



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

# SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

## TERMİK SANTRALLER

# SEKTÖREL ATIK KILAVUZLARI

## TERMİK SANTRALLER

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

**Termik Santraller Sektörü Grubu**

Prof. Dr. Kahraman Ünlü  
Çevre Müh. Cansu Demir  
Çevre Müh. Sarp Çelebi

**Proje Ekibi:**

Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü  
Y.Doç. Dr. Derya Dursun Balcı, Y.Doç. Dr.EvrİM Çelik  
Çevre Y. Müh. Mert Erkanlı, Çevre Y. Müh. Elif Küçük, Çevre Y. Müh. Tolga  
Pilevneli

Çevre Müh. Ecem Bahçecioglu, 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 TERMİK SANTRALLER.....	7
3.0 TERMİK SANTRALLERDE UYGULANAN SÜREÇLER.....	8
3.1. KONVANSİYONEL BUHAR TÜRBİNLİ SANTRALLERDE UYGULANAN SÜREÇLER .....	9
3.2. GAZ VE BUHAR TÜRBİNLİ SANTRALLERDE (KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİ) UYGULANAN SÜREÇLER .....	17
4.0 TERMİK SANTRAL PROSESLERİNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR.....	22
4.1. ATIK TÜRLERİ VE KODLARI .....	22
4.2. ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI .....	32
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ .....	37
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI.....	50
7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR .....	71



## 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 hazırlanmıştır. İlk dizisi, “LIFE06 TCY/TR/000292 HAWAMAN – Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi”, ikinci dizisi “TÜBİTAK-KAMAG, 107G126, Türkiye’de Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı İle Uyumlu Tehlikeli Atık Yönetimi” projesi kapsamında hazırlanan sektörel kılavuzlarla;

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

hedeflenmektedir.

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

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

NACE Rev.2 Ekonomik Faaliyet Sınıflaması sistemine göre “35.1 - Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı” kategorisinde olan termik santraller 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, termik santrallerde uygulanabilecek atıkların önlenmesi ve azaltılması uygulamaları ile durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir. Son olarak, atıkların önlenemediği ya da azaltılamadığı durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir.

## 2.0 TERMİK SANTRALLER

Türkiye’de enerji ihtiyacının büyük bir kısmı termik santraller tarafından karşılanmaktadır. 31 Mayıs 2016 sonu itibariyle Türkiye’de toplam kurulu güç 75.082 MW’dır. Bunun 42.941 MW’ı termik, 695 MW’ı jeotermal, 26.232 MW’ı hidrolik, 4.770 MW’ı rüzgar, 443 MW’ı güneş kaynaklıdır [9].

2016 yılı Mayıs ayına ait verilere göre Türkiye’de 367 adet lisanslı termik santral bulunmaktadır [9]. Bu işletmelerin kullanılan yakıtta göre dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

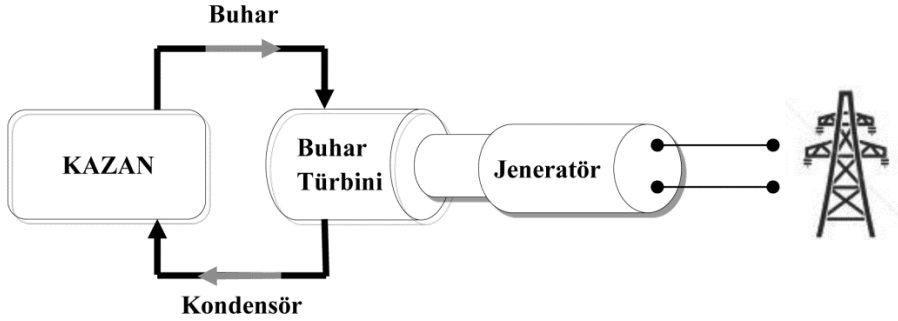
**Tablo 1. Yakıt cinsine göre Türkiye’de kurulu termik santraller (Mayıs 2016) [9]**

Yakıt Cinsleri	Santral Sayısı (Adet)
Fuel-oil + Nafta + Motorin	17
Yerli Kömür (Taş Kömürü + Linyit + Asfaltit)	29
İthal Kömür	10
Doğalgaz + LNG	242
Çok yakıtlılar (Katı + Sıvı)	23
Çok yakıtlılar (Sıvı + Doğal gaz)	46



### 3.0 TERMİK SANTRALLERDE UYGULANAN SÜREÇLER

Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Bu dönüşüm için taş kömürü, linyit, petrol ürünleri, doğalgaz, türetilmiş gazlar ve turba yakıt olarak kullanılabilir [1]. Bir buhar çevrimli termik santrali oluşturan temel proseslere ait genel akım şeması Şekil 1’de verilmiştir.



#### Şekil 1. Buhar türbinli termik santral genel şeması

Proseste, kazana beslenen yakıtın içerdiği kimyasal enerji, kazanda gerçekleşen yanma işlemiyle ısı enerjisine dönüşmekte, oluşan yüksek ısı, demineralize edilmiş suyun sıcaklığını kritik basınçta yüksek sıcaklığa çıkartarak buhara dönüştürmekte, elde edilen yüksek basınç ve sıcaklıktaki buharın içerdiği ısı enerjisi, türbinlerde mekanik enerji, ardından jeneratörlerde elektrik enerjisine dönüşmektedir [1].

Termik santraller mekanik enerji üretim yöntemine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır [7]:

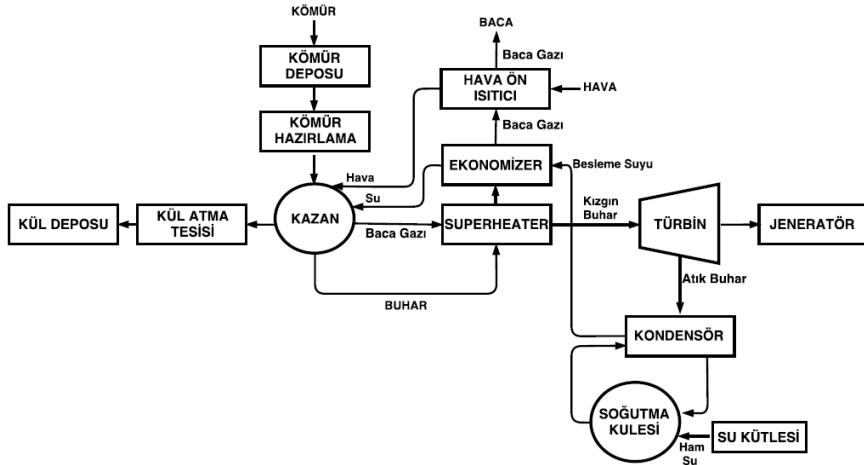
## Termik Santraller

- Konvansiyonel buhar türbinli santraller
- Gaz ve buhar türbinli santraller (kombine çevrim santralleri).

### 3.1. KONVANSİYONEL BUHAR TÜRBİNLİ SANTRALLERDE UYGULANAN SÜREÇLER

Buhar türbinli santraller yakıt olarak fosil yakıtları (taş kömürü, linyit, turba, fuel-oil ve doğal gaz) kullanırlar. Genelde fosil yakıtların çıkarıldığı kaynaklara yakın yerlere inşa edilmektedirler [7].

Buhar türbinli santrallerin proses şemasında (Şekil 2) dört adet ana döngü yer almaktadır. Bu döngüler; yakıt-kül döngüsü, hava-gaz döngüsü, besleme suyu-buhar döngüsü ve soğutma suyu döngüsüdür. Döngüler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.



Şekil 2. Konvansiyonel buhar türbinli termik santral proses şeması

### 3.1.1 Yakıt Hazırlama ve Yakma Prosesleri (Yakıt ve kül döngüsü)

Kömür, yakıt olarak kullanıldığı santrallerde depolama alanına taşıma bantlarıyla ulaştıktan sonra değirmenlerde pulverize edilir. Bu, yanma işlemini kolaylaştırmak için uygulanır. Ardından, sabit bir yakıt kalitesi elde etmek için harmanlama veya karıştırma işlemi uygulanır ve pulverize kömür kazana yakılmak üzere taşınır [2]. Yanma sonucu oluşan kazan altı külü kazanın arkasında toplanır ve bir kül depolama ünitesine sevk edilir. Uçucu küller ise baca gazından partikül kontrolü yapan sistemler yardımıyla tutulup silolarda depo edilirler. Turba veya fuel oil gibi yakıtları kullanan tesislerde de uçucu kül oluşumu beklenmektedir. Yakıt tipinin farklılığına göre kazan altı ve uçucu külün içeriği ve miktarı da farklılık göstermektedir.

#### Yakıt ön artıtımı

Termik verimliliğin artırılması ve çevresel etkilerin en aza düşürülmesi için katı yakıtlarda karıştırma ve harmanlama işlemleri uygulanır. Turba içerisindeki suyun azaltılması için ise ek olarak bir yakıt kurutma işlemi yapılır [11]. Ardından, değirmenlerde öğütme işlemi uygulanır. Kömür parçalamada kullanılan değirmen çeşitleri aşağıda verilmektedir.

- Bilyalı değirmen: Farklı boylarda dövülmüş çelik bilyalarla dolu yatay bir silindir biçimindedir. Kömür bilyalar ve silindir arasında ezilerek parçalara ayrılır. İşlem sırasında oluşan kömür partikülleri boyutlarına göre sınıflandırılır, büyük parçalar tekrar değirmene gönderilir [1].

## Termik Santraller

- *Dövmeli değirmen:* Kömür çekice benzer dövücülerle vurma yoluyla parçalanır. Parçalanmış tanelerden büyük olanlar merkezkaç sayesinde dövücülere doğru hareket ederken, toz partiküller dış tarafa doğru ittirilirler. Bu değirmenlerin kapasitesi diğerlerine göre daha kısıtlı olduğundan az sıklıkla tercih edilmektedir [1].
- *Silindir değirmen:* Kömür, dönen öğütücü silindirler ve bir tabla arasında basma ve sürtünme kuvveti ile ufalanır. Öğütülmüş parçalar ortamdan hava akımı ya da sıcak inert gazlar ile yakma fırınına gider [3].

### Kazan Ateşleme

Pulverize yakıtların yakılması için ilk etapta kazanın ateşlemesi yapılır. Bunun için genelde fuel oil, mazot gibi yakıtlar kullanılmaktadır. Bu sistemlerde gaz yakıtlar fırına doğrudan verilmekte, hava ile temas ettiğinde hemen yanmaktadır. Fırına püskürtülerek verilen sıvı yakıtlar ise, çok miktarda uçucu gazlar oluşturmaktadır [1].

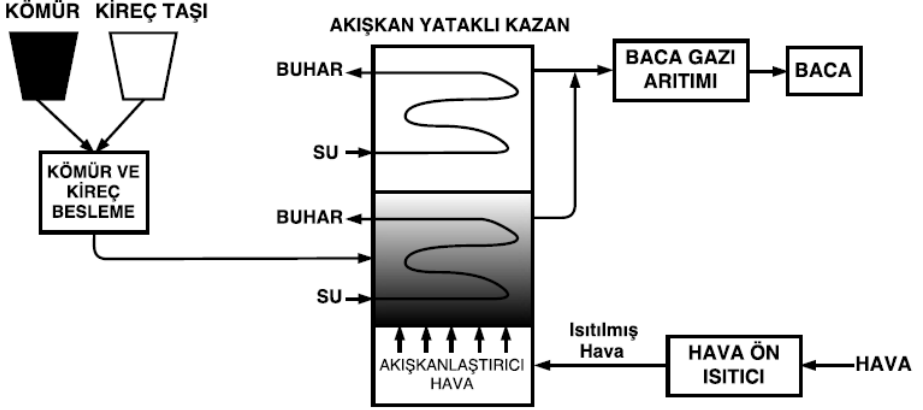
### Katı Yakıt Yakma Yöntemleri

- *Pulverize katı yakıt yakma fırınları*

Pulverize yakma sistemlerinde, pudra ebadına getirilmiş yakıt kullanılır. Bu sistemlerde, iki tip fırın yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Kuru kazanaltı külü fırını: Bu fırın, külün erime noktasının çok altındaki sıcaklıklarda çalıştırılır. Amacı, külün fırının duvarlarına yapışmasının ve dolayısıyla cüruf oluşumunun önlenmesidir [1].
- Cüruf musluğu fırını: Kazan altı külü fırınının tam aksine, cüruf musluğu fırını külün erime noktasının çok üstündeki sıcaklıklarda çalıştırılır. Bu yöntem, külün sıvılaştırarak uzaklaştırılmasını ve aynı zamanda uçucu külün de tutulmasını sağlar [1].
- Akışkan yatak yakma fırınları

Akışkan yatak yakma fırınları temel olarak düşük kalite kömürlerin az çevresel etkiyle yakılması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.. Bu fırınların iki çeşidi vardır: kabarcıklı (BFBC) ve devirli (CFBC) akışkan yatak yakma fırınları[3].



Bu teknoloji, yakıtın sıcak akışkanlaştırılmış kum, kül veya tutucu yatağında kademeli hava besleme özelliğiyle yanmasını esas alır (Şekil 3). Yanma sıcaklığı 750 ile 950°C arasında değişmektedir. Kademeli hava besleme ve düşük yanma sıcaklığı NO<sub>x</sub> salınımlarını azaltır. Bu fırınlar yüksek yanma verimine sahip olduğundan CO emisyonu azdır. SO<sub>2</sub> emisyonlarının kontrolü ise, yanma odasına kireçtaşı uygulaması ile sağlanmaktadır [8].

**Şekil 3. Akışkan yataklı yakma fırını [15]**

### Sıvı ve Gaz Yakıt Yakma

Sıvı yakıt yakma sistemleri, kömürün yakıt olarak kullanıldığı geleneksel buhar kazanlarındaki sistemle benzerdir. Kullanılan sıvı yakıtlar fuel oil, nafta, motorin ve sıvı doğal gazdır (LNG). Homojen bir yakma elde etmek için sıvı yakıt basıncı artırılarak kazana püskürtülür [3].

Gaz yakıtların yakılmasında hem buhar hem de gaz türbinleri kullanılmaktadır. Hem buhar hem de gaz türbininin birlikte çalıştırıldığı kombine çevrim tesisleri günümüzde Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Kombine çevrim santrallerinde uygulanabilen yakıt türleri doğal gaz ve destek yakıt olarak hafif akaryakıttır. Bu tesisler ile ilgili detaylı açıklama 3.2. numaralı başlık altında verilmektedir [3].

### 3.1.2 Hava ve gaz döngüsü

Hava atmosferden alınır ve ısıtılır. Isıtılmış bu hava, yakma işlemi için kazana gönderilir. Yanma sonucu çıkan baca gazı sırasıyla NO<sub>x</sub> arıtımı, partikül kontrolü ve SO<sub>2</sub> arıtımı ünitelerinden geçirildikten sonra atmosfere salınır.

#### Baca Gazı NO<sub>x</sub> arıtımı

NO<sub>x</sub> gazları baca gazından selektif katalitik (SCR) veya selektif katalitik olmayan (SNCR) azaltma yöntemlerinden biri ile temizlenmektedir. Bu sistemlerin temel prensibi eklenen amonyak ile NO<sub>x</sub> gazının tepkimesi sonucu moleküler nitrojen elde etmektir. Amonyak genellikle solüsyon halinde veya basınç altında sıvılaştırılmış bir durumda saklanır [3].

#### Baca Gazı Partikül Kontrolü

Katı/sıvı yakıtların yakılması sonucu oluşan uçucu küller baca gazıyla sistemden çıkmaktadır. En yaygın olarak, Elektrostatik filtreler veya torbalı filtreler kullanılarak, baca gazındaki toz (kül) tanelerinin tutulması sağlanır [7]. Elektrostatik filtrelerde, toz tanecikleri bir elektrostatik alan içinde uygulanan yüksel voltaj sonucunda elektroda

## Termik Santraller

taşınarak uzaklaştırılır. Torbalı filtrelerde ise, sistemde yer alan bir vantilatörün yarattığı vakum sayesinde torbalardan geçen gazların içerdiği toz, torbaların yüzeyinde birikir [3].

Toz gideriminde, siklon ya da benzeri mekanik sistemlerin kullanımı ancak ön giderim olarak önerilmektedir.

### Baca Gazı Desülfürizasyonu

Kazanda yakıtın yakılması sonucu oluşacak baca gazı sırasıyla NO<sub>x</sub> arıtımı için SCR/SNCR prosesinden ve toz tutuculardan (elektrostatik filtre (ESP), siklon, bez filtre vb.) geçirildikten sonra SO<sub>2</sub> arıtımı için baca gazı desülfürizasyon ünitesine (FGD) gelir. Burada gazın temizlenmesi kuru, ıslak veya yarı kuru proseslerle gerçekleştirilebilmektedir. Aktif karbon ve sorbent enjeksiyonu (kireçtaşı, dolomit) birer kuru prosestir. Sprey kurutucu absorpsiyonu ise yarı kuru olarak adlandırılır. En yaygın kullanılan yöntem ıslak kireçtaşı gaz yıkayıcılarıdır. Bu proseste toz haline getirilen kireçtaşının sulu süspansiyonuyla baca gazının teması sonucu SO<sub>2</sub> temizlenir ve temiz baca gazı bacadan atmosfere bırakılır. Tepkime ürünü olan alçıtaşı yan ürün olarak adlandırılır ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere satılabilmektedir [3].

Akışkan yatak yakma fırını kullanan termik santrallerde, fırında uygulanan sıcaklıklarda, yanma gazlarında bulunan SO<sub>2</sub>'nin kireçtaşı kullanılarak uzaklaştırılması mümkündür. Bu sistemlerde ayrıca bir FGD ünitesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Kazanda kireçtaşı uygulaması işlemiyle oluşan reaksiyon sonucunda meydana gelen alçı taşı, tepkimeye girmemiş kireçtaşı, yatak külüyle birlikte yataktan ve uçucu külle birlikte torba filtre veya ESP'den atılır. Üretilen alçı taşı, alçıpan sanayiinde kullanılabilmektedir [2].



### 3.1.3. Besleme suyu ve buhar döngüsü

Türbinden çıkan egzoz gazı kondensörde yoğunlaştırılır. Ardından ekonomizerden geçerek ısıtılan su kazana girer ve buhar olarak kazanı terk eder. Buhar yüksek basınçta ısıtılıp türbine yollanır. Türbini çalıştıran buhar, sistemden çıkarak kondensöre ulaşır. Burada yoğunlaştırılan buhar kazanlara tekrar su olarak geri kazandırılır [7].

#### Sistem Bileşenleri:

- **Superheater:** Bu kısım aşırı ısıtılmış buhar üretmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu işlem için baca gazının ısısından yararlanır. Bu sayede buharın sıcaklığı yoğunlaşma sıcaklığından yüksekte tutularak türbine giden buharın türbinlerde yoğunlaşması engellenir [1].
- **Ekonomizer:** Buhar kazanından çıkan yüksek sıcaklıktaki baca gazının superheaterdan geçirildikten sonra geldiği bölümdür. Burada kazan giriş suyunu ısıtmak için baca gazının ısısından yararlanılmaktadır [1].
- **Kondensör:** Türbinde işi bitmiş, çürük buharın toplandığı yerdir.

### 3.1.4. Soğutma suyu döngüsü

Su tüketimi ve atık su deşarjı ile ilgili başlıca proses soğutma işlemidir. Bu proseste, bir su kütesinden çekilen su (bazen arıtılarak kullanılır) türbinden gelen alçak basınçlı atık buharın yoğunlaştırılmasını sağlar. Yoğunlaşma sonucu oluşan su tekrar kazana besleme suyu olarak gönderilir. Kapalı borularda dolaşan soğutma suları kontamine

olmayacağından sistemde döndürülerek yeniden kullanılabilir. Açık sistemlerde, kullanılan ısınmış su ise soğutma kulesinde soğutulduktan sonra alıcı ortama deşarj edilir. Deşarj edilen soğutma suyunda bulunan biyositler kirlenmeye sebep olabilir. Bu sebeple deşarj edilecek soğutma suyu için arıtma önerilir [2].

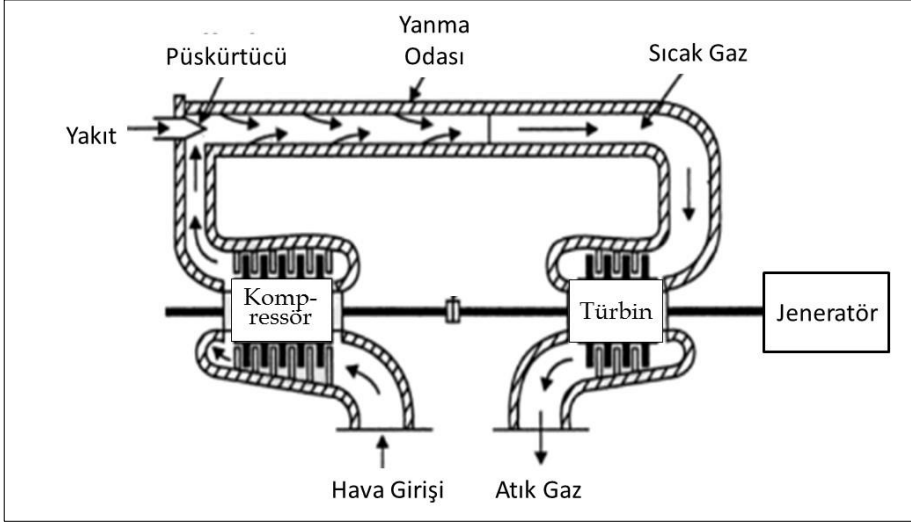
### 3.2. GAZ VE BUHAR TÜRBİNLİ SANTRALLERDE (KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALLERİ) UYGULANAN SÜREÇLER

Hidroelektrik santrallerinin çok yaygın olmadığı dönemlerde, elektrik şebekelerinde gün içinde artan enerji ihtiyacını karşılamak için hızlıca devreye giren ve çıkabilen gaz türbinli santraller kullanılmıştır. 1940'lı yıllardan sonra geliştirilmeye başlanan gaz türbinleri, 1970'li yılların sonuna doğru kombine çevrim santrallerinde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde, gaz türbinli santrallerde yakıt olarak genellikle motorin ve doğal gaz kullanılmaktadır [12].

Elektrik üretimi için, buhar türbinli santraller tek başına kullanıldıklarında kombine santrallere göre daha az termal verimle çalışmaktadırlar. Günümüzde buhar ve gaz türbinlerini bir arada işleten kombine çevrim santrallerinin kullanımı yaygınlaşmış ve bu sistemler buhar türbinli santrallerin yerini almaya başlamıştır. Kombine çevrim santralleri, yakılan aynı miktardaki yakıtla hem gaz hem buhar türbininden elektrik enerjisi üretimi sağlamaktadır (Şekil 5) [11].

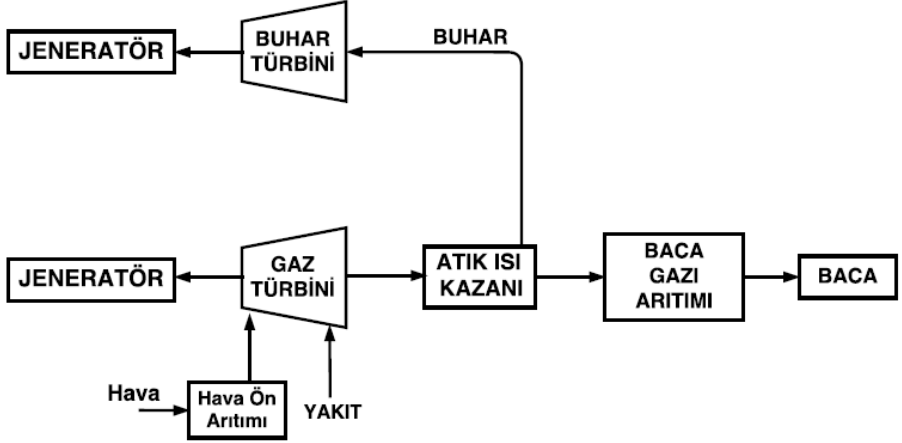
Gaz türbinleri üç kısımdan oluşur (Şekil 4);

- i. Kompresör
- ii. Yanma odası
- iii. Türbin



Şekil 4. Gaz türbini [7]

Kombine çevrim santralleri, gaz türbini ve buhar çevriminin bir sistem içerisine entegre edilmesiyle oluşturulmuş sistemlerdir. Esas itibariyle çalışma prensibi, gaz türbin çevriminden çıkan yüksek sıcaklıktaki egzoz gazlarının su-buhar çevriminde kullanılarak ek enerji üretimine dayanmaktadır (Şekil 5). Kombine çevrim santralleri doğalgaz, ham petrol, motorin, fuel oil ve kömürü yakıt olarak kullanabilir. İstenildiğinde çift yakıt yakma uygulanabilmesi modifikasyonlarla sağlanabilmektedir [6].



**Şekil 5. Kombine çevrim santrali basitleştirilmiş proses şeması [14]**

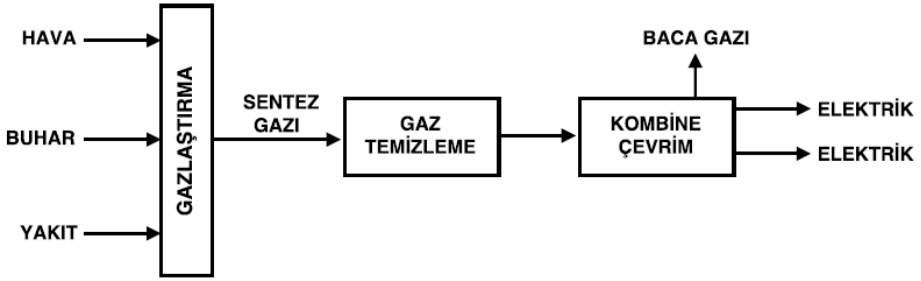
Atmosferden alınan hava arıtıldıktan sonra gaz türbininin kompresör kısmında sıkıştırılır ve yanma odasında püskürtülerek verilen yakıt ile karışarak yanar. Yanma sonucunda sistemden çıkan yüksek sıcaklıktaki atık gazlar sonrasında su-buhar çevriminde soğutulup atmosfere salınmak üzere atık ısı kazanına gönderilir [6].

Egzoz, atık ısı kazanlarındaki eşanjörlerle su-buhar döngüsüne ısınısını verir ve buhar türbinli santrallerde olduğu gibi döngülerini tamamlar. Üretilen buhar, buhar türbinlerine gelir ve mekanik enerjiden elektrik üretimi yapılır [6].

### 3.2.1 Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrimi (IGCC)

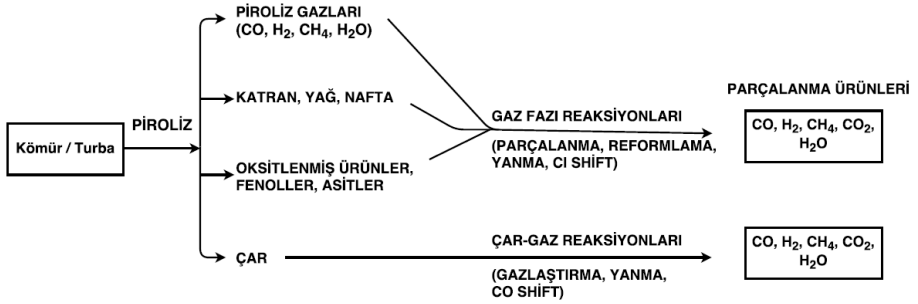
Gazlaştırma kombine çevrimi, özellikle düşük kalorili kömür, yüksek kükürt içeren fuel-oil ve petrol kokunun kombine çevrim sistemlerinde

Yakıt olarak kullanılmasında tercih edilen bir teknolojidir. Proseste, yüksek basınçlı gazlaştırıcı ile gaz haline getirilen yakıt, yüksek sıcaklıklarda (1500 °C) yanma sonucu oluşan hidrojen, metan ve karbon monoksit içeren sentez gazına dönüşmekte, oluşan gaz buhar türbinlerinde buhar oluşturmak için kullanılmaktadır. Yakıtın yanmayan kısmının cüruf olarak atıldığı proseste, buhar türbinlerinde elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 6). Entegre gazlaştırma kombine çevrim teknolojisi, günümüzde kullanılan doğal gaz kombine çevrim termik santralleriyle benzer teknolojidir [5].



**Şekil 6. Entegre Gazlaştırılmış Kombine Çevrim (IGCC) sistemi basitleştirilmiş proses şeması**

Gazlaştırma proseslerinde birçok tepkime meydana gelmekte ve ürün oluşmaktadır. Şekil 7’de kömür ve turba yakıtlarının gazlaştırma sonucu elde edilen ürün ve ara ürünler gösterilmektedir.



Şekil 7. Kömürün gazlaştırma prosesinde meydana gelen reaksiyonlar ve ürünler [13]

### 3.2.2 Kojenerasyon (CHP)

Elektriğin yanında ısı üretimi yapılmasını da amaçlayan bu sistem, gaz türbininden çıkan egzoz gazlarından ısı elde edilmesi temel prensibine dayanmaktadır. Bu sistemde, yakıt ve hava karışımı yanma odasında yandıktan sonra, türbin aracılığıyla jeneratörden elektrik üretimini sağlarken, gaz türbininden çıkan yüksek sıcaklıktaki atık gazlardan, atık ısı kazanıyla doymuş buhar ve sıcak su elde edilmektedir [13]. Kojenerasyon, maliyet tasarrufu sağlamanın yanında, fosil yakıtların verimli kullanılması bakımından onaylanmış bir teknolojidir [1]. Sadece elektrik üreten bir gaz türbini enerjinin %30-40'ını elektriğe çevirirken, geriye kalan enerjinin % 60-90'ını ısıya dönüştürmektedir [10]. Kojenerasyon teknolojisinin uygulaması ile bu atık ısı değerlendirilmiş olmaktadır.

## 4.0 TERMİK SANTRAL PROSELERİNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

### 4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan atıklar iki ana sınıf altında incelenebilir.

- o Prosesle özel atıklar
- o Proses dışı atıklar

Bu atıklar sırasıyla Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. 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 aşarsa 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. Aşağıdaki tablolarda tüm "M" işaretli atıkların altındaki satırda bu atıkların analiz sonucunda tehlikesiz

## Termik Santraller

çıkması durumunda almaları gereken altı haneli kodlar da verilmiştir. *Ancak atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.*

### Proses özel atıklar

Termik santral enerji üretim proseslerinden çıkması muhtemel atıklar, Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek-4’de verilen atık listesinde çeşitli başlıklar altında sıralanmıştır. Bu listede tehlikeli sınıfına giren atıklar “\*” ile işaretlenmiştir. Proses özel atıkların listesi Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2. Termik santrallerde enerji üretim proseslerinden kaynaklanan atıklar [16]**

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A /M
06	<b>Anorganik kimyasal işlemlerden kaynaklanan atıklar</b>	
06 13	<i>Başka Bir Şekilde Tanımlanmamış Anorganik Kimyasal İşlemlerden Kaynaklanan Atıklar</i>	
06 13 02*	Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)	A
10	<b>Isıl işlemlerden kaynaklanan atıklar</b>	
10 01	<i>Enerji Santrallerinden ve Diğer Yakma Tesislerinden Kaynaklanan Atıklar (19 Hariç)</i>	
10 01 01	(10 01 04’ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu	



Atık Kodu	Atığın Tanımı	A /M
10 01 02	Uçucu kömür külü	
10 01 05	Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar	
10 01 07	Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar	
10 01 09*	Sülfürik asit	A
<b>13</b>	<b>Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları (yenilebilir yağlar, 05 ve 12 hariç)</b>	
<i>13 07</i>	<i>Sıvı Yakıtların Atıkları</i>	
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot	A
13 07 02*	Benzin	A
13 07 03*	Diğer yakıtlar (karışımlar dahil)	A
<b>19</b>	<b>Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar</b>	
<i>19 08</i>	<i>Başka Bir Şekilde Tanımlanmamış Atıksu Arıtma Tesisi Atıkları</i>	
19 08 13*	Endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler	M
19 08 14	19 08 13 dışındaki endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar	
<i>19 09</i>	<i>İnsan Tüketimi ve Endüstriyel Kullanım İçin Gereken Suyun Hazırlanmasından Kaynaklanan Atıklar</i>	
19 09 04	Kullanılmış aktif karbon	
19 09 05	Doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirme reçenesi	

## Termik Santraller

Santralde baca gazı desülfürizasyonu,  $SO_2$ 'nin ve  $NO_x$ 'lerin kombine arıtımını sağlayan bir kuru proses olan aktif karbon ile gerçekleştiriliyor ise 06 13 02\* kodlu “kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)” atığının oluşması beklenmektedir [3]. 19 09 04 kodlu “kullanılmış aktif karbon” ise termik santrallerde proses veya soğutma suyu olarak kullanılacak suyun demineralizasyonu sırasında atık olarak çıkmaktadır.

10 01 01 kodlu “(10 01 04’ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu”, konvansiyonel kömür yakan buhar türbinli termik santrallerde kazanda yanma sonucu meydana gelen kazan altı atığıdır. Aynı şekilde yanma sonucu oluşan, miktarı kömürün içeriğine ve yakma tipine göre bağlılık gösteren 10 01 02 kodlu “uçucu kömür külü”, baca gazı partikül kontrolü yapan ESP, filtreler, siklonlar veya yaş temizleyicilerle tutulan atıklardır. Aynı kodlu atık, aynı zamanda kömür hazırlama ve depolama işlemleri sırasında da oluşabilmektedir.

Kömürün kazanlarda yakılması için ön ateşleme yapmak amacıyla fuel oil veya mazot tercih edilebilmektedir. Bu amaçla tesiste var olan fuel oil-mazot istasyonlarından 13 07 01\* kodlu “fuel-oil ve mazot” atığı çıkabilmektedir. Limana sahip termik santrallerde, kömür taşıyan gemilerden alınan atıklar arasında da aynı kodlu atık çıkmaktadır. 13 07 02\* kodlu “benzin” ve 13 07 03\* kodlu “diğer yakıtlar (karışımlar dahil)” atıklar, sıvı yakıtı tek başına veya katı/gaz yakıtlarla karıştırarak yakan tesislerde oluşması beklenmektedir.

Kömürün yanması sonucu oluşan  $SO_2$  gazları baca gazı desülfürizasyon ünitesinde kireç sütü çözeltisi kullanılarak tutulmakta ve işlem sonucunda alçıtaşı (jips) meydana gelmektedir. Bu atıklar sistemden katı halde çıkıyor ise 10 01 05 kodlu “baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar”, çamur

halinde çıkıyorsa 10 01 07 kodlu “baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar “ kodlanmalıdır. Akışkan yataklı kazan kullanan santrallerde ayrı bir desülfürizasyon ünitesi kullanılmamakta, kireçtaşı beslemesi kömür ile birlikte kazana yapılmaktadır. Burada oluşan alçıtaşı cürufa dahil olmakta ve kazandan atılmaktadır.

10 01 09\* kodlu “sülfürik asit”, entegre gazlaştırma kombine çevrim santrallerinde gazlaştırma sonucu oluşan sentez gazının arıtımı sonucu meydana gelmektedir.

19 08 13\* kodlu “endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar”; kömür zenginleştirme ünitelerinden çıkan şamlı su, kömür depo alanlarında yağmur suyuyla reaksiyona girerek oluşan atıksular, desülfürizasyon tesislerinden kaynaklı atıksular, cüruf temizleme ve kül nakliyatından kaynaklı atıksu, blöf suları ve kazan asit yıkamadan kaynaklanan atıksuların arıtılması sonucu oluşacak tehlikeli olarak sınıflandırılmış çamurları kapsamaktadır. Eğer bu atığın tehlikesiz olduğu ispatlanırsa 19 08 14 atık kodlu “ 19 08 13 dışındaki endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar” ile tanımlanabilir.

Termik santral soğutma proseslerinde ve buhara çevriminde kullanılacak suyun demineralizasyonu sonucu oluşacak bitik reçine atıkları 19 09 05 kodlu “doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirme reçinesi” kategorisinde sınıflandırılmalıdır.

### **Proses dışı atıklar**

Proses dışı atıklar kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde uygulanan süreçlerden bağımsız olarak ortaya çıkması muhtemel

## Termik Santraller

atıklardır. Genel olarak farklı endüstriyel sektörler için proses dışı atıklar benzerlik göstermektedir.

Termik santraller için bu sınıftaki atık türleri içerisinde, 08 “astarlar (boyalar, vernikler ve vitrikiye emayeler), yapışkanlar, macunlar ve baskı mürekkeplerinin üretim, formülasyon, tedarik ve kullanımından (ıftk) kaynaklanan atıklar”, 13 “yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları”, 15 “atık ambalajlar; başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler”, 16 “listede başka şekilde sınıflandırılmamış atıklar” gibi atıklar yer almaktadır. Termik santrallerin üretmeleri muhtemel diğer proses dışı atıkların listesi Tablo 3’te verilmektedir.

**Tablo 3. Termik santrallerden kaynaklanabilecek proses dışı atıklar [16]**

Atık Kodu	Atık Adı	A/M
08	<b>Astarlar (boyalar, vernikler ve vitrifiye emayeler), yapışkanlar, macunlar ve baskı mürekkeplerinin üretim, formülasyon, tedarik ve kullanımından (İFTK) kaynaklanan atıklar</b>	
08 01	<i>Boya ve Verniğin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) ve Sökülmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
08 01 11*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler	M
08 01 12	08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler	
08 03	<b>Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar</b>	
08 03 17*	Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri	M
08 03 18	08 03 17 dışındaki atık baskı tonerleri	
13	<b>Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları (yenilebilir yağlar, 05 ve 12 hariç)</b>	
13 01	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
13 01 09*	Mineral esaslı klor içeren hidrolik yağlar	A
13 01 10*	Mineral esaslı klor içermeyen hidrolik yağlar	A
13 01 11*	Sentetik hidrolik yağlar	A
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar	A
13 02	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	

**Termik Santraller**

Atık Kodu	Atık Adı	A/M
13 02 04*	Mineral esaslı klor içeren motor,şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 05*	Mineral esaslı klor içermeyen motor,şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 06*	Sentetik motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
13 03	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
13 03 01*	PCB'ler içeren yalıtım ya da ısı iletim yağları	A
13 03 10*	Diğer yalıtım ve ısı iletim yağları	A
13 05	<i>Yağ/Su Ayırıcısı İçerikleri</i>	
13 05 06*	Yağ/su ayırıcılarından çıkan yağ	A
13 05 07*	Yağ/su ayırıcılarından çıkan yağlı su	A
15	<b>Atık ambalajlar ile başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler</b>	
15 01	<i>Ambalaj (Belediyenin Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)</i>	
15 01 01	Kağıt ve karton ambalaj	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar	A
15 02	<i>Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler</i>	
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizlenme bezleri, koruyucu giysiler	M

Atık Kodu	Atık Adı	A/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 07*	Yağ filtreleri	A
16 01 14*	Tehlikeli maddeler içeren antifriz sıvıları	M
16 01 15	16 01 14 dışındaki antifriz sıvıları	
16 02	<i>Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları</i>	
16 02 13*	16 02 09'dan 16 02 13'e kadar olanların dışındaki tehlikeli parçalar içeren ıskarta ekipmanlar <sup>1</sup>	A
16 02 14	16 02 09'dan 16 02 13'e kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar	
16 05	<i>Basınçlı Tank İçindeki Gazlar ve İskartaya Çıkmış Kimyasallar</i>	
16 05 04*	Basınçlı tanklar içinde tehlikeli maddeler içeren gazlar (halonlar dahil)	M
16 05 05	16 05 04 dışında basınçlı tanklar içindeki gazlar	
16 05 06*	Laboratuvar kimyasalları karışımları dahil tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren laboratuvar kimyasalları	M
16 06	<i>Piller ve Akümülatörler</i>	
16 06 01*	Kurşunlu piller ve akümülatörler	A

Termik Santraller

Atık Kodu	Atık Adı	A/M
18	<b>İnsan ve hayvan sağlığı ve/veya bu konulardaki araştırmalardan kaynaklanan atıklar (doğrudan sağlığa ilişkin 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*	Enfeksiyonu önlemek amacıyla toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
18 01 04	Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olmayan atıklar (örneğin sargılar, vücut alçıları, tek kullanımlık giysiler, alt bezleri)	
19	<b>Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için 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>	
20 01	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)</i>	
20 01 21*	Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
20 01 33*	16 06 01, 16 06 02, 16 06 03'ün altında geçen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler	A

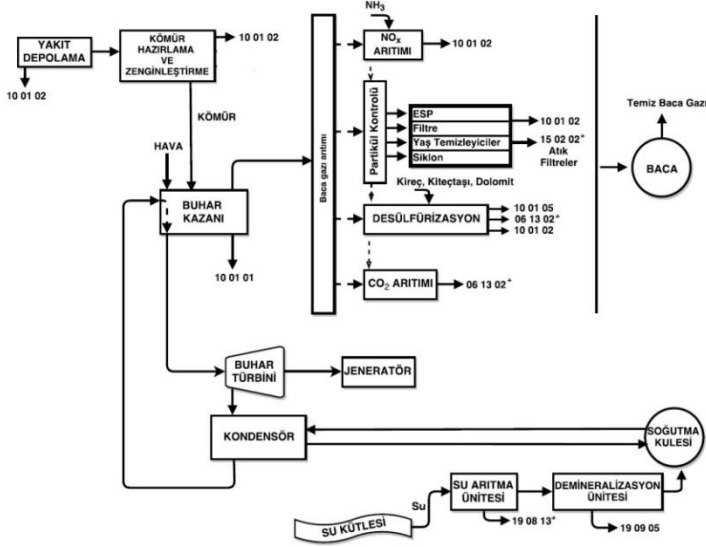


Atık Kodu	Atık Adı	A/M
20 01 34	20 01 33 dışındaki pil ve akümülatörler	
20 01 35*	20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ve ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar	A
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar	
20 01 40	Metaller	

## 4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Kömür yakan buhar türbinli santraller için proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları Şekil 8’de gösterilmiştir. Entegre gazlaştırma kombine çevrim santrallerinde kömür ve turba gibi karbonlu maddelerin yakılması sonucu oluşacak atıkların üretim noktaları ise Şekil 9’da belirtilmiştir. Şekil 9’da belirtilen şemada gazlaştırma ve sentez gazı temizleme ünitelerinin olmadığı proses, kombine çevrim santralidir. Şekilde aynı zamanda doğal gaz yakan kombine çevrim santrallerinde meydana gelebilecek atıklar da belirtilmiştir.

Doğal gaz yakan kombine çevrim santrallerinde, kömür yakan tesislerde olduğu gibi kül, cüruf, alçıtaşı vb. proses atığı oluşmamaktadır. Bu tesislerde desülfürizasyon ünitesine ihtiyaç duyulmamaktadır.



06 13 02\* Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)

10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu

10 01 02 Uçucu kömür külü

10 01 05/10 01 07 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar/çamurlar

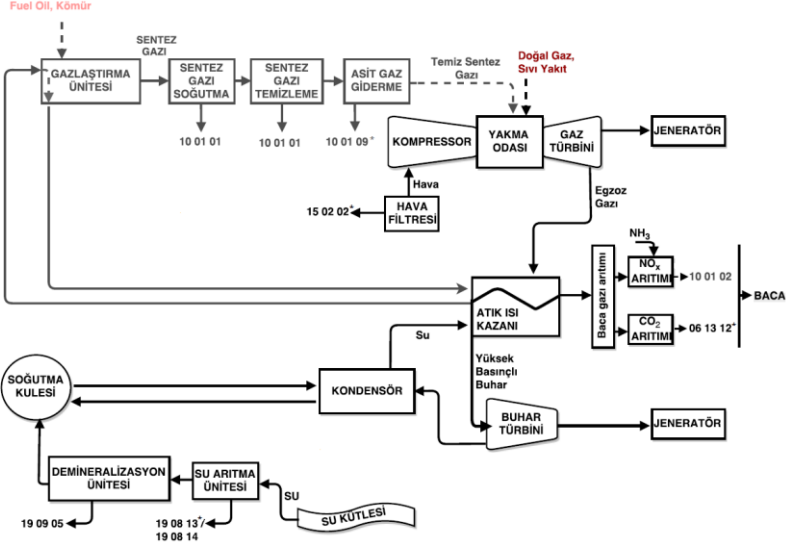
15 02 02\* Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizlenme bezleri, koruyucu giysiler

19 09 05 Doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirici reçineler

19 08 13\* Endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar

19 08 14 19 08 13 dışındaki endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar

## Şekil 8. Konvansiyonel kömür yakan buhar türbinli termik santral atık üretim noktaları



06 13 02\* Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)

10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu

10 01 02 Uçucu kömür külü

10 01 09\* Sülfürik asit

15 02 02\* Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizlenme bezleri, koruyucu giysiler

19 09 05 Doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirici reçineler

19 08 13\* Endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar

19 08 14 19 08 13 dışındaki endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar

## Şekil 9. Entegre gazlaştırma kombine çevrim/kombine çevrim santrali atık üretim noktaları

## Termik Santraller

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

- 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
  - 13 01 “Atık hidrolik yağlar” için tesis bünyesinde kullanılan hidrolik cihazlar
  - 13 02 “Atık motor, şanzıman ve yağlama yağları” için tesise ait tüm araçlar
  - 13 03 “Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları” için
  - 13 05 “Yağ/su ayırıcısı içerikleri” için tesis içerisinde yağlı/su karışımlarının ayrıldığı tüm üniteler özellikle fiziksel kimyasal arıtma üniteleri
- 15 “Atık Ambalajlar; Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri Ve Koruyucu Giysiler”
  - Tesis içerisinde muhtelif noktalar
- 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
  - 16 02 “Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları” için tesisin muhtelif yerleri
  - 16 06 “Piller ve aküler” için gerek üretim alanları gerek ofis, yemekhane, revir gibi alanlar gerekse tesise ait araçlar
- 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri

- 19 “Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atıksu arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar” için evsel kaynaklı su arıtma üniteleri
- 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel Ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları ofisler, yemekhaneler.

## 5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Yönetmeliği incelendiğinde atık hiyerarşisinin altının çizildiği görülmektedir. Şekil 10'da şematik olarak gösterilen bu anlayışa göre öncelikle atıkların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa, üretilen miktarların mümkün olduğu kadar aza indirgenmesi esastır. Atıkların önlenemediği ya da miktar olarak azaltılamadığı durumda, atıkların yeniden değerlendirilebilmeleri için geri dönüşüm ya da yeni kullanılabilir ürünler elde edilme fırsatları aranmalıdır. Geri dönüşüm/geri kazanım uygulamaları bir alternatif değilse atıklar ön işlem tesisleri ya da yakma fırınlarında işlem görmelidir. Bu aşamadaki en önemli hedef işlenen atık hacminin ya da miktarının işlem sonunda düşürülmesidir. Bu sayede en az tercih edilen alternatif olan nihai bertarafa gidecek toplam atık miktarı önemli oranda azaltılacaktır. Atık hiyerarşisi prensibinde atıklar ancak daha tercih edilebilir alternatifler işe yaramadığı durumda nihai bertarafa gönderilmelidir.



Şekil 10. Atık Yönetim Hiyerarşisi

Özellikle sanayiden kaynaklı atık miktarlarının mümkün olduğu kadar düşürülmesi için, atık önleme ve azaltma ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bunların bir kısmı literatürde yer almakta 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 termik santrallerin proses atıklarını kapsamaktadır. İncelenecek tedbirlerin bir özeti Tablo 4’te verilmiştir. Bu tabloda proses atıkları bazında MET hakkında kısa bir açıklama verilmiştir. Son olarak bu uygulamalar ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye ulaşılacak kaynaklar verilmiştir. Tablo 4’te sıralanmış uygulamaların bir kısmı yukarıda bahsedilen işletmelerin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirdiği ve saha çalışmaları sonucu bu rehberde eklenen MET’lerdir. Bununla birlikte, atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) yürürlükte olan ulusal mevzuata uygun olması halinde mümkündür.

Tablo 4’te verilen tekniklere ek olarak atık önleme ve azaltma faaliyetlerinin takip edilmesinin önemine de değinilmiştir. Ancak üretimin her aşamasının yakından takip edilebilmesi için gerekli ileri teknoloji kullanan sistemlerin maliyeti yüksektir.

**Tablo 4. Termik santrallerden kaynaklanan proses atıkları için kullanılabilir mevcut en iyi tekniklerin listesi**

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET	Açıklaması	Referans
06 13 02*	Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)	A	Amonyak ortamda elektronik ışınım (e-beam)	Atık miktarını azaltır.	[21]
			Termal Reaktivasyon	Atık miktarını azaltır.	[20]
10 01 01	(10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu		Uranyum Giderimi	Atığın Tehlikeli Madde İçeriğini Azaltır.	[44]
			Geri Besleme	Atık miktarını azaltır.	[28]
			Kömür Temizleme	Atık miktarını azaltır.	[24]
10 01 02	Uçucu kömür külü		Uçucu kül oranı düşük yakıt kullanımı	Atık miktarını azaltır.	[3]
			ESP veya Bez Filtre kullanımı	Atığın Tehlikeli Madde İçeriğini Azaltır.	[5]



Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET	Açıklaması	Referans
10 01 05 10 01 07	Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar/ çamurlar		Düşük kükürtlü yakıt kullanımı	Atık miktarını azaltır.	[3]
			Dolaşımli akışkan yataklı kazanlar	Atık miktarını azaltır.	[3], tesis çalışmaları 1
			Amonyak ortamda elektronik ışın (e-beam)	Atık miktarını azaltır.	[21]
			Kömür Temizleme/ Temizlenmiş Yakıt Kullanımı	Atık miktarını azaltır.	[24]
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot	A	Plazma ile ateşleme	Atık miktarını azaltır.	[27], saha çalışmaları 1

Tablo 4’de sunulan MET’lere ilişkin açıklamalar aşağıda verilmektedir.

MET	<i>Amonyak Ortamda Elektronik Işıma (E-beam Teknolojisi)</i>
Kaynaklar	[21]
Hedef Atıklar	06 13 02* Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)  10 01 05 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar  10 01 07 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar
Uygun Olduğu Proses	Baca gazı SO <sub>2</sub> ve NO <sub>x</sub> arıtımı prosesi
Açıklama	<p>Konvansiyonel baca gazı arıtım yöntemleri SO<sub>2</sub> için ıslak gaz yıkama desülfürizasyon (wet FGD) ve NO<sub>x</sub> gazları için seçici katalitik indirgeme (SCR) veya seçimli katalitik olmayan indirgeme (SCNR) teknolojilerinden oluşmaktadır. Bu teknolojilerin kurulum maliyetleri yüksektir. Elektron beam teknolojisi bu bağlamda eski tekniklerin yerine geçebilecek yeni ve uygulanabilirliği araştırılmakta olan bir yöntemdir. Bu teknoloji, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarını aynı anda temizleyebilen bir kuru yıkama yöntemidir. Işıma uygulanan baca gazında açığa çıkan aktif radikaller SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> ile tepkimeye girerek asit oluştururlar. Bu asitler, amonyak içeren ortamda amonyum sülfat ve amonyum nitrat tuzlarına dönüşürler. Bu tuzlar toz halinde sistemden alınıp gübre olarak kullanılabilirler. Uçucu organik bileşiklerin de bu yöntemle arıtılması mümkün bulunmuştur [21].</p> <p>Bu teknolojiye oluşacak atıklar FGD atıklarından farklı olduğundan, kalsiyum bazlı atık oluşumu engellenmiş olacaktır.</p>

Ekonomik Boyut	Elektronik ışımaya teknolojisi yatırım maliyeti 150-200 \$/kW bandındadır. Maliyetlerin (\$/kW) konvansiyonel tekniklerle karşılaştırılması aşağıdaki gibidir [21].		
		Konvansiyonel Yöntemler	
	Ekipman bedeli,	100	
	İşletme masrafı	100	
	Alan gereksinimi	100	

<b>MET</b>	<b><i>Aktif Karbonun Termal Rejenerasyonu</i></b>
Kaynaklar	[20][26]
Hedef Atıklar	06 13 02* Kullanılmış aktif karbon (06 07 02 hariç)
Uygun Olduğu Proses	Su hazırlama ünitesi
Açıklama	<p>Aktif karbon (AC) baca gazına enjekte edilerek SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve Hg arıtımı için kullanılmasının yanında, tesis için gerekli suyun hazırlanması veya tesis içi evsel atıksu arıtımı işlemlerinde de yer alabilmektedir. AC kullanım kapasitesini doldurduktan sonra atık olarak çıkmaktadır. Ancak, AC'nin tekrar kullanımının söz konusu olduğu rejeneratif yöntemler de mevcuttur. Bunlardan biri olan termal rejenerasyon, kullanılmış AC'nin 800°C'ı aşan sıcaklıkla muamele edilmesini esas alır [20].</p> <p>PCB, dioksin veya ağır metallerle dolmuş AC'nin rejenerasyonu mümkün değildir. Sadece suda organik arıtımı için kullanılacak AC'a uygulanabilmektedir [26].</p>
Ekonomik Boyut	ABD'de yapılan bir fiyat araştırmasına göre AC rejenerasyonu maliyeti ton başına 1.4 \$ 'dır [26].

<b>MET</b>	<b><i>Kazanaltı Külü Uranyum Giderimi</i></b>
Kaynaklar	[44]
Hedef Atıklar	10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu
Uygun Olduğu Proses	Buhar kazanı cürufu Kömür gazlaştırma cürufu
Açıklama	<p>Kazan altından toplanan cüruf uranyum içermektedir. Özellikle, germanyum oranı yüksek olan kazan altı küllerindeki uranyum miktarı normal kömür cüruflarında olandan çok daha fazladır. Kazan altı külü, uçucu külün aksine daha az yeniden kullanım seçeneğine sahiptir ve genelde düzenli bir şekilde depo edilir. Fakat radyoaktivitesi yüksek olan bu madde çok tehlikelidir ve sızması durumunda çevre kirliliği kaçınılmazdır. Uranyum giderimi, cürufun yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi için gerekli radyoaktif madde limit değerini sağlayabilmesi açısından umut vadetmektedir.</p> <p>Uranyumun büyük yüzdesi, cüruftaki aluminosilikatlar ve demir oksitlerin bünyesinde toplanır. Çin'de yapılan bir araştırmaya göre, CaCl<sub>2</sub> ile kalsinasyon ve ardından HNO<sub>3</sub> özütleme yöntemi uranyum giderimi için başarılı (%96'ya kadar) bulunmuştur. CaCl<sub>2</sub> kalsinasyonu ile aluminosilikatlar ve demir oksitlerin parçalanarak uranyumun solüsyonda kalması sağlanır. Buradan kolayca toplanabilir [44]. Uranyum giderimi araştırma aşamasındadır. Fakat, uygulanabilirliği kanıtlanmıştır.</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

<b>MET</b>	<b><i>Kazanaltı Külünün Kazana Geri Beslenmesi</i></b>
Kaynaklar	[28]
Hedef Atıklar	10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu
Uygun Olduğu Proses	Pulverize kömür kazanları
Açıklama	Kazan altından toplanan kül (cüruf), kömür besleyicilere taşınır. Burada kömürle harmanlanan ve öğütülen cüruf kazana geri beslenir. Bu yöntemle, yanmamış karbon oranı düşürülen kazan altı külü satılabilen uçucu kül haline dönüştürülür ve bertaraf maliyeti ortadan kalkar. Bu şekilde çimento hammaddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca bu yöntemin, uçucu külün kalitesini (yanma kaybı, LOI azalımı) artırdığı da bulgular arasında yer almaktadır [28].
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

Termik Santraller

MET	<i>Yakma Öncesi Kömür Temizleme</i>
Kaynaklar	[24], Saha Çalışmaları
Hedef Atıklar	10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu 10 01 05 Baca gazı kükürt giderme işleminden çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar 10 01 07 Baca gazı kükürt giderme işleminden çıkan kalsiyum bazlı çamurlar
Uygun Olduğu Proses	Kömür ön hazırlama
Açıklama	Konvansiyonel kömür temizlemede ilk olarak kömür 50mm boyutlara gelinceye kadar kırılır ve ardından elekten geçirilerek büyük, orta, küçük olarak ayrıştırılır. Kırma işleminin amacı kömür içerisindeki piritlerin (FeS <sub>2</sub> ) temizlenmesidir. Kömürün içerisindeki istenmeyen yabancı maddelerin özgül ağırlıkları organik maddelerden daha büyüktür. Bu sebeple kömür boyutu küçüldükçe temizlenmesi de daha kolaylaşmaktadır. Temizleme işlemi jigler veya siklonlar yardımıyla gerçekleştirilir. Bu fiziksel temizleme işlemi kömüre bağlanmış sülfürü ayırmak için yetersizdir. Bunun için kimyasal veya biyolojik metotlar geliştirilmiştir. Fiziksel kömür temizleme teknikleriyle kömürün kül içeriği %60'a kadar, kükürt içeriği ise %10-40'a kadar azaltılabilmektedir. Kimyasal yöntemlerle ise kükürt içeriği %90'lara kadar düşürülebilmektedir. Bu yöntemler cüruf oluşumunu aza indirmekte büyük rol oynamakta ve günümüzde bu sistemler dünya çapında uygulanmaktadır [24].
Ekonomik Boyut	İşlemin maliyeti kömürün kalitesine, kullanılan fiziksel yöntem ve ihtiyaç duyulan temizleme miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Genel olarak ton başına 1-5 \$ fiyat çıkarılmaktadır. Ekipmanların kurulması 1 veya 2 yılı bulmaktadır [24].

<b>MET</b>	<b><i>Uçucu Kül Oranı Düşük Yakıt Kullanımı</i></b>
Kaynaklar	[3]
Hedef Atıklar	10 01 02 Uçucu kömür külü
Uygun Olduğu Proses	Kazan prosesi
Açıklama	<p>Yanma sonucu oluşacak uçucu külün miktarı, kullanılan yakıtın mineral bileşimine bağlıdır. Yakıt olarak kömür kullanan tesisler için taş kömürü (antrasit) nispeten düşük kül oranına sahiptir ve temel prensibi uçucu külün erime noktası üzerindeki sıcaklıkta çalıştırılarak yan ürün/atık olarak sadece cüruf çıkaran ıslak tabanlı buhar kazanlarında (WBB) yakılır [3].</p> <p>Araştırma sonuçları kömürdeki kaolinit miktarı arttıkça kül oranının da artış gösterdiğini desteklemektedir [46].</p>
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

## Termik Santraller

<b>MET</b>	<b><i>ESP veya Bez Filtre ile Kül Tutumu</i></b>
Kaynaklar	[3]
Hedef Atıklar	10 01 02 Uçucu kömür külü
Uygun Olduğu Proses	Baca gazı arıtımı
Açıklama	<p>ESP ve bez filtreler, yakma sonucu oluşacak baca gazından toz arıtımı yapan yaygın uygulamalardır. ESP'lerde baca gazı sıralı plakalar arasından geçerken elektrik yükü uygulanarak tozlar plakalar üzerinde tutulur. Bu plakalar belirli aralıklarla temizlenir ve toplanan kül silolarda depo edilir. Bez filtrelerde gaz sıralı filtre paketlerinden geçerek yukarı çıkar. Filtrede tutulan toz tanecikleri bez üzerinden atılır ve daha sonra imha edilmek üzere silolarda saklanır [3]. Bu yöntemler uçucu kül üretim miktarını etkilemez fakat bu tozların tutulmasını ve kaçak emisyonların azaltılmasında epey etkilidir.</p> <p>Yakıtın türüne bağlı olarak uçucu kül içerisinde çeşitli ağır metaller (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn) yer almaktadır. Bahsedilen toz tutma yöntemler, bu ağır metallerin uçucu külden uzaklaştırılmasında etkilidirler [5].</p>
Ekonomik Boyut	ESP'lerin maliyeti elektrik tüketimine, bakım masraflarına, çöktürülmüş küllerin taşınmasına bağlıdır. İşletim maliyeti bez filtrelerden daha az olabilmektedir. Kurulum bedeli kullanılan yakıta bağlı olarak bez filtrelerin kurulum maliyetinden fazla ya da az olabilmektedir [3].



<b>MET</b>	<b><i>Düşük Kükürtlü Yakıt Kullanımı</i></b>
Kaynaklar	[3]
Hedef Atıklar	10 01 05 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar 10 01 07 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar
Uygun Olduğu Proses	Kazan prosesi
Açıklama	Yanma sonucu oluşacak baca gazındaki SO <sub>2</sub> miktarı, kullanılan yakıtın mineral bileşimine bağlıdır. Kükürt oranı düşük yakıtların kullanılması SO <sub>2</sub> oluşumunu azaltacağından, desülfürizasyon sonrası çıkacak kalsiyum bazlı atık oluşumu da minimize edilmiş olacaktır.
Ekonomik Boyut	Bilgi mevcut değildir.

<b>MET</b>	<b><i>Dolaşımli Akışkan Yatak Yakma Teknolojisi</i></b>
Kaynaklar	[24],[3]
Hedef Atıklar	10 01 05 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar 10 01 07 Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar
Uygun Olduğu Proses	Kazan prosesi
Açıklama	Doğal gaz veya düşük kükürtlü sıvı yakıtların temininin zor olması sektörü düşük kaliteli katı yakıt kullanımına yöneltmiştir. Bu tür yakıtların kullanılması mecburiyeti çevreye zarar vermeyen yakma sistemlerinin geliştirilmesinde öncü olmuştur. Akışkan yatak teknolojisi bu yönde geliştirilmiş bir yakma yöntemidir. Bu teknolojinin

	<p>çalışma prensibi dokümanın proses açıklamaları kısmında yer almaktadır.</p> <p>Diğer kazan proseslerinin çoğunda baca gazı kükürt giderimi normalde ıslak gaz yıkayıcılarda kireçtaşı ilavesiyle yapılmaktadır. Akışkan yatak tekniğinin entegre edilmesi durumunda, sıvılaştırılmış yakma yatağının içerisinde yakıt ile birlikte kireçtaşı eklemesi yapılarak kükürt giderimi gaz arıtımına gerek kalmadan gerçekleştirilebilmektedir. Burada oluşacak az miktarda alçıtaşı kazanın altından cüruf ile birlikte toplanmaktadır [3][24].</p>
Ekonomik Boyut	Akışkan yataklı kazan işletim maliyeti, üretilen ton buhar başına 12 \$ olarak hesaplanabilir [47].
<b>MET</b>	<b><i>Plazma ile Ateşleme</i></b>
Kaynaklar	[27]
Hedef Atıklar	13 07 01* Fuel-oil ve mazot
Uygun Olduğu Proses	Pulverize kömür kazanı prosesi
Açıklama	<p>Kazanlarda yakma işleminin yapılabilmesi için ilk olarak bir ateşleme sistemi kullanılmaktadır. Çoğu tesiste bu işlem fuel oil veya mazot kullanılarak gerçekleştirilir. Bu ek yakıt kullanımı çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Plazma teknolojisi halihazırda tesislerde uygulanmaya başlayan yeni bir ateşleme prosesidir. Bu yöntemle plazma yardımıyla ısı kimyasal işleme tabi tutulan pulverize kömür kolaylıkla yakılabilmektedir. Bu sistemle, küldeki yanmamış karbon miktarı düşürülerek kömürün yanma verimi de artırılmaktadır [27].</p>
Ekonomik Boyut	Fuel oil-mazot alımı ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.

## 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. Tablo 5 ve 6'da 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 [16]:

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

## Termik Santraller

- 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 tekrar 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 depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Ön işlem, yakma ve düzenli depolamaya ait işlemler Atık Yönetimi Yönetmeliği Ek 2-A'da listelenen D kodlarına göre verilmiştir. Tablo 5'te ilgili kolonlarda atıklar için uygulanabilecek işlemler bu kodlarla belirtilmiştir. Ek 2-A'ya göre D kodları aşağıdaki işlemlere karşılık gelmektedir [16]:

- 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 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

## Termik Santraller

- 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 5. Proseşe özel atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri**

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> , a	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
06 13 02*	✓ R1/R7		✓ D10		Aktif karbon, kullanıldığı proseşe ve temizlediği maddelerin cinsine göre rejenerasyona tabii tutulabilmektedir. Rejenere olmuş aktif karbon tekrar kullanılabilir. Rejenerasyonu mümkün olmayan ve kimyasala tabii tutulmuş aktif karbon atıkları yakılmalıdır. Ayrıntılı bilgi için: [32][50].

<sup>1</sup> Atık ön işlem uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [33]

<sup>2</sup> Atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [34]

<sup>3</sup> Atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [35]

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

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> , a	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
10 01 01	✓ R1/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D3/D5	<p>Kazan altı külünün (cüruf) geri kazanılmak üzere alternatif hammadde olarak kullanılması mümkündür. Cüruf, gerekli analizler ile belirlenen içeriğinin standartlara uygunluğuna göre bir ön işlem-den geçirilerek yol dolgu malzemesi ve yapısal dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Cüruf içeriğinde yanmamış karbon oranı yüksekse tekrar yakılarak enerji eldesinde ek yakıt olarak veya atıktan türetilmiş yakıt üretiminde kullanılabilir. Eğer cürufun geri kazanımı mümkün değilse, düzenli depolamaya gönderilmelidir[31][50].</p>



Atık Kodu	Uygunluk			Notlar	
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1, a</sup>	Yakma <sup>2</sup>		Düzenli depolama <sup>3</sup>
10 01 02	✓ R5/R10	✓ R12		✓ D3/D5	<p>Uçucu külün yeniden kazanılmak üzere alternatif hammadde olarak kullanılması mümkündür. Uçucu kül, gerekli analizler ile belirlenen içeriğinin standartlara uygunluğuna göre bir ön işlemden geçirilerek çimento maddesi ve yapı dolgu malzemesi olarak veya atık stabilizasyonunda ve tarımsal amaçlı zemin ıslahı, gübreleme uygulamalarında kullanılabilir. Eğer külün geri kazanımı mümkün değilse, düzenli depolamaya gönderilmelidir[31].</p>

Termik Santraller

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> , a	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
10 01 05					Desülfürizasyon atıklarının geri kazanılmak üzere alternatif hammadde olarak kullanılması mümkündür. Kalsiyum bazlı bu atıklar (jips) uçucu kül veya şist ile harmanlanarak çimento yapımında, susuzlaştırılarak alçı duvar levhası yapımında veya tarımsal amaçlı zemin ıslahı ve toprak koşullandırma amaçlarıyla kullanılabilir. Eğer geri kazanımı mümkün değilse, düzenli depolamaya gönderilmelidir[ 31].
10 01 07	✓ R5/R10	✓ R12/D 9		✓ D5	
10 01 09*	✓ R6	✓ R12			Sülfürik asit atıklarının geri kazanımı

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> , a	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
					önerilmektedir. Belirli işlemlerden geçirilerek satılabilir içeriğe getirilebilmektedir[18][49].
13 07 01*	✓ R1/R9		✓ D10		Atık yakıtların geri kazanımı önceliklidir. Bu kod altında sınıflandırılan atıkların gerek ürün olarak gerek atık olarak yakılarak yüksek kalorifik değerlerinden yararlanılması gerekmektedir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [41][19].
13 07 02*					
13 07 03*					
19 08 13*	✓ R1/R3/R10	✓ R12/D9	✓ D10	✓ D5	Su arıtma çamurları içeriklerine göre geri kazanılabilmektedir. Tehlikesiz olduğu analizlerle tespit edilen arıtma
19 08 14	✓ R1/R3/R10	✓ R12/D9	✓ D10	✓ D2/D5	

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
					çamurları çimento fabrikalarında ek yakıt veya alternatif hammadde olarak kullanılabilir. Tehlikeli olduğunun tespiti durumunda, çamur ek yakıt olarak yakılabilmektedir. Geri kazanım uygulanmıyorsa yakmaya veya düzenli depolamaya gönderilmelidir[30].
19 09 04	✓ R1/R7		✓ D10		Aktif karbon, kullanıldığı prosese ve temizlediği maddelerin cinsine göre rejenerasyona tabii tutulabilmektedir. Rejenere olmuş aktif karbon tekrar

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>1</sup> , a	Yakma <sup>2</sup>	Düzenli depolama <sup>3</sup>	
					kullanılabilir. Rejenerasyonu mümkün olmayan ve kimyasala tabi tutulmuş aktif karbon atıkları yakılmalıdır. Ayrıntılı bilgi için: [32][50].
19 09 05	✓ R1/R5/R7	✓ R12/D 9	✓ D10	✓ D5	Kullanılmış reçineler rejenerasyon uygulamasıyla geri kazanılabilir. Eğer mümkün değilse yakmaya veya düzenli depolamaya gönderilmesi önerilmektedir. Düzenli depolamadan önce, eğer içeriği tehlikeli ise, kullanılmış reçineler önce bir arıtıma tabii tutulmalıdır [25].

**Tablo 6. Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri**

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> , a	Yakma <sup>5</sup>	Düzenli depolama <sup>6</sup>	
08 01 11*					Öncelikle atık boya ve vernikler için geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. Ayrıca Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliğine göre bu atıkların geri kazanımı sağlanabilir. Distilasyon ile ön arıtım yapılması gerekebilir. Bu atıkların bertarafı için yakma ve düzenli depolama yapılmalıdır[22][49][50].
08 01 12	✓ R1/R2/R3	✓ R12/D 9	✓ D10	✓ D5	
08 03 17*					Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerlerinin tekrar dolun yapılarak
08 03 18	✓ R1		✓ D10	✓ D5	

<sup>4</sup> Atık ön işlem uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [33]

<sup>5</sup> Atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [34]

<sup>6</sup> Atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [35]

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

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sub>5</sub>	Düzenli depolama <sub>6</sub>	
					geri kazanımı mümkündür.
13 01 09*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Atık yağların geri kazanımı ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [19]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda ya da yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların yüksek fırında enerji kazanımı amacıyla yakılmaları için bknz [23]. Ayrıca yağ içeren atıkların yönetimi için bakınız: [41], [42].
13 01 10*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 01 11*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 01 13*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 04*	✓ R1		✓ D10		
13 02 05*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 06*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 02 08*	✓ R1/R9		✓ D10		
13 03 01*		✓ R12	✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Atık yağların geri kazanımı ile ilgili ayrıntılı bilgi için

Termik Santraller

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sub>5</sub>	Düzenli depolama <sub>6</sub>	
					bakınız: [19]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda ya da yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların yüksek fırında enerji kazanımı amacıyla yakılmaları için bknz [23]. Ayrıca yağ içeren atıkların yönetimi için bakınız: [41]. PCB içermesi olası atıklar için PCB arındırma uygulanmalıdır, ayrıntılı bilgi için bakınız: [43] [42].
13 03 10*	✓ R1/R9		✓ D10		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Atık yağların geri kazanımı ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [19]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda ya da



Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> , a	Yakma <sup>5</sup>	Düzenli depolama <sup>6</sup>	
					yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların yüksek fırında enerji kazanımı amacıyla yakılmaları için bknz [23]. Ayrıca yağ içeren atıkların yönetimi için bakınız: [41].
13 05 06*	✓ R1/R9		✓ D10		Atıksu arıtma tesisi yağ/su ayırıcısından çıkan yağ yeniden rafine edilerek kullanılabilir ya da yakmaya gidebilir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [41] [36].
13 05 07*	✓ R1/R9	✓ R12/D 9	✓ D10		Yağlı su öncelikle faz ayırımı için arıtmaya tabi tutulmalıdır. Mümkünse ayrılan yağ geri kazanılmalı, değilse yakılmalıdır. Yağ

Termik Santraller

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sub>5</sub>	Düzenli depolama <sub>6</sub>	
					içeren atıkların yönetimi için bakınız: [41].
15 01 01	✓ R1/R3	✓ R12	✓ D10		Atık kağıtların geri dönüşümü sağlanmalıdır. Eğer mümkünse enerji kazanımı da göz önüne alınmalıdır[49][50].
15 01 10*	✓ R1/R3-5	✓ R12/D <sub>9</sub>	✓ D10	✓ D5	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [17]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da düzenli depolamaya gönderilebilir.
15 02 02*					Temizleme malzemeleri, filtreler ve giysilerin kirlilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır. Özellikle
15 02 03	✓ R1/R5	✓ R12/D <sub>9</sub>	✓ D10	✓ D5	

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sub>5</sub>	Düzenli depolama <sub>6</sub>	
					çoğunluğun inorganik kirletici olduğu durumlarda düzenli depolama uygulanabilir [17].
16 01 07*	✓ R1/R4	✓ R12	✓ D10		Atık yağ filtreleri yakıt olarak yakılabilmekte ve eğer içerisinde metal bileşenler bulunuyorsa bunlar geri kazanılabilmektedir [51].
16 01 14*					Antifrizin organik ya da anorganik içeriğine göre bileşenlerin geri kazanımı önceliklidir. Mümkün olmadığı durumlarda arıtıma ve yakmaya gönderilmelidir [17].
16 01 15	✓ R5	✓ R12/D9	✓ D10		
16 02 13*					Iskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre geri kazanım yöntemi
16 02 14	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	

Termik Santraller

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> <sub>a</sub>	Yakma <sub>5</sub>	Düzenli depolama <sub>6</sub>	
					seçilmelidir [17]. Geri kazanım uygulanmadığı durumlarda düzenli depolama veya yakma seçenekleri uygulanmalıdır.
16 05 04*					Bu atıklar içerdikleri bileşenlerin özelliklerine göre öncelikli olarak geri kazanılmalıdır. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda yakmaya gönderilir.
16 05 05	✓ R1/R3/R4/R5	✓ R12	✓ D10		
16 05 06*	✓ R2-6	✓ R12/D9	✓ D10		Laboratuvar kimyasallarının geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. İkinci seçenek olarak basit fiziksel kimyasal arıtma işlemleri ile arıtım uygulanmalıdır. Aksi takdirde bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> , a	Yakma <sup>5</sup>	Düzenli depolama <sup>6</sup>	
16 06 01*	✓ R4/R5	✓ R12			Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [39][37].
18 01 03*					Bu atıklara geri kazanım ve mekanik arıtım yapılmaz. Dezenfeksiyon yapılmalıdır. Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için bakınız: [40]. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [38]'da bulunabilir.
18 01 04		✓ D9	✓ D10		
19 08 05	✓ R1/R3/R10	✓ R12/D9	✓ D10	✓ D2/D5	Su arıtma çamurları içeriklerine göre geri kazanılabilmektedir. Tehlikesiz olduğu analizlerle

Termik Santraller

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> , a	Yakma <sup>5</sup>	Düzenli depolama <sup>6</sup>	
					tespit edilen arıtma çamurları çimento fabrikalarında ek yakıt veya alternatif hammadde olarak kullanılabilir. Tehlikeli olduğunun tespiti durumunda, çamur ek yakıt olarak yakılabilmektedir. Geri kazanım uygulanıyorsa düzenli depolamaya gönderilmelidir [30].
20 01 21*	✓ R4/R5/R1 3	✓ R12		✓ D5	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki cıva açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [39][45]. Aksi takdirde bu atıklar

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Ön İşlem <sup>4</sup> , a	Yakma <sup>5</sup>	Düzenli depolama <sup>6</sup>	
					düzenli depolanmalıdır.
20 01 33*					Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [39][37].
20 01 34	✓ R4/R5	✓ R12/D 9			
20 01 35*					Iskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun yöntem seçilmelidir.
20 01 36	✓ R4/R5	✓ R12	✓ D10	✓ D5	
20 01 40	✓ R4				Metal geri kazanımı yapılır.

## 7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Bu kılavuzda termik santraller 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.

- Termik santraller sektörüne ilişkin IPPC BREF-MET dokümanları:
  - Avrupa Komisyonu. (2006). *Büyük Yakma Tesisleri için Mevcut En İyi Teknikler'e Yönelik Başvuru Belgesi* URL: <http://www.csb.gov.tr/db/ippc/icerikbelge/icerikbelge1117.pdf>
  - Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). *Kömür Kullanan Büyük Yakma Tesisleri için MET Klavuzu*. URL: [www.csb.gov.tr/db/ippc/icerikbelge/icerikbelge881.docx](http://www.csb.gov.tr/db/ippc/icerikbelge/icerikbelge881.docx)

Bu dokümanlar termik santraller sektörü prosesleri, sektörden kaynaklanan atıklar ve METleri 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)

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 Sekreteryası teknik rehberleri:

URL:<http://www.basel.int/Implementation/TechnicalMatters/DevelopmentofTechnicalGuidelines/AdoptedTechnicalGuidelines/tabid/2376/Default.aspx>

Bu web sitesinde genel atık gruplarının yönetimi ile ilgili bilgilerin yanı sıra çeşitli geri kazanım, ön işlem ve bertaraf yöntemleri ile ilgili rehberler mevcuttur.

- TEHLİKELİ ATIK BEYAN FORMU, Atık Üreticileri için Kullanım Kılavuzu Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. URL: <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/TABSKilavuz2013.pdf>

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

## Termik Santraller

Termik santraller sektör kılavuzunun hazırlanması sırasında yararlanılan kaynaklar aşağıda verilmiştir.

- [1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). *Kömür Kullanan Büyük Yakma Tesisleri için MET Klavuzu*.
- [2] Özgürel, B. E. (n.d.). Doğalgaz Yakıtlı Kombine Çevrim Santralleri. *Türkiye Elektrik Üretim-İletişim A.Ş. Santraller Proje ve Tesis Dairesi*.
- [3] Avrupa Komisyonu. (2006). *Büyük Yakma Tesisleri için Mevcut En İyi Teknikler'e Yönelik Başvuru Belgesi*.
- [4] Hacıfazlıoğlu, H. (2009). İnce ve Çok İnce Öğütme için Alternatif Değirmen Tiplerinin Tanıtılması. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*.
- [5] IPPC. (2005). *Yönetici Özeti: Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Büyük Yakma Tesisleri*. Avrupa IPPC Bürosu.
- [6] Maurstad, O. (2005). *An Overview of Coal Based Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Technology*. Cambridge: MIT Laboratory for Energy and the Environment.
- [7] Rajput, R. (2006). *Power System Engineering*. New Delhi: Laxmi Publications.
- [8] Selçuk, N. (1996). Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisi ve Türk Linyitlerine Adaptasyonu. *TMMOB 1. Enerji Sempozyumu*, (s. 83-90). Ankara.
- [9] TEİAŞ. (2016). *Türkiye Elektrik Enerjisi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç*  
<http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx> adresinden alındı

- [10] Yenice, O. (2005). Kırsal Kesimde Kurulabilecek Doğalgaz Yakıtlı Otoprodüktör Kojenerasyon Santralleri Üzerine Bir Araştırma. *Doktora Tezi*.
- [11] Fraas, A. Ö. (1965). A Comparison of Gas Turbine and Steam Turbine Power Plants for Use with All Ceramic Gas Cooled Reactors.
- [12] MEB. (tarih yok). Termik Santraller. M. E. Bakanlığı içinde, *Enerji Üretimi, İletimi ve Dağıtımı*.
- [13] Nayır, T. (2012). *KOMUR VE BIYOKÜTLE KARIŞIMLARININ GAZLAŞTIRILMASI ve ASPEN HYSYS® PROGRAMI İLE SIMULASYONU*. İTÜ Makina Mühendisliği.
- [14] Okumuş, G. (tarih yok). *Gaz Türbinleri: Kombine Çevrim Santralleri*.  
<http://www.odtumd.org.tr/etkinlik/2009/03/gazTurbinleri/gurcanOkumus.pdf> adresinden alındı
- [15] Encyclopedia Britannica.(tarih yok) Fluidized – bed combustion. Eylül 2016 tarihinde  
<https://global.britannica.com/technology/fluidized-bed-combustion> adresinden alındı.
- [16] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2015). *Atık Yönetimi Yönetmeliği*. Resmi Gazete No: 26927,.
- [17] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2009). *Tehlikeli Atık Sınıflandırma Klavuzu*. Cilt 2.:  
[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) adresinden alındı

- [18] Bahadori, A. (2014). *Waste Management in the Chemical and Petroleum Industries*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- [19] Bensadok, K. B. (2008). Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminum plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 423-430.
- [20] Chemviron Carbon. (2016). *Spent Carbon Recycling through Thermal Reactivation*.  
<http://www.chemvironcarbon.com/en/activated-carbon-reactivation> adresinden alındı
- [21] Chmielewski, A. G. (2016). Technical and Economic Aspects of Electron Beam Installations for Treatment of Flue Gases from Power Plants. *IAEA*.
- [22] Secreteriat of the Basel Convention, S. o. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste from the Production and Use of Organic Solvents*.  
<http://archive.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y6.pdf> adresinden alındı
- [23] Cores, A. F. (2009). Combustion of waste oils simulating their injection in blast furnace tuyeres. *Revista de Metalurgia*, 100-113.
- [24] Gürcan, Z. G. (2010). Katı Yakıtlı Temik Santraller ve Çevresel Etkileinin Araştırılması.
- [25] Green, N. (2009). *Option Study for Resin Treatment and Disposal at Devonport*. Department of Physics Faculty of Electronics & Physical Sciences, University of Surrey.

- [26] *Joint Service Pollution Prevention Opportunity Handbook*. (2010, January). Recycling Activated Carbon: [http://infohouse.p2ric.org/ref/20/19926/p2\\_opportunity\\_handbook/9-II-4.html](http://infohouse.p2ric.org/ref/20/19926/p2_opportunity_handbook/9-II-4.html) adresinden alındı
- [27] Karpenko, E. I. (2008). Use of Plasma Fuel Systems at Thermal Power Plants in Russia Kazakhstan, China and Turkey. *Plenary Reports from the 5th International Symposium on Theoretical and Applied Plasma Chemistry*.
- [28] Kochert, S. R. (2009). Transforming Bottom Ash Into Fly Ash in Coal Fired Power Stations. *2009 World of Coal Ash Conference*.
- [29] Korpjarvi, K. R. (2012). Utilization of ashes from co-combustion of peat and wood - Case study of a modern CFB-boiler in Finland. *ASH*.
- [30] Kurt, D. (tarih yok). *Aritma Çamurları Beraraf Yöntemleri ve İşletme Maliyetleri*. Eylül 2016 tarihinde [https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/Deniz%20KURT\\_Aritma%20Camurlari%20Sunum\\_110117%20\(1\).pdf](https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/Deniz%20KURT_Aritma%20Camurlari%20Sunum_110117%20(1).pdf) adresinden alındı
- [31] Luther, L. (2010). *Managing Coal Combustion Waste (CCW): Issues with Disposal and Use*. Congressional Research Service.
- [32] National Research Council. (2009). Regulations Governing Carbon Disposal. *Disposal of Activated Carbon from the Chemical Agent Disposal Facilities* (s. 25-31). İçinde

## Termik Santraller

- [33] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste Physico-Chemical Treatment Biological Treatment*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d8d9.pdf> adresinden alındı
- [34] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Incineration on Land*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d10.pdf> adresinden alındı
- [35] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d5.pdf> adresinden alındı
- [36] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Used Oil Re-Refinin or Other Reuses of Previously Used Oil*. <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-r9.pdf> adresinden alındı
- [37] Secreteriat of the Basel Convention. (2003). *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries*. Eylül 2016 tarihinde <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf> adresinden alındı

- [38] Secreteriat of the Basel Convention. (2003). *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf> adresinden alındı
- [39] Secreteriat of the Basel Convention. (2004). *Basel Convention Technical Guidelines on the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds*. Eylül 2016 tarihinde <http://www.basel.int/pub/techguid/r4-e.pdf> adresinden alındı
- [40] Secreteriat of the Basel Convention. (2004). *Draft Guidance Paper on Hazard Characteristics H6.2 (Infectious Substances)*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/11a1r1e.pdf> adresinden alındı
- [41] Secreteriat of the Basel Convention. (tarih yok). *Basel Convention Technmical Guidelines on Waste Oils from Petroleum Origins and Sources*. Eylül 2016 tarihinde <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-y8.pdf> adresinden alındı
- [42] Secreteriat of the Basel Convention. (tarih yok). *Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Managment of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.pdf> adresinden alındı

- [43] Secreteriat of the Basel Convention. (tarih yok). *Updated Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Polychlorinated Terphenyls (PCTs) or Polybrominated Biphenyls (PBBs)*. Eylül 2016 tarihinde <http://archive.basel.int/pub/techguid/tg-PCBs.pdf> adresinden alındı
- [44] Sun, Y. Q. (2016). Extraction of uranium in bottom ash derived from high-germanium coals. *Procedia Environmental Sciences*.
- [45] United States Environmental Protection Agency. (2009). *Flourescent Lamp Recycling*.
- [46] Ural, S. Y. (2002). Kömürün Mineral Madde İçeriğinin Toz Kömür Yakma Sistemindeki Rolü. *Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*.
- [47] Yıldız Kazan Sanayii. (n.d.). *Akışkan Yataklı Sistem ve Yakıt Ekonomisi*. Eylül 2016 tarihinde <http://www.nyk.com.tr/v1/kazanlar/yildiz/akiskankazanlar.pdf> adresinden alındı
- [48] Environment and Natural Resources. (2003) Used Oil and Waste Fuel Management Regulations. Kasım 2016 tarihinde [http://www.enr.gov.nt.ca/sites/default/files/guidelines/used\\_oil\\_guide.pdf](http://www.enr.gov.nt.ca/sites/default/files/guidelines/used_oil_guide.pdf) adresinden alındı



- [49] German Federal Ministry for the Environment. (tarih yok). Manual on Industrial Hazardous Waste Management for Authorities in Low and Middle Income Economies: Supplement 1 - Allocation of Wastes Codes of the EWL to Recovery and Disposal Options
- [50] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği
- [51] Best Life-Environment Projects. (2005). Reuseoil - Recovery of Used Oil filters generating recyclable metal and oil fractions. [http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n\\_proj\\_id=2362&docType=pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2362&docType=pdf) adresinden alındı



**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)