



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

## **SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI**

### **BİRİNCİL ve İKİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ**

# SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

## BİRİNCİL ve İKİNCİL ALÜMİNYUM ÜRETİMİ

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

**Birincil/İkincil Alüminyum Üretimi Sektörü Grubu**

Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Çevre Y. Müh. Elif Küçük

Çevre Müh. Dilara Danacı

**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 BİRİNCİL/İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ.....	7
3.0 BİRİNCİL/İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER.....	12
3.1 BİRİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER.....	12
4.0 BİRİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE KAYNAKLANAN ATIKLAR.....	20
4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI.....	20
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI .....	35
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ.....	39
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI .....	55
7.0 İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER.....	69
8.0 İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE KAYNAKLANAN ATIKLAR .....	74
8.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI.....	74
8.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI .....	84
9.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ.....	88
10.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI .....	102
11.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR.....	114



## 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 ve 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
- Metal kaplama-galvanizleme
- Tekstil ve hazır giyim sektörü
- Ağaç, ağaç ürünleri ve mobilya imalatı sektörü
- Ham petrol işleme
- Petrokimya
- Termik santraller
- Birincil/ikincil alüminyum üretimi
- Akü geri kazanımı

NACE Rev.2 Ekonomik Faaliyet Sınıflaması sistemine göre “24.42 - alüminyum üretilmesi” kategorisinde olan birincil/ikincil alüminyum üretim 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, birincil/ikincil alüminyum sektöründe uygulanabilecek atıkların önlenmesi ve azaltılması uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak, atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir.

## 2.0 BİRİNCİL/İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ

Dünyada çelikten sonra en çok üretilen ve kullanılan malzeme olan alüminyum, birçok fiziksel özelliğinin birleşimi ile modern hayat için kaçınılmaz olan geniş bir ürün yelpazesinde kullanılmaktadır. En önemli kullanım alanları inşaat sektörü, kimya ve gıda sanayii, ulaştırma sektörü, elektrik ve elektronik sektörü, makina ve ekipman imalat sektörü ve metal sanayiidir. **Tablo 1** alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımını vermektedir. Alüminyumun bu kadar geniş sektörel dağılımda kullanılabilir olmasının nedenleri hafifliği, dayanıklılığı (mekanik ve korozyon dayanımı), ısı ve elektriksel iletkenliği, yüksek elastisiteye ve çok iyi optik özelliklere sahip olması, kolay işlenebilirliği, kıvılcımsızlığı, estetik görünümü ve kolay biçimlendirilebilirliğidir. Ayrıca, alüminyumun temel özellikleri mekanik ve fiziksel işlemlere tabii tutulduktan sonra da değişmemektedir. Bu da alüminyumun özünde sürdürülebilir olduğunu göstermektedir. Bir kere üretildikten sonra kalitesinde herhangi bir kayıp olmadan geri dönüştürülebilir ya da yeniden kullanılabilir. Bu özelliğinden ötürü enerji depolayan bir metaldir [1, 2, 3, 4].



**Tablo 1. Alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımı [1]**

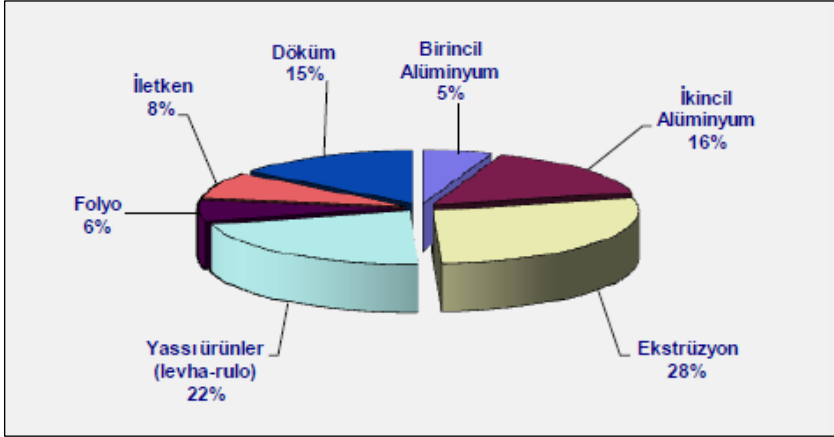
Kullanım Alanları	Dağılım (%)
İnşaat	25
Ulaşım	24
Ambalaj	15
Elektrik/Elektronik	10
Genel mühendislik	9
Mobilya, ofis eşyaları	6
Demir çelik, metalurji	3
Kimya ve tarım ürünleri sanayi	1
Diğer	7
Toplam	100

Alüminyum sektörü, boksit madeninden birincil alüminyum ve hurdadan ikincil alüminyum üreten, daha sonra bunları üretim yöntemlerine göre de ürünlere (döküm ürünü, ekstürütton ürünü, yassı ürün, yarı ürün, iletkenler) dönüştüren kuruluşlardan oluşmaktadır (**Şekil 1**). Birincil ve ikincil alüminyum endüstrilerinin karşılaştırılması

**Tablo 2'**de verilmiştir. Alüminyumun en önemli hammaddesi boksittir ve bileşik (oksit) halinde bulunur. Türkiye'de dünya boksit rezervinin %1'i yer almakta ve cevherlerin %95'i Toroslar boyunca bulunmaktadır [1, 3]. Hem coğrafi konumu (Avrupa ve Orta Doğu pazarına olan yakınlık) itibarıyla hem de alüminyum talebi ve dünya alüminyum ticaret hacmindeki artış nedeniyle, Türkiye'nin de üretim kapasitesi yıllık ortalama %6,6 oranında artmaktadır [5]. Diğer yandan ise enerji fiyatlarındaki yükseliş, kaynak yetersizliği, hammadde ve üretim teknolojilerinin ithalata dayanması sektörün gelişmesinde olumsuz etkiye sahiptir.

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Şekil 1. 2011 yılı verilerine göre alüminyum ürünlerinin üretim türüne göre dağılımı [3]



Tablo 2. Birincil ve ikincil alüminyum endüstrilerinin karşılaştırılması [6]

Birincil Alüminyum Endüstrisi	İkincil Alüminyum Endüstrisi
Yüksek yatırım maliyeti	Düşük yatırım maliyeti
Üretime geçme süreci uzun	Üretime geçme süreci kısa
Yüksek enerji tüketimi	Düşük enerji tüketimi
Doğal boksit kaynaklarının hammadde olması	Boksit kaynaklarının kullanımında tasarruf
Yüksek oranda kirli gaz salınımı	Düşük oranda kirli gaz salınımı

Alüminyumun Türkiye ekonomisine girişi 1950'li yılları bulmuş; girişiyle yeni bir sektör oluşmuştur. Türkiye'de alüminyum üretimine 1967 yılında birincil ham alüminyum üretilmek üzere kurulan Eti Alüminyum A.Ş'nin Seydişehir Alüminyum tesislerinin kurulması ile başlanmıştır. Firma, 2005 yılında özelleştirilmiştir. Ülkemizde birincil alüminyum üreten tek tesis bu tesistir. Bunun yanında, ikincil alüminyum ve yarı ya da uç ürün üretimi yapan çok sayıda özel sektör kuruluşu (yaklaşık 1500 firma) bulunmaktadır. **Tablo 3** alüminyum ürünlerinin 2007 ile 2011 yılları arasındaki değişimini göstermektedir.

Yurtiçi alüminyum talebi ve tüketimi incelendiğinde görülmektedir ki, alüminyum çelikten sonra ülkemizde en çok tüketilen malzemedir. Kişi başı alüminyum tüketimi, 2011 yılı verilerine göre 10,5 kg seviyelerine ulaşmıştır. Ancak, bu değer AB ve OECD ülkeleri (sırasıyla 22 kg ve 33 kg) ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Alüminyum ithalat ve ihracat verilerine bakılacak olursa, ham alüminyum üretimi sadece Seydişehir'deki tesiste gerçekleştirildiği için, sektörün hammadde ihtiyacının yaklaşık %90'ının ithal edildiği anlaşılmaktadır. Öte yandan, ciddi miktarda da mamul madde ihracatı yapılmaktadır. Türkiye ürettiği alüminyum ürünlerinin %50'den fazlasını ihraç etmektedir [3, 5].

Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

**Tablo 3. Türkiye'nin alüminyum üretimi (ton) [3]**

Üretim	2007	2008	2009	2010	2011	% değişim (10/09)	% değişim (11/10)
<b>Birincil Alüminyum (7601)</b>	63.000	61.000	30.000	54.000	56.000	80,0	3,7
<b>İkincil Alüminyum (7602)</b>	80.000	94.000	120.000	150.000	165.000	25,0	10,0
<b>Ekstrüzyon (7604)</b>	235.000	265.000	230.000	275.000	290.000	19,6	5,5
<b>Yassı ürünler (levha-rulo) (7606)</b>	146.281	140.584	135.230	198.016	224.000	46,4	13,1
<b>Folyo (7607)</b>	39.504	43.173	50.721	60.000	65.000	18,3	8,3
<b>İletken (7605-7614)</b>	35.000	33.150	50.000	70.000	85.000	40,0	21,4
<b>Döküm</b>	112.150	122.000	96.500	128.000	150.000	32,6	17,2

### 3.0 BİRİNCİL/İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

#### 3.1 BİRİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Alüminyum sektöründe birincil alüminyum üretimi prosesi temel olarak üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Boksit madenciliği,
- Boksit cevherlerinden Bayer prosesi ile alümina (alüminyum oksit) üretimi,
- Alüminadan “ergimiş tuz elektrolizi (Hall-Héroult prosesi) ile metalik alüminyum üretimi,
- Üretilen sıvı metalik alüminyumun dökümüdür.

Boksit, alüminyum ihtiva eden tek ana cevherdir. Boksiti saf metalurjik alüminaya konsantre eden tek endüstriyel proses, Bayer prosesidir. Bayer prosesi uygulanarak cevherden üretilen alümina (alüminyum oksit), takiben uygulanan Hall-Héroult prosesi ile metalik alüminyuma indirgenmekte, ardından döküm işlemi uygulanmaktadır.

Yüz ton boksitten 40 ile 50 ton arası alümina üretilmekte ve verilen miktarlardaki alüminadan da 20 ile 25 ton arası alüminyum elde edilmektedir [7]. Birincil alüminyum üretimine ait genel akım şeması **Şekil 2'**de verilmiştir.

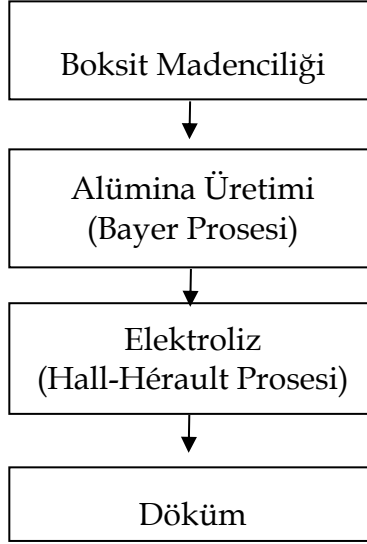
Bölüm 2'de de bahsedildiği gibi ülkemizin cevherden alüminyum elde eden tek entegre alüminyum fabrikası Eti Alüminyum

Seydişehir tesisidir. Takip eden bölümlerde birincil alüminyum üretim proseslerine ait ayrıntılı bilgi verilmektedir.

### ***Boksit madenciliği***

Alüminyum doğada metalik alüminyum yerine, sulu oksit ya da silikatlar formunda bulunmaktadır. Bölüm 3.1’de de bahsedildiği gibi alüminyumun çıkarıldığı ana cevher boksittir. Boksit iki formda sulu alüminyum oksit içermektedir. Bunlar kostik boksitte monohidrat  $AlO(OH)$  ya da laterit boksitte trihidrat  $Al(OH)_3$ ’tür. Monohidratlar en çok tercih edilen alüminyum cevherleridir. Çünkü laterit boksitte bulunan alüminyum içeriği daha azdır. Boksit; ayrıca demir oksit, titanyum oksit, kil ve kuartz içermektedir. [8] Boksit cevheri üretimi açık ocak işletmeciliği ile yapılmakta ve genel olarak yakında bulunan bir rafineride alümina üretimi gerçekleştirilmektedir [9]. Elde edilen boksitin %85’i birincil alüminyum üretimine yöneliktir [10].

Eti Alüminyum Seydişehir tesisi için alümina fabrikasının ihtiyacı olan boksitin üretilmesi ile görevli “Maden-Açık İşletme Müdürlüğü”, Seydişehir’e 25 km mesafede kurulmuştur.



## Şekil 2. Birincil alüminyum üretimi proses akım şeması

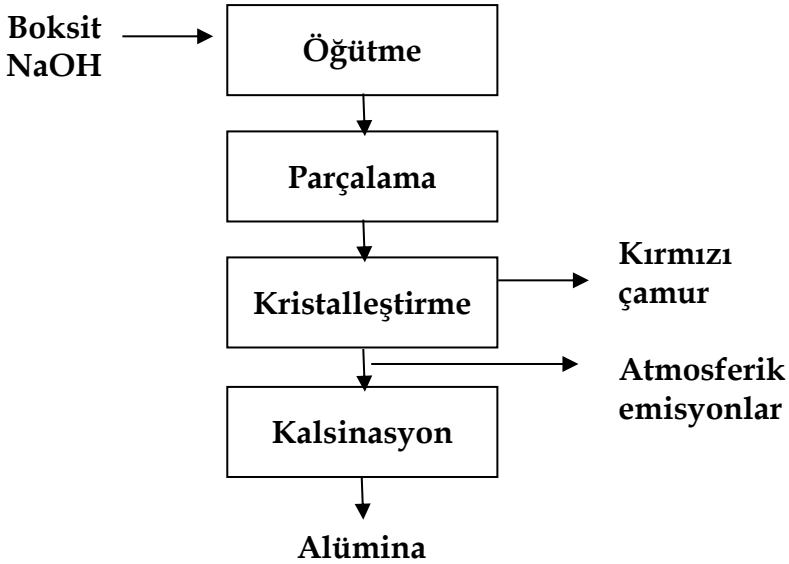
### Alümina Üretimi

Birincil alüminyum üretiminde ikinci kademe, Bayer prosesi ile gerçekleştirilen alümina üretimidir. Boksit, elektroliz ile birincil alüminyuma dönüştürülmeden önce saf alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ), alümina elde edilir. Bu dönüşüm Bayer prosesi (

Şekil 3) ile sağlanmaktadır. Bu proseste, ilk olarak boksit öğütülmekte, daha sonra öğütülen boksit, sodyum hidroksit solüsyonu ile karıştırılarak otoklavlara yollanmaktadır. Burada cevher içerisindeki alümina, sodyum alüminat oluşturmak üzere yüksek ısı ( $110-270^{\circ}C$ ) ve basınçta çözünmektedir. Alümina da böylelikle sodyum alüminat çözeltisi içeren sıvı faza geçmektedir. Daha sonra, alüminat çözeltisi soğutularak alüminyum hidroksit

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

kristali halinde çöktürülmektedir. Uygulanan vakum filtrasyon işlemi sayesinde hidroksit çökeltisi ayrılmakta ve saf su ile yıkanmaktadır. Döner ya da akışkan yataklı fırınlarda kalsine edilmesi ile kuru, beyaz toz şeklinde alümina elde edilmektedir. Boksit içerisinde bulunan silika da sodyum-alüminyum-silikat olarak çökmektedir [8]. Demir, titanyum oksit ve diğer kirlilikler de çökmektedir. Çöken atıklar kırmızı çamur olarak adlandırılmakta ve sodyum alüminat çözeltisinden ayrılmaktadır. Bu çamur, birincil alüminyum endüstrisine çevresel açıdan bir yük getirmektedir. Tipik olarak her bir ton alümina üretiminde 2 ton kırmızı çamur çıkmaktadır [9].



Şekil 3. Bayer prosesinin genel prensipleri [9]

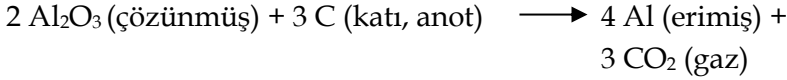


## Elektroliz

Alümina üretiminden sonraki aşama, alüminanın ergimiş kriyolit banyosunda elektrolizi ile metalik alüminyuma dönüştürülmesidir. Birincil alüminyum üretimindeki en önemli hammaddeler; alümina, karbon ve elektrik enerjisidir. Metalik alüminyum, alüminadan “ergimiş tuz elektrolizi, Hall-Héroult prosesi” kullanılarak elde edilir. Hall-Héroult prosesi alüminyum metalinin birincil üretimi için çok önemlidir. Alüminanın sıvı alüminyuma indirgenmesi 950-980°C aralığında ve yüksek şiddetli elektrik akımı altındaki florlü banyolarda gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte “pot” olarak bilinen büyük karbon ya da grafit kaplı çelik kaplardan oluşan elektroliz hücreleri kullanılmaktadır. Elektroliz hücreleri, karbon katot ve karbon anottan oluşmakta, birbirlerine seri olarak bağlanmaktadır. Elektroliz hücrelerinde, anotta oksijen açığa çıkarken katot kısmında alüminyum toplanması gerçekleşmektedir. Karbon anot, alüminadan oksijen ayrılırken tüketilmektedir. Gerçekleşen reaksiyonlar (Denklem 1) alüminanın erimiş kriyolitte ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) elektrolizine dayanmaktadır. Ayrıca, alümina miktarını %2-6 arasında tutmak için alümina ilavesi yapılmaktadır. Zira, girdiği tepkime sonucu alümina tüketilmektedir. Eğer elektrolitin alümina içeriği %1-2'nin altına düşerse anot etkisi oluşmaktadır. Bu durumda alüminanın ayrışması yerine, kriyolit banyosu, metallerine ve florür iyonlarına ayrışmaktadır. Florür iyonları da karbon ile tepkimeye girip perflorokarbon emisyonuna sebep olmaktadır [7]. Erime noktasını düşürmek için alüminyum florür ( $\text{AlF}_3$ ), kalsiyum florür ( $\text{CaF}_2$ ), magnezyum florür ( $\text{MgF}_2$ ) ve lityum karbonat

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

(Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) gibi tuzlar kullanılmaktadır [8]. Tuz eklemesi aynı zamanda akım verimliliğini artırmakta ve buharlaşma kayıplarını azaltmaktadır. Karbon hücre kaplaması ise banyo karışımının aşırı aşındırıcı olma özelliği nedeniyle kullanılmaktadır [11].



Denklem 1’de görüldüğü gibi, elektrik akımı elektrolitten geçerken çözünmüş alüminayı metalik alüminyum ve oksijen gazına parçalamaktadır. Oksijen, karbon anot ile tepkimeye girmekte ve CO ve CO<sub>2</sub> oluşturmaktadır. Sıvı alüminyum ise elektrolitten daha yoğun olduğu için dibe çökmektedir. Sıvı alüminyum vakum sifon kullanılarak belirli aralıklarla çekilmektedir. Her bir ton alüminyum üretimi için elektroliz aşamasında elektrik enerjisine ek olarak 1,95 ton alümina, 0,5 ton kok ve az miktarda florür tuzu tüketilmektedir [8].

Hücre sistemleri kullanılan anot tipine ve alümina ilave edilme şekline göre değişmektedir. “Søderberg” ve “Prebaked” olmak üzere iki çeşit temel elektrolit hücresi kullanılmaktadır. Søderberg (kendi pişen) hücresinde sadece bir tane sürekli anot bulunmakta ve üstten karbon ekledikçe yeniden oluşturulurken, altta da tüketilmeye devam etmektedir. Søderberg anot tipinde, koklaşma süreci hücre üzerinde sürekli olarak gerçekleşmektedir. Søderberg teknolojisinde, kalsine petrol kokundan ve kömür katranı zifti karışımından anot pasta üretilmektedir. Bu sistem sürekli bir sistem olup, alt kısımda Søderberg anot azaldıkça, üst kısımdan anot pasta yenilenmektedir. Belirli bir sıcaklıkta zift ergimeye ve

daha sonra koklaşmaya başlamakta, böylelikle tek bir anot karbonu oluşmaktadır. Bu sistemde anotların değiştirilmesi gerekmemektedir. Alümina, kabuğunun kırılması ile oluşan delikler ve dondurulmuş elektrolit yoluyla Söderberg hücrelerine periyodik olarak eklenmektedir. Geliştirilmiş tesislerde, düzenli olarak kabuğu kırmak yerine otomatik nokta besleyici sistemler kullanılmaktadır. Diğer yandan, Prebaked (önceden pişmiş) anot hücrelerinde ise, anodun yaklaşık %80'i tüketildiğinde değiştirilmesi gerekmektedir. Prebaked anot tipinde, koklaşma süreci başka bir birimde kesikli olarak gerçekleşmektedir. Prebaked anot teknolojisinde, çoklu anotlar kullanılmakta; anotlar, kalsine petrol koku, geri dönüştürülmüş anot ve kömür katranı zifti karışımından yapılmaktadır. Anot, bloklar halinde ayrı bir anot tesisinde üretilmektedir. Anotlar hücre içine çelik pimlerle tutturulup anot çerçevesine bağlanmakta ve aynı zamanda elektrik iletkeni olarak görev görmektedir. Anotlar tükendikçe yavaş yavaş aşağı indirilmekte ve daha sonra değiştirilmektedir. Prebaked hücrelerde genel olarak düzenli aralıklara değiştirilen 12 ile 40 arası anot bulunmaktadır. Alümina eklenme çeşidine göre 3 çeşit prebaked hücresi kullanılmaktadır [7]:

- Yandan Çalışan ( Side-worked prebaked anode cells)
- Merkezden Çalışan (Centre-worked anode cells)
- Nokta Besleyici (Point feeder prebaked anode cells)

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Seydişehir Alüminyum tesislerinde, geçtiğimiz yıl gerçekleştirilen modernizasyonda, Søderberg anotlu elektroliz prosesinden prebaked anotlu elektroliz prosesine geçiş yapılmıştır.

### Döküm

Sıvı alüminyum elektroliz ünitesinde üretildikten sonra dökümhane bölümüne gelerek üretilen ürün cinsine göre işlenmek üzere ergitme fırınlarına beslenmektedir. Bu süreçte gerekli alaşımın sağlanması için alaşım elementleri ya da ön alaşım malzemeleri ergitme fırınına eklenmektedir. Elde edilen alaşımın belirlenen aralıklar arasında olup olmadığını tespit etmek için laboratuvar analizi yapılmaktadır. Belirlenmiş aralıkta olan alaşımlar metal transfer sistemi ile döküm makinasına alınmaktadır. İstenen döküm reçetesi kullanılarak istenen çap ve boydaki malzemelerin üretimi yapılmaktadır [12].

## 4.0 BİRİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

### 4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan atıklar 3 ana sınıf altında incelenebilir.

- Proses atıkları
- Yan proses atıkları
- Proses dışı atıklar

Bu atıklar **Tablo 4'**te sıralanmıştır. Bu tablolarda en sağ kolonda atıkların türleriyle ilgili 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" işaretli atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. *Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.*

### Proses atıkları

Birincil alüminyum üretim prosesinin doğası gereği, sektörden çıkan atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4’de verilen atık listesinde çeşitli başlıklar altında toplanmıştır. Bu listede tehlikeli atıklar “\*” ile işaretlenmiştir. Prosese özel atıkların listesi **Tablo 4**’te verilmiştir.

**Tablo 4. Birincil alüminyum sektöründen kaynaklanan proses atıkları**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>01</b>	<b>Madenlerin Aranması, Çıkarılması, İşletilmesi, Fiziki ve Kimyasal İşleme Tabi Tutulması Sırasında Ortaya Çıkan Atıklar</b>	
<i>01 03</i>	<i>Metalik Minerallerin Fiziki ve Kimyasal Olarak İşlenmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
01 03 07*	Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar	M
01 03 09	01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur	
01 03 10*	01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur	M
<b>10</b>	<b>Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>10 03</i>	<i>Alüminyum Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
10 03 02	Anot hurdaları	
10 03 04*	Birincil üretim cürufları	A
<i>10 10</i>	<i>Demir Dışı Döküm Atıkları</i>	
10 10 03	Ocak cürufları	

Birincil alüminyum üretiminden kaynaklanan atıklar 01 03 kodlu “metalik minerallerin fiziki ve kimyasal olarak işlenmesinden kaynaklanan atıklar”, 10 03 kodlu “alüminyum ısıl metalurjisinden kaynaklanan atıklar” ve 10 10 kodlu “demir dışı döküm atıkları” başlıklar altında yer almaktadır.

01 03 07\* kodlu “metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar” Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Te, Hg, Th, ve Pb içeren metaller ve bileşiklerinden oluşur. Kırmızı çamur ve işlenen maddeye bağlı olarak ağır metal içeren sızıntı suları bu atık kodu altında değerlendirilir.

01 03 09 kodlu “01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur” alümina üretiminden kaynaklanan atık haldeki kırmızı çamurdur. Kırmızı çamur, birincil alüminyum üretiminden miktarca en fazla beklenen atık türüdür. Kırmızı çamur, yüksek derecede alkaliniteye sahip (pH≈13), metal içeriği yüksek bir atık olup ciltle temas ettiğinde yanıklara sebep olabilecek niteliktedir. Bu sebeplerden dolayı, ABD Çevre Koruma Teşkilatı (USEPA) tarafından tehlikeli atık olarak sınıflandırılırken, Avrupa Birliği tarafından yakın zamana kadar tehlikesiz olarak kabul edilmekteydi. Fakat artık Avrupa Birliği de tehlikeli atık olarak sınıflandırmaktadır. Bu kapsamda 01 03 10 kodlu “01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur”, Atık Yönetimi Yönetmeliği’nde yapılması planlanan değişiklik ile yasal mevzuata aktarılacaktır.

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

10 03 02 kodlu “anot hurdaları” elektroliz aşamasında sıvı alüminyum üretimi sırasında anot kasasından işlem görmeden ve kontamine olmadan dökülen anot parçalarıdır [12].

10 03 04\* kodlu “birincil üretim cürufları” fırınlarda eriyik halde bulunan alüminyumun üstünden zaman zaman veya döküm sırasında alınan oksitlenmiş, alüminyumca fakir atıklardır [12]. Alüminyum cürufu, alüminyum, alüminyum oksit ile hurda ve alaşım elementleri ve kullanılan flakslara bağlı olarak diğer metal oksit, alkali ve halojenli bileşiklerden oluşur [13]. Diğer tüm metallerin cürufları tehlikesiz olmasına rağmen, alüminyum ısı metalurjisinden kaynaklanan cüruf, kolay reaksiyona girebildiği ve oksitlendiği için mutlak tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır [14].

10 10 03 kodlu “ocak cürufları” ise indüksiyon ocağında ergitme esnasında oluşan atıklar olup, tehlikesiz atık sınıfındadır.

### Yan proses atıkları

Yan proses atıkları kategorisinde sınıflandırılan atıklar, tesislerde ana üretim prosesine ek olarak gerçekleştirilen faaliyetler sonucu olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır.

Birincil alüminyum sektöründe yan proseslerden kaynaklanması muhtemel atık listesi ve atık kodları **Tablo 5**'te verilmektedir.



**Tablo 5. Birincil alüminyum sektöründen kaynaklanan yan proses atıkları**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>10</b>	<b>Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>10 10</i>	<i>Demir Dışı Döküm Atıkları</i>	
10 10 05*	Henüz döküm yapılmamış, tehlikeli madde içeren maça ve kum döküm kalıpları	M
10 10 06	10 10 05 dışındaki henüz döküm yapılmamış maça ve kum döküm kalıpları	
10 10 07*	Döküm yapılmış tehlikeli madde içeren maça ve kum döküm kalıpları	M
10 10 08	10 10 07 dışındaki döküm yapılmış maça ve kum döküm kalıpları	
10 10 09*	Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu	M
10 10 10	10 10 09 dışındaki baca gazı tozu	
10 10 11*	Tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller	M
10 10 12	10 10 11 dışındaki diğer partiküller	
10 10 13*	Tehlikeli maddeler içeren bağlayıcı atıkları	M
10 10 14	10 10 13 dışındaki bağlayıcı atıkları	
10 10 15*	Tehlikeli madde içeren çatlak belirleme kimyasalları atığı	M
10 10 16	10 10 15 dışındaki çatlak belirleme kimyasalları atığı	
<b>12</b>	<b>Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Şekillendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>12 01</i>	<i>Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Biçimlendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
12 01 03	Demir dışı metal çapakları ve talaşları	
12 01 04	Demir dışı metal toz ve parçacıkları	
12 01 06*	Halojen içeren madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
12 01 07*	Halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
12 01 08*	Halojen içeren işleme emülsiyon ve solüsyonları	A
12 01 09*	Halojen içermeyen işleme emülsiyon ve solüsyonları	A
12 01 13	Kaynak atıkları	
12 01 20*	Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri	M
12 01 21	12 01 20 dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri	
<b>19</b>	<b>Atık Yönetim Tesislerinden, Tesis Dışı Atıksu Arıtma Tesislerinden ve İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Su Hazırlama Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>19 11</i>	<i>Yağın Yeniden Üretiminden Kaynaklanan Atıklar</i>	
19 11 01*	Kullanılmış filtre killeri	A

**Tablo 5'**te verilen liste, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4'ten alınmış olup üç temel yan proses olan ısıl işlemler, fiziksel yüzey işlemler ve atık yönetim tesisleri için bu ekte sıralanmış atıkların bir listesidir. Atık beyanı yapan üreticilerin, işletmelerinde bu yan işlemlerden biri veya birkaçı uygulanıyorsa bu tablo içinden kendileri için uygun olan atıkları seçerek atık beyanlarında göstermeleri gerekmektedir.

Birincil alüminyum üretimi sektörü yan proses atıkları 10 10 kodlu “demir dışı döküm atıkları”, 12 01 kodlu “metallerin ve plastiklerin fiziki ve mekanik yüzey işlemlerinden ve biçimlendirilmesinden kaynaklanan atıklar” ve 19 11 kodlu “yağın yeniden üretiminden kaynaklanan atıklar” başlıkları altında yer almaktadır.

10 10 05\* kodlu “henüz döküm yapılmamış, tehlikeli madde içeren maça ve kum döküm kalıpları”; aşırı üretim, standart dışı gruplar ya da üretim hatalarından, şekil ve kalıpların üretimi için döküm kumu preparatlarından kaynaklanmaktadır. Döküm kumunun tehlikeli olmasına sebep olan faktör ise düşük konsantrasyonlarda olsa bile fenol içermesidir. Ayrıca, çoğu döküm kumu organik içeriklerin tam yanmamasından kaynaklanan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) içerebilir [14]. 10 10 06 kodlu “10 10 05 dışındaki henüz döküm yapılmamış maça ve kum döküm kalıpları” ise 10 10 05 kodlu atıkların dışındaki döküm yapılmamış maça ve kum döküm kalıpları atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 10 07\* kodlu “döküm yapılmış tehlikeli madde içeren maça ve kum döküm kalıpları” tarafından kapsanan atıklar, çerçeve ve maça formları için kullanılan inorganik bağlama maddeleri içeren döküm işleminden sonra sertleştirilmiş döküm ve şekil kumu, organik ve inorganik bağlama maddelerinden gelen kalıntılar, temizleme ve kumlama malzemesi kalıntıları içeren kum ile dökülmüş metalin yüzey temizlemesinden kaynaklanan atıklardır [14]. 10 10 05 kodlu atıktaki gibi bu atık ile ilgili tehlikelilik

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

sorununa, düşük konsantrasyonlarda olsa bile fenol içermesi sebep olmaktadır. 10 10 08 kodlu “10 10 07 dışındaki döküm yapılmış maça ve kum döküm kalıpları” 10 10 07 dışındaki döküm yapılmış maça ve kum döküm kalıplarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 10 09\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu” kuru (filtreleme) prosesleriyle emilmiş ve ayrılmış temizleme ve bilyalı kumlamadan kaynaklanan kalıntılar ve döküm kumunun yeniden elde edilmesi işleminden gelen kalıntıları kapsar. Ayrıca bu atıklar, aşındırma malzemesinin yanı sıra, kalıp ve metal dökümünden kaynaklanan yüksek miktarda ince madde içerir. Bu tür atıklar dökümü yapılacak hammaddeye göre içerdikleri kurşun, nikel, dioksin ve furan miktarlarından dolayı tehlikelilik özelliği gösterebilir [14]. 10 10 10 kodlu “10 10 09 dışındaki baca gazı tozu” ise 10 10 09 dışındaki baca gazı tozu atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 10 11\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller” ise, döküm parçasının kumdan arındırıldığı temizleme odasında ortaya çıkar. Bu atıklar içerdikleri ağır metal miktarına bağlı olarak tehlikeli olabilmektedirler. 10 10 12 kodlu “10 10 11 dışındaki diğer partiküller” ise 10 10 11 dışındaki partikülleri kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 10 13\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren bağlayıcı atıkları” organikler (reçine), inorganik bağlama maddeleri (bentonit, çimento, vb.), kalıntılar ve son kullanma tarihi uzatılmış ürünleri içermektedir. Bu atığın tehlikelilik özelliği üretim şekli ile ilgili olmakla beraber, özellikle fenol konsantrasyonlarına dikkat edilmelidir [14]. 10 10 14 kodlu “10 10 13 dışındaki bağlayıcı atıkları” 10 10 13 dışındaki bağlayıcı atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 10 15\* kodlu “tehlikeli madde içeren çatlak belirleme kimyasalları atığı” döküm işlemlerinden kaynaklanan çatlaklardaki hasar ve hataları tespit etmek amacı ile kullanılan maddeler, kalıntılar ve son kullanma tarihi uzatılmış ürünlerdir [14]. Bu atıklar, içerdikleri boyalar ve metal parçacıkları sebebiyle tehlikelilik özelliği gösterebilir. 10 10 16 kodlu “10 10 15 dışındaki çatlak belirleme kimyasalları atığı” 10 10 15 dışındaki çatlak belirleme kimyasalları atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

12 01 03 kodlu “demir dışı metal çapakları ve talaşları” alüminyum ingotunun kesme tezgahında istenen uzunluğa getirilmesi sonucu ortaya çıkan alüminyum talaşlarıdır.

12 01 04 kodlu “demir dışı metal toz ve parçacıkları” alüminyum ingotunun istenen boyutlara göre hazırlanması esnasında çıkan alüminyum toz ve parçacıklarını içerir.

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

12 01 06\* kodlu “halojen içeren madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)”, halojen içeren soğutma metal işleme yağlarıdır.

12 01 07\* kodlu “halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)”, halojen içermeyen soğutma, metal işleme yağlarıdır. Metal işlemede yağlama, soğutma ve talaş nakli için sıklıkla yağ kullanılır. [14].

12 01 08\* kodlu “halojen içeren işleme emülsiyon ve solüsyonları” soğutma, yağlama ve metal işlemede kullanılan halojen içeren emülsiyon ve solüsyonlardır.

12 01 09\* kodlu “ halojen içermeyen işleme emülsiyon ve solüsyonları”, soğutma, yağlama ve metal işlemede kullanılan halojen içermeyen emülsiyon ve solüsyonlardır. [14].

12 01 13 kodlu “kaynak atıkları” ise atölyede yapılan kaynak işlemi sırasında oluşabilecek kaynak atıklarıdır.

12 01 20\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri” atıkları, kullanılmış öğütme malzemelerinden dolayı uzun süre kullanılmayacak öğütme parçalarını, öğütme tekerlerini ve ezerek öğütme proseslerinden kaynaklanan kıymıkları içerir [14]. 12 01 21 kodlu “12 01 20 dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri” atıkları Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

19 11 01\* kodlu “kullanılmış filtre killeri” yağların rejenere işleminden sonra ortaya çıkan yağlı killi atıklardır.

### 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, 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 belirtilmemiş atıklar”, 18 “insan ve hayvan sağlığı ve/veya bu konulardaki araştırmalardan kaynaklanan atıklar (doğrudan sağlığa ilişkin olmayan mutfak ve restoran atıkları hariç)”, 19 “atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar”, 20 “ayrı toplanmış fraksiyonlar dahil belediye atıkları (evlerden kaynaklanan ve benzer ticari, endüstriyel ve kurumsal atıklar)” gibi sınıflar incelenmiştir. Ayrıca geçmiş yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapılan atık beyanları (TABS verileri), tesis çalışmaları ve literatür incelemeleri de göz önünde bulundurulmuştur. Atık beyanı veren atık üreticilerinin aşağıdaki genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıkları göstermeleri gerekmektedir. Proses dışı atıkların listesi **Tablo 6’** da verilmiştir.

**Tablo 6. Birincil alüminyum sektöründen kaynaklanan proses dışı atıkları**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>08</b>	<b>Astarlar (Boyalar, Vernikler ve Vitrifiye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>08 03</i>	<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	
<b>13</b>	<b>Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilenebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)</b>	
<i>13 01</i>	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
<i>13 02</i>	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
13 02 05*	Mineral esaslı klor içermeyen motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
<i>13 03</i>	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları	A
<i>13 07</i>	<i>Sıvı Yakıtların Atıkları</i>	
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot	A
<b>15</b>	<b>Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler</b>	
<i>15 01</i>	<i>Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj</i>	

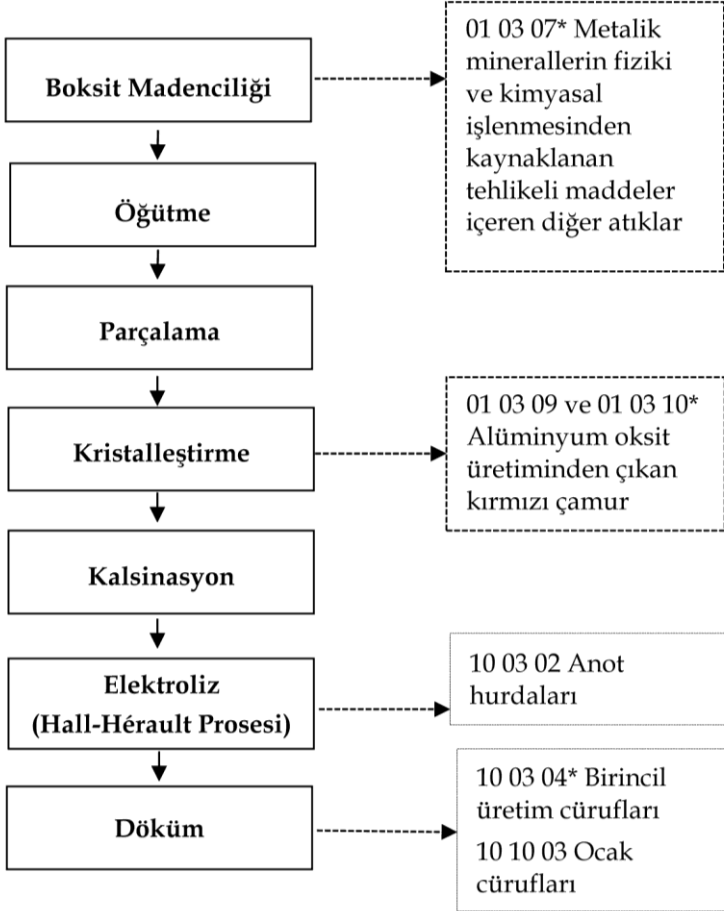


Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
	<i>Atıkları Dahil)</i>	
15 01 01	Kağıt ve karton ambalaj	
15 01 02	Plastik ambalaj	
15 01 07	Cam ambalaj	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
15 02	Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler	
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	
<b>16</b>	<b>Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar</b>	
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 03	Ömrünü tamamlamış lastikler	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 01 17	Demir metaller	
16 01 18	Demir olmayan metaller	
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 12'ye kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar	

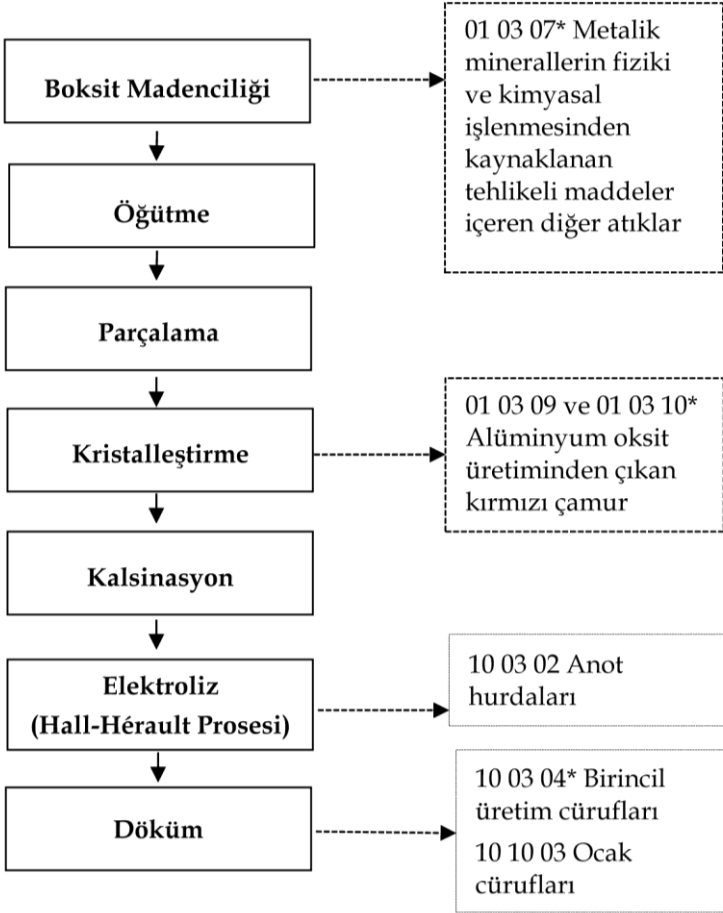
Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
16 06	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A
16 06 02*	Nikel kadmiyum piller	A
16 07	Nakliye Tankı, Depolama Tankı ve Varil Temizleme İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar (05 ve 13 Hariç)	
16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M
18	<b>İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)</b>	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
18 01 03*	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
18 01 04	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olmayan atıklar (örneğin sargılar, vücut alçıları, tek kullanımlık giysiler, alt bezleri)	
19	<b>Atık Yönetim Tesislerinden, Tesis Dışı Atıksu Arıtma Tesislerinden ve İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Su Hazırlama Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar</b>	
19 08	<i>Başka Bir Şekilde Tanımlanmamış Atıksu Arıtma Tesisi Atıkları</i>	
19 08 05	Kentsel atıksuyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	
20	<b>Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evlerden Kaynaklanan ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)</b>	

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
20 01	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)</i>	
20 01 01	Kağıt ve karton	
20 01 21*	Floresan 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 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkep, yapıştırıcılar ve reçineler	M
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler	
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03'un altında geçen pil ve akümülatör ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A
20 01 40	Metaller	

## 4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI



Şekil 4’de proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 4. Birincil alüminyum üretim tesislerinde atık üretim noktaları

Proses atıklarının üretim noktaları Şekil 4’de verilmektedir. Bahsedildiği üzere, yan proseslerden kaynaklanan atıklar ısı işlemleri ve fiziksel yüzey işlemleri uygulanması ve atık yönetim tesisleri varlığı sebebiyle meydana gelecektir. Proses dışı atıklar

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

ise 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.

- 08 “Astarlar, Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından Kaynaklanan Atıklar”
  - 08 03 “baskı mürekkeplerinin imalat, formülasyon, tedarik ve kullanımından kaynaklanan atıklar” için yazıcıların kullanıldığı ofis ya da laboratuvar gibi alanlar
- 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
  - 13 03 “atık yalıtım ve ısı iletim yağları” için ısı yalıtımı amacıyla yağ ve türevlerinin kullanıldığı sistemler
  - 13 07 “sıvı yakıtların atıkları” için tesiste kullanılıyorsa sıvı yakıtlara ait depolama tankları ve sıvı yakıt döküntüleri
- 15 “Atık Ambalajlar ile 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 06 “piller ve akümülatörler” için üretim alanları, ofisler, yemekhane ve revir gibi alanlar ile tesise ait araçlar
  - 16 07 “nakliye tankı, depolama tankı ve varil temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıklar (05 ve 13 hariç)” için taşımada ve depolamada kullanılan tanklar ve temizlenen variller
  - 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 atıksu arıtma tesisi
  - 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları, ofisler ve yemekhaneler.

## 5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği incelendiğinde *atık hiyerarşisi* ana yaklaşımının altının çizildiği görülmektedir. Şekil 5'de şematik olarak gösterilen bu anlayışa göre, öncelikle atıkların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa, üretilen miktarların mümkün olduğu kadar azaltılması 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 arıtma 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 prensibi çerçevesinde, atıklar ancak daha tercih edilebilir alternatifler kullanılmadığı durumlarda nihai bertarafa gönderilmelidir.



Şekil 5. Atık yönetim hiyerarşisi



Özellikle sanayi 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 birincil alüminyum üretimi proses atıklarını kapsamaktadır. Kapsamlı bir literatür taraması sonucu elde edilen MET'ler **Tablo 7**'de sunulmaktadır. Alüminyum üretimi için önerilen MET'ler genellikle proses çıktılarının geri kullanımı ya da proses modifikasyonuna yöneliktir. "Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği" Ek-4'de atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılacak atıklar ile alternatif hammadde ve ek yakıt olarak kullanılacak atıkların listesi verilmektedir. Bu liste incelendiğinde, **Tablo 7**'de listelenen atıklardan 01 03 09 ve 10 03 02 kodlu atıkların bulunduğu görülmüştür. 01 03 09 kodlu "01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur"un alternatif hammadde olarak kullanılabileceği, 10 03 02 kodlu "anot hurdaları"nın ise atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilmesi ve ek yakıt olarak tesisler tarafından kabul edilebileceği belirtilmiştir. Fakat bunlar

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

dışındaki atıklar için ise **Tablo 7**'de sunulan MET'lerin kullanımı bir seçenek olarak değerlendirilebilir. 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.

Tablo 7. Birincil alüminyum üretimi için sunulan MET'ler

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
01 03 07*	Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar	M	Seramik endüstrisinde alternatif hammadde olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][15][17] [18][20]
			Yapı malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17] [19][20]
			Dolgu malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17] [20]
			Katalizör olarak kullanılması		[7][15][17] [20]
01 03 09	01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur		Seramik endüstrisinde alternatif hammadde olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][15][17] [18][20]
			Yapı malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17] [19][20]
			Dolgu malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17] [20]

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
			Kirlilik kontrolü amacıyla kullanılması		[7][15][16][17][20]
			Katalizör olarak kullanılması		[7][15][17][20]
01 03 10*	01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminde çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur	M	Seramik endüstrisinde alternatif hammadde olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][15][17][18][20]
			Yapı malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17][19][20]
			Dolgu malzemesi olarak kullanılması		[7][15][17][20]
			Katalizör olarak kullanılması		[7][15][17][20]
10 03 02	Anot hurdaları		İnert anotların kullanılması	Atık miktarını azaltır.	[7]
10 03 04*	Birincil üretim cürufufları	A	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Çimento	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][13][17][21][22]

Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
			endüstri için katkı malzemesi olarak kullanılması		
10 10 03	Ocak cürufları		<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Çimento endüstri için katkı malzemesi olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][13][17] [21][22]

<b>MET</b>	<b><i>Seramik endüstrisinde alternatif hammadde olarak kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[7][15][17][18][20]
Hedef Atıklar	01 03 07* Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar 01 03 09 01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur 01 03 10* 01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur
Uygun Olduğu Proses	Bayer prosesi
Açıklama	Kendine has fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı, kırmızı çamur birçok alanda kullanılabilir. Bunlardan bazıları deneme aşamasında bazıları da ticari ölçektir. Literatüre baktığımız zaman kırmızı çamurun genellikle yapı malzemesi olarak (inşaat) ve metalurji alanında değerlendirildiği görülmektedir. Seramik sektörüne yönelik araştırmalar ise endüstriyel seramik özelinde kalmaktadır [18]. Kırmızı çamurdan, yüksek basınçlı filtrasyon tekniği kullanılarak katı boksit tortusu elde edilir. Bu tortu da seramik üretimi yapan tesislerde alternatif hammadde olarak kullanılabilir [7]. Kırmızı çamurun ince tanecikli seramik (çiniler ve yer karoları) üretiminde kullanıldığı bilinmektedir [20]. Ayrıca araştırmacılar kırmızı çamuru başarılı bir şekilde cam seramiğine de dönüştürebilmektedirler [17].
Ekonomik Boyut	Kırmızı çamur seramik endüstrisi için alternatif hammaddeye dönüştürüldüğünden, bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].
<b>MET</b>	<b><i>Yapı malzemesi olarak kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[7][15][17][19][20]
Hedef Atıklar	01 03 07* Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal

	<p>işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar</p> <p>01 03 09 01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur</p> <p>01 03 10* 01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur</p>
Uygun Olduğu Proses	Bayer prosesi
Açıklama	<p>Kırmızı çamurun yapı malzemesi olarak kullanılması büyük hacimlerde yeniden kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu da bertaraf kaynaklı problemleri ortadan kaldırmaktadır. Yapı malzemesi hazırlama aşamasında kırmızı çamuru kullanmak için birden fazla seçenek vardır. Bunlar;</p> <p><b>1. Jeopolimer</b></p> <p>Jeopolimer sentetik alüminosilikat malzemeler için kullanılan genel bir terimdir. Jeopolimer, portland çimentoya, ileri teknoloji kompozitlere (uzay, havacılık, savunma, petrokimya, vb.) ve seramik uygulamalarına alternatif olabilmektedir. Jeopolimerizasyon prosesi alkali koşullar altında kırmızı çamur ve alkali metal silikat solüsyonu arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyondur. Dolayısıyla kırmızı çamur, jeopolimerizasyon prosesi ile inorganik polimerik maddeler sentezlenmesini sağlamaktadır. Bu sayede inşaat sektöründe kullanılmak üzere yapay yapı malzemesi üretilmektedir [15][17][20].</p> <p><b>2. Kil içerikli ürünler</b></p> <p>Kırmızı çamur ile uçucu külün kil ürünleri üretiminde kullanımı yoğun bir şekilde araştırılmıştır ve araştırmalar göstermiştir ki kırmızı çamur içeren kil örnekleri doğal kil örneklerine göre yüksek basınca karşı daha dayanıklı ve düşük hidrolik iletkenlik göstermektedir. Bu nedenle kırmızı çamur jeoteknik</p>

	<p>uygulamalarda kil örtüsünün stabilizasyonu için başarılı bir şekilde kullanılabilir [15][17][20].</p> <p><b>3. Çimento</b></p> <p>Kırmızı çamur içerisindeki dikalsiyum silikat, çimento klinkerinin ana malzemelerinden biridir. Kırmızı çamur çimento klinkerinin kristalleşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Kırmızı çamur, uçucu kül, kireç ve alçıtaşı, çimento üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Uçucu kül, kırmızı çamur içerisindeki suyu absorbe eder ve çimento içerisindeki silikanın reaktivitesini artırır. Kırmızı çamur çimento üretimi sırasındaki enerji tüketimini azalttığı gibi çimentonun dayanıklılığını da artırır [15][17][20].</p> <p><b>4. Kiremit ve gözenekli beton blok</b></p> <p>Kiremit üretiminin geleneksel hammaddelerine alternatif olarak, kırmızı çamur kullanılabilir. Kırmızı çamurun kiremit üretiminde kullanılması, hem hammadde için ayrılan maliyetin düşmesine hem de kırmızı çamur bertarafıyla ilgili çevresel sorunların ortadan kalkmasına sebep olur [15][17][20].</p> <p>Gözenekli beton, ısı yalıtımı, yangın ve sismik direnç gösteren yeni bir yapı malzemesidir. Kalkerli ve silisli malzemelerden üretilir. Kırmızı çamur kullanılarak üretilen gözenekli betonun içeriği ise %15 çimento, %12-15 kireç, %35-40 kırmızı çamur ve %33-35 silika kumudur. Ayrıca üretim prosesleri de diğer gözenekli betonlarda uygulanan proseslerin aynısıdır. Fakat kırmızı çamur sayesinde üretim maliyeti diğerlerinden daha düşüktür. Bu yöntemin kırmızı çamurun diğer kullanım alanlarına alternatif yeni bir yöntem olduğu vurgulanmaktadır [15].</p>
Ekonomik Boyut	<p>Kırmızı çamur yapı malzemesi olarak kullanılabilirdiği için, bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar. Ayrıca, alternatif hammadde olduğu için proses maliyetlerinden de tasarruf sağlar [15].</p>

<b>MET</b>	<b><i>Dolgu malzemesi olarak kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[7][15][17][20]
Hedef Atıklar	01 03 07* Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar 01 03 09 01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur 01 03 10* 01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur
Uygun Olduğu Proses	Bayer prosesi
Açıklama	Kırmızı çamur çeşitli alanlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yol yapımında dolgu maddesi olarak kullanılması sayesinde büyük oranda tüketimi sağlanmış olmaktadır. Böylece bertaraf edilecek atık miktarı azalmaktadır. Dolgu malzemesi olarak kullanıldığı yolların kararlılığı ve dayanıklılığı test edildiğinde gerekli olan kriterleri sağladığı görülmüştür [15][20]. Maden sahalarında zemin çökmesini önlemek amacıyla kırmızı çamur, kireç, su ve uçucu kül karıştırılmakta ve dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kırmızı çamurun maden sahalarında dolgu malzemesi olarak kullanılması hem güvenlik hem de maliyet açısından avantajlıdır [15]. Polivinilklorür (PVC) ürünlerinde, kırmızı çamur sadece dolgu malzemesi olarak kullanılmaz aynı zamanda ürünü sağlamaştırıcı etkisi de vardır. Aynı zamanda ucuz ve etkili bir ısı dengeleyicidir. Kırmızı çamur kullanılarak üretilen PVC ürünlerinin kullanım ömrü diğerlerine göre iki-üç kat daha uzundur. Ayrıca, kırmızı çamurun akışkanlık özelliği diğer dolgu malzemelerine göre daha iyidir, bu da plastiğin daha iyi işlenmesine olanak sağlamaktadır. Kırmızı çamur, kullanılan plastiklere yangın geciktirici özellik de kazandırmaktadır [15].
Ekonomik Boyut	Kırmızı çamur dolgu malzemesi olarak kullanılabilirdiği için, bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].



<b>MET</b>	<b><i>Kirlilik kontrolü amacıyla kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[15][16][17][20]
Hedef Atıklar	01 03 09 01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur
Uygun Olduğu Proses	Bayer prosesi
Açıklama	<p>Kırmızı çamurun farklı bir kullanımı da çevre alanındadır. Yeterli nötralizasyon uygulandıktan sonra, atıksu arıtımında, kontamine olmuş alanların ıslahında, toprağın iyileştirilmesinde ve sülfür içeren baca gazının arıtımında kullanılmaktadır.</p> <p><b>1. Atıksu arıtımı</b></p> <p>Kırmızı çamur atıksu arıtımında gelecek vadede uygulamalar sunmaktadır. Kırmızı çamur, toksik ağır metallerin, inorganik iyonların (nitrat, fosfat, florür, vb.) ve organiklerin (boyalar, fenolik bileşikler) arıtımında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, tekstil endüstrisi atıksuyundan boya maddelerini gidermek için kullanılmaktadır. Kırmızı çamur aynı zamanda ucuz ve etkili adsorban olarak kadmiyum, çinko, kurşun ve krom gideriminde de kullanılmaktadır [15][17].</p> <p><b>2. Kontamine olmuş alanların ıslahı</b></p> <p>Kırmızı çamur, kontamine olmuş alanların ıslahını temel olarak iki mekanizma sayesinde gerçekleştirebilir. Birincisi; absorbe etme özelliği sayesinde, topraktaki ağır metalleri kendi bünyesine alıp, ağır metallerin aktivitelerini ve reaksiyona girme potansiyellerini düşürür. İkinci mekanizma ise kendi içerisinde bulunan karbonatı kullanarak ağır metallerin çökmesine sebep olmaktadır. Böylelikle ağır metallerin topraktaki aktivitelerini sınırlandırıp mikrobiyal aktiviteyi ve bitkilerin büyümesini teşvik eder [15].</p>

	<p style="text-align: center;"><b>3. Toprağın iyileştirilmesi</b></p> <p>Toprağı iyileştirme tekniğinin amacı verimli üst toprak elde etmek hedefiyle toprağın nem ve besin tutma kapasitesini arttırmaktır. Bu nedenle, toprağa bazı katkı maddeleri eklenmektedir. Bu katkı maddelerini gübreden ayıran faktör ise katkı maddelerinin besin içeriği daha az iken nemi ve besini tutma ve toprak içerisinde çevirme özellikleri daha baskındır. Bu amaçla kırmızı çamurun toprak iyileştirme potansiyeli araştırılmış ve yüksek basınçlı filtrasyon tekniği kullanılarak elde edilen boksit tortusunun besin tutma kapasitesinin yüksek olduğu bulunmuştur [17].</p> <p style="text-align: center;"><b>4. Sülfür içeren baca gazı arıtımı</b></p> <p>Kırmızı çamur partikül boyutunu küçültmek ve yüzey alanını büyütme için kurutulup tavlandıktan sonra sülfür dioksit gideriminde kullanılmaktadır ve sülfürsüzleştirme oranı çok yüksektir [15][17]. Temel reaksiyonlar aşağıdaki gibidir;</p> $\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{Na}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$ $4\text{SO}_2 (\text{g}) + 4\text{Na}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$ $4,5\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{Al}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 1,5\text{S}$ $4\text{SO}_2 (\text{g}) + 4\text{CaO} \longrightarrow 3\text{CaSO}_4 + \text{CaS}$
Ekonomik Boyut	Kırmızı çamur kirliliğinin kontrolü amacıyla kullanılabilirdiği için, bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].

<b>MET</b>	<b><i>Katalizör olarak kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[7][15][17][20]
Hedef Atıklar	01 03 07* Metalik minerallerin fiziki ve kimyasal işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar 01 03 09 01 03 10 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur 01 03 10* 01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan tehlikeli maddeler içeren kırmızı çamur
Uygun Olduğu Proses	Bayer prosesi
Açıklama	Kırmızı çamurun bir diğer kullanım alanı da hidrojenasyon, hidroklorözleştirme ve hidrokarbon oksidasyonunda katalizör olmasıdır. Ticari katalizörlere de bir alternatif oluşturmaktadır. Demir içeriği, yüzey alanı, topaklaşmaması ve düşük maliyeti, kırmızı çamurun katalizör olarak kullanılmasını çekici kılmaktadır. Ayrıca, endüstriyel atıksulardaki organik maddelerin katalitik ıslak oksidasyonuna da yardımcı olmaktadır [15][17][20].
Ekonomik Boyut	Kırmızı çamur ticari katalizörlere alternatif oluşturduğundan, bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].

<b>MET</b>	<b><i>İnert anotların kullanılması</i></b>
Kaynaklar	[7]
Hedef Atıklar	10 03 02 Anot hurdaları
Uygun Olduğu Proses	Elektroliz
Açıklama	Karbon içermeyen anotların geliştirilmesi, anotların tükenmesini önleyen yeni elektrolit hücrelerinin kurulmasına gerektirmektedir. Anotta karbon dioksit yerine oksijen üretilir ve polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) emisyonu önlenir. Fakat bahsedilen teknoloji henüz pilot tesislerde kullanılmakta ve anotlar elektrolit hücrelerindeki sıcaklığa ve korozyona maruz kaldığında dayanıklılık gösterememektedirler.
Ekonomik Boyut	Anot hurdalarının oluşması önleneceği için bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].

MET	Cüruf Değerlendirme
Kaynaklar	[7][13][17][21][22]
Hedef Atıklar	10 03 04* Birincil üretim cürufları 10 10 03 Ocak cürufları
Uygun Olduğu Proses	Ergitme, Alaşımlandırma, Döküm
Açıklama	<p>Birincil alüminyum tesisleri ve dökümhanelerde, ergitme, alaşımlandırma ve döküm proseslerinde oluşan birincil üretim ve ocak cürufları; metalik alüminyum içeriği açısından bakıldığında, atık değil, ekonomik bir değere sahip yarı ürün olduğu görülmektedir. Diğer yandan, işlenmeden doğaya verildiği takdirde de çevresel problemlere sebep olmaktadır. Bu nedenle cüruf değerlendirme işlemlerindeki ana amaç, cüruf içindeki metalik alüminyumu kazanırken, bu esnada oluşan ikincil cürufu da çevre açısından tehlikesiz forma getirmektir [13].</p> <p>Cürufta bulunan metalik alüminyum kaybını azaltmak ve önlemek amacıyla, cüruf soğutulur ve mekanik olarak zenginleştirilir.</p> <p>Cüruf değerlendirme altında uygulanan yöntemler üç başlık altında incelenebilir.</p> <p style="text-align: center;"><b>1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması</b></p> <p>Cüruf değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır; soğutma ve mekanik zenginleştirme. Mekanik zenginleştirme prosesi öğütme ile başlar. Öğütmeden sonra metalik alüminyum cüruftan ayrılır. Son aşama ise alüminyum oksidin geri kazanımıdır. Fakat metalik alüminyumdan sonra geriye kalan metal oksitleri alüminyuma ek olarak magnezyum, kalsiyum oksit, silikon oksit, sülfat, nitrat ve klorür içerir. Yıkama ve kurutma işlemleri ile bu anyonların miktarı azaltılır ve</p>

alümina elde edilir [7].

Temiz ve kaliteli çelik ihtiyacı sebebiyle, rafinasyon yöntemlerinde kalsiyum alüminat cüruf yapıcılar kullanılmaktadır. Geleneksel kalsiyum alüminat cüruf yapıcılar, birincil alüminanın kireç taşıyla muamelesi sonucu üretilmektedir. Geleneksel cüruf yapıcılarının kullanım amacı sıvı çeliğin içerdiği kükürdü gidermek ve sıvı çeliğin gaz kapmasını engellemektir [13]. Sentetik cüruf yapıcı üretebilmek için alümina gereklidir ve alümina ya boksit cevherinden ya da alüminyum cüruflardan elde edilir. Elde edilen alümina kireç ile muamele edilerek çelik endüstrisi için sentetik cüruf yapıcı olarak kullanılabilir. Birincil üretim cürufları veya ocak cürufları sentetik cüruf yapıcı hammaddesi olarak kullanılabilir.

## 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması

Cüruf değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır; soğutma ve mekanik zenginleştirme. Mekanik zenginleştirme prosesi öğütme ile başlar. Öğütmeden sonra metalik alüminyum cüruftan ayrılır. Son aşama ise alüminyum oksidin geri kazanımıdır. Fakat metalik alüminyumdaki sonra geriye kalan metal oksitleri alüminyuma ek olarak magnezyum, kalsiyum oksit, silikon oksit, sülfat, nitrat ve klorür içerir. Yıkama ve kurutma işlemleri ile bu anyonların miktarı azaltılır ve alümina elde edilir [7]. Elde edilen alümina tuğla, seramik, kil, çimento ve cüruf yünü üretiminde kullanılan hammaddelere alternatif oluşturur. Özel kalitede ürünler için ise ilave prosesler (yıkama ve kalsinasyon) uygulanabilir.

## 3. Çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması

Çimentonun ana bileşeni klinkerdir. Klinker silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksit içeren hammaddelerin öğütülüp döner fırınlarda

	<p>pişirilmesiyle üretilir. Yapılan çalışmalar alüminyum üretiminden çıkan cürufların çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilirdiğini göstermektedir. Cüruf değerlendirme yöntemiyle elde edilen alümina diğer atık maddelerle karıştırılarak çimento fırını için uygun bir önkarişim hazırlanabilir. Ön karışımlar çimento yapısına, ihtiyacına göre hazırlanır. Klinker üretiminde kullanılan hammadde dört ana bileşenden (kireç, silika, alümina ve demir oksit) oluşmasına rağmen alternatif malzemeler de kullanılabilir. Alüminyum cürufundan üretilen alüminyum oksit, kil ilavesiyle birlikte çimento yapımında kullanılır [21][22].</p>
Ekonomik Boyut	<p>Arıtma ve bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].</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 8, 9 ve 10) proses atıkları, yan proseslerden kaynaklanan atıklar 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 kullanılacak 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:

- 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 ile R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- R12: Atıkların R1 ile R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- R13: R1 ile 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 yöntemlerine karşılık gelmektedir:

- 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)

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

- 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 kütesine 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 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
- D14: D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
- D15: D1 ile D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

**Tablo 8.** Proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
01 03 07*		✓ D9/R12		✓ D5	Kırmızı çamur bir çok alanda yeniden kullanılabilir. Yüksek basınçlı filtrasyon tekniği kullanılarak ya da kurutulup tavlandıktan sonra çeşitli amaçlarla tekrar kullanılabilir [15][17][18] [20]. Bu konuda detaylı bilgi Bölüm 5'te verilmektedir. Yeniden kullanımın mümkün olmadığı durumlarda düzenli depolama seçeneği değerlendirilebilir.
01 03 09	✓ R7/R10	✓ D9/R12		✓ D2/D4/D5	
01 03 10*		✓ D9/R12		✓ D5	
10 03 02	✓ R5			✓ D5	Geri kazanıma gidebilir. Yeniden kullanımın mümkün olmadığı durumlarda düzenli depolama seçeneği değerlendirilir.
10 03 04*	✓ R4/R13	✓ D9/R12		✓ D5	Soğutma ve mekanik zenginleştirme işlemleri sonrası cüruf içerisindeki metal geri kazanılabilir. Metal geri kazanımı sonrası kalan atık düzenli depolamaya gönderilebilir.
10 10 03	✓ R4/R13	✓ D9/R12		✓ D5	

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

**Tablo 9.** Yan proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
10 10 05*	✓ R5			✓ D5	Döküm kumlarının öncelikle tesis içerisinde geri kazanım alternatifi değerlendirilmelidir Aksi takdirde bu atıklar düzenli depolamaya gönderilmelidir [14].
10 10 06	✓ R5			✓ D5	
10 10 07*	✓ R5			✓ D5	
10 10 08	✓ R5			✓ D5	
10 10 09*	✓ R5			✓ D5	Bu atıkların geri dönüştürülmesi mümkün olmazsa düzenli depolamaya ya gönderilmesi gerekmektedir.
10 10 10	✓ R5			✓ D5	
10 10 11*	✓ R4			✓ D5	Metal içeriğinin geri kazanılma imkanı vardır. Bunun dışında bu atıklar düzenli depolanmalıdır.
10 10 12	✓ R4			✓ D5	
10 10 13*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Organik ya da inorganik bağlama maddelerini içerebilir. Organik içerikliler ısı geri kazanımı amaçlı ya da doğrudan yakma için uygun olabilir. İnorganik içerikli bağlayıcılar ise düzenli depolamaya gönderilebilir.
10 10 14	✓ R1		✓ D10	✓ D5	

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
10 10 15*	✓ R4		✓ D10	✓ D5	Kullanılan yöntemle bağlı olarak boya ya da metal içerir. Yakma ya da metal geri kazanımı uygulanabilir. Kalan atıklar ise depolanmalıdır.
10 10 16	✓ R4		✓ D10	✓ D5	
12 01 03	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.
12 01 04	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.
12 01 06*	✓ R9		✓ D10		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar uygun sıcaklıklarda yakılmaktadır.
12 01 07*	✓ R1/R3/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Bu atıkların tesis içerisinde sıyrıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
12 01 08*	✓ R1	✓ R12	✓ D10		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar uygun sıcaklıklarda yakılma-

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
					lıdır.
12 01 09*	✓ R1/R3	✓ D9/R12	✓ D10		Bu atıkların tesis içerisinde sıyırıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
12 01 13	✓ R4			✓ D5	Metal geri kazanımı yapılır. Geri kazanım yapılamıyorsa oluşan atıklar düzenli depolamaya gönderilmelidir.
12 01 20*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	Öğütme malzemelerinin geri kazanılma imkanı incelenmelidir.
12 01 21	✓ R4/R5	✓ D9/R12		✓ D5	Aksi takdirde düzenli depolamaya gönderilebilir[14]
19 11 01*	✓ R1		✓ D10		Yağ içerikli atıklar olmaları sebebiyle yakma uygulanmalıdır. Bu atıklar, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
					Tebliğine göre atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilen ve ek yakıt olarak tesislerce kabul edilebilmektedir.

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

**Tablo 10.** Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem <sub>1</sub>	Yakma	Düzenli Depolama	
08 03 17*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Atık baskı tonerlerin geri kazanımı araştırılmı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
08 03 18					
13 01 13*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi [23] numaralı referanstan kontrol edilebilir.
13 02 05*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 08*	✓ R1/R9	✓ D10			
13 03 07*	✓ R1/R9		✓ D10		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmamalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
13 07 01*	✓ R1/R9		✓ D10		Atık fuel oil ve mazotun geri kazanımı önceliklidir. Bu kod



Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem <sub>1</sub>	Yakma	Düzenli Depolama	
					altında sınıflandırılan atıkların gerek ürün olarak gerek atık olarak yakılarak yüksek kalorifik değerlerinden yararlanılması gerekmektedir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
15 01 01	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [14]. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
15 01 02	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.

Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem 1	Yakma	Düzenli Depolama	
15 01 07	✓ R5	✓ R12			Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımını mümkün olmaktadır.
15 01 10	✓ R1/R3- R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımını mümkün olmaktadır [14]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da düzenli depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Temizleme malzemeleri, filtreler ve gysilerin kirlilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Özellikle çoğunluğun inorganik kirlenici olduğu durumlarda düzenli depolama uygulanabilir.
15 02 03	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
16 01 03	✓ R1/R3	✓ R12/ D9	✓ D10		Gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra yeniden kullanımını mümkündür [24]. Enerji geri kazanımı amaçlı uygulamalarda

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem 1	Yakma	Düzenli Depolama	
					Atıktan türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği esasları uygulanmaktadır. Tebliğde ömrünü tamamlamış lastiklerin ek yakıt olarak kullanılabileceği belirtilmektedir.
16 01 07*	✓ R1/R4		✓ D10		Yağ filtreleri atıktan türetilmiş yakıt üretiminde veya ek yakıt olarak değerlendirilebilir ve eğer içinde metal bileşenler bulunuyorsa geri kazanılabilmektedir.
16 01 17	✓ R4	✓ R12			Demir geri kazanımı yapılır.
16 01 18	✓ R4	✓ R12			Metal geri kazanımı yapılır.
16 02 13*	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Sınıflandırma ve geri dönüşüm yapılmalı, geriye kalanlar yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir [14].
16 02 14	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
16 06 01*	✓ R4/R5	✓ R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri
16 06 02*	✓	✓		✓	

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem <sub>1</sub>	Yakma	Düzenli Depolama	
	R4/R5	R12		D5	kazanımı değerlendirilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [24] ve [25] numaralı referanslardan kontrol edilebilir.
16 07 08*	✓ R1/R9	✓ D9/R 12	✓ D10		Tank ve varillerden yağ bileşenleri temizlenmeli ve bunlar geri kazanılmalıdır. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda temizlenen yağ atıkları yakmaya gönderilmelidir.
18 01 03*					Geri kazanım ve mekanik arıtım yapılmaz. Sadece dezenfeksiyon uygulanabilir. Bunu dışında yakmaya gönderilmelidir. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için [26] numaralı referansa bakılabilir. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [27] numaralı referansta bulunabilir.
18 01 04		✓ D9	✓ D10		

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem <sub>1</sub>	Yakma	Düzenli Depolama	
19 08 05	✓ R1/R3/R 10	✓ D9/R 12	✓ D10	✓ D2/D5	Kentsel atıksuyun arıtımı sonucu oluşan çamurlar, içeriklerine bağlı olarak toprakta kullanılabilir, yakılabilir ya da düzenli depolama uygulanabilir.
20 01 01	✓ R1/R3	✓ D9/R 12	✓ 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/R 13			✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [24][28]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.
20 01 25	✓ R1/R9	✓ R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmalıdır. Uygu-

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup>	Yakma	Düzenli Depolama	
20 01 26*					lanamadığı durumda yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
20 01 27*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Geri kazanımı araştırılmı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
20 01 28	✓ R1		✓ D10	✓ D5	
20 01 33*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılamayan parçalar daha sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [24] ve [25] numaralı referanslardan edinebilir.
20 01 40	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

## 7.0 İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Birincil alüminyum üretim maliyetinde, enerji maliyetinin yeri %40 civarındadır. Enerji fiyatlarının gün geçtikçe artması birincil alüminyuma alternatif olarak ikincil alüminyumun önemini artırmaktadır. Zira ikincil alüminyum sektöründe, birincil üretimde harcanan enerjinin %5'i kadar bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır [5,8]. Bir diğer deyişle ikincil alüminyum birinciye göre %95 daha az enerji gerektirmektedir. Birincil üretimde doğal hammadde (boksit) kullanılarak alüminyum elde edilirken, ikincil üretimde hurda kullanılarak alüminyum üretilmektedir [29].

İkincil alüminyum üretiminde hammadde olarak hurda alüminyum kullanıldığından, üretim sürecine giren maddeler kolayca tanımlanabilen malzemeler değildir. Atık alüminyum ile birlikte birçok diğer malzeme ve kirlilik prosese girmektedir. Bu nedenle, atık alüminyumun toplandıktan sonra gruplandırılması ve ergitmeye geçmeden önce çeşitli hazırlama işlemlerine tabii tutulması gerekmektedir. İkincil alüminyum üretimi için kullanılan hammaddeler üç sınıfa ayrılmaktadır;

- Eski hurda (kullanım ömrünü doldurmuş alüminyum malzemeler)
- Yeni hurda (alüminyum üretimi esnasında oluşan işlem artıkları)

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

- Cüruf (alüminyum ergitme, rafinasyon ve aktarma aşamalarında meydana gelen metalik alüminyum ve oksit karışımları)

Alüminyum sektöründe ikincil alüminyum üretim süreci genel olarak iki ana prosesten oluşmakta olup, bu prosesler kendi içlerinde farklı aşamaları içermektedir [6]. Bu aşamalar her bir tesis için farklılık gösterebilmektedir. Tesisler, hurda kaynağına ve kalitesine bağlı olarak bu aşamaları farklı sırayla takip edebilmektedir. Bunlar;

- Ön Arıtma
  - Hurda toplama
  - Hurda ayırma, hazırlama ve ön işlemler
- Ergitme
  - Alaşımlandırma
  - Metal rafinasyonu
  - Döküm
  - Cüruf temizleme ve cüruf değerlendirme.

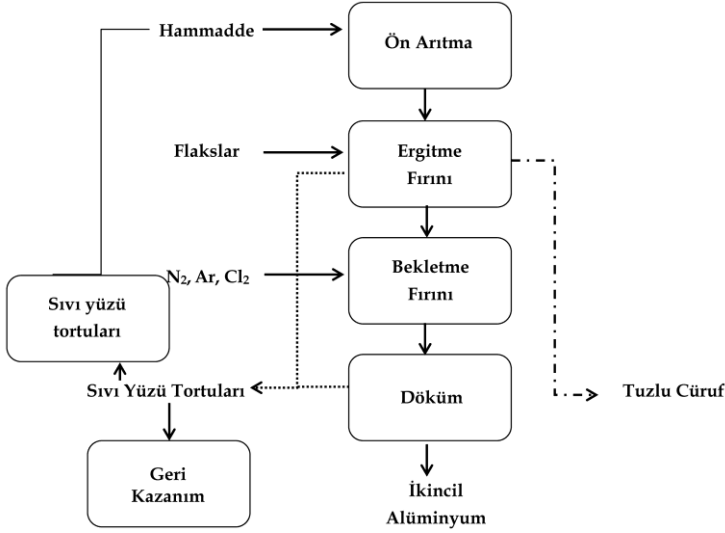
İkincil alüminyum üretimine ait genel akım şeması **Şekil 6**'da verilmiştir. Hammadde tipi ve ön arıtım metodu fırın tipine ve flakslara karar verirken belirleyici faktörlerdir. Uygun arıtma prosesinin ve diğer gerekli üretim aşamalarının seçimi hammadde kaynağına, çeşidine ve istenen kaliteye göre değişir. Takip eden bölümlerde ise ikincil alüminyum üretim proseslerine ait ayrıntılı bilgiye ulaşılabilir.



## Ön Arıtma

İkincil alüminyum üretiminin ilk aşaması ön arıtmadır. Bölüm 7'de de belirtildiği gibi ön arıtma, hurda toplama ve toplanan hurdaları ayırma ve ergitme için hazırlamak üzere yapılan ön işlemlerden oluşmaktadır. Tipik alüminyum hurda kaynakları; proses hurdaları, kullanılmış içecek tenekeleri, folyolar, haddeler, torna talaşları ve dökme metallerdir. Alüminyum ayrıca sıvı yüzü tortularından ve tuzlu cüruftan geri kazanılır. Tuzlu cüruf, tuz karışımının eriyen metalin oksitlenmesini önlemek ve termal verimliliğini artırmak için yüzeyini kaplamada kullanılması sonucu oluşmaktadır. Bu cüruflar genellikle döner fırınlarda oluşur ve çevreye zararlı etkileri vardır. Meydana gelen tuzlu cürufun miktarı kullanılan materyalin tipine, kullanılan fırına ve hurda alüminyumdaki kirlilik derecesine bağlıdır. Bazı fırınlarda tuzsuz ergitme seçenekleri mevcuttur [7]. Çeşitli kirleticilerin varlığı, ön arıtma seçimi ve fırın tasarımı sırasında dikkate alınmalıdır. Ergitme oranını, termal verimliliği arttırmak, potansiyel emisyonları azaltmak için hurda malzemeler boyadan ve yağdan ön arıtma teknikleri ile arındırılmalıdırlar. Nemi gidermek için ön ısıtma uygulaması da yapılmaktadır. Hurda alüminyumu kirleticilerden arındırmak için mekanik, pirometalurjik (ısı ile) ve hidrometalurjik (su ile) teknikler mevcuttur [7, 8, 30].

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi



Şekil 6. İkincil alüminyum üretimi proses akım şeması [7]

### Ergitme

İkincil alüminyum üretiminin ön arıtmadan sonraki aşaması ergitmedir. Ayıklanmış ve kirliliği giderilmiş hurda alüminyum, fırınlarda ısıtılır ve eritilir. İkincil alüminyum ergitme işlemi sırasında döner, reverber ve indüksiyon fırınlar kullanılmaktadır. Hurdanın çeşidi, büyüklüğü ve kirlilik derecesine göre fırın tipi farklılık gösterebilir. Elde edilmek istenen ürüne ve ergitilecek hurdaya göre ergitme tekniklerinden bir ya da birkaçı kullanılabilir [7]. Alüminyum cüruf ve demirli alüminyum hurdalar için döner fırınlar tercih edilirken, rafinasyon, alaşımlama işlemleri ve büyük hurdalar için uygun değildirler. Büyük hurdalar için reverber fırınlar uygundur. Verimleri döner fırınlara göre düşüktür ama reverber fırınlarda rafinasyon ve

alaşımına yapılmaktadır. Temiz ve küçük hurdalar içinse induksiyon fırınlar daha uygundur. İndüksiyon fırınlar bekletme fırını olarak da kullanılabilir [7, 10].

Üretime yardımcı olması amacıyla genellikle tuz karışımından oluşan çeşitli flakslar kullanılır. Örnek olarak erimiş tuz (sodyum ve potasyum klorür ve bazı florür karışımı), oksitlenmeyi azaltmak, kirliliği gidermek ve termal verimliliği arttırmak için kullanılır. Kullanılmış tuz flaksları tuzlu cüruf olarak adlandırılır. Tuzlu cürufun geri kazanımı için yıkama ve kristallendirme proseslerini kullanan çeşitli tesisler vardır [7].

### *Ergimiş Metal Arıtma, Rafinasyon ve Döküm*

Birçok ikincil alüminyum üretim tesisinde, döküm ve rafinasyon işlemlerinde kesikli proses kullanılır. Ergitilmiş alüminyum bekletme fırınına pompalanır. Alüminyumun ürün spesifikasyonlarının sağladığından emin olmak için yapılan son ek ayarlamalar, bekletme fırınında yapılır. Metal, ergitme fırınından döküm olarak alınır ve alaşım eklentileri direkt olarak döküm sistemine veya aktarma yoluyla bekletme fırınına yapılır. Daha sonra gazları ve diğer metalleri gidermek için bekletme fırınında veya reaktör içinde metal rafine edilir. Magnezyum ve diğer kirlilikler ikincil alüminyumda mevcut olabilir ve giderilmesi gerekir. Magnezyumu gidermek için eritilmiş alüminyum, klor gaz karışımı, sodyum alüminyum florür ya da potasyum alüminyum florür ile işleme sokulur [7]. Ayrıca, alüminyum kolaylıkla oksitlenir ve alüminyum ergitme işlemi sırasında oksit katmanı (sıvı yüzü tortusu) oluşur. Bu katman dökümden önce metal yüzeyinden alınmalıdır.

## 8.0 İKİNCİL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

### 8.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan atıklar 3 ana sınıf altında incelenebilir.

- Proses atıkları
- Yan proses atıkları
- Proses dışı atıklar

Bu atıklar **Tablo 11'**de sıralanmıştır. Bu tablolarda en sağ kolonda atıkların türleriyle ilgili 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" işaretli atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. *Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.*

### Proses atıkları

İkincil alüminyum üretim prosesinin doğası gereği, sektörden çıkan atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4’de verilen atık listesinde çeşitli başlıklar altında toplanmıştır. Bu listede tehlikeli atıklar “\*” ile işaretlenmiştir. Prosese özel atıkların listesi **Tablo 11**’de verilmiştir.

**Tablo 11. İkincil alüminyum sektöründen kaynaklanan proses atıkları**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>10</b>	<b>Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>10 03</i>	<i>Alüminyum Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
10 03 05	Atık alüminyum oksit	
10 03 08*	İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları	A
10 03 09*	İkincil üretimden kaynaklanan kara cürufları	A
10 03 15*	Suyla temas halinde tehlikeli miktarlarda alevlenebilir gazlar çıkaran yanıcı veya yayılabilir köpükler	A
10 03 16	10 03 15 dışındaki köpükler	
10 03 19*	Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu	M
10 03 20	10 03 19 dışındaki baca gazı tozu	
10 03 21*	Tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)	M
10 03 22	10 03 21 dışındaki partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)	

İkincil alüminyum üretiminden kaynaklanan atıklar 10 03 kodu altında yer alan atıklardır. 10 03 05 kodlu “atık alüminyum oksit” alüminyum üretimi esnasında alüminyum oksit içeren işlem artıkları kullanıldığı durumda oluşmaktadır.

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

10 03 08\* kodlu “ikincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları” ikincil alüminyumdan alüminyum eldesinde alüminyum oranının artırılması ve prosesin hızlandırılması amacıyla cüruf yapıcı olarak adlandırılan sodyum klorür başta olmak üzere potasyum klorür veya kryolitin ilave edilmesi sonucu oluşan cüruftur.

Benzer şekilde 10 03 09 kodlu “ikincil üretimden kaynaklanan kara cürufları” ise ikincil alüminyumun ergitilmesi sürecinde sıvı alüminyum üzerinde oluşan siyah renkli cüruftur.

10 03 15\* kodlu “suyla temas halinde tehlikeli miktarlarda alevlenebilir gazlar çıkaran yanıcı veya yayılabilir köpükler”, alüminyumun ilk eritilmesi, döküm işlemleri içinde alüminyumun saflaştırılması ya da ikincil eritmeden kaynaklanan dros süprüntüleri, sıvı metalin yüzeyinden gelen alüminyum oksit tabakası, karbonla kontamine olmamış saf alüminyum metalinin kullanımından kaynaklanan beyaz dros süprüntüleri ve hidrokarbon maddeleriyle kontamine olan alüminyum kırpıntılarından kaynaklanan siyah dros süprüntüleri, bu atık kodu kapsamında değerlendirilir [14]. Flakslama işlemi yapılmadan ergitme fırınından cüruf alma, ergitme ve tutma fırınlarından rafinasyon sonrası cüruf alma, transfer ve döküm sırasında yolluk ve tandište oluşan ve külçe döküm sırasında külçe yüzeyinden sıyrılan cüruftur. % 50-90 arasında metal içerir. Farklı kaynaklarda farklı değerlendirilebildiği gibi beyaz cüruf sınıfına da sokulabilir. Sıcak iken yangın tehlikesi olabilir. Soğukken amonyak salınımı mümkündür [31]. 10 03 16 kodlu “10 03 15 dışındaki köpükler” Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 03 19\* kodlu “ tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu” fırınlar ve üretim odalarından yayılan gazların adsorpsiyonu veya

kuru elektrofiltrasyonundan kaynaklanan tozlar ile ikincil eritme işleminden kaynaklanan gazların filtrelenmesi ve torbalanmasından kaynaklanan atıklardır [14]. 10 03 20 kodlu “10 03 19 dışındaki baca gazı tozu” ise 10 03 19 kodlu atıkların dışındaki baca gazı tozu atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 03 21\* kodlu “ tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozları dahil)” atıklar ise alüminyum geri kazanımı için dros süprüntülerinin ve tuz cüruflarının tamamlayıcı mekanik arıtımından kaynaklanan kalıntılar, öğütücü değirmen temizlenmesinden veya diğer kırma aletlerinin temizlenmesinden kaynaklanan tozlar ve süpürme malzemelerinden kaynaklanan atıklardır [14]. 10 03 22 kodlu “10 03 21 dışındaki partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)” atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

### Yan proses atıkları

Yan proses atıkları kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde ana üretim prosesine ek olarak gerçekleştirilen faaliyetler sonucu olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır. İkincil alüminyum üretim sektöründe yan proseslerden kaynaklanması muhtemel atık listesi ve atık kodları **Tablo 12**'da verilmektedir.

**Tablo 12. İkincil alüminyum sektöründen kaynaklanan yan proses atıkları**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>10</b>	<b>Isıl İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>10 03</i>	<i>Alüminyum Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
10 03 23*	Tehlikeli maddeler içeren gaz arıtımı katı atıkları	M
10 03 24	10 03 23 dışındaki gaz arıtımı katı atıkları	
10 03 25*	Tehlikeli maddeler içeren gaz arıtımı çamurları ve filtre kekleri	M
10 03 26	10 03 25 dışındaki gaz arıtımı çamurları ve filtre kekleri	
10 03 29*	Tehlikeli maddeler içeren tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar	M
10 03 30	10 03 29 dışındaki tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar	

İkincil alüminyum üretim sektörünün yan prosesleri, ergitme ve bekletme fırınlardan çıkan gazların arıtımı için kullanılan gaz arıtımı ve yine ergitme ve bekletme fırınlarından çıkan, tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesidir.

10 03 23\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren gaz arıtımı katı atıkları” siyanür, flor, klor ve benzofuran içermektedir. Ayrıca, bu atığın bileşeninde etilen, hidrojen, amonyak ve fosfin gazı oluşturabilecek olan reaktif alüminyum, karbür, nitrit ve fosfit kalıntıları içeren alümina parçaları bulunabilir. Bu atıklar, mutajenik, ekotoksik, tutuşabilirlik özellikleri gösterdiğinden çevreye uygun şekilde bertaraf edilmelidir [14]. 10 03 24 kodlu “10 03 23 dışındaki gaz arıtımı katı atıkları” ise 10 03 23\* kodlu atıkların dışındaki gaz arıtımı katı atıklarını kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan



değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 03 25\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren gaz arıtımı çamurları ve filtre kekleri” asidik ve bazik şartlarda yayılan gazların ıslak temizlenmesinden kaynaklanan çamurlar ve filtre keklerini ve özellikle eritme işlemlerinden gelen baca gazlarının yıkama kalıntılarını içermektedir [14]. 10 03 26 kodlu “10 03 25 dışındaki gaz arıtımı çamurları ve filtre kekleri” 10 03 25\* kodlu atıkların dışındaki gaz arıtımı çamurları ve filtre keklerini kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

10 03 29\* kodlu “tehlikeli maddeler içeren tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar” tuz cüruflarının çözme/kristallenme işlemleriyle tamamlayıcı arıtımından gelen kalıntıları içermektedir [14]. Tuz cürufları, yüksek miktarda kontamine olan artıkların, eritme tuzları (katkı maddesi) kullanılarak döner fırınlarda ikincil eritilmesinden kaynaklanır. 10 03 30 kodlu “10 03 29 dışındaki tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar” 10 03 29\* kodlu atıkların dışındaki cürufların işlenmesinden çıkan atıkları kapsamaktadır. Bu atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 3-B çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda “tehlikesiz” olarak nitelendirilen atıklardır.

**Tablo 12'** de verilen liste yine Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 4'den alınmış olup yan proses işlemleri için sıralanmış atıkların listesidir. Atık beyanı yapan üreticilerin, işletmelerinde bu yan işlem uygulanıyorsa bu tablo içinden kendileri için uygun olan atıkları seçerek atık beyanlarında göstermeleri gerekmektedir.

### 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 sektörlere 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 belirtilmemiş atıklar”, 18 “İnsan ve hayvan sağlığı ve/veya bu konulardaki araştırmalardan kaynaklanan atıklar (doğrudan sağlığa ilişkin olmayan mutfak ve restoran atıkları hariç)”, 20 “Ayrı toplanmış fraksiyonlar dahil belediye atıkları (evlerden kaynaklanan ve benzer ticari, endüstriyel ve kurumsal atıklar)” gibi sınıflar incelenmiştir. Ayrıca geçmiş yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapılan atık beyanları (TABS verileri), tesis çalışmaları ve literatür incelemeleri de göz önünde bulundurulmuştur. Atık beyanı veren atık üreticilerinin aşağıdaki genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıkları göstermeleri gerekmektedir. Proses dışı atıkların listesi **Tablo 13**’te verilmiştir.

**Tablo 13. İkincil alüminyum sektöründen kaynaklanan proses dışı atıklar**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
<b>08</b>	<b>Astarlar (Boyalar, Vernikler ve Vitrifiye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin Üretim, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</b>	
<i>08 03</i>	<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	
<b>13</b>	<b>Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilenebilir Yağlar, 05 ve 12 Hariç)</b>	
<i>13 01</i>	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
<i>13 02</i>	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
13 02 05*	Mineral esaslı klor içermeyen motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
<i>13 03</i>	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları	A
<i>13 07</i>	<i>Sıvı Yakıtların Atıkları</i>	
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot	A
<b>15</b>	<b>Atık Ambalajlar ile Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri ve Koruyucu Giysiler</b>	
<i>15 01</i>	<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	

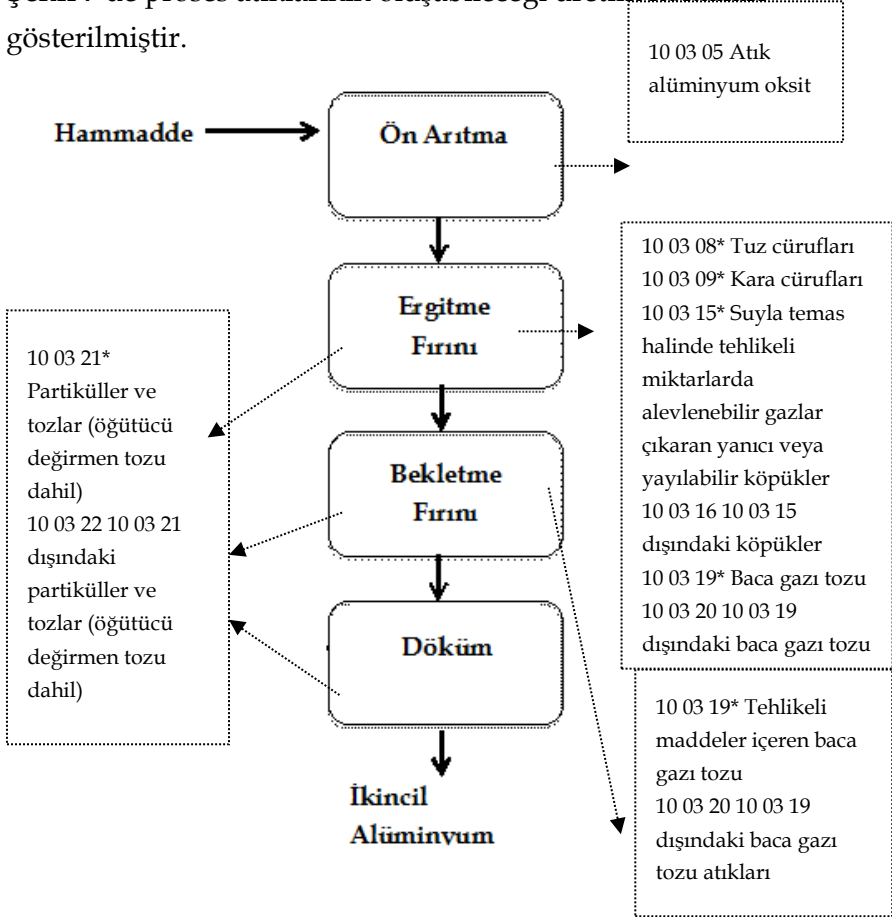
**Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
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 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	
<b>16</b>	<b>Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar</b>	
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 03	Ömrünü tamamlamış lastikler	
16 01 07*	Yağ filtreleri	A
16 01 17	Demir metaller	
16 01 18	Demir olmayan metaller	
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 12'ye kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar	
16 06	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A
16 06 02*	Nikel kadmiyum piller	A
16 07	<i>Nakliye Tankı, Depolama Tankı ve Varil Temizleme İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar (05 ve 13 hariç)</i>	
16 07 08*	Yağ içeren atıklar	M
<b>18</b>	<b>İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)</b>	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme</i>	

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
	<i>Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
18 01 03*	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
18 01 04	Enfeksiyon önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olmayan atıklar (örneğin sargılar, vücut alçıları, tek kullanımlık giysiler, alt bezleri)	
<b>20</b>	<b>Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evlerden Kaynaklanan ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)</b>	
<i>20 01</i>	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (1501 Hariç)</i>	
20 01 01	Kağıt ve karton	
20 01 21*	Floresan 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 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkep, yapıştırıcılar ve reçineler	M
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler	
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02 veya 16 06 03'un altında geçen pil ve akümülatör ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A
20 01 40	Metaller	

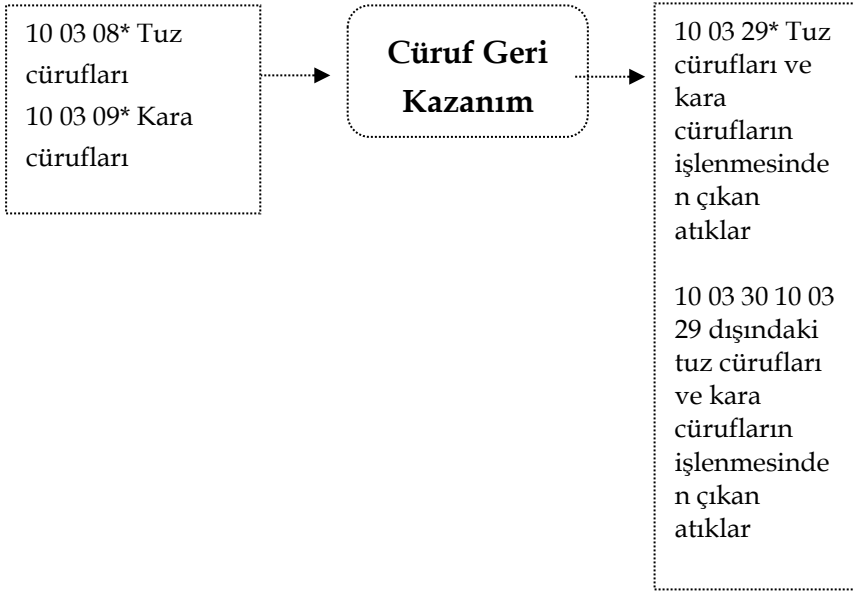
## 8.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Şekil 7’de proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 7. İkincil alüminyum üretim tesislerinde atık üretim noktaları

İkincil alüminyum üretimi sırasında açığa çıkan tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesi sonucu alüminyum geri kazanımı sağlanmaktadır. Bu cürufların işlenmesi sırasında da, ikincil alüminyum üretim sektöründe uygulanan proseslere benzer prosesler takip edilmektedir. Fakat her ikincil alüminyum üreten tesiste bahsedilen geri kazanım prosesi yer almadığı için **Şekil 8**'de olduğu gibi ayrı şekilde değerlendirilmiştir.



### Şekil 8. Geri kazanım prosesi atık üretim noktaları

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

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

- 08 “Astarlar, Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından Kaynaklanan Atıklar”
  - 08 03 “baskı mürekkeplerinin imalat, formülasyon, tedarik ve kullanımından kaynaklanan atıklar” için yazıcıların kullanıldığı ofis ya da laboratuvar gibi alanlar
- 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
  - 13 03 “atık yalıtım ve ısı iletim yağları” için ısı yalıtımı amacıyla yağ ve türevlerinin kullanıldığı sistemler
  - 13 07 “sıvı yakıtların atıkları” için tesiste kullanılıyorsa sıvı yakıtlara ait depolama tankları ve sıvı yakıt döküntüleri
- 15 “Atık Ambalajlar ile 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 06 “piller ve akümülatörler” için üretim alanları, ofisler, yemekhane ve revir gibi alanlar ile tesise ait araçlar
- 16 07 “nakliye tankı, depolama tankı ve varil temizleme işlemlerinden kaynaklanan atıklar (05 ve 13 hariç)” için taşımada ve depolamada kullanılan tanklar ve temizlenen variller
- 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri
- 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları, ofisler ve yemekhaneler.

## 9.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Bu bölümde ayrıntıları verilen atık önleme ve azaltma tedbirleri özellikle ikincil alüminyum üretimi proses atıklarını kapsamaktadır. Kapsamlı bir literatür taraması sonucu elde edilen Mevcut En İyi Teknikler (MET) **Tablo 14**'te sunulmaktadır. Alüminyum üretimi için önerilen MET'ler genellikle proses çıktılarının geri kullanımı ya da proses modifikasyonuna yöneliktir. "Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği" Ek-4'de, atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılacak atıklar ile alternatif hammadde ve ek yakıt olarak kullanılacak atıkların listesi verilmektedir. Bu liste incelendiğinde, **Tablo 14**'te listelenen atıkların bulunmadığı görülmüştür. Fakat **Tablo 14**'te sunulan MET'lerin kullanımı bir seçenek olarak değerlendirilebilir. 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.

**Tablo 14. İkincil alüminyum üretimi için sunulan MET'ler**

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
10 03 05	Atık alüminyum oksit		<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Çimento üretimi için çeşitli katkı maddeleri üretiminde kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][13] [17][21][22]
10 03 08*	İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürüfları	A	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Çimento üretimi için çeşitli katkı maddeleri üretiminde kullanılması 4. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7][13] [17][21][22]
			Ergitme fırınlarında sirkülasyon pompası ve mekanik ya da elektromanyetik karıştırıcı kullanılarak fırınların veriminin artırılması ve kullanılan tuz miktarının azaltılması	Atık miktarını azaltır.	[7][13]
			Devirmeli döner fırın kullanılarak ergitme	Atık miktarını	[7]

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
			veriminin artırılması ve tuzlu flaksn kullanımının minimize edilmesi	azaltr.	
			Kimya endüstrisi için çeşitli reaksiyon aktivatör/katalizör üretiminde kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltr.	[7][32]
10 03 09*	İkincil üretimden kaynaklanan kara cürüfları	A	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması 4. Çimento üretimi için çeşitli katkı maddeleri üretiminde kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltr.	[7][13][17][21][22]
			Kimya endüstrisi için çeşitli reaksiyon aktivatör/katalizör üretiminde kullanılması		[7][32]
10 03 15*	Suyla temas halinde tehlikeli miktarlarda alevlenebilir gazlar çıkaran yanıcı veya yayılabi-	A	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması 3. İkincil alümina üretiminde kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltr.	[17]

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
	lir köpükler		4. Çimento üretimi için çeşitli katkı maddeleri üretiminde kullanılması		
10 03 16	10 03 15 dışındaki köpükler		<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması 3. İkincil alümina üretiminde kullanılması 4. Çimento üretimi için çeşitli katkı maddeleri üretiminde kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[17]
10 03 19*	Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu	M	Torba filtre kullanılarak toz ve metal emisyonunun azaltılması	Atık miktarını azaltır.	[7]
10 03 20	10 03 19 dışındaki baca gazı tozu		Torba filtre kullanılarak toz ve metal emisyonunun azaltılması	Atık miktarını azaltır.	[7]
10 03 21*	Tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller ve tozlar (öğütücü değir-	M	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7] [13] [17] [21][22]

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
	men tozu dahil)		3. İkincil alümina üretiminde kullanılması 4. Çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması		
10 03 22	10 03 21 dışındaki partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)		<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması 3. İkincil alümina üretiminde kullanılması 4. Çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7] [13] [17] [21][22]
10 03 29*	Tehlikeli maddeler içeren tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar	M	<u>Cüruf Değerlendirme</u> 1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması 2. İkincil alümina üretiminde kullanılması 3. Alüminyum ve çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması	Geri kazanım yapılarak, atık miktarını azaltır.	[7] [13] [21][22]

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET Adı	Açıklaması	Referans
10 03 30	10 03 29 dışındaki tuz cürüfları ve kara cürüfların işlenmesinden çıkan atıklar		<u>Cüruf Değerlendirme</u> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması</li><li>2. İkincil alümina üretiminde kullanılması</li><li>3. Alüminyum ve çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması</li></ol>	Geri kazanım yapılarak, atık miktarı azaltılır.	[7] [13] [21][22]

MET	Cüruf Değerlendirme
Kaynaklar	[7][13][17][21][22]
Hedef Atıklar	<p>10 03 05 Atık alüminyum oksit</p> <p>10 03 08* İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları</p> <p>10 03 09* İkincil üretimden kaynaklanan kara cürufları</p> <p>10 03 15* Suyla temas halinde tehlikeli miktarlarda alevlenebilir gazlar çıkaran yanıcı veya yayılabilir köpükler</p> <p>10 03 21* Tehlikeli maddeler içeren diğer partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)</p> <p>10 03 22 10 03 21 dışındaki partiküller ve tozlar (öğütücü değirmen tozu dahil)</p> <p>10 03 29* Tehlikeli maddeler içeren tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar</p> <p>10 03 30 10 03 29 dışındaki tuz cürufları ve kara cürufların işlenmesinden çıkan atıklar</p>
Uygun Olduğu Proses	Ergitme, bekletme, alaşımlandırma fırınları
Açıklama	<p>İkincil alüminyum üretimi esnasında ergitme, bekletme ve alaşımlandırma fırınlarında oluşan cüruf; ağırlıkça %4-10 metalik alüminyum, %35-75 alüminyum oksit ve kullanılan cüruf yapıcı malzemeye bağlı olarak da %20-55 tuz içermektedir [7]. İçeriğine bakıldığında, alüminyum cüruflarının atık değil, ekonomik bir değere sahip yarı ürün olduğu görülmektedir. Diğer yandan, işlenmeden doğaya verildiği takdirde de çevresel problemlere sebep olmaktadır. Bu nedenle cüruf değerlendirme işlemlerindeki ana amaç, cüruf içindeki metalik alüminyumu kazanırken, bu esnada oluşan ikincil cürufu da çevre açısından tehlikesiz forma getirmektir [13].</p> <p>Cürufta bulunan metalik alüminyum kaybını azaltmak ve önlemek amacıyla, cüruf soğutulur ve mekanik olarak zenginleştirilir.</p>



<p>Cüruf değerlendirme altında uygulanan yöntemler dört başlık altında incelenebilir.</p> <p><b>1. Demir-çelik sektörü için sentetik cüruf yapıcı (alüminyum esaslı flaks) olarak kullanılması</b></p> <p>Cüruf değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır; soğutma ve mekanik zenginleştirme. Mekanik zenginleştirme prosesi öğütme ile başlar. Öğütmeden sonra metalik alüminyum cüruftan ayrılır. Daha sonra tuz geri kazanımı sağlanır. Son aşama ise alüminyum oksidin geri kazanımıdır. Fakat metalik alüminyum ve tuzdan sonra geriye kalan metal oksitleri alüminyuma ek olarak magnezyum, kalsiyum oksit, silikon oksit, sülfat, nitrat ve klorür içerir. Yıkama ve kurutma işlemleri ile bu anyonların miktarı azaltılır ve alümina elde edilir [7].</p> <p>Temiz ve kaliteli çelik ihtiyacı sebebiyle, rafinasyon yöntemlerinde kalsiyum alüminat cüruf yapıcılar kullanılmaktadır. Geleneksel kalsiyum alüminat cüruf yapıcılar, birincil alüminanın kireç taşıyla muamelesi sonucu üretilmektedir. Geleneksel cüruf yapıcıların kullanım amacı sıvı çeliğin içerdiği kükürdü gidermek ve sıvı çeliğin gaz kapmasını engellemektir [13]. Sentetik cüruf yapıcı üretebilmek için alümina gereklidir ve alümina ya boksit cevherinden ya da alüminyum cüruflardan elde edilir. Elde edilen alümina kireç ile muamele edilerek çelik endüstrisi için sentetik cüruf yapıcı olarak kullanılabilir. Kara cüruflar veya tuz cürufları sentetik cüruf yapıcı hammaddesi olarak kullanılabilir.</p> <p><b>2. Alüminyum endüstrisi için tuz flaksları olarak kullanılması</b></p> <p>Cüruf değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır; soğutma ve mekanik zenginleştirme. Mekanik zenginleştirme prosesinin ilk adımı öğütmedir.</p>
---

Öğütmenin amacı, cürufu belli ölçülere getirip eleyerek metalik alüminyumunu cüruftan ayırmadır. Öğütülen malzeme suda çözünür. Eğer ergitme fırınlarında tuz katkısı kullanılmış ise, bu aşamada alkali klorür nedeniyle tuzlu su oluşur. Daha sonra tuzlu su filtreden geçirilir ve çözünmeyen oksitler giderilir. Solüsyon buharlaştırma ve kristalleştirme işlemlerine tabi tutulur. Böylelikle sodyum ve potasyum klorür geri kazanılır ve ergitme aşamasında tuz katkısı (tuz flaksı) olarak yeniden kullanılır [7][13].

### **3. İkincil alümina üretiminde kullanılması**

Cüruf değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır; soğutma ve mekanik zenginleştirme. Mekanik zenginleştirme prosesi öğütme ile başlar. Öğütmeden sonra metalik alüminyum cüruftan ayrılır. Daha sonra tuz geri kazanımı sağlanır. Son aşama ise alüminyum oksidin geri kazanımıdır. Fakat metalik alüminyum ve tuzdan sonra geriye kalan metal oksitleri alüminyuma ek olarak magnezyum, kalsiyum oksit, silikon oksit, sülfat, nitrat ve klorür içerir. Yıkama ve kurutma işlemleri ile bu anyonların miktarı azaltılır ve alümina elde edilir [7]. Elde edilen alümina tuğla, seramik, kil, çimento ve cüruf yünü üretiminde kullanılan hammaddelere alternatif oluşturur. Özel kalitede ürünler için ise ilave prosesler (yıkama ve kalsinasyon) uygulanabilir.

### **4. Çimento endüstrisi için katkı malzemesi olarak kullanılması**

Çimentonun ana bileşeni klinkerdir. Klinker silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksit içeren hammaddelerin öğütülüp döner fırınlarda pişirilmesiyle üretilir. Yapılan çalışmalar alüminyum üretiminden çıkan cürufların çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilirdiğini

	<p>göstermektedir. Cüruf değerlendirme yöntemiyle elde edilen alümina diğer atık maddelerle karıştırılarak çimento fırını için uygun bir önkarışım hazırlanabilir. Ön karışımlar çimento yapısına, ihtiyacına göre hazırlanır. Klinker üretiminde kullanılan hammadde dört ana bileşenden (kireç, silika, alümina ve demir oksit) oluşmasına rağmen alternatif malzemeler de kullanılabilir. Alüminyum cürufundan üretilen alüminyum oksit, kil ilavesiyle birlikte çimento yapımında kullanılır [21][22].</p>
Ekonomik Boyut	<p>Arıtma ve bertaraf kaynaklı maliyetlerden tasarruf sağlar [7].</p>
<b>MET</b>	<p><b><i>Kimya endüstrisi için çeşitli reaksiyon aktivatör/katalizör üretiminde kullanılması</i></b></p>
Kaynaklar	<p>[32]</p>
Hedef Atıklar	<p>10 03 08* İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları 10 03 09* İkincil üretimden kaynaklanan kara cürufları</p>
Uygun Olduğu Proses	<p>Ergitme, bekleme, alaşımlandırma fırınları</p>
Açıklama	<p>İkincil alüminyum üretiminde ortaya çıkan kara ve tuz cürufları soğutulup mekanik olarak zenginleştirildikten sonra alümina elde edilir. Cüruflardan geri kazanım prosesleriyle elde edilen ikincil alümina, alüminyum oksit hidrat veya alüminyum hidroksit formunda kimya ve petrol endüstrisinde kullanımı çok yaygındır. Alümina genelde susuzlaştırıcı, temizleyici ve katalizör olarak kullanılır [32].</p>
Ekonomik Boyut	<p>Bilgi mevcut değildir.</p>

MET	<i>Ergitme fırınlarında sirkülasyon pompası ve mekanik ya da elektromanyetik karıştırıcı kullanılarak fırınların veriminin artırılması ve kullanılan tuz miktarının azaltılması</i>
Kaynaklar	[7]
Hedef Atıklar	10 03 08* İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları
Uygun Olduğu Proses	Ergitme Fırını
Açıklama	<p>Bu teknikte, açık balkonlu reverber fırın kullanılır. Açık balkonda, şarj odası, sirkülasyon pompası ve cüruf alma odası vardır. Mekanik ya da elektromanyetik karıştırıcılar, ısıyı ana gövdeden şarj odasına transfer ederler. Alev olmadığı için metalin oksitlenme oranı azalır. Dolayısıyla, oksitlenme zaten azaldığı için, bu proseste tuz kullanımı şart değildir.</p> <p>Elektromanyetik sistem kullanarak karıştırma yapılması aynı zamanda fırın verimini de arttırır. Açık balkonlu reverber fırın kullanımı küçük alüminyum parçacıklarının, sirküle eden erimiş metalin içinde çözünmesine olanak sağlar ve oksidasyon kaynaklı olan kayıpları azaltır. Sonuç olarak bu teknik, kullanılan tuz miktarını ve buna bağlı oluşan atık miktarını azaltır. Bu da enerji kullanımını ve ergitme fırınlarından kaynaklanan emisyonları azaltır.</p>
Ekonomik Boyut	Fırın, elektromanyetik karıştırıcı ve sirkülasyon pompası sistemine yapılan yatırım ile enerjiden, flaks kullanımından ve arıtma maliyetinden elde edilecek kazançlar karşılaştırıldığında, bu tür sistemlerin daha avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır [7].

<b>MET</b>	<b><i>Devirmeli döner fırın kullanılarak ergitme veriminin artırılması ve tuzlu flaksın kullanımının minimize edilmesi</i></b>
Kaynaklar	[7]
Hedef Atıklar	10 03 08* İkincil üretimden kaynaklanan tuz cürufları
Uygun Olduğu Proses	Ergitme Fırını
Açıklama	<p>Bu teknikte devirmeli döner fırın kullanılarak, daha az tuzla metal eriyiğinin kaplanması sağlanırken karıştırma ile de kirliliğin giderilmesi amaçlanır.</p> <p>Devirmeli döner fırınlarda ergitme sırasında kullanılan tuzlu flaks gereksinimi döner fırınlara göre daha azdır. Döner fırınlarda tuz cürufunun, cüruf deliğinden giderilmesi gerekirken, devirmeli döner fırınlarda ise tuz cürufu devirme hareketiyle uzaklaştırılır. Aynı zamanda fırının devrilme hareketi sayesinde tuz flaksı ile örtülmesi gereken yüzey alanı azalır.</p> <p>Bu teknik sayesinde alüminyum geri kazanım verimi artar ve tuz flaksı kullanımı azalır. Bu da enerji kullanımını ve ergitme fırınlarından kaynaklanan emisyonları azaltır.</p>
Ekonomik Boyut	Tuz kullanımını ve dolayısıyla atık miktarını azalttığı için maliyet tasarrufu sağlar [7].

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

<b>MET</b>	<b><i>Torba filtre kullanılarak toz ve metal emisyonunun azaltılması</i></b>
Kaynaklar	[7]
Hedef Atıklar	10 03 19* Tehlikeli maddeler içeren baca gazı tozu
Uygun Olduğu Proses	Ergitme
Açıklama	<p>İkincil alüminyum üretim tesislerinin birçoğu torba filtre kullanarak toz ve ağır metal emisyonunu azaltır. Torba filtrede, çıkış gazı sıkı dokunmuş veya keçeli bez filtreden geçer ve bu şekilde partiküller eleme veya diğer mekanizmalarla bez torbada toplanır. Torba filtrede biriken filtre keki, partikülleri tutma verimini artırır.</p> <p>Bu teknik sayesinde, ergitme ve bekletme fırınlarından kaynaklanan toz ve ağır metal emisyonunun azalması sağlanır.</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

## 10.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI

Sektörden kaynaklanan atıkların önlenemediği ya da azaltılamadığı durumda, atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda (**Tablo 15, Tablo 16 ve Tablo 17**) proses atıkları, yan proseslerden kaynaklanan atıklar 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 kullanılacak 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:

- R1: Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

- 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 ile R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- R12: Atıkların R1 ile R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- R13: R1 ile 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 yöntemlerine karşılık gelmektedir:

- 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 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
- D14: D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
- D15: D1 ile D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

**Tablo 15.** Proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
10 03 05	✓ R4/R13	✓ D9/R 12			Metal geri kazanılabilir.
10 03 08*	✓ R4/R13	✓ D9/R 12		✓ D5	Soğutma ve mekanik zenginleştirme işlemleri sonrası cüruf içerisindeki metal geri kazanılabilir. Metal geri kazanımı sonrası kalan atık düzenli depolamaya gönderilebilir.
10 03 09*					
10 03 15*	✓ R4	✓ D9/R 12		✓ D4/D5	
10 03 16	✓ R4	✓ D9/R 12		✓ D4/D5	
10 03 19*				✓ D5	
10 03 20				✓ D5	Bu atıklar, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliğine göre alternatif hammadde olarak kullanılabilir gibi, düzenli depolamaya da gönderilebilir.
10 03 21*	✓ R4			✓ D5	Soğutma ve mekanik zenginleştirme işlemleri sonrası cüruf içerisindeki metal geri kazanılabilir. Metal geri kazanımı sonrası kalan

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
					atık düzenli depolamaya gönderilebilir.
10 03 22	✓ R4			✓ D5	Soğutma ve mekanik zenginleştirme işlemleri sonrası cüruf içerisindeki metal geri kazanılabilir. Metal geri kazanımı sonrası kalan atık düzenli depolamaya gönderilebilir. Ayrıca bu atıklar, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliğine göre alternatif hammadde olarak kullanılabilir.

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

**Tablo 16.** Yan proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
10 03 23*				✓ D5	Düzenli depolamaya gönderilir.
10 03 24				✓ D5	Düzenli depolamaya gönderilir.
10 03 25*				✓ D5	Düzenli depolamaya gönderilir.
10 03 26				✓ D5	Bu atıklar, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliğine göre alternatif hammadde olarak kullanılabilir. Bu tür atıkların depolanması için alternatif depolama yöntemleri kullanılabilir.
10 03 29*	✓ R4			✓ D5	Soğutma ve mekanik zenginleştirme işlemleri sonrası cüruf içerisindeki metal geri kazanılabilir. Metal geri kazanımı sonrası kalan atık düzenli depolanmaya gönderilebilir.
10 03 30	✓ R4			✓ D5	

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

**Tablo 17.** Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
08 03 17*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Atık baskı tonerlerin geri kazanımı araştırılmalı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir.
08 03 18					
13 01 13*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi [23] numaralı referanstan kontrol edilebilir.
13 02 05*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 08*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 03 07*	✓ R1/R9		✓ D10		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
13 07 01*	✓ R1/R9		✓ D10		Atık fuel oil ve mazotun geri kazanımı önceliklidir. Bu kod altında sınıflandırılan atıkların gerek ürün olarak gerek atık olarak yakılarak yüksek

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
					kalorifik değerlerinden yararlanılması gerekmektedir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
15 01 01	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [10]. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
15 01 02	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek ambalaj atığının minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
15 01 07	✓ R5	✓ R12			Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır.
15 01 10	✓ R1/R3-R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [14]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
					yakmaya ya da düzenli depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Temizleme malzemeleri, filtreler ve giysilerin kirlilikten arındırılarak yeni den kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Özellikle çoğunluğun inorganik kirletici olduğu durumlarda düzenli depolama uygulanabilir.
15 02 03	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
16 01 03	✓ R1/R3	✓ D9/R12	✓ D10		Gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra yeniden kullanımı mümkündür [24]. Enerji geri kazanımı amaçlı uygulamalarda Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliğinde ömrünü tamamlamış lastiklerin ek yakıt olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir.
16 01 07*	✓ R1/R4		✓ D10		Yağ filtreleri atıktan türetilmiş yakıt üretiminde veya ek yakıt olarak değerlendirilebilir ve eğer içinde metal bileşenler bulunuyorsa geri kazanılabilmektedir.
16 01 17	✓ R4	✓ R12			Demir geri kazanımı yapılır.

**Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi**

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
16 01 18	✓ R4	✓ R12			Metal geri kazanımı yapılır.
16 02 13*	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	Sınıflandırma ve geri dönüşüm yapılmalı, geriye kalanlar yakılmalı veya depolanmaya gönderilmelidir [14].
16 02 14	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
16 06 01*	✓ R4/R5	✓ R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [24] ve [25] numaralı referanslardan kontrol edilebilir.
16 06 02*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	
16 07 08*	✓ R1/R9	✓ D9/R12	✓ D10		Tank ve varillerden yağ bileşenleri temizlenmeli ve bunlar geri kazanılmalıdır. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda temizlenen yağ atıkları yakmaya gönderilmelidir.
18 01 03*		✓ D9	✓ D10		Geri kazanım ve mekanik arıtım yapılmaz. Sadece dezenfeksiyon uygulanabilir. Bunu dışında



Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
18 01 04					Yakmaya gönderilmelidir. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için [26] numaralı referansa bakılabilir. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [27] numaralı referansta bulunabilir.
20 01 01	✓ R1/R3	✓ D9/R12	✓ D10		Kağıt ve karton atıklarının temizlenerek yeniden kullanımını mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımı işlenecek atığın minimum alt kalorifik değere sahip olması koşulunda uygundur.
20 01 21*	✓ R4/R5/R13			✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir[24][28]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.
20 01 25	✓ R1/R9	✓ R12	✓ D10		Yağların geri kazanımı araştırılmamıştır. Uygulanamadığı durumda

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Uygunluk					Notlar
Atık Kodu	Geri Kazanım	Ön İşlem	Yakma	Düzenli Depolama	
20 01 26*					yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili olarak [23] numaralı referans kontrol edilebilir.
20 01 27*	✓ R1		✓ D10	✓ D5	Geri kazanımı araştırılmalı, uygulanmadığı durumlarda yakılmalı veya düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
20 01 28	✓ R1		✓ D10	✓ D5	
20 01 33*	✓ R4/R5	✓ R12		✓ D5	Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılmayan parçalar daha sonra düzenli depolanmaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi [24] ve [25] numaralı referanslardan edinilebilir.
20 01 40	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.

<sup>1</sup> D9/R12 bertaraf/geri kazanım yöntemleri kapsamında ön işleme tabi tutulan atıklar ön işlem sonrasında 19'lu bölüm altında uygun kod ile değerlendirilmelidir.

## 11.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Bu kılavuzda birincil/ikincil alüminyum 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 Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü resmi internet sitesi.  
URL:<http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=birimler>

Bu siteden yürürlükte olan mevzuata, atık taşıma, geri kazanım ve bertaraf için lisans almış firmaların listelerine ve duyurulara ulaşmak mümkündür.

- Birincil/ikincil alüminyum sektörüne ilişkin IPPC BREF-MET dokümanları:
  - European Commission. (2014). IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industries. URL:  
[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM\\_Final\\_Draft\\_10\\_2014.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM_Final_Draft_10_2014.pdf)

Bu doküman birincil/ikincil alüminyum sektörü prosesleri, sektörden kaynaklanan atıklar ve MET'leri hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.

- Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu. URL:  
[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_1-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_1-03_04_2012.pdf)  
[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_2-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_2-03_04_2012.pdf)  
[http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR\\_Vol\\_3-03\\_04\\_2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/TR_Vol_3-03_04_2012.pdf)

## Birincil ve İkincil Alüminyum Üretimi

Bu dokümanlar 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 Sekretaryası teknik rehberleri:  
URL:<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>

Bu web sitesinde genel atık gruplarının yönetimi ile ilgili bilgilerin yanı sıra çeşitli geri kazanım, arıtma 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/edorosya/TABS\\_kilavuz2013.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/cygm/edorosya/TABS_kilavuz2013.pdf)

Bu web sitesinde atık üreticilerinin atıklarını beyan ederken kullanacakları TABS arayüzünün kullanımına ilişkin bilgiler mevcuttur.

Birincil/ikincil alüminyum sektör kılavuzunun hazırlanması sırasında yararlanılan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

- [1] Günay, D. (2006). Alüminyum Sektörü Hakkında Bir Değerlendirme. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Ekonomik ve Sosyal araştırmalar Müdürlüğü, Eylül 2006, Ankara. Erişim Tarihi: 15.06.2016. URL:  
[http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/ga/2006-GA/GA-06-07-08\\_Aluminyum\\_Sektoru\\_Hakkinda\\_Bir\\_Degerlendirme.pdf](http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/ga/2006-GA/GA-06-07-08_Aluminyum_Sektoru_Hakkinda_Bir_Degerlendirme.pdf)

- [2] The Aluminum Association. (2011). Aluminum: The Element of Sustainability. A North American Aluminum Industry Sustainability Report. Erişim Tarihi: 17.06.2016.  
URL:[http://www.aluminum.org/sites/default/files/Aluminum\\_The\\_Element\\_of\\_Sustainability.pdf](http://www.aluminum.org/sites/default/files/Aluminum_The_Element_of_Sustainability.pdf)
- [3] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği. (2012). Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Sektör Raporu 2011. Erişim Tarihi: 19.06.2016.  
URL:[http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/TOBB\\_demir\\_rapor\\_kitap\\_2012.pdf](http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/TOBB_demir_rapor_kitap_2012.pdf)
- [4] OECD Environment Directorate. (2010). Working Document on Material Case Study 2: Aluminium. OECD Global Forum on Environment Focusing on Sustainable Materials Management. 25-27 Ekim 2010, Mechelen, Belgium. Erişim Tarihi: 21.06.2016.  
URL: <https://www.oecd.org/env/waste/46194971.pdf>
- [5] Demirci, K. M. (b.d.). Dünya Alüminyum Ticaretinde Türkiye'nin Yeri. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Metalurji Mühendisleri Odası. Erişim Tarihi: 20.06.2016.  
URL:[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi161/d161\\_17\\_29.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi161/d161_17_29.pdf)
- [6] Car, E. (b.d.). İkincil Alüminyum Üretimine Genel Bir Bakış. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Metalurji Mühendisleri Odası. Erişim Tarihi: 16.06.2016.  
URL:[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi160/d160\\_42\\_50.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi160/d160_42_50.pdf)
- [7] European Commission. (2014). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries.

- [8] Altenpohl, D. (1998). Aluminum: Technology, Applications and Environment: a Profile of a Modern Metal Aluminum from Within. Sixth Edition, published by TMS/ The Aluminum Association, Washington D.C. and Warrendale, Pennsylvania.
- [9] Tan, R. B. H., Khoo, H. H. (2005). An LCA study of a primary aluminum supply chain. Journal of Cleaner Production, 13, 607-618.
- [10] Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Metalurji Mühendisleri Odası Alüminyum Komisyonu. Alüminyum Raporu. Erişim Tarihi: 19.06.2016.  
URL:[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137\\_14\\_45.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_14_45.pdf)
- [11] Moors, E. H. M. (2006). Technology strategies for sustainable metals production systems: a case study of primary aluminum production in the Netherland and Norway. Journal of Cleaner Production, 14, 1121-1138.
- [12] Denetim Çevre Mühendislik Danışmanlık Hiz. San Tic. Ltd. Şti. (2014). Birincil Alüminyum Üretimi Faaliyeti İş Akım Şemaları ve Proses Özetleri.
- [13] Yücel, O., Car, E. (2015). Alüminyum Cürufularının Değerlendirilmesi ve Kalsiyum Alüminat Sentetik Cüruf Yapıcı Üretimi. Erişim Tarihi: 17.09.2016  
URL:[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi175/d175\\_35\\_43.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi175/d175_35_43.pdf)
- [14] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu, Cilt II. Erişim Tarihi: 12.09.2016  
URL:[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_2-03_04_2012.pdf)

- [15] Sutar, H., Mishra, S. C., Sahoo, S. K., Chakraverty, A. P., Maharana, H. S. (2014). Progress of Red Mud Utilization: An Overview. *American Chemical Science Journal*, 4(3), 255-279.
- [16] Liu, Y., Naidu, R., Ming, H. (2011). Red mud as an amendment for pollutants in solid and liquid phases. *Geoderma*, 163, 1-12.
- [17] Rai, S., Wasewar, K. L., Mukhopadhyay, J., Yoo, C. K., Uslu, H. (2012). Neutralization and utilization of red mud for its better waste management. *Arch. Environ. Sci.*, 6, 13-33.
- [18] Kaya, E. (2010). Seydişehir Kırmızı Çamur Atığının Seramik Sanatında Değerlendirilmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- [19] Kılıç, Y., Günay, E., Marşoğlu, M. (2013). Atık Kırmızı Çamur Kullanılarak Üretilen Renkli Beton Ürünlerin Çevreye Uyumluluk Performanslarının İncelenmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31, 409-419.
- [20] Patel, S., Pal, B. K. (2015). Current Status of an Industrial Waste: Red Mud an Overview. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management and Applied Science*, 4(8).
- [21] Petavratzi, E. (2007). Characterisation of Mineral Wastes, Resources and Processing Technologies-Integrated Waste Management for the production of Construction Material. Case Study: Residues from aluminium dross recycling in cement. Erişim Tarihi: 09.11.2016  
[URL:http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Cement\\_aluminium\\_dross.pdf](http://www.smartwaste.co.uk/filelibrary/Cement_aluminium_dross.pdf)

- [22] Sürdürülebilir Çimento Üretimi. Avrupa Çimento Sanayinde Alternatif Yakıt ve Hammaddelerin Birlikte İşlenmesi. Erişim Tarihi: 09.11.2016  
URL:<http://www.cembureau.eu/sites/default/files/documents/Turkish%20version.pdf>
- [23] Secreteriat of the Basel Convention. Basel Convention Technical Guidelines on Waste Oils from Petroelum Origins and Sources. Erişim Tarihi: 10.11.2016.  
URL:<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y8.pdf>
- [24] Secretariat of the Basel Convention. (2004). Basel Convention Technical Guidelines on the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds (R4). Erişim Tarihi: 10.11.2016.  
URL:<http://www.basel.int/pub/techguid/r4-e.pdf>
- [25] Secretariat of the Basel Convention (2003). Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries. Erişim Tarihi: 10.11.2016.  
URL:<http://www.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>
- [26] Secretariat of the Basel Convention. (2004). Draft guidance paper on hazard characteristics H6.2 (infectious substances). Erişim Tarihi: 10.11.2016.  
URL:<http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/11a1r1e.pdf>
- [27] Secretariat of the Basel Convention. (2003). Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes. Erişim Tarihi: 20.05.2011. URL:  
<http://www.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf>



- [28] U.S. Environmental Protection Agency. (2016). Recycling and Disposal of CFLs. U.S. Environmental Protection Agency. Erişim Tarihi: 10.11.2016.  
URL: <https://www.epa.gov/cfl/recycling-and-disposal-cfls>
- [29] Yılmaz, F. (b.d.). Alüminyumda Geri Dönüşümün Artan Önemi. ALU&Art.
- [30] United States Environmental Protection Agency. (1995). Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I: Stationary Point and Area Sources. AP 42, Fifth Edition.
- [31] Alüminyum Isıl Metalurjisinden Kaynaklanan Atıkların Yönetimine İlişkin Tebliği Taslağı. Erişim Tarihi: 17.11.2016  
URL: <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=duyurudetay&Id=31252>
- [32] De Rosset, A. J. (1965). Method of Preparing Alumina from Aluminum Sulfate. Erişim Tarihi: 09.11.2016  
URL: <https://www.google.com/patents/US3169827>



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

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü  
Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı  
[www.csb.gov.tr/gm/cygm](http://www.csb.gov.tr/gm/cygm)