tozlarla kontamine olmuş ve yanıcı özelliğe sahip ömrünün tamamlamış torba filtreler, ergitme fırınlarına beslenerek hem tesiste üretilen tehlikeli atık miktarı oldukça düşürülmekte, hem de bu malzemelerin içinde ve üzerinde bulunan kurşun geri kazanılarak kaynak israfı önlenmektedir.
Ekonomik Boyut	Bu şekilde bir geri besleme sistemine sahip tesislerde üretilen nihai cüruftaki kurşun miktarı %5 seviyelerine indirilebilmektedir. Bu da hammaddenin oldukça verimli bir biçimde değerlendirildiğine işaret etmektedir. Verimi yüksek tutmak, hem kullanılan hammaddenin toplanması, taşınması, depolanması gördüğü ön işlemler esnasında söz konusu olan, hem de nihai olarak çıkacak olan tehlikeli atık miktarını azaltarak, bunların depolanması, taşınması, geri kazanımı veya bertarafı için ortaya çıkacak maliyetleri azaltmaktadır.

Atık Akü Geri Kazanım

MET	<i>Düşük Kükürtlü Yakıt Kullanımı</i>
Kaynaklar	[14]
Hedef Atıklar	10 04 06* Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar
Uygun Olduğu Proses	Ergitme işlemleri
Açıklama	Yanma sonucu oluşacak baca gazındaki SO ₂ miktarı, kullanılan yakıtın mineral bileşimine bağlıdır. Kükürt oranı düşük yakıtların kullanılması SO ₂ oluşumunu azaltacağından, desülfürizasyon sonrası çıkacak kalsiyum bazlı atık oluşumu da minimize edilmiş olacaktır.
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Fırın İçi Astar ve Tuğlaların Etkin Kullanılması</i>
Kaynaklar	[5], [15], Saha çalışmaları
Hedef Atıklar	16 11 03* Metalürjik proseslerden kaynaklanan, tehlikeli maddeler içeren diğer astarlar ve refrakterler
Uygun Olduğu Proses	Ergitme işlemleri
Açıklama	<p>Ömrünü tamamlamış fırın içi astar ve tuğlalarından kaynaklanan atıkları sıfıra indirmek mümkün değildir. Ancak aşağıdaki önlemler alınarak bu miktar azaltılabilir:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Fırının tuğlalarının dikkatle ve doğru düzende örülmesi○ Fırının sürekli kullanılması ve sıcaklık farklılıklarının minimuma indirilmesi○ Flakslama kimyasallarının tesir sürelerinin azaltılması○ Fırınların özenle temizlenmesi○ Fırının daha az döndürülmesi○ Kullanılan kimyasallara daha dayanıklı yapıda tuğla tercih edilmesi (alümina yerine krom manyezit)
Ekonomik Boyut	<p>Bahsedilen önlemlerin bir kısmı işçilik ücretlerini artırabilmekte, bir kısmı ise çıkış ürününün kalitesine olumsuz etki ederek sonraki rafinasyon adımını daha karmaşık ve maliyetli hale getirebilmektedir. Hangi seçeneğin daha uygun olduğu durumdan duruma göre incelenmelidir. Tuğla tercihinde ise, gerek doğrudan tehlikeli malzemeler içeren krom manyezit, gerekse inert denebilecek bir malzeme olan alüminadan yapılmış tuğlalar seçilmiş olsun, bunlar kurşun eriyiğiyle uzun süreli temasta bulunacağından, çıkacak atık tehlikeli kategoride olacaktır. Bu sebeple miktar azaltma öncelikli bir yaklaşım izlenirse her daim krom manyezit tuğlaların tercih edilmesi gerekir.</p>

6.0. ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI

Sektörden kaynaklanan atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumda, atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda (**Tablo 7** ve **Tablo 8**) proses atıkları ve proses dışı atıklar için uygun olan teknolojiler gösterilmektedir. Bu tablolarda atıkların dört ana işleme uygunlukları değerlendirilmiştir. Bunlar geri kazanım, ön işlem, yakma ve düzenli depolamadır. Bazı atıklar birden fazla işlem için uygun olabilmektedir. Bu durumda atık hiyerarşisi göz önünde bulundurulmalı ve öncelik sırasıyla geri kazanım, ön işlem, yakma ve son olarak düzenli depolamaya verilmelidir. Aşağıda da görüleceği gibi bazı atıkların sıralanan işlemlere ardışık olarak tabi tutulması da mümkündür. Bu tablolarda verilen bilgilerin okuyucuya rehberlik etmeyi amaçladığı ve gerçek uygulamaların tesislerden kaynaklanan atıklar, tesis içi uygulamalar ve sözü geçen teknolojilerin mevcut olmalarına göre değişiklik gösterebileceği unutulmamalıdır. Bununla birlikte, atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan ulusal mevzuata uygun olması halinde mümkündür.

Geri kazanıma ait kolonda geri kazanılabilir atıklar için kullanılabilecek geri kazanım işlemleri Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-B’de listelenen R kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-B’ye göre R kodları aşağıdaki geri kazanım işlemlerine karşılık gelmektedir [12]:

- R1: Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma
- R2: Solvent (çözücü) ıslahı/yeniden üretimi
- R3: Solvent olarak kullanılmayan organik maddelerin ıslahı/geri dönüşümü (kompost ve diğer biyolojik dönüşüm prosesleri dahil)

- R4: Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü
- R5: Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
- R6: Asitlerin veya bazların yeniden üretimi
- R7: Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
- R8: Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı
- R9: Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer yeniden kullanımları
- R10: Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
- R11: R1 ila R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- R12: Atıkların R1 ila R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi (1)
- R13: R1 ila R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların ara depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Bertaraf yöntemleri Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-A'da listelenen D kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-A'ya göre D kodları aşağıdaki bertaraf işlemlerine karşılık gelmektedir [12]:

- D1: Toprağın altında veya üstünde düzenli depolama (örneğin, düzenli depolama ve benzeri)
- D2: Arazi ıslahı (örneğin, sıvı veya çamur atıkların toprakta biyolojik bozulmaya uğraması ve benzeri)
- D3: Derine enjeksiyon (örneğin, pompalanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu ve benzeri)
- D4: Yüzey doldurma (örneğin, sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması ve benzeri)

- D5: Özel mühendislik gerektiren düzenli depolama (çevreden ve her biri ayrı olarak izole edilmiş ve örtülmüş hücresel depolama ve benzeri)
- D6: Deniz/okyanus hariç bir su kütleğine boşaltım
- D7:Deniz yatakları dahil deniz/okyanuslara boşaltım
- D8: D1 ile D7 ve D9 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan ve bu ekin başka bir yerinde ifade edilmeyen biyolojik işlemler
- D9: D1 ile D8 ve D10 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan fiziksel-kimyasal işlemler (örneğin, buharlaştırma, kurutma, kalsinasyon ve benzeri)
- D10: Yakma (Karada)
- D11: Yakma (Deniz üstünde)
- D12: Sürekli depolama (bir madende konteynerlerin yerleştirilmesi ve benzeri)
- D13: D1 ila D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
- D14: D1 ila D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
- D15: D1 ila D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Tablo 7. Prosese özel atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem _{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ₃	
06 03 14	✓ R4			✓ D5	Bu atık hidrometalurjik kurşun eldesi sırasında oluşan sodyum sülfatır (Na ₂ SO ₄). Tekstil, cam ve deterjan sanayilerinde kullanım alanı olan sodyum sülfat, bu tarzda işletmelere pazarlanabilmektedir [10].
10 04 01*	✓ R4			✓ D5	Ergitme fırınlarından çıkan kütlece %50'nin üzerinde kurşun içerikli cüruf lar tesis içinde geri beslemeyle hammadde olarak fırınlara geri döndürülmektedir. Bunlar dışında, içindeki kurşun miktarı kütlece %5 ve altında olan nihai cürufun henüz, düzenli depolanmasından başka bir seçenek yoktur [5], [9].

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem 1,4	Yakma ²	Düzenli Depolama 3	
10 04 02*	✓ R4			✓ D5	Rafinasyondan çıkan bu pota üstü cürüfları yüksek oranda kurşun içerdiğinden tesis içinde doğrudan geri besleme hammaddesi olarak kullanılmaktadır [5], [13].
10 04 04*	✓ R4			✓ D5	Torba filtrelerden çıkan kurşun oksit içerikli tozlar doğrudan geri besleme hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Alternatif olarak, kurşun oksidin kullanıldığı akü, endüstriyel cam ve seramik üretimi gibi endüstrilere pazarlanmak üzere ambalajlanarak depolanabilmektedir [5], [13].
10 04 05*	✓ R4			✓ D5	Tesis içindeki fırın beslemesinin hazırlanması, iş makineleri ile taşınması ve tesis içi temizliği sırasında oluşan kurşun içerikli tozlardan oluşan bu atık, diğer yoğun kurşun içerikli atıklar

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ^{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ³	
					gibi doğrudan geri besleme hammaddesi olarak kullanılmaktadır [5].
10 04 06*	✓ R5 / R10	✓ D9 / R12		✓ D5	Desülfürizasyon atıkları geri kazanılmak üzere satılabilmektedir. Kalsiyum bazlı bu atıklar (jips) çimento yapımında, susuzlaştırılarak alçı duvar levhası yapımında veya tarımsal amaçlı zemin ıslahı ve toprak koşullandırma amaçlarıyla kullanılabilir. Eğer geri kazanımı mümkün değilse, düzenli depolamaya gönderilmelidir [14], [16].
16 11 03*	✓ R5	✓ R12		✓ D5	Ömrünü tamamlamış fırın astar malzemeleri ve refrakter tuğlaları, işlevdeki süreleri boyunca kurşun eriyiği ile temasta olduğundan kontamine olmuş ve bu yüzden tehlikeli sınıftadırlar. Ancak şayet uygun
16 11 04					

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Uygunluk			Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem 1, 4	Yakma ²	
				<p>işlemlerden geçerse (sınıflandırma, kırma, manyetik ayırma, kurutma, eleme, yıkama gibi), yüksek oranda alümina ihtiva eden tuğlalar ateş tuğlalarının (firebrick) alümina içeriğini zenginleştirmek için, düşük oranda alümina içeren tuğlalar püskürtme malzeme (gunning mix) ve çimento yapımında kullanılabilir. Krom manyezit tuğlalarda ise kırmayı takip eden manyetik ayırma ve yıkama süreçleri sonrasında mıknatıslanan demir yoğunluklu kromit kısım krom manyezit tuğlaların yapımında tekrar kullanılabilir. İken mıknatıslanmayan kısım manyezit içerikli olup çimento yapımında kuma ikame olarak</p>

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ^{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ³	
					kullanılabilmektedir. Bu tür bir seçenek mevcut değilse bu atıklar tehlikeli atık sahalarında düzenli depolanmaktadır [15].
19 02 05*	✓ R4		✓ D10	✓ D5	Hurda akü yıkama ve ayırma işlemleri sırasında ortaya çıkan kurşun içerikli ve aynı üniteye oluşan atıksuyun nötralizasyonu sonucunda oluşan çökelti ve dip çamurlarını kapsayan bu atık türü, yüksek oranda kurşun içerdiğinden tesis içerisinde doğrudan geri besleme hammaddesi olarak kullanılmaktadır [5], [13].
19 02 06					
19 12 04	✓ R1 / R3		✓ D10		Tesisteki hurda akü kırma prosesinden çeşitli türde plastik ve lastik çeşidi tehlikesiz atıklar çıkmaktadır. Bunlardan polipropilen geri dönüştürülebilir oldukları için ayrılıp geri dönüşüm tesislerine

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ^{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ³	
					ulaştırılmaları yüksek önem arz etmektedir. Dikkat gerektiren bir nokta, bu atıkların geri dönüşüm ürünlerinin gıda sektöründe kullanımının yasak olmasıdır. Geri dönüşüm bir alternatif değilse kontrollü koşullarda yakılarak geri kazanımı veya bertarafı sağlanabilmektedir.
19 12 11*	✓ R1	✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	Plastik ve lastiklerin, kurşun içerikli elektrot pastasıyla veya akü asidiyle kontamine olmuş ve geri kazanılamayacak, tehlikeli atık sınıfına girmiş durumlarını içeren bu atıklar tekrar yıkama havuzuna alınarak arıtılabilmekte, yakma tesislerinde yakılarak veya tehlikeli atık sahalarında depolanarak bertarafı sağlanabilmektedir. Az miktarda olsa da

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem _{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ₃	
					kurşun içerebileceğinden bu tür atıkların yakma tesislerinde bertarafı yakma fırınlarına zarar verebileceğinden önerilmemektedir [Saha çalışmaları].
19 12 12	✓ R1 / R3	✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	19 12 11* kodlu atığın tehlikesiz olan eşleniğidir. Detaylı açıklamalar için 19 12 11* ve 19 12 04 kodlu atıklara ait notlara bakılabilir.

¹ Atık ön işlem uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [18]

² Atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [19]

³ Atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [20]

⁴ D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında uygulanan ön işlem ve atığın içeriğine göre 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

Tablo 8. Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem _{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ₃	
08 03 17*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerlerinin tekrar dolum yapılarak geri kazanımı mümkündür.
08 03 18					
13 01 11*	✓ R1 / R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Atık yağların geri kazanımı ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [21] Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda ya da yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların yüksek fırında enerji kazanımı amacıyla yakılmaları için bkz: [22]. Ayrıca yağ içeren atıkların yönetimi için bakınız: [23], [24].
13 02 06*					
13 02 08*					
15 01 01	✓ R1 / R3	✓ D9 / R12	✓ D10		Atık kağıtların geri dönüşümü sağlanmalıdır. Eğer mümkünse enerji kazanımı da göz önüne alınmalıdır [24], [25].

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ^{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ³	
15 01 02	✓ R1 / R3	✓ D9 / R12	✓ D10		Atık plastiklerin geri dönüşümü sağlanmalıdır. Eğer mümkünse enerji kazanımı da göz önüne alınmalıdır [24], [25].
15 01 07	✓ R5	✓ D9 / R12			Cam ambalajların geri kazanımı (tekrar kullanım ya da geri dönüşüm) hedeflenmelidir [25].
15 01 10*	✓ R1 / R3 - R5	✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [25]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*	✓ R1	✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	Temizleme malzemeleri, filtreler ve giysilerin kirlilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Özellikle çoğunluğun inorganik kirliliği olduğu durumlarda sürekli depolama uygulanabilir [25].
15 02 03					

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem _{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ₃	
16 01 07*	✓ R1 / R4	✓ R12	✓ D10		Atık yağ filtreleri ek yakıt olarak yakılabilmekte ve eğer içerisinde metal bileşenler bulunuyorsa bunlar geri kazanılabilmektedir [26].
16 02 13*	✓ R4 / R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Iskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun yöntem seçilmelidir [25]. Geri kazanım uygulanmadığı durumlarda düzenli depolama veya yakma seçenekleri uygulanmalıdır [27].
16 02 14					
16 02 15*					
16 02 16					
16 05 06*	✓ R2 - R6 / R13	✓ D9 / R12	✓ D10		Laboratuvar kimyasallarının geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. İkinci seçenek olarak, basit fiziksel-kimyasal proseslerle ön işleme tabi tutulmalıdırlar. Aksi takdirde bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.
16 05 09	✓ R2 -R 6				
16 06 01*	✓ R4 / R5	✓ R12		Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin	

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem ^{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ³	
16 06 02*				✓ D5	ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılamayan parçalar daha sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız [28], [9]
18 01 03*		✓ D9	✓ D10		Bu atıklara geri kazanım ve mekanik arıtım yapılmaz. Sterilizasyon yapılmalıdır. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için bakınız: [29]. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [30]'da bulunabilir.
18 01 04					
20 01 01	✓ R1 / R3	✓ D9 / R12	✓ D10		Kağıt ve karton atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
20 01 21*	✓ R4 / R5 /	✓ R12		✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan

Atık Akü Geri Kazanım

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem 1,4	Yakma ²	Düzenli Depolama 3	
	R13				muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [28], [31]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.
20 01 25	✓ R1 / R9	✓ R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmalıdır.
20 01 26*	✓ R1 / R9	✓ R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmalıdır. Uygulanamadığı durumda yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak bakınız [23].
20 01 33*	✓ R4 / R5	✓ D9 / R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir.
20 01 34	✓ R4 / R5	✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [9] ve [27] numaralı referanslardan edinilebilir.
20 01 35*		✓ D9 / R12	✓ D10	✓ D5	Iskarta ekipmanlardan

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem _{1,4}	Yakma ²	Düzenli Depolama ₃	
20 01 36		✓ D9 / R12		✓ D5	temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun yöntem seçilmelidir.
20 01 40	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.

¹ Atık ön işlem uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [18]

² Atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [19]

³ Atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [20]

⁴ D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında uygulanan ön işlem ve atığın içeriğine göre 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

7.0. İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Bu kılavuzda atık akü geri kazanımı sektöründen kaynaklanan atıkların tanımlanması, önlenmesi/azaltılması, geri kazanımı ve bertarafı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu başlıklar ile ilgili olarak daha ayrıntılı bilgilere aşağıdaki kaynaklardan ulaşılabilir:

- Çevre ve Şehirciliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü resmi internet sitesi. URL: <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?sayfa=anasayfa>
Bu siteden yürürlükte olan mevzuata, tehlikeli atık taşıma, geri kazanım ve bertaraf için lisans almış firmaların listelerine ve duyurulara ulaşmak mümkündür.
- Atık akü geri kazanım sektörüne ilişkin IPPC BREF-MET dokümanı:
European IPPC Bureau, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries (Final Draft, October 2014). URL: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM_Final_Draft_10_2014.pdf
Bu doküman akü geri kazanımı dahil olmak üzere tüm demir dışı metal sektörlerinden kaynaklanan emisyonlar ve MET hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.
- Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu. URL: https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_1-03_04_2012.pdf
https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf
https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_3-03_04_2012.pdf

Bu doküman özellikle “M” kodlu atıkların sınıflandırılmalarını kolaylaştırmak için hazırlanmıştır. Tüm “M” kodlu atıklar için atık bilgi formları oluşturulmuş ve atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

- Basel Sekreteryası Teknik Rehberleri. URL: <http://www.basel.int/Implementation/TechnicalMatters/DevelopmentofTechnicalGuidelines/AdoptedTechnicalGuidelines/tabid/2376/Default.aspx>
Bu web sitesinde genel atık gruplarının yönetimi ile ilgili bilgilerin yanı sıra çeşitli geri kazanım, ön işlem ve bertaraf yöntemleri ile ilgili rehberler mevcuttur.
- Tehlikeli Atık Beyan Formu, Atık Üreticileri için Kullanım Kılavuzu, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. URL: <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/eduardosya/TABSkilavuz2013.pdf>
Bu web sitesinde atık üreticilerinin atıklarını beyan ederken kullanacakları TABS arayüzünün kullanımına ilişkin bilgiler mevcuttur.

Atık akü geri kazanım sektör rehberinin hazırlanması sırasında yararlanılan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

- [1] TÜİK, Yıllık Sanayi Ürün İstatistikleri, 11 Şubat 2016. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1066.
- [2] Mutlu Akü ve Malz. A.Ş., Hakkımızda, 21 Haziran 2016. URL: <http://www.mutlu.com.tr/hakkimizda>.

- [3] AKÜDER, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği, İstanbul, 2010.
- [4] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017, Ankara, 2014.
- [5] European Commission, Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, European Commission, 2001.
- [6] M. T. Gönüllü, A. Ekerim ve K. B. Varınca, Bir Hurda Akü Geri Dönüşüm Tesisi Değerlendirmesi, *Proceedings of 3rd International Foundry and Environment Symposium*, İstanbul, 2010.
- [7] X. Zhu, L. Li, X. Sun, D. Yang, L. Gao, J. Liu, V. R. Kumar ve J. Yang, Preparation of basic lead oxide from spent lead acid battery paste via chemical conversion, *Hydrometallurgy*, no. 117-118, pp. 24-31, 2012.
- [8] European Commission Joint Research Centre, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries Final Draft, European Commission, Spain, 2014.
- [9] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines for the environmentally sound management of waste lead-acid batteries, UNEP, Châtelaine, 2003.
- [10] H. Kara, D. Eatherley ve N. Morley, Novel Lead Recycling Technology, Oakdene Hollins Ltd., Buckinghamshire, 2008.

- [11] F. E. Goodwin, Lead processing, Encyclopædia Britannica, 23 August 2013. Erişim Tarihi: 01.07.2016 URL: <https://global.britannica.com/technology/lead-processing>.
- [12] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete No: 29314, Tarih: 02.04.2015.
- [13] TEMÇEV Ltd. Şti., Mutlu Akü Kurşun Geri Kazanım Tesisi Kapasite Artışı Nihadi ÇED Raporu, TEMÇEV Ltd. Şti., Eskişehir, 2013.
- [14] European Comission, Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, European Comission, 2006.
- [15] J. R. Donald, M. K. Walsh, C. D. Burnham ve P. H. Lauzon, Dealing with Spent Refractory Materials, Hatch Associates Ltd., Mississauga.
- [16] L. Luther, Managing Coal Combustion Waste (CCW): Issues with Disposal and Use, Congressional Research Service, 2010.
- [17] Environment Australia, Incineration and Dioxins: Review of Formation Processes, Commonwealth Department of the Environment and Heritage, Canberra, 1999.
- [18] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on hazardous waste physico-chemical treatment, biological treatment, UNEP, Châtelaine, 2002.
- [19] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on incineration on land, UNEP, Châtelaine, 2002.

- [20] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on specifically engineered landfill, UNEP, Châtelaine, 2002.
- [21] K. B. Bensadok, Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminum plate electrodes, *Journal of Hazardous Materials*, pp. 423-430, 2008.
- [22] A. F. Cores, Combustion of waste oils simulating their injection in blast furnace tuyeres, *Revista de Metalurgia*, pp. 100-113, 2009.
- [23] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on hazardous waste: Waste oils from petroleum origins and sources, UNEP, Geneva, 1997.
- [24] Secreteriat of the Basel Convention, Updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs), UNEP, Châtelaine, 2007.
- [25] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu, Cilt II, 2012. Erişim Tarihi: 10.09.2016. URL: https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf.
- [26] European Commission, Best Life-Environment Projects, Reuseoil - Recovery of Used Oil filters generating recyclable metal and oil fractions, 2005. Erişim Tarihi: 10.09.2016 URL: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2362&docType=pdf.
- [27] German Federal Ministry for the Environment, Manual on Industrial Hazardous Waste Management for Authorities in Low and Middle Income Economies: Supplement 1 - Allocation of

Wastes Codes of the EWL to Recovery and Disposal Options,
German Federal Ministry for the Environment, 2012.

- [28] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on the environmentally sound recycling/reclamation of metals and metal compounds (R4), UNEP, Châtelaine, 2003.
- [29] Secreteriat of the Basel Convention, Draft guidance paper on hazard characteristic H6.2 (infectious substances), UNEP, Geneva, 2004.
- [30] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and healthcare wastes, UNEP, Châtelaine, 2003.
- [31] U.S. Environmental Protection Agency, «Recycling and Disposal After a CFL Burns Out,» U.S. Environmental Protection Agency.
Erişim Tarihi 15.09.2016. URL:
<https://www.epa.gov/cfl/recycling-and-disposal-cfls>.
- [32] Secreteriat of the Basel Convention, Technical guidelines on used oil re-refining or other re-suses of previously used oil, UNEP, Châtelaine, 2002.



**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI**

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı
www.csb.gov.tr/gm/cygm