

**KIRIKKALE İLİNİN EVSEL KATI ATIKLARININ
BERTARAFININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK
BOYUTUYLA İNCELENMESİ**

Tuğrul Çağrı KAYALAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2007
ANKARA**

Tuğrul Çağrı KAYALAK tarafından hazırlanan KIRIKKALE İLİNİN EVSEL KATI ATIKLARININ BERTARAFININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK BOYUTUYLA İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Beytiye ÖZGÜN

.....

Tez Danışmanı, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA

.....

Makina Mühendisliği, Gazi Üniv.

Prof. Dr. Beytiye ÖZGÜN

.....

Çevre Bilimleri, Gazi Üniv.

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TOPAL

.....

Makina Mühendisliği, Gazi Üniv.

Tarih: 08 / 11 / 2007

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tuğrul Çağrı KAYALAK

**KIRIKKALE İLİNİN EVSEL KATI ATIKLARININ
BERTARAFININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK
BOYUTUYLA İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Tuğrul Çağrı KAYALAK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KASIM 2007**

ÖZET

Bu çalışmada katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafını sağlayacak yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemler Kırıkkale ilinde oluşan evsel katı atıklar için değerlendirilmiştir. Katı atıkların tanım ve tipleri, değerlendirme yolları sunulmuştur. Kırıkkale ilinde oluşan evsel katı atıkların termal teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesinin çevresel ve ekonomik olarak en uygun yöntem olacağı düşünülmüştür. Kırıkkale’de yapılan düzensiz depolama yerine modern bir yöntemle atıkların bertaraf edilebileceği öngörülmüştür. Kırıkkale iline yapılması planlanan düzenli depolama tesisinin, Kırıkkale ilindeki katı atık sorununun çevresel ve ekonomik açıdan çözümü için kesin sonuç olmayacağı anlaşılmıştır.

Bilim Kodu : 903.1.074
Anahtar Kelimeler : Katı atık, evsel katı atık, geri kazanım, düzenli depolama, yakma
Sayfa Adedi : 81
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Beytiye ÖZGÜN

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMICAL ASPECTS
FOR THE DISPOSAL OF MUNICIPAL SOLID
WASTE IN KIRIKKALE CITY
(M.Sc. Thesis)**

Tuğrul Çağrı KAYALAK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
NOVEMBER 2007**

ABSTRACT

In this study, environmentally friendly disposal methods to minimize harmfulness of solid wastes were investigated. These methods were evaluated for municipal solid waste in Kırıkkale city. Type and description of solid waste and valuation methods were shown. Disposal of municipal solid waste in Kırıkkale city by using thermal technologies was thought as the best solution from environmental and economical aspects. Modern disposal method was proposed to disposal solid waste in Kırıkkale city. It was concluded that the landfill plant thought to be built in Kırıkkale city would not be useful both from the economical and the enviromental aspects.

Science Code : 903.1.074

Key Words : Solid waste, municipal solid waste, recycle, landfill, incineration

Page Number: 81

Adviser : Prof. Dr. Beytiye ÖZGÜN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Beytiye ÖZGÜN'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TOPAL'a, ayrıca Yrd. Doç. Dr. Ahmet Kürşat AZKUR'a, Sedat PEHLİVAN'a ve beni daima destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. EVSEL KATI ATIK YÖNETİMİ VE BERTARAF YÖNTEMLERİ.....	5
2.1. Katı Atıkların Tanımı ve Özellikleri.....	5
2.2. Katı Atık Yönetimi.....	6
2.3. Katı Atıkların Geri Kazanımı.....	8
2.4. Katı Atıkların Bertaraf Metotları.....	12
3. KIRIKKALE İLİ EVSEL KATI ATIK YÖNETİMİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK ANALİZİ.....	60
3.1. Kırıkkale İlinin Nüfusu.....	60
3.2. Kırıkkale İlinde Uygulanan Mevcut Katı Atık Bertaraf Sistemi.....	60
3.3. Kırıkkale’de Yapılması Planlanan Düzenli Depolama Alanı.....	62
3.4. Kırıkkale’de Oluşan Evsel Katı Atıkların Yapısı ve Miktarı.....	64
3.5. Katı Atık Yakma Tesisinin Tahmini Yatırım ve İşletme Giderleri İçin Hesap Örneği.....	67
3.6. Düzenli Depolama Tesisinin Tahmini Yatırım ve İşletme Giderleri.....	69
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	74
EKLER.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de mevsimine göre toplanan ortalama çöp miktarı.....	8
Çizelge 2.2. Kompost tesislerine getirilen tehlikesiz atık miktarının atık tipine, bertaraf veya geri kazanım yöntemine göre dağılımı, 2005.....	13
Çizelge 2.4. Standart yakma prosesleri.....	18
Çizelge 2.5. Baca gazı kirlilik konsantrasyonları.....	32
Çizelge 2.6. Baca gazı arıtma sistemlerinin avantaj ve mahzurları.....	34
Çizelge 2.7. Aktif karbon filtre teknolojileri.....	35
Çizelge 2.8. NO _x giderme yöntemleri.....	37
Çizelge 2.9. Yakma prosesinden kaynaklanan katı artıklar.....	40
Çizelge 2.10. Katı atık yakma tesislerinden kaynaklanan cüruf için kirletici muhteva limitleri.....	41
Çizelge 2.11. Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri.....	44
Çizelge 2.12. İzmit Katı Atık Yakma Tesisinin İşletme Giderleri.....	45
Çizelge 2.13. Bertaraf ve geri kazanım tesislerinin sayısı, kapasitesi ve yüzölçümü.....	52
Çizelge 2.14. Düzenli depolama tesislerine getirilen atık miktarının atık tipine, bertaraf veya geri kazanım yöntemine göre dağılımı, 2005.....	53
Çizelge 2.15. Değişik atık yönetim sistemlerinin avantaj ve mahzurları.....	54
Çizelge 2.16. Belediye katı atık göstergeleri.....	56
Çizelge 2.17. Bertaraf ve geri kazanım tesislerine getirilen atık miktarının atık tipine ve kaynağına göre dağılımı, 2005.....	57
Çizelge 3.1. Kırıkkale İli Nüfus Durumu.....	60
Çizelge 3.2. Kırıkkale Merkez ve İlçe Belediyelerinin Atık Miktarı.....	63

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.3. Temmuz-2005 verileri.....	65
Çizelge 3.4. Aralık-2006 verileri.....	66
Çizelge 3.5. Kırıkkale evsel katı atık yakma tesisi için yatırım ve hesap örneği.....	68

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Madde akım Şeması.....	5
Şekil 2.2. Çöpün içeriğinde yer alan atıklar.....	12
Şekil 2.3. Geri kazanılabilir atık kompozisyonu.....	12
Şekil 2.4. Doğrudan buhar kullanımı.....	24
Şekil 2.5. Elektrik Üretimi.....	25
Şekil 2.6. Baca gazı arıtma biriminden kaynaklanan atık sular için kullanılan arıtım sistemi.....	39
Şekil 2.7. Çeşitli depo tabanı geçirimsizlik sistemleri.....	52
Şekil 2.8. Tipik bir evsel katı atık yakma tesisi şematik diyagramı.....	59

1. GİRİŞ

İnsan doğada varoluşundan bu yana, doğadan yararlanmış, doğayı işlemiş, bilgi birikimine ve teknik ilerlemeye bağlı olarak doğaya egemen olmaya çalışmıştır. Doğada üstünlük kurmaya yönelik bu anlayış, insan ile insanın içinde yaşadığı çevresi arasında varolagelen uyumu bozmuştur. Bilimin olanaklarına bürünen insan, kendini yeterince güçlü gördüğü zaman, doğayı sınırsızca kullanmaya hatta sömürmeye başlamış, uzun süre doğaya verdiği zarardan habersiz yaşamıştır. Refah artışı olarak nitelendirilen tüketim artışı sonucunda gerekli ham madde ve enerji kaynakları sömürülmüş, çevreye verilen zararlar kalkınmanın bedeli olarak görülmüştür [1].

Bugün ve gelecekte insanlığın en önemli konularının başında enerji ve çevre olacaktır. Çevre sorunlarının başta gelenlerinden birisi de katı atık sorunudur. Günümüzde nüfus artışına, teknolojik gelişmeye, sanayileşme ve kentleşmeye paralel olarak toplumun hayat seviyesinin yükselmesi ile katı atıkların miktarı artarak içeriği değişmiştir. Oluşan bu katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde yok edilmesi önemli bir sorun haline gelmiştir.

Dünyamızda bugün teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte giderek artış gösteren katı atıkların çevreye ve canlılara zarar vermeden toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi çağımızın en önemli sorununu teşkil etmektedir. Ülkemizde eğitim seviyeleri ve ekonomik durumun farklılık göstermesi, insanların yaşam standartlarında ve dolayısıyla oluşacak atık miktarlarında da farklılığa neden olmaktadır.

Daha temiz şehirlere sahip olunması, sağlık açısından tehlikeli olabilecek kentsel katı atıklara hijyenik ve ekonomik çözümler bulunması, konunun bilimsel olarak ele alınmasını gerektirmektedir.

Sürekli bir mal akımı olarak düşünölen ekonomik faaliyetler sırasında çevreden bitki, hayvan ve mineral kökenli girdi alınıp işlenerek ekonomik nitelikli mal elde edilir ve tüketilir. Tüketim esnasında fiziki ve kimyevi değışikliklere uğrayan bu malların bir kısmı istenmeyen maddeler olarak geri verilirler. Atıklar üretim faaliyetleri sonucunda da ortaya çıkar. Göröldüğü gibi atıklar üretim ve tüketim sürecinin bir olgusudur [1].

İyi bir çevre yönetiminin gereğı olan katı atık yönetimi, dünyamızın sahip olduğı enerji, hammadde gibi doğal kaynakların kıtlığı ve kullanılmasında maksimum verimin sağlanması zorunluluğı ile teknik, ekonomik ve sosyal disiplinlerle çok yönlü ilişkiler içerisinde olan önemli bir faaliyet dalı olarak açıklanabilir. Atık yönetimi; atıkların geri kazanılmasını, atık miktarını artıran üretim ve tüketim türlerinin sınırlandırılmasını ve istihdam yaratılmasını da kapsayan ve giderek önemi artan bir konu haline gelmiştir.

Ölkemizde katı atık konusu, fiilen “gözden uzak olsun anlayışı” ile görölmekte, büyük ölçüde uluslararası gelişmelerin itici gücüyle konu, “yönetilmesi gereken” bir sorun olarak algılanmaya başlanmıştır. Gelişmiş ölkeler bu süreci seksenli yıllarda tamamlamışlardır. Ölkemizin bu gelişmelerin neresinde olduğı bilinmesine rağmen siyasilerin harekete geçmekte yavaş davranmasının nedenleri anlaşılamamaktadır [1].

Katı atık konusunun sonuçta bir kamu hizmeti olduğı düşünölürse, merkezi ve yerel yönetimin daha çağdaş normlara uygun kaliteli hizmeti vatandaşlara sunması bir gerekliliktir. Başarılı uygulamalardan da anlaşılacağı üzere, katı atık yönetimi; sadece çevre kirliliğı boyutuyla ele alınmayıp, kent ekonomi politiğı içerisinde üretim, istihdam, kaynakların etkin ve verimli kullanımı, tüketim, yaşam tarzı gibi özelliklerle birlikte değeriendirilmelidir.

Özellikle gelişmekte olan ölkelerde katı atıkların düzensiz depolama şeklinde bertaraf edilmesi nedeniyle halk sağlığını tehdit edici ve çevreye büyük

zararlar verici problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemler belediyelerin uygulayacağı iyi bir katı atık yönetimi sistemi ile çözülebilir.

Avrupa'da yıllık evsel katı atık miktarının 250 milyon ton, endüstriyel katı atık miktarının ise 850 milyon tondan fazla olduğu hesaplanmıştır. OECD (Organization For Economic Cooperation and Development) ülkelerinde 1985 yılından itibaren katı atık miktarında yıllık ortalama artış hızının %3 civarında olduğu gözlenmiştir [2].

1991 yılında geliştirilen çerçeveye göre Avrupa Birliği atık stratejisi, "sürdürülebilir atık yönetimi" oluşturmaya yöneliktir. Bu strateji, hedefler hiyerarşisi kurularak yaşama geçirilecektir:

1. Minimum Atık Üretilmesi,
2. Geri Kazanım ve Yeniden Kullanım,
3. Atıkların Güvenli Bertaraf Edilmesi.

Temel amaç, üretim ve teknoloji kullanımıyla atık üretiminin minimum seviyeye indirilmesidir. İkinci aşamada atıkların geri kazanımı ve yeniden kullanımı sağlanacaktır. Üçüncü aşamada ise ortaya çıkan atıklar, çevreye en az zararı verecek biçimde yok edilecektir.

Gelişmiş ülkelerde yakma ve düzenli depolama son zamanlarda tercih edilen bertaraf metotlarıdır. Özellikle büyük halk kitlelerinin bulunduğu yerlerde yakma yönteminin atık maddeleri yok etmek için kullanılan en iyi yöntem olduğu göze çarpmaktadır. 2005 yılında, Avrupa Birliği üyesi ülkelerde düzenli depolama alanlarının faaliyetine son verilmiş ve atıkların yalnızca termal prosesler kullanılarak bertaraf edileceği zorunlu hale gelmiştir [3].

Katı atıkların çevre problemi yaratmaksızın ve ekonomik olarak uzaklaştırılması bugün, geçmişe nazaran daha da önem kazanmıştır. Bu

kapsamda katı atıkların bertarafı için tercih edilen bertaraf yöntemleri ülkemizde de uygulanmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, çağdaş bertaraf yöntemleri karşılaştırılmakta ve uygun teknolojiler tavsiye edilmektedir. Yatırım ve işletme giderleri tartışılmış, genel dizayn standartları ve yer seçim kriterleri oluşturulmuştur. Yakma tesislerinin çevreye olan etkileri ve bunların kirletici emisyonları değerlendirilmiştir. Evsel katı atık yakma tesisi için tahmini yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın amacı; katı atık sorununun ciddi bir şekilde yaşandığı Kırıkkale'deki katı atık sorununun boyutlarını tespit etmek ve bu sorunlara çözüm önerileri getirerek mevcut katı atık bertaraf yöntemlerinden kaynaklanan olumsuzlukların giderilmesi ve söz konusu problemlerin çözümünde yapılması gerekenlerin belirlenerek, çevresel ve ekonomik olarak en uygun sistemin belirlenebilmesidir.

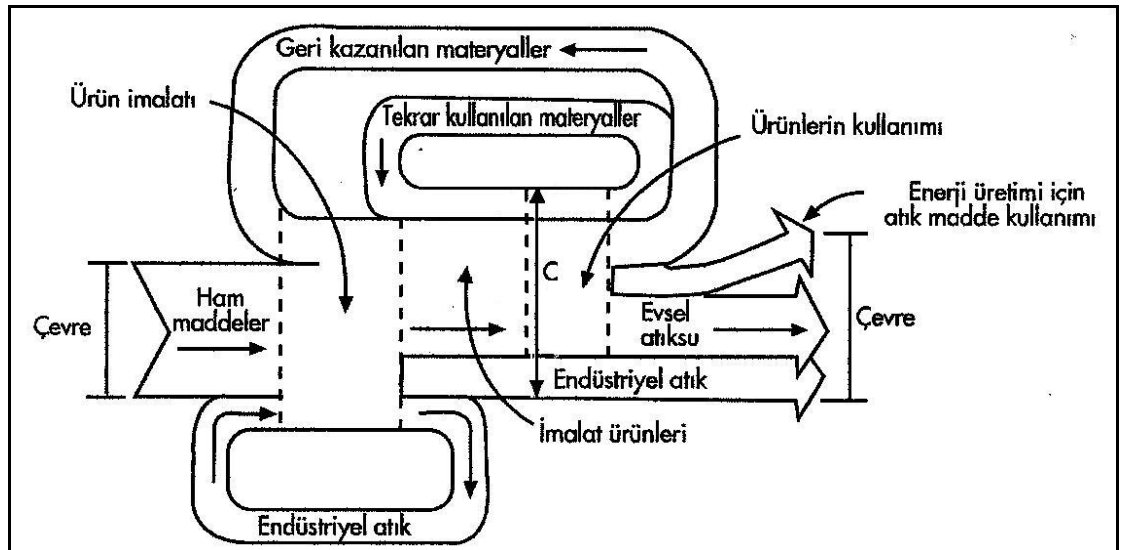
2. EVSEL KATI ATIK YÖNETİMİ VE BERTARAF YÖNTEMLERİ

2.1. Katı Atıkların Tanımı ve Özellikleri

Katı atıklar, insan ve hayvan aktivitelerinden kaynaklanan, katı fazda bulunan ve istenmeyen–kullanılmayan olarak kabul edildikleri için atılan maddelerdir [4].

Katı atıkların kontrolü yönetmeliğinde katı atık kavramı, üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu ifade eder. Burada arıtma çamuru, evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış, kurutulmuş çamuru ifade etmektedir.

"Katı atık" kavramı, aşağıdaki şemada C ara kesitinden geçen tüm malzemeleri içermektedir.



Şekil 2.1. Madde akım şeması [5]

Katı atıklar, kaynaklarına göre dört grupta incelenebilir [6].

1- Evsel nitelikli katı atıklar: Konutlardan atılan mutfak çöpleri, park, bahçe, ve piknik alanları gibi yerlerden gelen, normal belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, evsel çöp depolama sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yolu ile geri kazanılabilen, kompost yapılabilen veya yakılabilen evsel veya endüstri kökenli atıklardır.

Evsel kökenli katı atıkları, organik atıklar (mutfak atıkları, yemek atıkları, dokuma atıkları), inorganik atıklar (kül ve cüruf, ev eşyası kırıkları) şeklinde iki gruba ayırabiliriz.

2- Endüstriyel nitelikli katı atıklar: Her türlü endüstri tesisleri ile çeşitli imalathanelerden açığa çıkan istenmeyen nitelikteki katı madde ve çamurlardır.

3- Tıbbi katı atıklar: Hastanelerden, laboratuvarlardan, polikliniklerden, eczanelerden, diyaliz ünitelerinden, kan merkezleri vb. sağlık kuruluşlarından kaynaklanmaktadır. Bu atıklar, patolojik ve patolojik olmayan, enfekte, kimyasal ve farmasotik atıklar ile kesici-delici malzemeler ve sıkıştırılmış kaplardır.

4- Tehlikeli katı atıklar: Radyoaktif atıklar, piller, aküler, atık yağlar gibi uzaklaştırılması özel önem arz eden atıklardır.

Katı atıklar bileşimlerine göre; üç grupta sınıflandırılabilir [4].

1- Organik I: Kompostlanabilir ve yanabilir organikler (bitkisel, hayvansal, kağıt, tekstil atıklar)

2- Organik II: Biyokimyasal ayrışması imkansız ya da çok yavaş olan organikler (odun, deri, lastik, kemik, plastik atıklar)

3- İnert Maddeler: Yanmayan maddelerdir. (cam, porselen, taş, kil atıklar)

2.2. Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi ile kentte yaşayan insanlara uluslararası standartta hizmet sunulması ve çevre kalitesinin korunması amaçlanmaktadır. Katı atık yönetiminin amacı, her türlü atık ve artığın çevreye zarar vermeyecek şekilde uygun teknolojiler kullanılarak doğrudan veya dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması ve uzaklaştırılmasıdır. Katı atık yönetimi ile çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek olan atıkların idaresi belli bir disiplin altına alınarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin insan sağlığını, hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozması önlenerek buna yönelik prensip, politika ve programlar belirlenir, uygulanır ve geliştirilir.

Katı atık yönetiminin temel ilkeleri; atık miktarının azaltılması, üretilen atıkların geri kazanımı ve atıkların çevreye zarar vermeden uygun teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesi şeklinde sıralanabilir.

Ülkemizde toplanan atıkların büyük çoğunluğu tedbir alınmadan oluşturulan sahalara gelişigüzel yığılmakta veya atılmaktadır. Bütçelerinin yaklaşık %40'ını temizlik giderlerine ayıran belediyeler katı atık yönetiminde kendilerine verilen görevleri toplama ve taşıma konularında yerine getirirken, bertarafı konusunda gereken önemi göstermemektedirler. Özellikle katı atık depo alanlarının yer seçiminde yapılan hatalar bugün giderek büyüyen problemlere neden olmuştur. Öte yandan bugün satın alınan her türlü ürünün kağıt, plastik, metal veya cam ambalaj içinde olduğu ve kentsel katı atıkların da yaklaşık 1/3'ünü ambalaj atıklarının oluşturduğu göz önüne alınırsa, bu malzemelerin yeterince geri kazanılmaması, konunun diğer olumsuz yönünü ortaya koymaktadır.

Türkiye'de katı atık yönetiminde esas prensip; kaynağında ayrı toplama yaparak, geri kazanılabilir maddeleri tekrar ekonomiye kazandırmak ve böylece düzenli depolama yapılacak çöplerin hacmini azaltmaktır.

Türkiye’de, belediyelerdeki katı atığın mevcut durumunu tespit etmek amacıyla Katı Atık Envanterleri yapılmıştır. Bundan çıkan sonuçlara göre ortalama çöp miktarı belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye’de mevsimine göre toplanan ortalama çöp miktarı [7]

	Toplam Belediye Sayısı (1)	Çöpü Toplanan Belediye Sayısı (2)	Toplam Çöplük Sayısı	Ortalama Çöp Miktarı (ton/gün)	Kişi Başına (kg/kişi-gün)	Toplanan Çöp Miktarı (ton/gün)		Yaz-Kış Değişim Oranı (%5)
						Yaz	Kış	
TÜRKİYE	2027	1974	1415	61137	1,62	49536	65329	-31,88
Adana	37	37	22	1683	1,18	1756	1585	9,74
Ankara	45	45	34	3731	1,28	3243	4236	-30,62
Antalya	46	46	37	863	1,18	1153	582	49,52
Bursa	41	42	38	1357	1,10	1261	1465	-16,18
Diyarbakır	14	14	7	319	0,53	301	315	-1,65
Gaziantep	22	22	18	790	0,91	771	781	-1,30
Hatay	32	32	21	730	1,04	878	550	37,36
İstanbul	42	43	22	10898	1,55	10073	11302	-12,20
İzmir	63	63	50	3402	1,49	3391	3466	-2,21
Kayseri	48	48	32	1152	1,62	1109	1183	-6,67
Konya	122	117	95	9565	7,47	1491	10121	-578,81
Samsun	29	29	14	485	0,84	480	493	-2,71

(1) Toplam belediye sayısında Büyükşehir belediyeleri dahil edilmemiştir.

(2) Çöpü toplanan belediye sayısına Büyükşehir belediyeleri dahil edilmiştir.

2.3. Katı Atıkların Geri Kazanımı

Doğal kaynakların sınırsız olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu kaynakların tükeneyeceği şüphesizdir. Kaynak israfını önlemenin yanında, hayat standartlarını yükseltme çabaları ve ortaya çıkan enerji krizi ile bu gerçeği gören gelişmiş ülkeler atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması için yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir. Aynı gerçeğin ışığı altında Avrupa Ekonomik Topluluğu üye ülkelerde atıkların geri kazanılması şartını getirmiştir.

Kalkınma çabasında olan ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya bulunan gelişmekte olan ülkelerin de tabii kaynaklarından uzun vadede ve maksimum bir şekilde faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri, ekonomik değeri

olan maddeleri geri kazanma ve tekrar kullanma yöntemlerini araştırmaları gerekmektedir.

Demir, elik, bakır, kurşun, kağıt, plastik, kauçuk, cam gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması, doğal kaynaklarımızın tükenmesini önleyeceği gibi ülke ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarını da azaltacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf edilecektir. En az yukarıda sayılanlar kadar önemli olan diğer bir husus da uzaklaştırılacak katı atık miktarlarındaki büyük azalma ve dolayısıyla evre kirliliğinin önemli ölçüde önlenmesidir. Özellikle katı atıkları düzenli bir şekilde bertaraf edebilmek için yeterli alan bulunmayan lkeler için katı atık miktarının ve hacminin azalması büyük bir avantajdır.

Atıkların önemli bir miktarı geri dönüştürülerek ve yeniden kullanılabilir malzemeler yapılmaktadır. Örneğin; atıklar içindeki cam, metal, plastik ve kağıt/karton gibi atıklar şitli işlemlerden geçirilerek yeni bir hammadde olarak değerlendirilebilmektedir. Bu atıkların hammadde gibi kullanılarak şişe, kutu, plastik, kağıt, gübre gibi yeni bir maddeye dnştrlmelerine geri dönüşüm denir. Sağlıklı bir geri dönüşüm sisteminin ilk basamağı ise bu malzemelerin kaynağında ayırmak sureti ile toplanılmasıdır. Geri dönüştürülebilir nitelikteki bu atıklar normal çöple karıştığında bu malzemelerden üretilen ikincil malzemeler çok daha düşük nitelikte olmakta ve temizlik işlemlerinde sorunlar olabilmektedir. Bu yüzden geri dönüşüm işleminin en önemli basamağını kaynakta ayırma ve ayrı toplama oluşturur.

Araştırmalara göre metallerin geri kazanılması için harcanan enerji metallerinin madenlerden çıkartılması için gereken enerjiden çok daha azdır. şöyle ki; geri kazanılmış metalden 1 ton alüminyum yapmak için gereken enerji cevherden yapılacak alüminyum için harcanan enerjinin %4'dr. Aynı şekilde bakır bileşimlerin, geri kazanılması için gereken enerji bu metalin madenlerden çıkartılması için gereken enerjinin sadece %13', demir/elik

için %19'u kadardır. Aynı şekilde 1 ton kullanılmış kağıdın geri kazanılması ile 17 ağaç kurtarılmakta, 4100 kWh'lik enerji tasarruf edilmektedir [8].

Çöpün içindeki geri dönüştürülebilir malzemelerin önemli bir miktarını yiyecek ve içecek ambalajlarında kullanılan metal, plastik, cam ve kağıt-karton atıklar oluşturmaktadır. Bunun yanında kemik, tekstil parçaları gibi atıklar da özel ayırma tesislerinde geri dönüştürülebilmektedir.

2.3.1. Geri dönüşüm sisteminin 5 temel basamağı

1. Kaynakta Ayırma: Değerlendirilebilir nitelikli atıkları çöple karışmadan oluştukları kaynakta ayırarak biriktirme.
2. Değerlendirilebilir Atıkları Ayırma: Bu işlem değerlendirilebilir atıkların çöple karışmadan temiz bir şekilde ayrı toplanmasını sağlar.
3. Sınıflandırma: Bu işlem kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal, plastik ve kağıt bazında sınıflara ayrılmasını sağlar.
4. Değerlendirme: Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiye geri dönüşüm işlemidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döner.
5. Yeni Ürünü Ekonomiye Kazandırma: Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulmasıdır.

2.3.2. Geri kazanımın önemi

Doğal kaynaklarımız dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile her geçen gün azalmaktadır. Bu nedenle malzeme tüketimini azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynaklarımızı verimli kullanmak zorundayız. Geri dönüşüm doğal

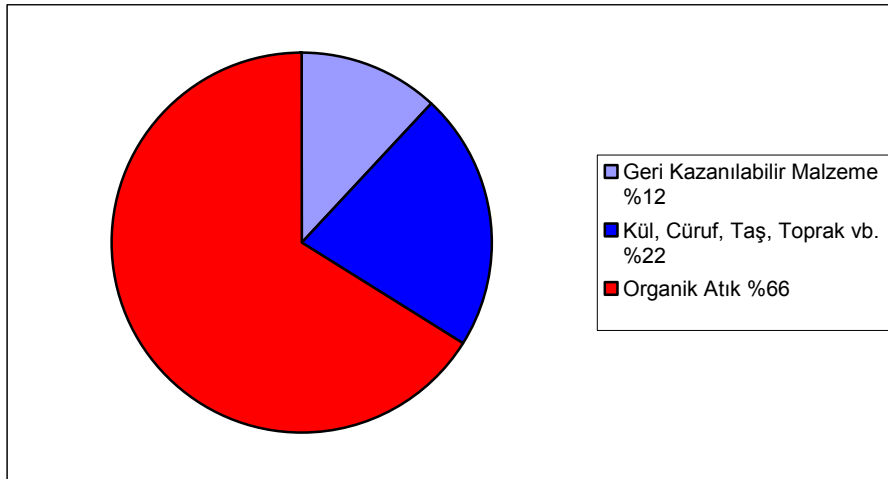
kaynaklarımızın korunması ve verimli kullanılması için son derece önemli bir işlemdir. Örneğin; kağıdın geri dönüşümü ile ormanlarda ağaçların daha az kesilmesini sağlamış oluruz. Benzer şekilde plastik atıklarının geri dönüşümü ile petrolden tasarruf sağlanabilir.

Geri kazanım yapılarak malzeme üretiminde endüstriyel işlem sayısını azaltmak suretiyle enerji tasarrufu sağlanır. Örneğin; metal içecek kutularının geri dönüşümü işleminde bu metaller direkt olarak eritilerek yeni ürün haline dönüştürüldüğünde bu metallerin üretimi için kullanılan maden cevheri ve bu cevherin saflaştırılma işlemlerine gerek olmadan üretim gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde bir alüminyum kutunun geri dönüşümünden %96 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Benzer şekilde katı atıklarda ayrılan kağıdın yeniden işleme sokulması için gerekli olan enerji normal işlemler için gerekli olanın %50'si kadardır. Aynı şekilde cam ve plastik atıkların da geri dönüşümünden önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.

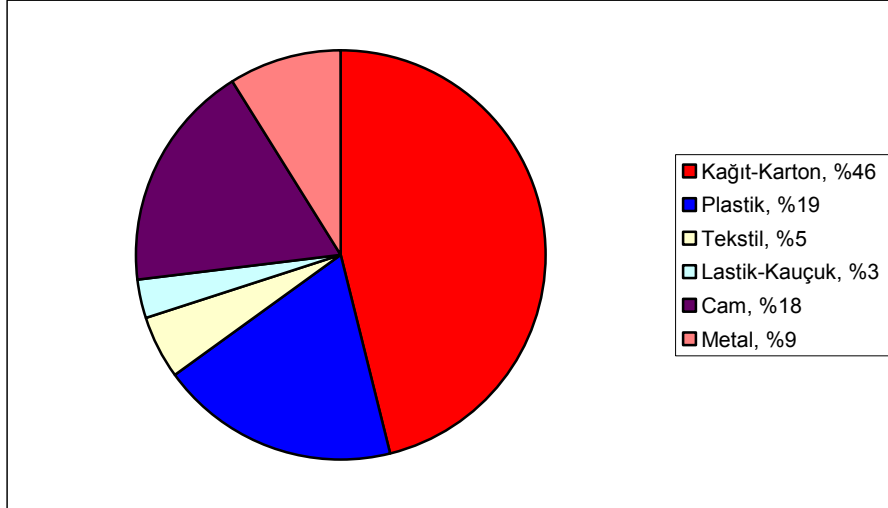
Geri kazanım ile atık miktarı önemli ölçüde azalır. Geri dönüşümün uygulanması ile çöplere giden atık miktarında azalma sağlanarak bu atıkların taşınması ve depolanması işlemleri için daha az miktarda alan ve daha az enerji kullanılmış olur. Evsel atıklar için bu azalma ağırlık olarak fazla olmamakla birlikte hacimsel olarak bakıldığında oldukça önemli bir oran teşkil etmektedir.

Geri dönüşüm geleceğe ve ekonomiye yatırım demektir. Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde olumlu yapacaktır. Yeni iş imkanları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan yararlanma olanağı sağlayacaktır.

Tüm bunların ötesinde geri dönüşüm doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak, gelecek kuşaklara potansiyel kaynakların mümkün olabilen en fazla miktarını bırakabilecek en önemli katı atık yönetim ögesidir.



Şekil 2.2. Çöpün içeriğinde yer alan atıklar [4]



Şekil 2.3. Geri kazanılabilir atık kompozisyonu [4]

2.4. Katı Atıkların Bertaraf Metotları

Katı atıkların çevreyi mümkün olduğu kadar kirletmeden imha edilmesi için değişik teknolojiler geliştirilmiştir. Bu yöntemler içinde en yaygın olarak kullanılanlar kompostlaştırma, yakma ve düzenli depolama olarak sayılabilir.

2.4.1. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, organik maddelerin kontrollü koşullar altında biyolojik olarak ayrışmasıdır. Kompostlama işleminde bazı organik maddeler CO₂ ve suyla parçalanırlar. Kompost genellikle koyu renkli, humus benzeri bir yapıya sahip zengin bir toprak türüne benzer. Kompostlaştırma işleminde çevresel şartların kontrolü ayrışma oranının tespitinde ve üretilen kompost bileşiminin kalitesinde önemli rol oynar. Tipik hacim azalması gerçek hacmin %50'sinden fazladır [9].

Kompostlaştırma yönteminin, atık kompozisyonunda bulunan kimyasal ve deterjan maddelerin uzaklaştırılmasının çok zor olduğundan oluşabilecek kanserojen etki nedeniyle insan sağlığına doğrudan etkisi olabilir.

Çizelge 2.2. Kompost tesislerine getirilen tehlikesiz atık miktarının atık tipine, bertaraf ve geri kazanım yöntemine göre dağılımı, 2005 [10]

Atık tipi	Kompostlanan	Düzenli depolama tesisine transfer edilen	Açık alanda yakılan	Satılan
	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)	(ton/yıl)
Toplam	165 351	160 086	100	13 577
Metalik atıklar	-	-	-	1 849
Cam atıklar	-	-	-	1 438
Kağıt ve karton atıklar	-	-	-	5 015
Plastik atıklar	-	-	-	5 128
Odun atıklar	-	-	100	-
Tekstil atıklar	-	-	-	147
Bitkisel atıklar	2 500	-	-	-
Eysel ve benzeri atıklar	153 251	-	-	-
Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar	-	160 086	-	-
Endüstriyel nitelikli olmayan çamurlar	9 600	-	-	-

2.4.2. Yakma

Bu yöntem özellikle kompostlaştırılması ve geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar için kullanılmaktadır. Kompost yapımına uygun olmayan ve başka bir amaçla değerlendirilmeyen atıklar yakılarak yok edilebilir. Katı atıkları zararsız hale getirmek, hacmini azaltmak ve enerji elde etmek için uygulanan yakma işleminde inşa edilecek yakma tesislerinin gereken teknik özellikte olması gereklidir. Özellikle baca gazı emisyonu için gereken önlemlerin alınmış olması gerekir. Her katı atığı yakmak mümkün değildir. Enerji kazanımı atık yakma teknolojisinde çok önemlidir.

Çizelge 2.3. Yakma tesislerine getirilen tehlikeli atık miktarının atık tipine ve bertaraf veya geri kazanım yöntemine göre dağılımı, 2005 [10]

		(ton/yıl)
Atık tipi	Özel yakma fırınlarında yakılan	Düzenli depolama tesisine transfer edilen
Toplam	29 807	1 104
Kimyasal atıklar	17 305	-
Atık yağlar	2 407	-
Endüstriyel atıksu arıtma tesisi ve su hazırlama üniteleri çamurları	719	-
Tıbbi atıklar	9 304	1104
Metalik atıklar	72	-

Evsel katı atık yönetiminde, yakma tek yöntem olarak kullanılmamalı, öncelikle başka değerlendirme yöntemlerine başvurulmalıdır. Birçok atık fraksiyonu, niteliklerinden dolayı yakma için elverişli değildir. Yakma teknolojisi, düzenli depolama gibi nihai bertaraf yöntemi olmayıp, kalorifik (ısı) değeri yüksek olan atıklar için bir değerlendirme yöntemidir. Bu nedenle yakma prosesi sonucunda kalan artıklar tehlikesiz (evsel) ve/veya inert özellik taşıyorsa, bunların taşıdıkları özelliklere uygun olan düzenli depolama alanlarında bertarafı gerekir. Atığın cinsine göre, yakılan atıkların tehlikeli ve/veya tıbbi atık olmaları durumunda yakma sonunda ortaya çıkan artıklar

tehlikeli atık olarak bertaraf edilmek zorundadır. Katı atıkların yakılmasıyla düzenli depolamaya gidecek atıkların miktarı önemli mertebede azalmaktadır. Böylelikle atıkların nihai bertarafı için gerekli alan ihtiyacı da azalır.

Standart Yakma Prosesleri

Modern atık yakma tesislerinde, bir enerji kazanma birimi ve ileri teknoloji ile donanmış bir baca gazı temizleme sistemi bulunmaktadır. Evsel, tehlikeli ve tıbbî atık için yakma prosesi ve baca arıtma prosesi farklıdır. Bu sebepten dolayı, bu atıkların ayrı hatlarda ya da ayrı tesislerde yakılması gerekmektedir.

Bir yakma tesisinin temel birimleri aşağıda sıralanmıştır [4].

1. Atık kabulü
2. Atık ön şartlandırma (ayırma, parçalama)
3. Temiz hava ilâvesi ile kurutma ve fırında yakma, enerji üretimi
4. Cürufların uzaklaştırılması, gerektiğinde cüruf yıkama
5. Cüruf şartlandırma: Metal (Fe) giderme, elek ile sınıflandırma, kaba fraksiyonun parçalanması
6. Yakma fırınının üst kısmında kullanılmış (ikincil) hava ilâvesi ile baca gazlarının ve tozların yakılması
7. Gaz soğutma
8. Baca gazının arıtılması
9. İleri gaz temizleme
10. Temizlenmiş baca gazının alıcı ortama (havaya) deşarj edilmesi
11. Atık su arıtma
12. Enerji değerlendirme (elektrik üretimi, buhar kullanımı)

Izgara Fırınları

Izgara fırınlarında, yakma prosesi için gerekli olan havanın girişi, yakılacak atığın yanma özellikleri kalorifik değerine göre belirlenen bir ızgara ile ayarlanmaktadır. Atık yükleme ve cüruf uzaklaştırma, ızgarada aynı doğrultuda yapılır. Bu da yakma havasının tüm atık parçalarına ulaşmasını sağlar. Yakma yeterli olduğu takdirde, baca gazındaki fazla hava oranı yüksek olacaktır. Baca gazlarının fırında kalma süresi en az 2 saniye, fırın çıkışıındaki sıcaklığı ise 850 °C'dir.

Izgaranın mekanik hareketi ile atık karıştırılarak ızgarada ilerlemesi sağlanır. Bu da havalandırmanın iyileştirilmesine yardımcı olur. Doğru akışlı yatay ızgarada, ızgara atıkların gideceği istikamete doğru hareket eder. Ters akışlı ızgaralarda ise ızgara, atık hareketine ters şekilde hareket eder. Bu durumda atıklar ızgara eğiminden dolayı yer çekimiyle hareket ederler. Silindirik ızgaralarda, ızgara döner çubuklardan ibaret olup; bunların her birinin dönme hızı proses ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmektedir. Yakma hücreesindeki yüksek ısıdan dolayı, atık fırının girişinde derhal kurutulur ve kendiliğinden yanar. Yakma prosesi, herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden, yaklaşık 1000 °C'de gerçekleşir. Yakma ısısı daha sonra bir buhar kazanı vasıtasıyla değerlendirilir.

Izgara fırınları, evsel atık için en yaygın fırın tipidir. Bunların uygulama alanları oldukça geniştir. Hem kapasitesi 1 ton/saatten daha düşük olan tesislerde, hem de 50 ton/saatten daha büyük tesislerde ızgara fırınları kullanılmaktadır. Izgara fırınlarında, birincil hava ızgaranın altından ve yanından, ikincil hava ise baca gazlarında türbülans yaratmak amacıyla son yakma bölümüne verilmektedir. Ateşlemenin yerleri, yakma fırını tasarım ve konstrüksiyonuna göre değişebilir. Tesis, yanma hücreesine bağlı bir son yanma bölümüne sahip olmalıdır. Burada en az %6 oksijen ihtiva eden baca gazı ve en az 2 saniye kalma süresi durumunda sıcaklık evsel atık için en az 850 °C'de, tehlikeli ve tıbbî atık için ise en az 1200 °C'de tutulmalıdır.

Sıcaklık sürekli kaydedilerek kontrol edilmelidir. Atıklar, tam yanma sağlanıncaya kadar yakma hücresinde kalmalıdır. Bu süre, ızgara hareket hızıyla ayarlanabilir ve kullanılan teknoloji ile diğer işletme koşullarına göre değişiklik gösterir [11].

Akışkan Yataklı Fırınlr

Sabit akışkan yataklı fırınların ortasında genellikle huni veya silindirik şekilde düzenlenmiş bir reaktör bulunur. Atıklar, akışkan yatağında yakılabilmesi için, standart parçalayıcı ekipman ile yaklaşık 100 mm dane çapına kadar parçalanmalıdır. İnce daneli inert malzemelerden oluşan akışkan yatak, yüklenen atıklarla birlikte aşağıdan verilen yakma havası tarafından uçurularak homojenize edilir ve hareket halinde tutulur.

Döner akışkan yataklı fırınlar, sabit olanların geliştirilmiş şekilleridir. Burada, yakma sonucu oluşan küller, yakma hücreğine geri aktarılır. Akışkan yatağı malzemesinin geri dönüşümüyle, sıcaklık ve yakılacak malzemelerin homojenizasyonu sağlanır. Islak atıklardaki su, akışkan yatağı malzemesi vasıtasıyla ısıtılıp buharlaştırılır. Yakılan atıklar, yanma noktasına kadar ısıtılır, sonra herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden yanar.

Genel olarak, akışkan yataklı fırınlar her kapasitede inşa edilebilir. Yine de bugüne kadar katı atık yakmak için yapılan en büyük akışkan yataklı fırının kapasitesi 6 t/saat'tir. Atıklar, tam yanma sağlanıncaya kadar yakma hücresinde kalmalıdır. Akışkan yataklı fırınlarda, 1000 - 1200 °C'ye varan ve homojen sıcaklıklar elde edilebilir [11].

Döner Fırın

Bu teknoloji, özellikle tehlikeli atıklar için uygulanmaktadır. Evsel atıklar için kullanıldığında; sınıflandırma, ayırma gibi ön işlemlere gerek yoktur. Yakma prosesi, alevle ya da yanan atıklarla başlatılır. Proses kontrolü, dönme hızı

ve dolma derecesi (Yakma hücresinin atıkla doldurulmuş hacminin toplam hacmine göre oranı) üzerine yapılır. İlâve edilen hava, ızgara ya da akışkan yataklı fırınlardaki gibi atıktan geçmek yerine, atıkla birlikte doğru akımla fırından geçer.

Döner fırınların dönme hızları, proses ihtiyaçlarına göre ayarlanabilir ve bu değerler üreticiden üreticiye göre değişebilir. Dolma derecesi, yaklaşık %5'tir. Bu sınır değer de yine üreticiden üreticiye değişebilir. Atıklar döner fırında, tam yanma sağlayıncaya kadar kalmalıdır. Bu kalma süresi atık cinslerine, kullanılan teknolojiye ve işletme şartlarına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 1 saat kadar olmaktadır. Tehlikeli atıklarda, bu durum atık özelliklerine göre daha da fazla değişkenlik gösterebilmektedir. Yanma sıcaklıkları da yine atıkların özelliklerine ve özellikle kalorifik değerlerine bağlıdır. Döner fırınlar, genellikle tehlikeli atık için geçerli şartları (son yanma sıcaklığı ve baca gazı kalma süresi) sağlayacak şekilde tasarlanır. Tesis, yanma hücresine bağlı bir son yanma bölümüne sahip olmalıdır. Burada en az %6 oksijen ihtiva eden baca gazı ve en az 2 saniye kalma süresi durumunda sıcaklık, evsel atık için en az 850 °C'de, tehlikeli ve tıbbî atık için ise en az 1200 °C'de tutulmalıdır. Sıcaklık sürekli kaydedilerek kontrol edilmelidir [11].

Çizelge 2.4. Standart yakma prosesleri

Fırın tipi	Uygulama alanı
Izgara fırını - Doğru Yatay ızgara - Ters akışlı yatay ızgara - Silindirik ızgara	Kalorifik değeri (9000 – 15000 kJ/kg) olan karışık katı atık; evsel katı atıklar için standart yöntemdir.
Akışkan yataklı fırınlar	Çok düşük veya çok yüksek kalorifik değere (5500 – 35000 kJ/kg) sahip homojen atıklar için uygulanır. Akışkanlaştırılmış yatakta yakılacak atıkların öncelikle tasnif edilip homojenize edilmeleri gerekir.
Döner fırınlar	Düşük veya yüksek kalorifik değerlere (7000 – 35000 kJ/kg) sahip çamurlu, sıvı veya katı karışık atık ve tehlikeli atıklar için kullanılır.

Alternatif Teknolojiler

Tek başına/birlikte yakmaya alternatif teknolojiler aramak için çeşitli nedenler vardır. Bunlardan en önemlisi büyük oranlardaki baca gazı emisyonları, çamur yakma boyunca oluşan kül ve ayrıca karmaşık-pahalı baca gazı arıtma zorunluluğudur. Baca gazı hacmi, baca gazı arıtma tesislerinin boyutunu, sermaye ve işletme maliyetini belirlediği için önemli bir parametredir [12].

Alternatif yöntemleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Yaş oksidasyon: Organik maddelerin sulu ortamda oksidasyonu işlemidir.
- Piroliz: Organik maddelerin havasız ortamda termal bozunması işlemidir. Piroliz süresince çamurun organik kısmı faydalı yakıt (piroliz gazı) dönüşmekte ve düşük işletme sıcaklığı da SO₂ ve NO_x oluşumunu engellemektedir. Yarı kok ise depolama alanında depolanabilmekte veya bazı durumlarda gaz temizleme için adsorban malzeme olarak da kullanılabilir.
- Gazlaştırma: Çamurun tek başına ve birlikte yakılması esnasında birim kg kuru çamur başına 24-30 m³ baca gazı açığa çıkarken, saf oksijenle yapılan gazlaştırma da ise bu değer 1,7 m³'e kadar düşmektedir. Elde edilen sentetik gaz ürün, yakıt olmasının yanında kimya sanayi için de faydalı bir hammaddedir [12].

Katı atıkların ve arıtma çamurlarının bertaraf edilmesinde pek çok yeni teknoloji gazlaştırma ve piroliz ile gazlaştırmayı beraber içermektedir. Genellikle Alman firmaları tarafından geliştirilen ve kendi adları ile anılan en son teknolojiler aşağıda belirtilmektedir.

Gazlaştırma: SVZ Prosesi, Krupp Prosesi

Piroliz ve Yakma: Schwell-Brenn Prosesi (Siemens Prosesi), RCP Prosesi

Piroliz ve gazlaştırma: Noel Prosesi, Thermoselect Prosesi

SVZ Prosesi (İkincil madde geri kazanım prosesi)

Atıklardan ikincil hammadde kazanımı sağlayan bir prostir. Ön kurutma çamuru, plastikler, biyokütlesel atıklar, elektronik sanayi atıkları ve tehlikeli atıklar gibi çok çeşitli atık türleri kömürle birlikte gazlaştırılmaktadır. Metalik bileşikler ayrıldıktan sonra katı atıklar kırma- öğütme ve briketleme işlemine tabi tutulmakta ve daha sonra 1360 °C'de oksijen ve buharla gazlaştırılmaktadır. Gazlaştırma prosesinden çıkan gaz, hafif yağ ve katran ile CO, H₂, CH₄, ve CO₂ gazlarından oluşmaktadır. Yağ ve katran uzaklaştırılarak temizlenen gaz diğer sıvı atıklarla birlikte 1600-2000 °C'de pulverize gazlaştırıcıda gazlaştırılmaktadır. Sentetik gazlar metanol üretimi ve enerji eldesi için kullanılabilmektedir [12].

Almanya'da biri katı atıklar için 400 000 ton/yıl kapasiteli yüksek basınçlı sabit yatak gazlaştırıcı, diğeri sıvı ve çamur benzeri atıklar için 50 000 ton/yıl kapasiteli pulverize yakıt gazlaştırıcı olmak üzere iki tesis bulunmaktadır [12].

Krupp Prosesi

Bazı metalik ve inorganik maddeler ayrıldıktan sonra ufalanana atıklar %10 nem içeriğinde kurutulmakta ve sonra 700-1000 °C'deki gazlaştırıcıya gönderilmektedir. Tabandaki katı partiküller 1300-1800 °C'de çalışan katalitik ekstraksiyon prosesinde işenmektedir. Ergitme fırını indüksiyon yoluyla ısıtılmakta, katkı maddesi ve oksijenle desteklenmektedir [12].

Siemens Prosesi (Schwell-Brenn Prosesi)

Piroliz ve yüksek sıcaklık yanmasını içeren bu proste ön-kurutma çamuruyla karıştırılan ufalanmış katı atıklar, atıkların ısıtıldığı ve 450 °C'de pirolize tabi tutulduğu döner bir karbonizasyon ünitesine beslenmektedir. Artıklar elenmekte ve birisi 5 mm üstü taş, cam ve metalden oluşan ve karbon içermeyen kısım, diğeri ise daha ince parçalardan oluşan ve yaklaşık

%30 karbon içeren kısım olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Bu ikinci kısım önce öğütülmekte ve daha sonra karbonizasyon ünitesinde oluşan gaz ile birlikte yakma ünitesine beslenmektedir. Kül, ergimiş yapıda uzaklaştırılmaktadır. Prosesten elde edilen termal enerji, enerji üretimi ve buhar eldesi için kullanılmaktadır [12].

Bu teknoloji, Almanya-Ulm-Wiblingen'de pilot ölçekli bir sistemde başarıyla denenmiştir. İlk büyük ölçekli sistem Almanya-Furth'da 100 000 ton/yıl kapasiteli bir tesiste %35 katı madde içerikli 22 000 ton/yıl arıtma çamuru ile birlikte yakılmaktadır [12].

RCP Prosesi

Proses ergitme ve yanma ünitelerini ayırmakta ve ürün geri kazanım için ilave bir aşamadan geçmektedir. Atıklar, (%10-15'i çamur olmak üzere) 900 °C'de piroliz ve kısmi gazlaştırmanın olduğu karbonizasyon ünitesine beslenmektedir. Ürünler, 1400 °C'de tutulan fırında ergitilmekte ve sonra grafit elektrot ile ısıtılarak 1400-1500 °C'de tutulan ürün kazanım ünitesine gönderilmektedir. Çinko, kurşun ve kadmiyum buharlaşırken sıvı formda kazanılan ve nikel, bakır, demir ergitme endüstrileri için ham madde olarak kullanılan metaller elde edilmektedir. Proses gazları, yatak malzemesiyle 1000 °C'ye hızla soğutulduğu ve yakıldığı dolaşımli bir akışkan yatağa geçmektedir. Bu esnada buharlaşan ağır metaller yeniden oksitlenmekte ve alt akım yakıtı dönüşmektedir [12].

Bu teknoloji, Almanya'da 6 ton/saat katı atık kapasiteli büyük bir tesiste uygulanmakta ve tesiste 89 kg/saat bakır-demir alaşımı geri kazanılmaktadır.

Noel Prosesi

Bu proses, gazlaştırma sonrası piroliz işlemini içerir. Atıklar kırılmakta ve 550 °C'de piroliz edilmektedir. Daha sonra iri boyutlardaki metal, taş ve inorganik

maddeler ayrılmakta, kalan ince malzemeler ise pulverize yapıda öğütülerek gazlaştırma ünitesine beslenmektedir [12].

Uygulamada Almanya'da 1988 yılından beri 130 MW'lık büyük ölçekli bir tesis çalışmaktadır.

Thermoselect Prosesi

Piroliz ve gazlaştırmanın tek bir ünite de gerçekleştirildiği bir teknolojidir. Atık sınıflama ve ayırma kademesi ortadan kalkmakta, arıtma çamurları dahil tüm atıklar dışarıdan ısıtılan ve 600 °C'den daha yüksek sıcaklıkta tutulan uzun bir kanalda hidrolik bir pres kullanılarak sıkıştırılmaktadır. Atıklar kanala doğru hareket ederken ısıtılmakta, kurutulmakta ve tamamına yakını kanlının sonuna ulaşınca kadar pirolize dönüşmektedir. Piroliz ürünleri daha sonra malzemelerin 2000 °C sıcaklıkta oksijenle gazlaştırıldığı gazlaştırma bölgesine girmektedir. Yüksek kalitede sentetik bir gaz ve ergimiş yapıda bir yan ürün elde edilmektedir. Gaz, dioksin ve furan oluşumunu engellemek için 1200 °C'den 90 °C'ye hızla soğutulmakta ve daha sonra da temizlenerek enerji üretiminde veya kimya prosesleri için hammadde olarak kullanılmaktadır. Ergimiş yan ürün oksijen ve propan yardımıyla yanma bölgesine doğru akar ve yanma tüm klorlu karbon ve empürilerin termal bozunmaya uğradığı 1600 °C'yi aşan sıcaklıkta gerçekleşir.

Uygulamada İtalya'da 100 ton/gün kapasiteli bir pilot tesiste çeşitli tecrübeler elde edilmiştir. Almanya'da ise 1999 yılında 225 000 ton/yıl kapasiteli büyük ölçekli bir tesis kurulmuş ve işletilmektedir [12].

Enerji Kazanma

Atıkların yakılması sırasında, ısı üretilir. Bu ısı, termik veya elektrik enerjisi olarak değerlendirilebilir. Ancak, yakma prosesinin ana hedefinin atık bertarafı olduğu ve proses ayarlarının ve baca gazı soğutma prosesinin

emisy on sınır değerlerine ve atık geri kazanım ilkelerine göre yapılması gerektiği göz ardı edilmemelidir. Enerji kazanma sistemi, atıkların tam yakılmasını ve baca gazlarının en iyi şekilde temizlenebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

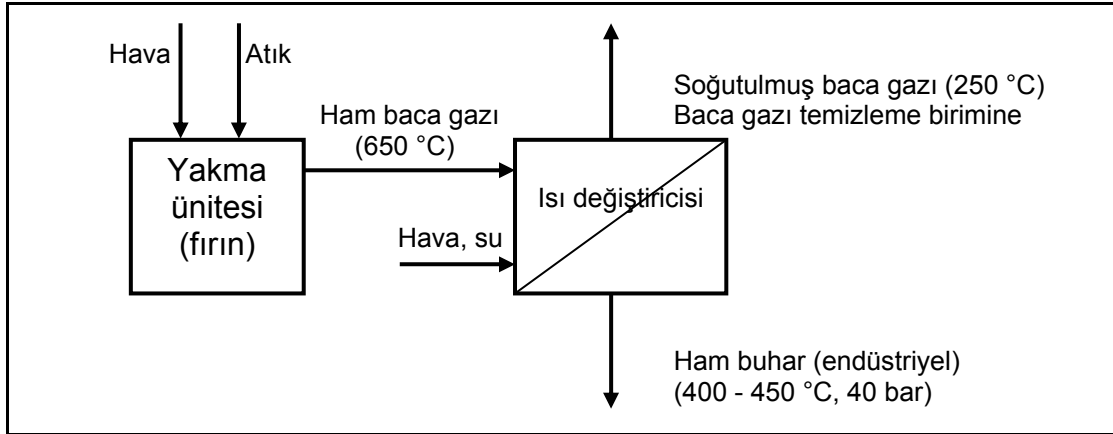
Giren atıkların kalorifik değerinin %70'i ile %80'i enerji olarak değerlendirilebilir. Geri kalanı, fırının termik ışı nları, cüruf ısısı, yakılmayan malzeme ve baca gazının ısı kaybı olarak kaybedilir. Giren atıkların kalorifik değeri ortalama 8000 kJ/(kg ham atık) olarak kabul edildiğinde 1,67 kWh/(kg giren atık) mertebesinde enerji kazanılabilir [13].

Enerji kazanmak için aşağıdaki yöntemlere başvurulabilir:

Doğrudan buhar kullanımı

Bu teknoloji, buhar ihtiyaı yüksek olan endüstriyel tesisleri ya da termik santrallere yakın atık yakma tesisleri için idealdir. Kazanlar, istenilen buhar parametrelerine ve atık yakma prosesinin özel ihtiyaçlarına göre tasarlanır. Üretilen buhar, doğrudan endüstriyel tesisin veya termik santralin buhar temin şebekesine verilir; damıtılan sular geri kazanılabilir. Bu yöntemin teknolojisi oldukça basit olup, maliyeti düşüktür. Enerji verimi maksimum geri kazanılabilir enerjiye yakın olup, giren atıkların kalorifik değerinin %70'i ile %80'idir.

Doğrudan buhar kullanarak enerji değerlendirme yönteminin şematik bir diyagramı, şekil 2.4'te verilmiştir [14].



Şekil 2.4. Doğrudan buhar kullanımı

Elektrik Üretimi

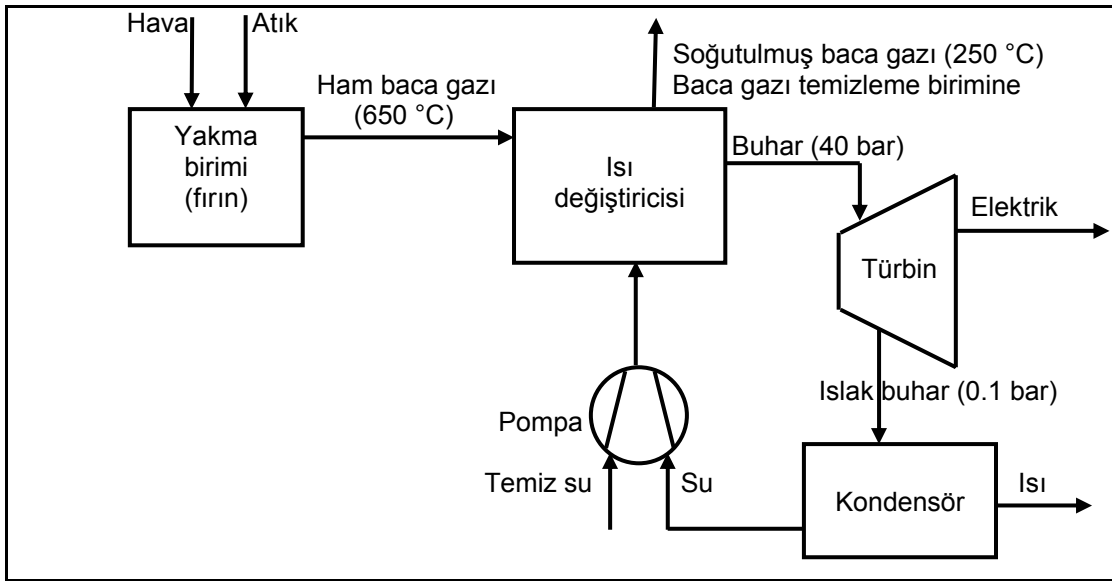
Yakma tesisinin yakınında buhar kullanabilecek tesisler bulunmadığı takdirde bu çözüme başvurulabilir. Yakma tesisinde üretilen elektrik miktarı, genellikle tesisin kendi elektrik ihtiyacından daha yüksek olduğu için, elektrik fazlası yerel elektrik şirketlerinin şebekelerine verilebilir. Ancak, Türkiye'deki mevzuat, TEAŞ'ın (Türkiye Elektrik Üretim ve Dağıtım Anonim Şirketi) menfaatlerini koruyup, başka kuruluşlarının ticarî boyutta elektrik üretmesine imkân tanımaması, bu uygulama için ciddi bir engel teşkil etmektedir.

Y-İ-D (Yap-İşlet-Devret) ilkelerine göre yapılan bir katı atık yakma projesinin çerçevesinde elektrik üretimi öngörüldüğünde, 3096 nolu Y-İ-D Kanununda verilen prosedür uygulanır.

Bu kanuna göre, Bakanlar Kurulu Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nın önerisi üzerine ve DPT'nin (Devlet Planlama Teşkilatı) onayı ile elektrik üretimini, nakliye ve dağıtım imtiyazını şirketlere de verebilir. Maksimum işletme süresi bu durumda 99 yıl olur. Tesisin ürettiği elektrik, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nın belirlediği ve 85/9799 nolu Kararnameye uygun olan tarifeye göre satılabilir.

Bu uygulama, ilerleyen özelleştirme çalışmalarıyla bir değişime uğrayabilir. Yine de atık yakma tesisini planlayan bir Belediye, bu koşulları göz önünde bulundurmalıdır. Diğer bir çözüm, katı atık yakma tesisinin Belediye'ye ait ve elektrik ihtiyacı yüksek tesislere yakın olup, doğrudan bunların elektrik ihtiyacını karşılamasıdır.

Elektrik üreten yakma tesisinin enerji verimi, doğrudan buhar kullanımı teknolojisine göre daha düşüktür. Giren atığın kalorifik değeri yine 8000 kJ/(kg ham atık) olarak kabul edildiğinde, enerji verimi 500 - 600 kWh/(kg atık) arasında değişebilir. Elektrik üreten bir yakma tesisinin şematik çizimi Şekil 2.5' te verilmiştir [14].



Şekil 2.5. Elektrik Üretimi

Hem Elektrik, Hem Buhar Üretimi (Kojenerasyon)

Kojenerasyon tesislerindeki enerji verimi, yalnız elektrik üreten tesislere nazaran daha yüksektir. Kojenerasyon tesislerinde, yüksek basınçlı ham buharın basıncı belli bir değere kadar düşürüldükten sonra, türbindeki buharın bir kısmı proses ihtiyaçlarını karşılamak ya da sıcak su şebekesine ısı sağlamak için kullanılır.

Türbinin düşük basınçlı bölümünde kalan buhar, elektrik üretimi için kullanılır. Enerji verimi, buhar kullanımına bağlıdır. %100 kojenerasyon yapılması durumunda, türbinin toplam veriminin %40'ı elektrik üretimi için kullanılabilir. Çalışma prensibi, Şekil 2.5' te gösterilene yakındır.

Kojenerasyon sistemiyle çalışan tesisler, esnek bir şekilde tasarlanmalıdır. Merkezi ısıtma ihtiyacının düşük olduğu yaz aylarında, enerjinin tümü elektrik olarak kullanılabilir.

Türkiye'de merkezî ısınma henüz çok yaygın bir sistem değildir. Yine de, yakma tesisine yakın olan toplu konutlar için bu teknoloji düşünülebilir (meselâ, belediyenin büyük kapsamlı yerleşim projeleri için). Bu durumda, toplu konutların tasarım aşamasında merkezi ısı temini planlamaya dahil edilmelidir.

Başka Ülkelerdeki Teknoloji ve Yaklaşımlar

Bu bölümde verilen bilgiler evsel katı atıklar için geçerlidir.

Danimarka

Katı atık yakma teknolojisi, Danimarka'da 30 yıldan beri uygulanmakta ve geliştirilmektedir. Ülkede bulunan toplam 32 yakma tesisinin hepsinde yakmadan kaynaklanan ısı enerjisi değerlendirilmektedir. 1995 yılında, üretilen cürufun yaklaşık % 65'i inşaat işlerinde kullanılmak üzere geri kazanılmıştır. Yakma kapasiteleri, oluşan yakılabilir atık miktarı (toplam üretilen atıkların % 25'i) için yeterlidir. Yakma kapasitelerinin daha iyi değerlendirilmesi için düzenli depolamaya yüksek vergiler konmuştur [15].

Belçika (Felemenk Bölgesi)

Belçika'daki yakma kapasitesi, toplam yakılabilir atık miktarını göz önünde bulundurularak planlanmaktadır. Yerel halk genellikle, yeni yakma tesislerin kurulmasına karşı çıkmaktadır. Atıkların ayrı toplanması, azaltılması ve geri kazanılması sonucunda, yakılacak atık miktarı önemli mertebede azalmaktadır. Bundan dolayı, Drogenbos'ta planlanan bir yakma tesisi iptal edilmiştir. Tüm katı atık yakma tesislerinin, enerji değerlendirerek çalışması hedeflenmektedir. Yakma fiyatları yaklaşık 120 Euro/ton ham atıktır. Önümüzdeki yıllarda, düzenli depolamanın yasaklanması öngörülmektedir. Yeni atık strateji planı, tüm yakma tesisleri için aynı emisyon standartlarını öngörmektedir [16].

Almanya

Yakılabilir evsel katı atık için bir kapasite fazlası vardır. İlgili yönetmeliğe (TA Siedlungsabfall) göre, 2005 yılında , tüm belediyeler ve belediye birlikleri, geri kazanılamayan atıkları yakmak zorunluluğu getirmişlerdir. Ülkede 51 yakma tesisi bulunmaktadır. Bunların hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadır. Kapasitenin tümü değerlendirilmemektedir. Almanya'daki toplam kapasite 12 milyon t/yılken, yılda yaklaşık 7 - 8 milyon ton atık yakılmaktadır [17].

Hollanda

Ülkede yakın geçmişte birkaç büyük kapasiteli yakma tesisi işletmeye alınmasına rağmen, hâlâ bir kapasite eksiği vardır. Bunun sebebi, geri dönüşüm oranındaki düşüşte aranmalıdır. Yakılabilir atıkların bir kısmı, düzenli depolama sahalarına gitmektedir. Buna rağmen, bazı yakma tesisleri tam kapasite ile çalışmayıp, atık ithal etmek zorundadır. Yakın gelecekte bu durumun dengelenmesi beklenmektedir. Yakma bedelleri 120 - 160 Euro/t arasında değişmektedir. Tüm yakma tesisleri, enerji değerlendirerek çalışmaktadır. 1996 yılında, hükümet değerlendirilebilir veya yakılabilir bazı atıklar için depolamayı yasaklamıştır. Bu yasağın tüm yakılabilir atıklara uygulanması planlanmaktadır [11].

Avusturya

Ülkede üç adet evsel katı atık yakma tesisi bulunmakta, bunların hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadırlar. Tesislerin toplam kapasitesi, 520 000 t/yıl olup, toplam üretilen evsel atıkların %21'i kadardır. Mevcut kapasite, yakılabilir tüm atıklar için yeterli değildir. Umweltbundesamt (Avusturya Çevre Kurumu), gerekli kapasiteyi 1 milyon ton/yıl olarak tesbit etmiştir. Ancak, bu rakama kompostlaştırma tesisleri de dahildir. Yakın gelecekte, toplam kapasitesi 800 000 t/yıl olan 6 adet tesis inşa edilecektir. Bu tesisler, hem evsel, hem de endüstriyel atık yakacaktır. Avusturya'daki düzenli depolama bedelleri oldukça yüksektir (85-220 Euro/t), özellikle yakma artıkları için 130 Euro/t'dur. 2004 yılında, önceden yakma, kompostlaştırma veya geri dönüşüme uğramayan atıkların düzenli depolamaya gönderilmesi yasaklanmıştır [11].

Fransa

Evsel atıklar için 228 yakma tesisi bulunmaktadır. Yılda üretilen evsel katı atık miktarı yaklaşık 20 milyon ton olup, bunun 8 milyonu yakılmaktadır. Yakılan atıkların üçte biri enerji değerlendirmeden yakılmaktadır. Bölgesel planların çoğunda, katı atık yönetim payındaki yakma oranının yükseltilmesi öngörülmektedir. Mevcut tesislerin 77 adedi teknoloji eskiliğinden ve yönetmelikteki standartlara göre uyarlanamamalarından dolayı kapatılacaktır. 55 tesis, geliştirilecek ve kapasiteleri arttırılacaktır.

Yakma (60-100 Euro/t) ve depolama (40-60 Euro/t) bedelleri, diğer AB ülkelerine göre biraz daha düşüktür. Özellikle yakma artıkları için uygulanan depolama bedelleri (25 - 40 Euro/t) diğer AB üyelerine göre çok daha aşağı seviyede seyreder.

1992'de belirlenen ulusal stratejinin ana hedefi, on yıl içinde depolamayı başka hiç bir şekilde değerlendirilemeyen atıklarla sınırlamaktır. Ruhsatsız

işletilen birçok çöplük kapatılmıştır; ruhsatlı çalıştırılanlar arasında ise önemli bir kısmının kapasitesi dolmuş veya dolmaktadır. Ulusal stratejinin diğer önemli bir hedefi ise, her ilin özerkliğini sağlayacak kapasitede uygun katı atık yakma tesislerinin bulundurulmasıdır. Bu şekilde aynı zamanda nakliye giderlerinin de azaltılabileceği düşünülmektedir [11].

İtalya

Toplam 52 katı atık yakma tesisinin yarısı enerji değerlendirerek çalışmaktadır. Evsel atıkların sadece %7'si (1 800 000 t/yıl) yakılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, yakma tesisi sayısının artması beklenmektedir. Şu an inşaat aşamasında olan yakma tesislerinin kapasitesi yaklaşık 1 500 000 t/yıl'dır. Yakma bedeli, Fransa'ya göre biraz daha yüksektir (75-120 Euro/t). Enerji satış fiyatlarının oldukça yüksek (0,14 Euro/kWh) olmasının sebebi, enerji değerlendirmeyi teşvik etmek amacıyla sübvans edilmesidir. Hâlâ katı atık yönetiminin % 90'ını oluşturan düzenli depolama oranını azaltıp, katı atık yakma ve enerji kazanma teknolojisine daha fazla ağırlık verilmesi hedeflenmektedir. Bundan dolayı, hâlâ oldukça düşük olan düzenli depolama fiyatlarının (yaklaşık 21 Euro/t) artması beklenmektedir. Atık nakliyatını azaltmak amacıyla, 1 Ocak 1999'dan beri atıkların en yakın tesiste işlenmesi zorunludur. Çimento fabrikaları, termik santraller, mevcut ve planlanan katı atık yakma tesislerindeki toplam kapasitenin yakın gelecekte ikiye katlanması beklenmektedir [11].

Portekiz

Portekiz'de henüz bir evsel katı atık yakma tesisi bulunmamaktadır. Ülkede üretilen toplam evsel katı atık miktarı, 3 600 000 t/yıl'dır. Bunun %34'ü düzenli depolamaya, %51'i vahşi çöplüklere, %15'i ise kompostlaştırma tesislerine gönderilmektedir.

Biri Lizbon'da, diğeri ise Oporto bölgesinde bulunan iki yakma tesisi inşaat halinde ve bu yıl işletmeye alınması beklenmektedir. Bunlar, Portekiz'de üretilen katı atıkların % 26'sını işletecektir. Ton bazındaki işletme bedelinin yaklaşık 20 Euro/t olacağı hesaplanmıştır. Belediyelerin çoğu hâlâ vahşi çöplükleri kullandığı için, depolama bedeli aşırı düşüktür [11].

İspanya

9'u enerji kazanma ile çalışan toplam 13 katı atık yakma tesisi mevcuttur. Enerji kazanma ile çalışan tesislerin toplam kapasitesi 1 430 000 t/yıl, yani toplam üretilen çöpün %10'udur. Katı atık yakma bedelleri 30-35 Euro/t mertebesinde. Depolama bedeli, 6-15 Euro/t ile Avrupa'da en düşüklerden biridir. Belediye ve diğer kamu kurumları, vahşi çöplükleri kapatıp yeni yönetmeliğin standartlarına uyan düzenli depolama alanlarını inşa etmektedir. Bundan dolayı, depolama fiyatlarının artması beklenmektedir. AB politikasına karşın, düzenli depolamaya hâlâ öncelik verilmektedir [11].

İsveç

Ülkede 17'si evsel atık yakan toplam 21 katı atık yakma tesisi çalışmaktadır. 1980 yılından bu yana, yakma kapasitesi ikiye, üretilen enerji miktarı ise dörde katlanmıştır. Toplam üretilen evsel atık miktarı, 3 200 000 t/yıldır. Bunun 1 210 000 tonu, yani % 38'i yakılmaktadır. Yakma tesislerinin hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadır. İsveç'te, merkezî ısıtma yaygın olduğu için, atıkların yakılması özellikle avantajlıdır. Belediyeler, katı atıklarını (ahşap, inşaat atıkları gibi) termik santrallerde yakmayı tercih ederler. Bazıları, eski tesisleri genişletmek veya modernize etmek yerine başka yerde yeni tesis inşa etmeyi yeğlerler. Bunun sebebi, yerel halkın aşırı direnişinde aranmalıdır. Son üç yılda, bundan dolayı yakma tesisi inşa edilememiştir. Önümüzdeki on yıl içinde, önemli bir kapasite artışı beklenmemektedir.

Evsel katı atık yakma bedelleri 25 - 50 Euro/t ile oldukça düşüktür. Geri kazanımı teşvik etmek için, bir depolama vergisi öngörülmektedir. Bu vergi yaklaşık 30 Euro/t olup, şu anki depolama bedelini %100 arttıracaktır [11].

Katı Atık Yakma Tesislerinde Oluşan Emisyon

Evsel atık yakma tesislerinde, yakılan atık bazında 5000 - 6000 m³/(t ham atık) baca gazı üretilir. Tehlikeli atık yakan tesislerde bu rakamlar atıkların özelliklerine göre daha geniş bir yelpaze içinde değişebilir. Yakma prosesi sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda ve atıkların kompozisyonuna bağlı olarak, baca gazlarında birçok kirletici oluşur. Bunların bir kısmı, insan sağlığına ve çevreye aşırı zararlıdır. Gazların alıcı ortama deşarj edilmesinden önce bu kirleticiler giderilmelidir. En önemli kirleticiler, toz, kükürt ve azot bileşenleri, halojen bileşenleri, ağır metaller ve bileşenleri ile organik bileşenlerdir.

Türkiye için geçerli olan emisyon sınır değerleri, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde verilmiştir. Avrupa Birliği'nin 89/369/EEC nolu ve 8 Haziran 1989 tarihli direktifi evsel atık yakma tesisleri için, 94/67/EEC nolu direktifi ise tehlikeli ve tıbbî atıklar için geçerlidir.

Hava kirliliğinin mevzuata uygun değerlere düşürülmesini sağlamak için, aşağıdaki ölçümlerin yapılması gerekir:

- Baca gazlarındaki toz, CO, oksijen ve hidrojenklorür konsantrasyonu sürekli şekilde ölçülmelidir.
- Ağır metal, kükürtdioksit, ve hidrojenflorür periyodik şekilde ölçülmelidir.
- Yakma sonucu gaz sıcaklığı sürekli ölçülmelidir.

Baca gazlarındaki kirlilik değerleri, Çizelge 2.5'te verilen değerler arasında olabilmektedir.

Çizelge 2.5. Baca gazı kirlilik konsantrasyonları

Parametre	Konsantrasyon (mg/m ³)
HCl	400 – 11 500
HF	2 – 20
SO _x	200 – 800
NO _x	150 – 400
CO	20 – 600
Organik bileşenler	300 – 500
Toz	800 – 15 000

Ölçüm periyotları ve yöntemleri, evsel atık yakma tesisleri için Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne, tıbbî atıklar için Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne, tehlikeli atıklar için ise Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun şekilde düzenlenmelidir. Katı atıkların yakılarak bertarafında, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde yer alan kriter ve esaslara uyulur.

Hava kirleticiler içerisinde kükürtdioksit en zararlı kirleticilerden biridir. Atmosferdeki SO₂ oranının 24 saatlik ortalamasının 300 µg/m³ (0,1 ppm)'in üzerinde çıkmasının tıp dünyasında sağlık açısından zararlı olduğu kabul edilmiştir. Bu oranın 900-1000 µg/m³'ün üzerine çıktığı durumlarda insan hayatının riske girdiği görülmüştür [18].

Yakma sonucu gaz sıcaklığının 850 °C altına düştüğü durumlarda, dioksin ve furan oluşumunu önlemek ve NO_x seviyesini düşük tutmak için, derhal yardımcı yakma ünitelerinin çalışıp sıcaklığı tekrar gereken seviyeye getirmesi gerekir. Bu yardımcı yakma üniteleri ayrıca sistemin açılması ve kapatılması sırasında da çalıştırılmalıdır.

Baca Gazlarının Arıtılması

Baca gazlarının arıtılması için üç ana sistem vardır.

1. Kuru hava temizleme sistemleri

2. Yarı kuru hava temizleme sistemleri

3. Yıkayıcılar

Kuru ve yarı kuru sistemlerde, atıksu oluşmaz. Yıkayıcılarda oluşan atıksuyun alıcı ortama deşarjını önlemek için, buharlaştırmaya başvurulabilir.

Kuru Sistemler

Toz halinde kireçtaşı baca gazlarının bulunduğu bir reaktöre verilir. Bu reaktörde toz kireç taşı (CaCO_3), baca gazındaki ($\text{HCl} + \text{HF} + \text{SO}_2$) ile reaksiyona girer ve sonuçta CaCl_2 , CaF_2 ve CaSO_3 gibi nötr tuzlar oluşur. Bu nötr tuzlar (katı maddeler), bez filtreler ya da elektrofiltre vasıtasıyla baca gazından ayrılır. Bunlar evsel atıkların yakıldığı tesislerden çıkıyorsa diğer evsel atıklarla birlikte düzenli depolama sahalarına gömülerek bertaraf edilir veya cüruf ile birlikte yol yapımlarında dolgu malzemesi olarak kullanılır. Kuru sistemlerden çıkan baca gazlarının sıcaklığı, 140 - 150 °C civarındadır .

Yarı Kuru Baca Gazı Arıtma Yöntemi

Yarı kuru sistemde, reaktif olarak kireç çözeltisi kullanılır. Reaksiyon, püskürtmeli kurutucuda meydana gelir. Nötr hale getirilen kirleticiler bundan sonra elektrofiltre ya da bez filtrede baca gazından ayrılır. Yarı kuru baca gazı arıtma sisteminden çıkan baca gazının sıcaklığı, 100 - 110 °C mertebesindeir.

Yıkayıcılar

İlk adım olarak, elektrofiltrede bir ön ayırma yapılarak, tozların büyük bir kısmı giderilir. Bundan sonra, kirleticiler bir yıkayıcı sistemde absorbe edilerek baca gazından ayrılır. Yıkayıcı aynı zamanda, baca gazlarını soğutma işlevini de görür. SO_2 giderimi için NaOH ilâve edilir. böylelikle nötr

bir tuz (Na_2SO_3) elde edilir. Sıvıların ve aerosollerin giderilmesi için, damla ayırıcısı veya elektrofiltre kullanılır.

Yıkayıcılar, venturi yıkayıcı, dairesel akımlı yıkayıcı, istiflenmiş sütunlu yıkayıcı veya dolgulu yıkayıcılar olabilir. Yıkayıcı girişindeki gaz sıcaklığı yaklaşık $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ olmalı, çıkışındaki gaz sıcaklığı ise $60 - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Yıkayıcılardan kaynaklanan atıksularda, ağır metaller, kükürt, klor ve flor bileşenleri ihtiva eden nötr tuzlar bulunur.

Sistemlerin Karşılaştırılması

Yukarıda açıklanan sistemlerin avantaj ve mahzurları Çizelge 2.6'da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.6. Baca gazı arıtma sistemlerinin avantaj ve mahzurları

Sistem	Avantajlar	Dezavantajlar
Kuru sistem	Basit yapı	- Yüksek kimyasal sarfıyatı - Yetersiz verim - Ayrılan katı maddeler düzenli depolamaya gidemez; özel bertaraf tesisi lâzım
Yarı kuru sistem	- Kuru sisteme göre daha iyi verim - Kuru sisteme göre daha düşük kimyasal sarfıyatı	Ayrılan katı maddeler düzenli depolamaya gidemez; özel bertaraf tesisi lâzım
Yıkayıcı sistem	- Yüksek verim - Kimyasal ilâvesi, stökiyometrik orana yakın bir oranla yapılabilir - Ayrılan katı maddeler endüstride kullanılabilir - Katı atık yakma tesislerinde geniş ve olumlu tecrübeler yapılmıştır.	Karmaşık teknoloji

Katı atık yakma tesislerinde AB Standardlarına uyulmak istendiğinde, yıkayıcı sistem seçilmeli, ayrıca da dioksin/furan ve NO_x giderimi için de ileri baca gazı arıtma teknolojileri kullanılmalıdır.

İleri Baca Gazı Temizleme Yöntemleri

Azot oksitlerinin ve kanserojen maddelerin (özellikle dioksin, furan ve uçucu ağır metaller) yeterli derecede giderilmesi için, yukarıdaki yöntemlere ilâve ileri arıtma teknolojileri gerekebilir.

Dioksin ve furan giderme işlemleri genellikle aktif karbon filtreleriyle yapılır. Arıtılmış baca gazı, alıcı ortama verilmeden bu filtrelerden geçer. Azot oksitler, son yakma (afterburning) aşamasında yapılan amonyak ilâvesi (katalitik olmayan seçmeli indirgeme) ya da katalizör kullanarak (seçmeli katalitik indirgeme) giderilebilir. Katalizörler, ya elektrofiltreden sonra ya da yıkayıcıdan sonra kullanılabilir.

Aktif karbon temizleme yöntemlerinde, üç ana filtre tipi ayırt edilir: Sabit yataklı reaktör, istiflenmiş filtre reaktörü ve akışkanlar yatağı reaktörü. Bu yöntemler, Çizelge 2.7'de karşılaştırılmalı olarak takdim edilmiştir.

Çizelge 2.7. Aktif karbon filtre teknolojileri [11]

Aktif karbon filtre modeli	Sabit yataklı reaktör	İstiflenmiş filtre reaktörü	Akışkanlar yatağı reaktörü
Giriş koşulları			
- Giren baca gazındaki kirletici konsantrasyonları	Toz ve asit yükü mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır.		
- Sıcaklık	yaklaşık 140 °C	yaklaşık 110 °C	100 - 150 °C
Basınç	Eksi veya artı basınç olabilir	Tercihen eksi basınç	Tercihen eksi basınç
Önceki ve sonraki birimlerle etkileşim	Reaktöre girmeden evvelki sıcaklık profili, mümkün olduğu kadar homojen olmalıdır.		
Baca gazı arıtma sistemindeki en uygun konumu	Yıkayıcı ve gaz ısıtma biriminden sonra, SKİ reaktöründen evvel	Yıkayıcı ve gaz ısıtma biriminden sonra, SKİ reaktöründen evvel veya sonra	Yıkayıcı ve gaz ısıtma biriminden sonra, SKİ reaktöründen evvel veya sonra

Aktif karbonlu filtreler arasında, sabit yataklı reaktör en yüksek giderim verimini sağlamaktadır. HCl hariç, baca gazı girişindeki kirletici konsantrasyonları çok yüksek olduğu zamanda bile SO₂, HF, dioksin, furan, toz ve cıvayı tamamen giderebilir. Özellikle yüksek pik konsantrasyonlarının sık sık meydana geldiği tesislerde bu yöntem çok avantajlıdır. İstiflenmiş filtre reaktörü, özellikle dioksin ve furan gideriminde yüksek verim alınabilmektedir. Bu reaktörle, dioksin ve furan konsantrasyonları kolaylıkla 0,1 ng/m³ sınırının altına düşürülebilmektedir. Akışkan yataklı reaktörün en büyük avantajı ise yüksek reaksiyon hızlarına erişmesidir.

NO_x giderme için, üç ana yöntem kullanılır: seçmeli katalitik indirgeme (SKİ), SKİ + seçmeli katlitik oksidasyon veya amonyak ilâvesi (katalitik olmayan seçmeli indirgeme: KOSİ). SKİ yöntemi, temizlenmiş baca gazında veya ham baca gazında uygulanabilir. İndirgemenin amacı, NO_x'leri amonyak ilâvesiyle azot ve suya dönüştürmektir. Bu reaksiyon, normal koşullarda 900 °C'de meydana gelir. Katalizör ilâvesiyle, reaksiyon sıcaklığı 200 °C'e indirilebilir. Katalitik oksidasyon ile ayrıca dioksin, furan ve diğer aromatik hidrokarbonlar da giderilebilir. Bu yöntemlerin her biriyle, NO_x konsantrasyonu 200 mg/m³ altına indirilebilir. Söz konusu üç yöntem, Çizelge 2.8'de karşılaştırılmalı olarak takdim edilmiştir.

Çizelge 2.8. NO_x giderme yöntemleri [11]

Yöntem	KOSİ	SKİ		SKİ + oksidasyon
Uygulama yeri	Son yakma hücresinde	Ham baca gazında	Temizlenmiş baca gazında	Temizlenmiş baca gazında
Giriş koşulları				
- Giren baca gazındaki kirletici konsantrasyonları	koşul yok	koşul yok	NO _x hariç düşük kirletici konsantrasyon	NO _x hariç düşük kirletici konsantrasyon
- Sıcaklık	800 - 1000 °C	Yaklaşık 300°C	170 - 300 °C	300 - 350 °C
- Basınç	Yakma hücresindeki eksi basınç	Eksi basınç	Eksi veya artı basınç	Eksi veya artı basınç
Önceki ve sonraki birimlerle etkileşim	Bundan sonraki birimde, amonyak aerosolleri giderilmelidir.	Önceden toz giderilmesinde fayda var	Önceki temizleme birimlerinde, asit ihtiva eden kirleticiler ve ağır metallerin konsantrasyonu düşürülmelidir.	
Baca gazı arıtma sistemindeki en uygun konumu	Yakma hücresinde (buhar üretimi mümkün)	Yakma hücresinde veya çıkışında	Yıkayıcı veya (yarı) kuru arıtmadan sonra	Yıkayıcıdan sonra
Özellikler	Stökiyometrik orandan çok daha fazla NH ₃ ilâve edilmelidir.	Katalizör seçiminde toz ve kirletici muhteva-sına dikkat edilmelidir.	Düşük işletme sıcaklıklarında, sistemin kuru arıtma yöntemleriyle birlikte çalıştırılması avantajlı olur.	Bu aşamadan sonra, bir adsorpsiyon birimi konulabilir.

Atıksuların Arıtılması

Katı atık yakma tesisinin aşağıdaki birimlerinde atıksu oluşur:

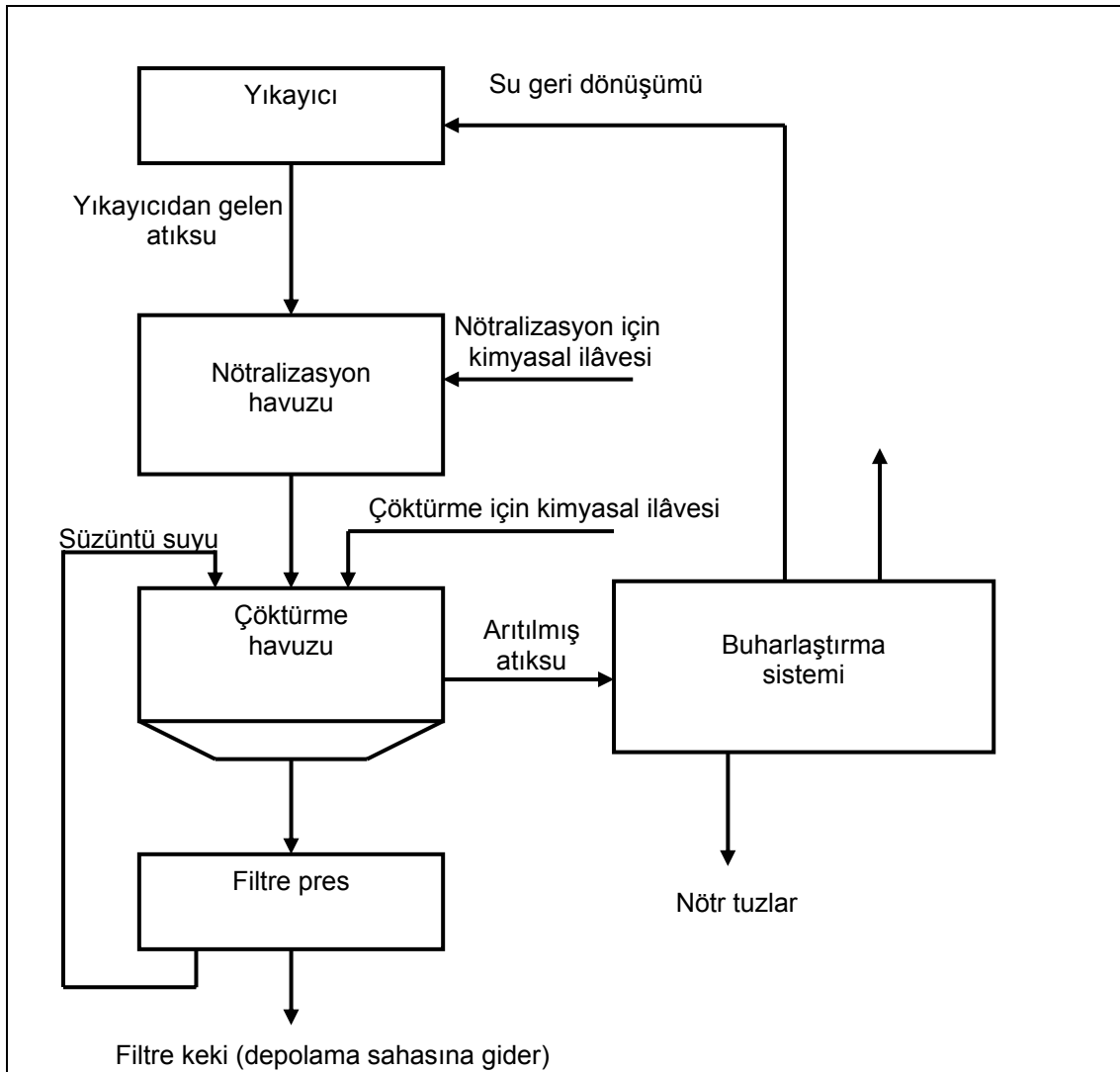
- Evsel atıksu

- Trafik alanlarından gelen atıksu,
- Boşaltma/yükleme alanlarında oluşan atıksu
- Arıtmaktan kaynaklanan atıksu
- Baca gazı arıtma birimlerinden (yıkayıcıdan) kaynaklanan atıksu

Trafik alanlarından, boşaltma/yükleme alanlarından ve temizlikten kaynaklanan atıksu, kimyasal arıtmadan geçtikten sonra, evsel atıksu ile birlikte biyolojik arıtmaya ve deşarja aktarılabilir.

Baca gazı arıtma biriminden kaynaklanan atıksu ise, ihtiva ettiği kirleticilerden dolayı (ağır metaller, dioksin/furan, organik hidrokarbonlar) arıtım yapılmadan doğrudan alıcı ortama verilmemelidir.

Mümkün olduğu kadar, baca gazı arıtma biriminden (yıkayıcıdan) kaynaklanan atıksuyun tesisin diğer atıksularıyla karışmaması ve alıcı ortama verilmemesi gerekir. Baca gazı arıtma biriminde üretilen atıksu, önce ön çöktürme havuzundan geçer, dibe çöken katı maddeler filtre pres vasıtasıyla susuzlaştırılır, sıvı faz ise bir buharlaştırma sisteminde buharlaştırılır.



Şekil 2.6. Baca gazı arıtma biriminden kaynaklanan atık sular için kullanılan arıtım sistemi [11]

Katı Atık Yakma Tesislerinde Oluşan Katı Artıklar

Yakma prosesinden kaynaklanan katı artıklar Çizelge 2.9'da sıralanmıştır:

Çizelge 2.9. Yakma prosesinden kaynaklanan katı artıklar [19]

Artık	Miktar (kg/ ton ham atık)	İçerdiği başlıca kirleticiler	Kullanım/ tasfiye
Cüruf	Toplam: 300 İnce daneli (0 - 32 mm): 240 Metaller: 30 Kaba daneli (> 32 mm): 30	Ağır metal, Cl, P	Yol yapımında stabilizasyon malzemesi olarak, veya gürültü koruma duvarları için kullanılabilir, ayrıca düzenli depo-lama sahalarında ara örtüsü olarak da kullanılabilir
Kuru elektrofiltreden kaynaklanan uçucu küller	26	Ağır metaller (Cd, Hg, As, Ni, Pb, Se, Cr, Cu, Mn, Zn, Sn)	Özel tehlikeli atık depolama alanlarına (yeraltı) gönderilmeli
Islak elektrofiltreden kaynaklanan uçucu küller	44	Tozdaki organik bileşenler (klorlü hidrokarbonlar, benzol ve fenoller, PCB vs.)	Ya da eriterek camlaştırılıp nötralize edildikten sonra depolanabilir.
Baca gazı yıkama işleminden kaynaklanan filtre pres keki	10	Ağır metaller (çözülmez, hidroksit ya da sülfid bileşenlere bağlı)	Tehlikeli atık depolama sahasına ya da evsel katı atık depolama alanının ayrı (tehlikeli atıklara uygun) bir bölümünde gömülebilir
Buharlaştırma ve kristalizasyondan kaynaklanan tuzlar	10		NaCl, CaCl ₂ : Kar ve buza karşı tuzlamada kullanılabilir; kimya endüstrisinde ikincil hammadde olabilir
İleri baca gazı arıtılmasından kaynaklanan aktif karbon	0,5 – 5		Yakma birimine ya da tehlikeli atık depolama alanına gönderilebilir.

Yakma tesislerinde oluşan cürufun yol yapımında kullanılması için, aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- İçme/kullanma suyu havzaları veya diğer su koruma bölgelerinde cüruf kullanılmamalıdır.
- Fe parçaları manyetik ayırıcı ile alınmalıdır
- Yanıcı madde içeriği < %2 (ağırlık) olmalıdır.
- Cüruf, Çizelge 2.10'da verilen limit değerlerine uymalıdır.

Çizelge 2.10. Katı atık yakma tesislerinden kaynaklanan cüruf için kirletici muhteva limitleri [11]

Parametre	Limit (g/kg)	Parametre	Limit (g/kg)
Yanma kaybı (3 h/ 600 °C)	55	Co	0.02
C	19	Ba	1.3
Fe	42	Na	9.3
Cr	0.31	K	3.8
Ni	0.14	Karbonat	9.3
Zn	5.2	Si	410
Cu	2.6	S	2.8
Pb	1.5	Cl	3.4
Cd	0.02	P	5.8
Mn	1.2	Nitrat	0.02

Cürufun kullanımı için, her belediye kendi yerel koşullarına göre fizibilite yapmalıdır. Bu maddelerin pazarlanabilirliği, yerel koşullara göre değişebilir. Örneğin, yol yapımında alternatif doğal malzemeler yakın mesafelerden ve düşük fiyatlarla temin edilebiliyorsa, cürufun bu gayeler için pazarlanması zor olabilir. Endüstriyel alanda kullanılabilecek diğer artık malzemeler, atık borsası vasıtasıyla pazarlanabilir.

Katı Atık Yakma Tesislerinin Yer Seçimi

Katı Atık Yakma tesisi için aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Mevzuat hükümleri: Yakma tesisinin yer seçimi mevcut geçerli yasa ve yönetmeliklere uymalıdır.
- Belediyenin onayı: Yakma tesisinin yer seçimi, belediyenin ihtiyaçlarına göre yapılmalıdır.
- Kamunun kabulü: Kamuoyu, katı atık yönetim tesisleri konusunda çok hassastır. Tesisin direkt yakınında meskun yerlerin bulunmaması tercih sebebidir. Yakma tesisi, tercihen ticarî ya da sanayi bölgelerde veya başka katı atık yönetim tesislerinin komşuluğunda bulundurulmalıdır.

- Arazi mülkiyeti: Belediyeye ait saha tercih edilmelidir; böyle bir saha müsait olmadığı durumda şahıs veya hazine arazisi istimlak edilmelidir.
- Kaynaktan tesise taşıma mesafesi: Taşıma mesafesi, işletme maliyetini önemli mertebede etkiler.
- Artıkların depolandığı alandan uzaklık: Değerlendirilemeyen artıkların nihaî bertaraf yerinin tesisten uzaklığı da işletme maliyetini etkiler.
- Soğutma suyu mevcudiyeti: Yakma biriminde soğutma suyu gereklidir. Bunun miktarı, tesisin kapasitesine, atığın kalorifik değerine ve kullanılan soğutma sistemine bağlıdır.
- Elektrik müşterilerine bağlantı: Tesiste üretilen elektrik enerjisinin satılması için, elektrik şebekesine bağlanması gerekir. Tesisten şebekeye kurulacak bağlantı hattı ne kadar kısaysa, enerji kaybı, inşaat maliyeti ve olumsuz görsel etkiler o kadar düşük olacaktır.
- Isı enerjisi veya buhar kullanan müşterilere yakınlık: Katı atık yakma tesisinin buhar ya da ısı enerjisini kullanan müşterilere yakın olması, yer seçiminde tercih sebebidir.
- Mevcut altyapı: Katı atık yakma tesisinin yerinde, kanalizasyon bağlantısı, içme suyu şebekesine bağlantı, telefon vb. altyapının mevcut olması tercih sebebidir.

Katı Atık Yakma Tesislerinin Yatırım Maliyeti

Katı atık yakma tesisinin yatırım maliyeti, kredi koşulları, seçilen teknoloji, yerel kısıtlamalar, enerji kazanma teknolojisi ve baca gazı temizleme teknolojisine bağlıdır. Ayrıca, tesisin bir, iki veya üç hat ile çalıştırılması da önemlidir. Ne kadar çok hat çalıştırılırsa, işletme o kadar esneklik kazanır. Ancak, yatırım maliyeti de buna bağlı artar. Bundan dolayı, işletme esnekliği ve yatırım maliyetinin önemini tartarak, söz konusu belediyenin ihtiyacına en iyi cevap veren çözümü bulmak gerekir. Evsel katı atık yakma tesisinin tahmini yatırım ve işletme giderleri için hesap örneği bölüm 3.5' te verilmiştir.

Katı Atık Yakma Tesislerinin İşletme Maliyeti

Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri, Çizelge 2.11’de gösterilen kalemlerden ibarettir.

Evsel katı atık yakma tesisleri için, Türkiye’de uygulama olmadığı için işletme maliyetleri ile ilgili bilgi verilememektedir. Avrupa’daki maliyetler, genellikle 120 - 150 Euro/t ham atık mertebesinde. İşletme maliyeti aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Yakma tesisinin kapasitesi
- Baca gazı arıtma teknolojisi ve emisyon limitleri
- Isı ve buhar satış imkânının mevcudiyeti, varsa, satış fiyatları
- Tam kapasiteli işletme/ihtiyacından daha yüksek kapasite
- Yatırım maliyeti ve amortisman koşulları
- İnsan gücü
- Bakım ve onarım
- Atıksu arıtımı

Türkiye’deki baca gazı emisyon limitleri, AB limitlerinden çok değişik değildir. Elektrik satışlarından elde edilebilecek gelirler, belediyelerin yerel elektrik şirketleriyle yaptıkları pazarlığa bağlıdır. Aynısı, buhar satışları için geçerlidir. Yatırım maliyetlerinin, Türkiye’de diğer ülkelerinkinden çok farklı olması beklenmemektedir (inşaat maliyeti biraz daha düşük olacak, ekipman maliyeti ise aynı seviyede olacaktır). Türkiye’de diğer Avrupa ülkelerine göre çok daha düşük olan personel giderleri, toplam giderlerin sadece çok düşük bir oranını oluşturmaktadır. Evsel katı atık yakma tesisinin tahmini yatırım ve işletme giderleri için hesap örneği bölüm 3.5’ te verilmiştir.

Çizelge 2.11. Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri (evsel atık için geçerlidir) [11]

Konu	Açıklama	Maliyet
Amortisman	Yüksek yatırım maliyetinden dolayı, amortisman giderleri işletme giderlerinin %80 kadarını oluşturabilir. Amortisman giderlerinin hesabı için aşağıdaki parametreler kabul edilebilir: Tesisin toplam ömrü: 25 yıl veya: İnşaat kısmı: 40 yıl Mekanik/ elektrik ekipman: 15 - 25 yıl	Kredi koşulları ve yatırım maliyetine bağlıdır.
Bakım ve tamirat giderleri		Yıllık maliyet aşağıdaki kabuller üzere hesaplanabilir: İnşaat yatırım maliyetinin %1'i + Elektroteknik yatırım maliyetinin %1,5 - %2'si + Mekanik ekipmanın yatırım maliyetinin %3 - %4'ü
Personel	Haftada 7 gün ve üç vardiyalık işletme ile çalışan katı atık yakma tesisinin ana birimi için aşağıdaki personel ihtiyacı kabul edilebilir: 2 yakma hattı (küçük - orta): 35 - 40 2 yakma hattı (orta - büyük): 40 - 45 3 yakma hattı (küçük - orta): 45 - 50 3 yakma hattı (orta - büyük): 50 - 55 4 yakma hattı (küçük - orta): 55 - 60 4 yakma hattı (orta - büyük): 60 - 65 Yardımcı birimler için, yaklaşık 10 - 20 kişilik bir ekip gereklidir.	Belediyenin personel anlaşmalarına bağlıdır.
Su tüketimi	2 - 4 m ³ /ton ham atık	Belediyenin su teminine bağlıdır (kuyu, Belediye su işleri, özel şirket, başka)
Kimyasal sarfiyatı	Baca gazı temizleme için gereklidir	1 - 2 Euro/ton ham atık
Satış gelirleri	Elektrik, buhar, veya ısı enerjisi, cüruf ve tuz satışlarından kaynaklanan gelirler	Elektrik şirketleri ve buhar/ ısı müşterileri ile yapılan anlaşmalara bağlı; cüruf ve tuz satışları için ayrıca yöresel doğal kaynakları belirleyici olur.
Elektrik tüketimi	Yakma tesisi ve yardımcı tesislerin elektrik ihtiyacı, satılabilecek elektrik miktarından düşürülmelidir. Elektrik ihtiyacı, 30 ilâ 100 kWh/ton ham atık arasındadır.	

Tehlikeli atık yakma tesisleri için, Çizelge 2.12’de İzmit yakma tesisinin işletme maliyetinden bir örnek verilmiştir. Bu tesisin kapasitesi, 30 000 ton atık/yıl’dır.

Çizelge 2.12. İzmit Katı Atık Yakma Tesisinin İşletme Giderleri [20]

Konu	Miktar (USD/yıl)
Teknik personel	1 658 125
Büro personeli	331 250
İdari personel	423 750
Büro giderleri	85 000
Kimyasal sarfiyatı	207 500
Bakım/tamirat	64 375
Amortisman giderleri	11 456 250
Toplam	14 226 250

Bu rakamlar, Türkiye’de inşa edilecek bir tehlikeli atık yakma tesisi için referans olarak kabul edilebilir.

Katı Atık Yakma Tesislerinin Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Genel olarak, katı atık yakma tesisi yapmayı düşünen belediyeler, aşağıdaki hususlara dikkat etmelidirler:

- Katı atık yakma tesisi, entegre katı atık yönetim planının bir parçası olmalıdır. Bu konuda en ekonomik ve sürdürülebilir yaklaşım, kompostlaştırma ve geri dönüşüm için uygun olmayan atıkların yakılmasıdır. Kompostlaştırılabilir atıklar, yüksek su muhtevassından dolayı yakılmamalıdır. Yüksek su muhtevası, atıkların kalorifik değerini önemli mertebede düşürüp yakma tesisinin enerji verimini azaltır. Geri dönüştürülebilir atık, yakmadan daha ekonomik yöntemlerle ekonomiye geri kazandırılabilir.
- Katı atık yakma tesisleri, enerji üretimi ve buhar ve/veya elektrik satışını da hedefleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Belediyeler, imar planlarını

yaparken, gelecekte inşa edilebilecek katı atık yakma tesislerinin yerlerini enerji satışını düşünerek seçmelidirler (meselâ, enerji ihtiyacı yüksek olan endüstriyel komplekslere yakın, belediyenin inşa edeceği ve merkezî ısıtma sisteminin uygulanacağı toplu konutlara yakın vb.)

- Enerji üretimi olmayan, hattâ yakıt ilâvesini gerektiren teknolojiler, katıyen seçilmemelidir.
- Katı atık yakma tesisinin yer seçimi ve planlama aşamasında, enerji ve/veya buhar satış olanakları belirleyici bir faktör olmalıdır.
- Evsel atık yakma teknolojisi, özellikle yer sıkıntısı çeken ve çevresel kısıtlamalardan dolayı düzenli depolama için yer bulamayan belediyeler tarafından tercih edilmelidir.
- Katı atık yakma tesisi inşa etmeye ihtiyaç duyan küçük ve orta büyüklükteki belediyeler, giderleri azaltmak amacıyla bu teşebbüse komşu belediyelerle birlikte girmelidir.
- Katı atık yakma projesini gerçekleştirmeden önce, kapsamlı bir atık analizinin yapılması gerekir. Özellikle alt kalorifik değer ve yakılması uygun atık fraksiyonlarının belirlenmesi son derece önemlidir. Atıkların kendiliğinden yanmasını sağlayıp ilâve yakıtı ihtiyacı duymayan bir tesis için ise giren atığın alt kalorifik değeri en az 7000 kJ/kg olmalıdır. Atıklar (yakılacak fraksiyon) bu asgarî alt kalorifik değerlere sahip olmadığı yerlerde, katı atık yakma tesisi yapılmamalıdır.
- Katı atık yakma tesisi planlayan belediyeler, Çevre Temizlik Vergisi'nin şu anki haliyle tesisin maliyetini karşılamak için son derece yetersiz olduğunu dikkate alarak, halktan gerekli maddî desteği ne şekilde temin edeceklerine dair somut bir konsept geliştirmelidirler.

2.4.3. Katı atıkların düzenli depolanması

Genel olarak; düzenli depolama, katı atıkların titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana sistemli olarak yayılıp üzerlerinin toprakla örtülmesinden ibarettir.

Özet olarak, düzenli depolama yönteminin avantaj ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

Avantajları

- Ön yatırımı nispeten en azdır.
- Kesin çözümdür, her türlü atık için uygulanabilir.
- Esnek bir yöntemdir, katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla artırılabilir.
- Kullanılıp kapatılan alandan rekreasyon maksadıyla yararlanılabilir (Park, yeşil alan vb.).

Dezavantajları

- Kalabalık bölgelerde ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun alan bulmak zordur.
- Yerleşim bölgelerine yakın deponi alanlarında halkın muhalefetiyle karşılaşılabilir.
- Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve çökme tehlikesi olduğundan devamlı kontrol altında tutulmalıdır.
- Sıvı ve gaz sızıntıları herhangi bir olumsuzluğa meydan vermemek için devamlı kontrol altında tutulmalıdır.

Depolama alanlarının planlanması, projelendirilmesi ve işletmesinde göz önünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır:

- Depolama alanı yerleşimi ve projelendirme
- Depolama işlemi ve idaresi
- Depolama alanlarında meydana gelen reaksiyonlar
- Depolama alanı gazlarının yönetimi
- Sızıntı sularının yönetimi

- Çevresel izleme
- Atık örtme ve depolama alanı kapatılmasından sonra alınacak tedbirler

Düzenli depolama sahalarının planlanmasında öncelikle bazı gerekli verilerin toplanması çok önemlidir. Toplanması gereken veriler şunlardır:

- Katı atıkların toplanması ve sınıflandırılması
- Katı atık miktarının tespiti
- Katı atık özelliklerinin tespiti (Yoğunluk/Nem Oranı)
- Bölgedeki hakim rüzgarın tespiti
- Bölgedeki yağış miktarının tespiti
- Bölgenin 1/1000, 1/5000 ölçekli topoğrafik, 1/25000, 1/50000 veya 1/100000 ölçekli imar, idari vb. haritalarının sağlanması
- Bölgedeki ana yol bağlantılarının tespit edilmesi
- Bölgenin jeolojik yapısı hakkında bilgi sağlanması
- Ulusal veya var ise bölgesel kanun ve yönetmeliklerin gözden geçirilmesi
- Bölgedeki yer altı, ve yer üstü su kaynakların tespiti

Bu verilerin toplanmasından sonra planlama aşamasına geçilebilir.

Yer Tespitinin Yapılması

Yer seçiminde dikkat edilmesi gereken konular:

- Yerleşim bölgesine uzaklık,
- Mevcut yada planlanan havaalanına uzaklığı (en az 3 km),
- Tesise ulaşım durumu ve kullanılacak güzergahın trafik durumu,
- Taşıma mesafesi,
- Sahanın toplam depolama kapasitesi ve eğimi,
- Bölgenin içme, kullanma ve sulama suyu temin edilen su kaynakları, su toplama ve su koruma havzalarının durumu,

- Bölgenin topoğrafik, jeolojik ve hidrojeolojik yapısı,
- Bölgenin tektonik yapısı,
- Bölgenin meteorolojik özellikleri (rüzgar hızı ve yönü, yağış miktarı vb.),
- Bölgenin taşkın, heyelan, çığ ve erozyon durumu,
- Sulak alanların durumu,
- 2. sınıf yağışa bağlı tarım arazileri ve sulu tarımda kullanılan 1.,2.,3. ve 4. sınıf araziler ile dikili durumda olup ekonomik ölçülerde ürün alınabilen arazilerin durumu,
- İmar planları ve şehrin gelişme potansiyeli,
- Akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları ile enerji nakil hatlarının durumu,
- Orman ve ağaçlandırma alanlarının durumu,
- Arkeolojik, tarihi, yaban hayatı, bitki örtüsünün korunması gibi amaçlar doğrultusunda, özel kanunlarla koruma altına alınmış bölgelerin durumu,
- Depo tabanı ve üst örtüsü geçirimsizlik malzemesi temin yeri ve uzaklığı,
- Döküme kapatılacak sahanın muhtemel kullanım imkanları,
- Sahanın görüntü kirliliği açısından durumu.

Katı Atık Düzenli Depolama Alanları;

- En yakın yerleşim birimine en az 1 km, havaalanına ise en az 3 km mesafede olmalı,
- İçme, kullanma ve sulama suyu sağlanan yeraltı ve yerüstü su kaynakları koruma bölgelerinde inşa edilmemeli,
- Deprem bölgelerinde fay hattı üzerine inşa edilmemeli.
- Şehircilik açısından şehre doğru olan hakim rüzgar yönünde inşa edilmemeli,
- Kurulan tesisin yeri ileriye dönük imar planlarında belirtilmeli ve en az 40 yıl yerleşime açılmamalı,
- En az 10 yıllık ihtiyaca cevap verecek şekilde planlanmalıdır.

Depolamada İstisnalar

Evsel atıkları düzenli olarak depolamak amacı için inşa edilen depolara katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre, insan ve çevre sağlığını korumak amacıyla;

- Sıvıların ve sıvı atıkların,
- Akıcılığı kayboluncaya kadar suyu alınmamış arıtma çamurlarının
- Patlayıcı maddelerin,
- Hastane ve klinik atıklarının,
- Hayvan kadavralarının,
- Radyoaktif madde ve atıkların,
- Tehlikeli atık sınıfına giren katı atıkların,
- Evsel nitelikte olmayan endüstriyel atıkların,
- Hafriyat toprağının,
- Depolama esnasında aşırı toz, gürültü, kirlenme ve kokuya sebep olabilecek atıkların depolanması yasaktır.

Bu tür atıkların zemin geçirimsizliği iki kat artırılmış özel bölümlerde depolanması gerekir.

Sızıntı Gaz Hareketi

Düzenli depolama sahalarında oluşan gazın yaklaşık % 90' nını CH₄ ve CO₂ teşkil eder. Bu gaz karışımının havadaki konsantrasyonu % 5-15 arasında olduğunda patlayıcı bir karışım meydana gelir.

Deponide oluşan gazlardan CO₂, ağır bir gaz olduğu için (havadan 1,5 kat daha ağır) dipte yoğunlaşarak hatta yer altı suyuna karışarak suyun pH' ının düşmesine ve dolayısıyla suyun çözücü özelliğini artırarak sertliğinin artmasına sebep olabilir. Sızıntı gazların drene edilmeleri, genellikle geçirgen

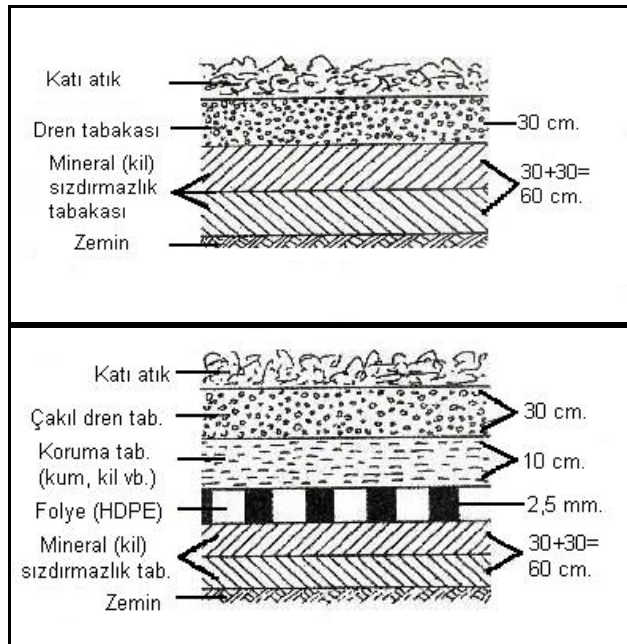
tabakaların kontrollü olarak deponi içinde veya çevresinde inşa edilmeleri ile mümkün olmaktadır. 10-20 cm genişliğinde ve çakıl taşı ile doldurulan hendekler, deponi yapılırken 40-60 m aralıklarla hücreler arasında yapılabilir (hücre metodu) veya deponi sahasının etrafına bir bariyer gibi yapılabilir (bariyer metodu) veya hücre içinde delikli borular salınarak (kuyu metodu) gaz drenajı yapılabilir. Büyük deponi alanlarında oluşan gaz toplanarak enerji üretiminde kullanılabilir.

Sızıntı Sıvı Hareketi

Normal şartlarda, sızıntı sıvı deponi sahasının alt tabakalarında toplanır ve oradan toprağın derinliklerine sızmaya başlar. Tabii az miktarda da olsa yatay sızmalı olabilir. Deponi sıvısı toprağın derinliklerine doğru giderken içindeki maddeler değişen oranlarda toprakla adsorbe edilir. Buna rağmen bu sıvının yer altı suyunu çok tehlikeli ölçüde kirleteceği için en iyi yöntem bu sıvının yeraltına sızmasını önlemektir. Özellikle oluşan gazın kullanılması öngörülüyorsa, deponi sahasının nemli olması (%50-60) ve dolayısıyla daha fazla gaz oluşmasını sağlamak üzere sızıntı sıvısının deponi içinde tutulması gereklidir.

Deponi alanının sızdırmaz bir malzeme ile kaplanması ve oluşan sıvının toplanarak arıtılması artık depolamanın kaçınılmaz ögesi haline gelmiştir. Sızdırmazlık için kil en çok kullanılır. Son zamanda bazı lineer maddeler de (Polietilen folye vb.) kullanılmaya başlanmıştır. Fakat pahalı oldukları bilinmelidir.

Sızıntı sıvının yeraltına sızmasının önlenmesi kadar, deponi sahasına yağmur ve drenaj suyunun girmesinin önlenmesi de çok önemlidir. Bu da yine deponi sahasının üstünün geçirimsiz bir tabaka ile kaplanması (kil veya sıkıştırılmış toprak) ve % 1-2 şev verilerek sağlanabilir.



Şekil 2.7. Çeşitli depo tabanı geçirimsizlik sistemleri

Çizelge 2.13. Bertaraf ve geri kazanım tesislerinin sayısı, kapasitesi ve yüzölçümü [10]

Tesis tipi	Yıllar	Sayısı	Kapasitesi (bin ton) ⁽¹⁾	Yüzölçümü (hektar)
Düzenli depolama	1992	1	75 000	90
	1995	5	240 277	670
	2000	10	303 795	1 340
	2005	18	309 513	1 396
Yakma	1992	-	-	
	1995	1	9	
	2000	3	44	
	2005	3	44	
Kompost	1992	-	-	
	1995	1	183	
	2000	4	606	
	2005	4	606	

⁽¹⁾ Yakma ve kompost tesisleri için yıllık kapasite belirtilmiştir.

Çizelge 2.14. Düzenli depolama tesislerine getirilen atık miktarının atık tipine, bertaraf veya geri kazanım yöntemine göre dağılımı, 2005 [10]

						(ton/yıl)
Atık tipi	Düzenli Depolanan ⁽¹⁾		Açık alanda yakılan		Satılan	
	Tehlikeli	Tehlikesiz	Tehlikeli	Tehlikesiz	Tehlikeli	Tehlikesiz
Toplam	38 030	7 040 149	1 100	2 500	-	54 283
Kimyasal atıklar	-	29 243	-	-	-	-
Endüstriyel atıksu arıtma tesisi ve su hazırlama üniteleri çamurları	6 660	28 878	-	-	-	-
Tıbbi atıklar	13 497	-	-	-	-	-
Metalik atıklar	-	3	-	-	-	268
Cam atıklar	-	460	-	-	-	1 213
Kağıt ve karton atıklar	-	23 397	-	-	-	733
Lastik atıkları	-	8 000	-	-	-	-
Plastik atıklar	-	62	-	2 500	-	3 292
Tekstil atıklar	-	263	1 100	-	-	-
Hurda ekipman ve araçlar	178	-	-	-	-	-
Pil ve akü atıkları	14	-	-	-	-	-
Bitkisel atıklar	-	9 236	-	-	-	-
Gıda üretiminden kaynaklanan hayvansal atıklar	1 636	1 184	-	-	-	-
Evsel ve benzeri atıklar	-	6 796 621	-	-	-	-
Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar	-	131 629	-	-	-	48 777
Endüstriyel nitelikli olmayan çamurlar	-	3 371	-	-	-	-
Mineral atıklar	10 782	692	-	-	-	-
Katılaştırılmış ve stabilize olmuş atıklar	5 263	34	-	-	-	-
Diğer	-	7 076	-	-	-	-

⁽¹⁾ Kompost ve yakma tesislerinden düzenli depolama tesisine transfer edilen atık miktarı, düzenli depolanan atık miktarına dahildir.

Çizelge 2.15. Değişik atık yönetim sistemlerinin avantaj ve mahzurları

Kriter	Düzenli depolama	Geri dönüşüm	Kompostlaştırma	Yakma
Çevresel yararlar	Geri dönüşebilir veya kompostlaştırılabilir malzemelerin gömülmediği takdirde faydalıdır.	Metal, kâğıt, cam ve bazı plastikler için faydalıdır; ancak bazı plastiklerin geri dönüşümü için gerekli enerji ve su sarfiyatı fazla yüksektir.	Biyolojik atıktan humus toprağı/ gübre üretilebilir, ancak enerji ihtiyacı yüksektir.	Kompostlaştırılması ve geri dönüşümü mümkün olmayan malzemeler için uygundur.
Malzeme kısıtlamaları	Tüm malzemeler teknik olarak gömülebilir (bazı atıklar için özel önlemler gereklidir)	Tüm metaller, cam, HDPE, LDPE, PP, PVC, PET, kemik, ahşap ve ayrı olarak toplanan kâğıtlar için ekonomik açıdan uygundur.	Biyolojik atık, karışık evsel atık, kâğıt, bahçe ve park atıkları için uygundur.	Tüm malzemeler yakılabilir. Ancak, ilâve yakıt kullanmamak için, su muhtevası belli bir değerin altında, kalorifik değer ise belli bir sınırın üstünde olmalıdır.
Enerji ihtiyacı	Yok (hattâ depolama gazının değerlendirilmesiyle cüzi bir enerji kazancı bile söz konusu olabilir).	Düşük Yaklaşık 10 kW/t	Yüksek (kompost yığınlarının havalandırılması ve nemlendirilmesi için) Yaklaşık 50 kW/t	Enerji tüketimi: 30 – 100 kWh/ t atık Enerji üretimi: 500 – 600 kWh/t atık
Atıksu üretimi	Çok kirli sızıntı suyu 5 - 8 m ³ /(ha-gün)	Yok	Çok kirli sızıntı suyu; diğer atıksular kısmen geri dönüştürülebilir. < 0.1 m ³ /t	Evsel atıksu hariç, atıksuların tamamen geri dönüşümü teknoloji açısından mümkündür. Su sarfiyatı: 2 - 4 m ³ / t atık
Yer ihtiyacı	Tüm alternatifler arasında en yüksek	Düşük	Orta	Orta

Çizelge 2.15. (Devam) Değişik atık yönetim sistemlerinin avantaj ve mahzurları

Kriter	Düzenli depolama	Geri dönüşüm	Kompostlaştırma	Yakma
Hava kirliliği	Metan gazı üretilir (yakılabilir) 80 - 150 m ³ /t	Yok	Çürüme aşamasında kirli gaz oluşur (biyofiltre veya yıkayıcı ile temizlenebilir) 30 - 100 m ³ /t	Yakmadan kaynaklanan çok kirli baca gazı 2,5 - 5 m ³ /t
Maliyet a) Yatırım b) İşletme (240 t/gün için)	a) Düşük (20 – 25 US\$/t) b) Düşük (5 - 15 US\$/t)	a) Orta (25 – 35 US\$/t) b) İşletme durumuna bağlı Yok ya da kârlı (10 - 20 US\$/t),	a) Orta (30 – 40 US\$/t) b) Orta (30 - 50 US\$/t)	a) Yüksek (150 – 180) US\$/t b) Yüksek (100 - 150 US\$/t)
Büyük belediyeler için uygunluk	Düşük maliyetinden dolayı avantajlı, ancak hammadde kaybı ve alan problemlerinden dolayı gelecekte kısıtlamalar olabilir; alternatifler arasında en az çevre dostudur.	Düşük işgücü ihtiyacı, mevcut geri dönüşüm piyasası ve yönetmelikteki hükümlerden dolayı avantajlıdır.	Atıklardaki yüksek organik madde muhtevası ve tarımdaki gübre ihtiyacından dolayı avantajlıdır.	Düşük alan ihtiyacından dolayı avantajlıdır.
Küçük ve orta belediyeler için uygunluk	Düşük maliyetinden dolayı avantajlı, alternatifler arasında en az çevre dostudur.	Düşük işgücü ihtiyacı, mevcut geri dönüşüm piyasası ve yönetmelikteki hükümlerden dolayı avantajlıdır.	Atıklardaki yüksek organik madde muhtevasından dolayı avantajlıdır. Belediyenin atık özellikleri, kompost satış olanakları ve maliyet uygunluğu belirleyici faktörlerdir.	Yüksek maliyet gerektirdiğinden dolayı dezavantajlı ama enerji üretimi yapılacağından en uygun yöntem olduğu düşünülebilir.

Çizelge 2.16. Belediye katı atık göstergeleri [10]

	1994	1995	1996	1997	1998	2001	2002	2003	2004
Katı atık hizmeti verilen belediye sayısı	1 985	2 126	2 172	2 275	2 579	2 915	2 984	3 018	3 028
Katı atık hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%)	71	72	71	71	72	75	76	76	77
Toplanan katı atık miktarı (1000 ton/yıl)	17 757	20 910	22 483	24 180	24 945	25 134	25 373	26 118	25 014
Kişi başı ortalama katı atık miktarı (kg/kişi-gün)	1,10	1,27	1,37	1,48	1,51	1,35	1,34	1,38	1,31
Kişi başı yaz mevsimi ortalama katı atık miktarı (kg/kişi-gün)	1,04	1,19	1,29	1,42	1,46	1,32	1,32	1,37	1,30
Kişi başı kış mevsimi ortalama katı atık miktarı (kg/kişi-gün)	1,15	1,31	1,42	1,51	1,54	1,36	1,34	1,38	1,29
Katı atık bertaraf tesisleri									
Düzenli depolama tesisi									
Sayısı	2	6	6	8	8	12	12	15	16
Kapasitesi (1000 ton)	9 250	202 527	202 527	206 690	206 690	261 282	277 195	278 015	278 060
Bertaraf edilen katı atık miktarı (1000 ton/yıl)	809	1 444	2 847	4 364	5 258	8 304	7 047	7 432	7 002
Kompost tesisi									
Sayısı	2	2	2	2	2	3	4	5	5
Kapasitesi (1000 ton/yıl)	245	245	245	245	245	299	664	667	667
Kompost tesisine getirilen katı atık miktarı (1000 ton/yıl)	192	159	179	180	166	218	383	326	351
Yakma tesisi									
Sayısı	0	1	1	2	2	3	3	3	3
Kapasitesi (1000 ton/yıl)	0	9	9	44	44	44	44	44	44
Yakılan tıbbi atık miktarı (1000 ton/yıl)	0	0,3	3	9	15	7	7	9	8
Katı atık bertaraf tesisleri ile hizmet edilen nüfusun toplam nüfusa oranı	4	5	9	13	15	24	24	24	25

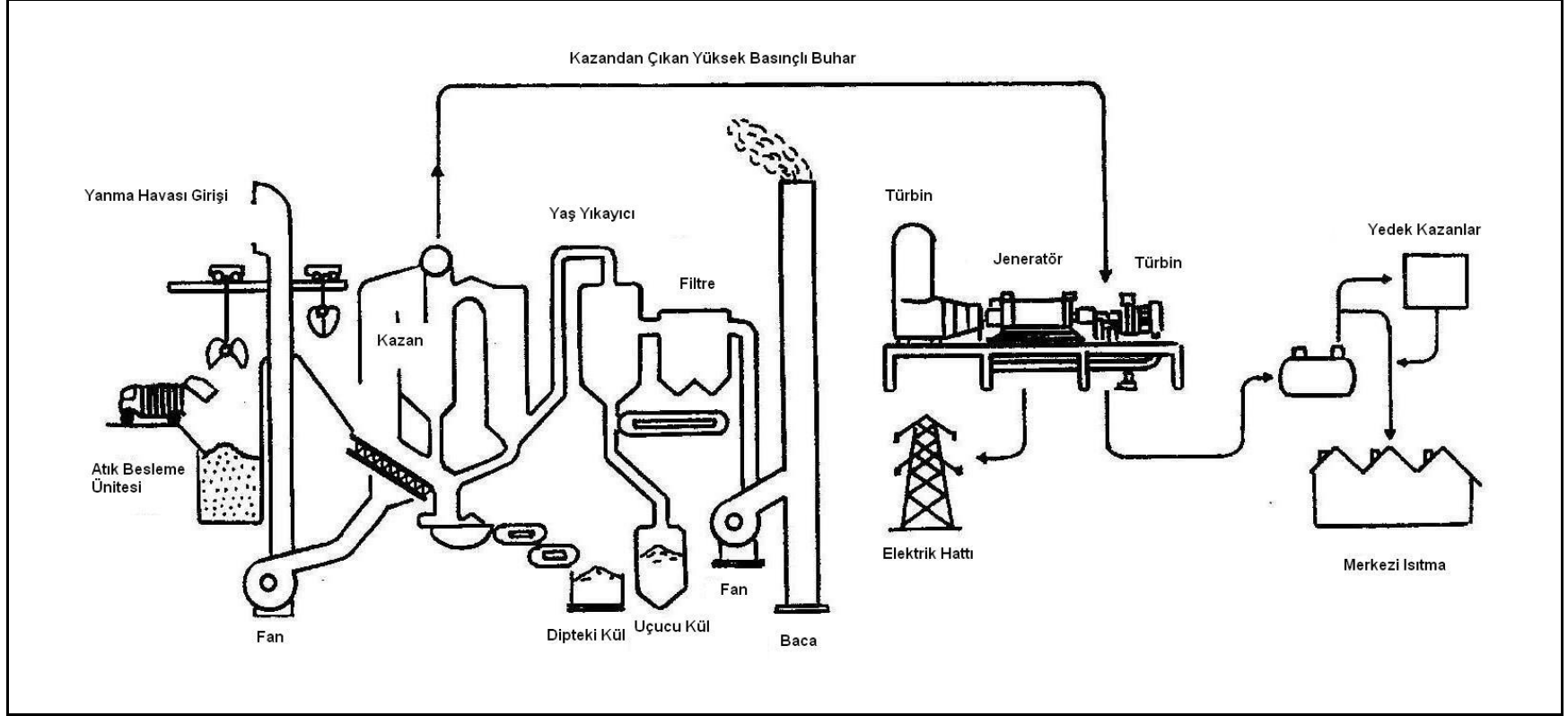
Çizelge 2.17. Bertaraf ve geri kazanım tesislerine getirilen atık miktarının atık tipine ve kaynağına göre dağılımı, 2005 [10]

							(ton/yıl)
Tesis tipi	Atık tipi	Niteliği	Toplam	Belediye atıkları	İmalat sanayi atıkları	Sağlık kuruluşları atıkları	Diğer ⁽¹⁾
Düzenli Depolama	Toplam	Tehlikeli	39 130	14	20 033	13 497	5 586
	Endüstriyel atıksu arıtma tesisi ve su hazırlama üniteleri çamurları		6 660	-	6 660	-	-
	Tıbbi atıklar		13 497	-	-	13 497	-
	Tekstil atıklar		1 100	-	1 100	-	-
	Hurda ekipman ve araçlar		178	-	178	-	-
	Pil ve akü atıkları		14	14	-	-	-
	Gıda üretiminden kaynaklanan hayvansal atıklar		1 636	-	1 636	-	-
	Mineral atıklar		10 782	-	5 196	-	5 586
	Katılaştırılmış ve stabilize olmuş atıklar		5 263	-	5 263	-	-
	Toplam	Tehlikesiz	7 096 932	6 934 022	139 962	-	22 948
	Kimyasal atıklar		29 243	-	29 243	-	-
	Endüstriyel atıksu arıtma tesisi ve su hazırlama üniteleri çamurları		28 878	-	28 878	-	-
	Metalik atıklar		271	271	-	-	-
	Cam atıklar		1 673	1 221	452	-	-
	Kağıt ve karton atıklar		24 130	738	23 392	-	-
	Lastik atıkları		8 000	-	8 000	-	-
	Plastik atıklar		5 854	3 294	2 560	-	-
	Tekstil atıklar		263	-	263	-	-
	Bitkisel atıklar		9 236	8 298	938	-	-
	Gıda üretiminden kaynaklanan hayvansal atıklar		1 184	-	1 184	-	-
	Evsel ve benzeri atıklar		6 796 621	6 744 097	29 576	-	22 948

Çizelge 2.17. (Devam) Bertaraf ve geri kazanım tesislerine getirilen atık miktarının atık tipine ve kaynağına göre dağılımı, 2005 [10]

							(ton/yıl)
Tesis tipi	Atık tipi	Niteliği	Toplam	Belediye atıkları	İmalat sanayi atıkları	Sağlık kuruluşları atıkları	Diğer ⁽¹⁾
	Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar		180 406	165 656	14 750	-	-
	Endüstriyel nitelikli olmayan çamurlar		3 371	3 371	-	-	-
	Mineral atıklar		692	-	692	-	-
	Katılaştırılmış ve stabilize olmuş atıklar		34	-	34	-	-
	Diğer		7 076	7 076	-	-	-
Yakma	Toplam	Tehlikeli	30 911	-	20 503	10 408	-
	Kimyasal atıklar		17 305	-	17 305	-	-
	Atık yağlar		2 407	-	2 407	-	-
	Endüstriyel atıksu arıtma tesisi ve su hazırlama üniteleri çamurları		719	-	719	-	-
	Tıbbi atıklar		10 408	-	-	10 408	-
	Metalik atıklar		72	-	72	-	-
Kompost	Toplam	Tehlikesiz	339 114	338 772	342	-	-
	Metalik atıklar		1 849	1 849	-	-	-
	Cam atıklar		1 438	1 438	-	-	-
	Kağıt ve karton atıklar		5 015	5 015	-	-	-
	Plastik atıklar		5 128	5 128	-	-	-
	Odun atıklar		100	100	-	-	-
	Tekstil atıklar		147	147	-	-	-
	Bitkisel atıklar		2 500	2 500	-	-	-
	Evsel ve benzeri atıklar		153 251	152 909	342	-	-
	Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar		160 086	160 086	-	-	-
	Endüstriyel nitelikli olmayan çamurlar		9 600	9 600	-	-	-

⁽¹⁾ Ayrı toplanan ticarethane ve otellerin atıkları ile yakma tesislerinden çıkan kül ve cürufu kapsamaktadır.



Şekil 2.8. Tipik bir evsel katı atık yakma tesisi şematik diyagramı [21]

3. KIRIKKALE İLİ EVSEL KATI ATIK YÖNETİMİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK ANALİZİ

3.1. Kırıkkale İlinin Nüfusu

22 Ekim 2000 tarihinde yapılan Genel Nüfus Sayımına göre il merkezi ve ilçe merkezi nüfus durumu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kırıkkale ili nüfus durumu [22]

İlçelerin Adı	Toplam Nüfus	Şehir Nüfusu	Köy Nüfusu
Merkez İlçe	222.005	205.078	19.927
Bahşılı	8.525	5.790	2.735
Balışeyh	13.702	3.344	10.358
Çelebi	7.210	3.333	3.877
Delice	31.042	10.512	20.530
Karakeçili	8.296	7.851	445
Keskin	59.150	34.827	24.323
Sulakyurt	16.480	6.344	10.136
Yahşihan	14.098	8.215	5.883
T O P L A M	383.508	285.294	98.214

3.2. Kırıkkale İlinde Uygulanan Mevcut Katı Atık Bertaraf Sistemi

Kırıkkale’ de üretilen katı atıklar, halihazırda Arpalık tepesi olarak adlandırılan 4-5 ha’lık bir alanda düzensiz bir şekilde vahşi depolama yoluyla uzaklaştırılmaktadır. En yakın yerleşim yerine uzaklığı 1200 m olan vahşi depolama sahası 1981 yılından beri kullanılmakta olup imar planı sınırı dışında Ahılı Belediyesi mücavir alanı içerisinde yer almaktadır. 1981 yılından beri depolanan çöpler tepe oluşturmuştur. Çöp yüksekliğinin yaklaşık olarak 60-70 m olduğu tahmin edilmektedir. Mülkiyeti hazine müsteşarlığına ait olan çöp sahasında evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklar birlikte depolanmaktadır.

Merkeze 7 km uzaklıkta olan alanda çevre ve insan sağlığı açısından görülmesi beklenen tüm olumsuzluklar alan içinde ve çevrelerinde görülmeye başlanmıştır. Şehrin yüksek tepelerinden görülebilen bu alanda yaz aylarında sürekli çöplerin yandığı görülmektedir. Ayrıca sahada başıboş hayvanlar otlamakta ve hiçbir önlem alınmamaktadır. Saha yaklaşık olarak 80 ha büyüklüğündedir.

Vahşi depolamanın getirdiği sakıncaların bazıları şunlardır:

- Fare, sinek ve diğer zararlılar için barınma ve üreme yeri oluşmaktadır.
- Açık alana giren hayvanlar çeşitli hastalıkların taşıyıcısı durumuna gelmektedir.
- Çöpler dağılarak çok geniş bir alanı kirletmekte, görüntü kirliliği yaratmaktadır.
- Organik atıkların çürümesi esnasında yayılan kokular çevrede yaşayanları rahatsız etmektedir.
- Kontrolsüz çıkan gazlar çevredeki bitkileri kurutmaktadır.
- Oluşan metan gazının % 5-15 oranında havaya karışması halinde, karışım en ufak bir kıvılcım ile infilak etmektedir.
- Oluşan sızıntı suları yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletmektedir.
- Sık sık tekrarlanan yangınlar çevrede olumsuzluklara neden olmaktadır.

Halen kullanılmakta olan düzensiz depolama alanları, rehabilite edilerek kapatılmalıdır. Bu kapsamda çok dik olan çöp yığınlarının şevleri 1/2 –1/3 eğimli olacak şekilde yatırılmalıdır. Üzeri yönetmelikte belirtilen şekilde geçirimsizliği sağlanıp depo içine yağmur suyu girmesi önlenmelidir. Daha sonra depo üzeri nebatî toprak ile kaplanarak yeşillendirilmelidir. Çevreden depo alanı içine yağmur sularının girmemesi için gerekli drenaj çalışmaları yapılmalıdır. Gazların toplanması için 75 m aralıklarla gaz toplama bacaları oluşturulmalıdır.

3.3. Kırıkkale’de Yapılması Planlanan Düzenli Depolama Alanı

Düzensiz depo alanının kontrol zorluğu, kokuların etrafa yayılması, haşerat ve böceklerin üreyerek zararlı hale gelmeleri, dökülen kağıt, kül, cüruf gibi uçucu maddelerin civarlarda uçuşmaları ve oluşan sızıntı suyu ile gazların risk potansiyelinin yüksek olması, Türkiye genelinde olduğu gibi Kırıkkale’de de katı atık yönetim sisteminin kurulması zorunluluğunu getirmektedir.

Katı atıkları her yerleşim bölgesinin ayrı ayrı imha etmesi hem yer bulma açısından, hem çevreye vereceği etki açısından hem de ekonomik olmaması açısından son derece olumsuz bir durumdur. Bu nedenle, Kırıkkale Belediyesi ile civar belediyeler birleşerek bir birlik oluşturmuş ve ortak, tek bir Katı Atık Bertaraf tesisi kurmayı kararlaştırmıştır. Bu proje Kırıkkale merkez ilçe, Bahşılı, Yahşihan, Irmak, Kılıçlar, Hacılar, Karaahmetli, A.Mahmutlar, Çullu, Ahıllı, Hasandede, Keskin, C.Muminli, Karakeçili, Köprüköy, Konur, Çelebi, Balışeyh, Kulaksız, Koçubaba, Delice, Çerikli, B.Yağlı, B.Afşar, Sulakyurt, Hamzalı ve Güzelyurt Belediyelerine hizmet verecektir. Alanın işletilmesi birlik tarafından yapılacak ve kapandıktan sonraki 15 yıl boyunca da birliğin sorumluluğunda olacaktır. Kırıkkale Merkez ilçe ve civar yerleşimlerinin evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atıklar ile tıbbi atıkların bertaraf edileceği alan, Kırıkkale ili, Bahşılı ilçesi, Bedesten Mevkiinde 28,5 ha alan üzerinde kurulacaktır.

Bedesten mevkii olarak adlandırılan bu alan, merkeze 12 km uzaklıktadır. Yahşihan ilçesinin 6 km güneyinde vadide, Bahşılı Belediyesi mücavir alanı içerisinde yer almaktadır. Depolama alanı, tespit harici hazine arazisi olup 28,5 hektar (285 dönüm) alan büyüklüğünde killi bir zemine sahiptir. İller Bankası yetkilileri tarafından 2002 yılında, koordinatlanarak araziye aplikasyonu yapılmıştır.

Kırıkkale Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğünden alınan bilgilere göre il merkezinde yaz ayları 250 ton/gün, Kış aylarında ise 400 ton/gün katı atık

oluşmaktadır. Kurulması planlanan Katı Atık Yönetim Birliği'ne dahil olan belediyelerin katı atık kapasiteleri ve Bedesten Mevkiine olan uzaklıkları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Kırıkkale merkez ve ilçe belediyelerinin katı atık miktarı

	Belediyeler	Katı Atık Miktarı (Yaz-Kış) (ton/gün)	Bedesten Mevkiine uzaklığı (km)
1	Kırıkkale Belediyesi	250-400	12
2	Yahşihan Belediyesi	10-12	7
3	Hacılar Belediyesi	8-10	20
4	Bahşılı Belediyesi	8-10	10
5	Hasandede Belediyesi	7-8	25
6	Ahıllı Belediyesi	7-8	17
7	Çullu Belediyesi	6-7	16
8	Aşağı Mahmutlar Belediyesi	6-7	22
	Toplam	302-462	

3.3.1. Yapılması planlanan düzenli depolama tesisinin muhtemel çevresel etkileri

- Deponi sahası olarak seçilen yer, Bahşili ve Yahşihan ilçesinde yer alan yerleşim bölgelerine yakın olması nedeniyle halkın muhalefetiyle karşılaşılmaktadır.
- Seçilen alanda göçük ve deprem tehlikesi olduğundan devamlı kontrol altında tutulmalıdır.
- Sıvı sızıntıları çevresel ve insan sağlığı açısından büyük risk teşkil etmektedir. Sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır.
- Tesis alanından rüzgar yardımıyla havada uçuşarak gelen çöp atıkları çevrede yaşayanların sağlıkları açısından risk teşkil etmektedir.

- Özellikle yaz aylarında tesiste ve çevresinde koku problemleri oluşacaktır. Bu da çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecektir.
- Kontrolsüz çıkan gazların çevredeki canlı hayatına (bitki vb. kuruması gibi) olumsuz etkileri olacaktır.

3.4. Kırıkkale’de Oluşan Evsel Katı Atıkların Yapısı ve Miktarı

1998 yılında Kırıkkale ili için Çevre Bakanlığı tarafından yapılan “Kırıkkale Atıksu ve Atık Yönetimi Fizibilite Ön Etüdü” çalışmasında şehirde oluşan katı atık miktarı olarak 1 kg/kişi-gün değeri kullanılmıştır [23].

Kırıkkale Valiliği ile İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından hazırlanan “Kırıkkale İl Çevre Durum Raporu’ nda Kırıkkale ‘de 2004 yılında günde 70-80 ton çöp çıktığını tespit edilmiştir. Kırıkkale’nin 2004 yılı merkez nüfusu dikkate alınırsa çöp üretimi 0,4 kg/kişi-gün olarak belirlenir [24].

Kırıkkale Belediyesinin yaptığı bir çalışmada, depolama alanına çöp getirecek 27 belediye tarafından üretilen atık miktarı 0,63-1,36 kg/kişi-gün arasındadır. Kırıkkale Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sahası ihale şartnamesinde katı atık miktarı 0,8 kg/kişi-gün alınması gerektiği belirtilmektedir [25].

3.4.1. Katı atıkların yapısı ve miktarının tayin edilmesi

Katı atık yönetimi ile ilgili karşılaşılabilecek en zor iş, gelecekte ve günümüzde toplanacak katı atığın bileşimini tahmin etmektir. Atık maddelerin heterojen bir yapı arz etmesi ve önceden tahmin edilemeyen dış faktörler bunu güçleştirmektedir.

Katı atıkların yapısını tayin edebilmek için;

- 1- Atıklarla dolu bir kamyon diğer işlemlerden uzak tutulmuş kontrollü bir bölgeye boşaltılır.
- 2- Atıklar 4 eşit parçaya ayrılır.
- 3- Bu parçalardan biri seçilip tekrar 4 parçaya ayrılır.
- 4- Bu küçük parçalardan biri seçilip tüm atıkların bileşenlerine ayrılır.
- 5- Her bir parça miktarı bilinen ve darası alınmış bir kaba yerleştirilir ve ölçülür.
- 6- Her bir parça için dağılımlar belirlenir. 100 kg ile 200 kg arasındaki atıklar tipik bir örneklemeği temsil eder [4].

3.4.2. Kırıkkale ilinin evsel katı atık miktarı ve yapısı

Kırıkkale’ de evsel katı atık yapısını belirleyebilmek için Yaylacık mahallesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Bu seçimde, bu bölgede yaşayan halkın gelir seviyesi, kültür düzeyi ve bölge sınırları dahilindeki konut fiyatları dikkate alınmıştır.

Kırıkkale ilinin merkez mahallelerinden olan Yaylacık Mahallesi’nde Temmuz-2005 ve Aralık-2006 dönemlerinde evsel katı atık toplama aracından çıkan atıklara yukarıda belirtilen metot uygulanarak aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Temmuz-2005 verileri

	Atık Adı	Miktarı (kg)
1	Cam şişe vb. cam atıklar	15
2	Naylon, plastik, poşet vb. atıklar	21
3	Kağıt atıklar	13
4	Tekstil atıkları	5
5	Teneke, demir vb. metal atıklar	18
6	Yemek atıkları	45
7	Taş, toprak, tahta vb. diğer atıklar	15
	Toplam	132

Çizelge 3.4. Aralık-2006 verileri

	Atık Adı	Miktarı (kg)
1	Cam şişe vb. cam atıklar	14
2	Naylon, plastik, poşet vb. atıklar	19
3	Kağıt atıklar	23
4	Tekstil atıkları	5
5	Teneke, demir vb. metal atıklar	17
6	Yemek atıkları	42
7	Taş, toprak, tahta vb. diğer atıklar	15
8	Soba Külü	57
	Toplam	192

Kırıkkale ilinin katı atık miktarı, bugüne kadar yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi 0,40-1,36 kg/kişi-gün gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu değerler çok geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Ayrıca katı atık miktarı ve kompozisyonunu belirlemek için arazide yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar tam belirleyici olmamaktadır.

Bugüne kadar yapılan çalışmaların değerlendirilmesi neticesinde; Kırıkkale ilinde üretilen katı atık miktarının 1 kg/kişi-gün, alınması uygun olacaktır. Kırıkkale genelinde yıllık üretilen toplam katı atık miktarını aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz:

$383\,508 \text{ kişi} \times 1 \text{ kg/kişi-gün} \times 1 \text{ ton/1000 kg} \times 365 \text{ gün/yıl} = 139\,980,42 \text{ ton/yıl}$
Bu rakamı yaklaşık olarak 140 000 ton/yıl olarak alabiliriz.

Giren atıkların kalorifik değeri ortalama 8000 kJ/(kg ham atık) olarak kabul edildiğinde 1,67 kWh/(kg giren atık) mertebesinde enerji kazanılabilir

$140\,000 \text{ ton atık/yıl} \times 8000 \text{ kJ/kg atık} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 1 \text{ kcal/4,18 kJ}$
 $= 267,95 \times 10^9 \text{ kcal/yıl} = 30\,588\,000 \text{ kcal/h}$ ısı elde edilecektir.

140 000 ton atık/yıl x 1,67 kWh/kg atık x 1000 kg/ton = 233,8 x 10⁶ kWh/yıl enerji elde edilecektir.

$\eta_{\text{çevrim}} = \% 45$ kabul edilirse 105,21 x 10⁶ kWh/yıl elektrik enerjisi elde edilir.

100 m²'lik bir konutun ısı ihtiyacının 10 000 kcal/h olduğu düşünülürse,
(30 588 000 kcal/h) / (10 000 kcal/h) = 3059 konutun ısı ihtiyacı karşılanmış olur.

Ortalama olarak bir konutun yıllık 3600 kWh elektrik ihtiyacı olduğu düşünülürse,
(105,21 x 10⁶ kWh/yıl) / (3600 kWh/yıl) = 29 225 konutun elektrik ihtiyacı sağlanmış olacaktır.

3.5. Katı Atık Yakma Tesisinin Tahmini Yatırım ve İşletme Giderleri İçin Hesap Örneği

Aşağıdaki çizelgede yıllık 140 000 ton atık kapasiteli evsel atık yakma tesisi için tahmini hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 3.5. Kırıkkale evsel katı atık yakma tesisi için yatırım ve hesap örneği

Proje ismi:		Kırıkkale Evsel Katı Atık Yakma Tesisi	
Kapasite		140000 t/yıl	
1. Sabit giderler			
1.1. Yatırım giderleri	Kredi süresi	Faiz oranı	Toplam maliyet
		(%)	(Euro)
Mekanik ekipman	20	8	60000000
Elektroteknik ekipman	20	8	16500000
İnşaat kısmı	20	8	20000000
Ücretler	20	8	6500000
Yıllık kredi ödeme katsayısı		0,13	
Toplam			103000000
1.2. Diğer sabit maliyetler			Yıllık gider (Euro)
Bakım ve tamirat			
- Mekanik ekipman	Mekanik ekipman için yapılan yatırımın % 4'ü		2400000
- Elektroteknik ekipman	Elektroteknik ekipman için yapılan yatırımın % 1,5'i		247500
- İnşaat kısmı	İnşaat için yapılan yatırımın % 1'i		200000
Vergiler	Toplam yatırımın % 1'i		1030000
Sigorta giderleri	Ücretler hariç toplam yatırım maliyetinin % 0,3'ü		289500
	Personel	Ücret (Euro/ay)	
Personel giderleri	50	750	37500
İdare	Personel giderlerinin % 5'i		1875
Toplam			4206375
2.0. Değişken Maliyetler			
Yedek parçaları	Toplam bakım/ tamirat giderlerinin % 5'i		142375
	birim	birim/ t atık	birim fiyatı
			(Euro/birim)
Yakıt	kg	4,6	0,2
Kullanma suyu	m3	2	0,5
İçme suyu	m3	0,05	0,5
Kireç	kg	4,6	0,06
Amonyak çözeltisi	kg	4	0,15
Cüruf bertarafı	t	0,291	15
Alçı bertarafı	kg	9,3	0,005
Filtre atıklarının bertarafı	kg	20	0,18
Tuz ve çamur bertarafı	kg	4,6	0,5
Toplam			1980925
3. Toplam Gider			19577300
4. Gelirler			
	birim	birim/t atık	birim fiyatı
			(Euro/birim)
H2SO4satışı	t	0,016	20
Hurda metal satışı	t	0,033	30
Cüruf satışı	t	0	2
Isı satışı	kWh	450	0,015
Elektrik satışı	kWh	280	0,06
Toplam gelirler			3480400
Bilanço (giderler - gelirler)			16096900
Birim maliyeti (Euro/ t ham atık)	114,977857		

Yukarıdaki çizelgede yer alan birim bazında sarfiyat ya da atık üretimi ile ilgili bilgiler, ortalama değerlerdir. Bunlar, ilk tahmini yürütmek için kullanılabilir fakat kapsamlı bir fizibilite çalışmasının gereğini ortadan kaldırmaz. Yıllık ödeme katsayıları, kredinin süresi ve faizine göre değişir [11].

Yıllık ödeme katsayısı, yıllık %8 faizle 20 yıl vadeli kredi kullanılacağı öngörülerek bulunmuştur. Toplam yıllık sabit gideri hesaplamak için toplam maliyet ile kredi ödeme katsayısı çarpılmıştır. Bilanço, toplam giderlerden toplam gelirlerin çıkarılmasıyla bulunmuştur. Bir ton atığın birim maliyeti bilançonun toplam atık miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Bir ton atığın birim maliyeti yaklaşık olarak 115 Euro olarak bulunmuştur. Tesise getirilecek atıklar için ton başına 200 Euro atık bertaraf etme bedeli alınabilir. Böylelikle tesisin işletilmesinde büyük kolaylıklar sağlanmış olur.

3.6. Düzenli Depolama Tesisinin Tahmini Yatırım ve İşletme Giderleri

1997 yılında ÇED raporu onaylanan Adapazarı Belediyesi düzenli depolama tesisi için tahmini olarak 28 735 442 USD proje bütçesi öngörülmüştür. Katı atık düzenli depolama tesisinin işletme giderleri için de ilk 3 yıl için 300 000 USD, ikinci 3 yıl için 350 000 USD, daha sonrası için de 400 000 USD olarak kabul edilmiştir [4].

Toplam 326 198 kişilik bir nüfusa sahip olan Adapazarı ili için öngörülen bu rakamlar, toplam 383 500 kişilik nüfusa sahip Kırıkkale'de inşa edilecek düzenli depolama tesisi için referans olarak kabul edilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırıkkale ve ilçelerinde evsel katı atıklar, düzensiz depolama yoluyla bertaraf edilmektedir. Düzensiz depolamada hiçbir önlem alınmadan bir alana dökülen çöpler yeraltı sularını kirletmekte, rahatsız edici kokulara, yangınlara neden olmakta, sinek, fare vs. gibi problemler doğurmakta, buradan beslenen kuş, köpek gibi hayvanlar bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebebiyet vermekte, rüzgarla uçuşan kağıt, plastik, poşet gibi hafif maddeler geniş alanlara yayılmakta, dolayısıyla çağdaş bir görüntü oluşturmamakta, doğaya ve çevreye zarar vermektedir. Kırıkkale Belediyesi ve diğer ilçe belediyeleri, bu nedenlerden dolayı düzensiz depolamadan vazgeçerek eski çöp sahalarını rehabilite etmeli, en uygun teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesini sağlamalıdır.

Atıkların toplanması sırasında sokaklarda kontrolsüz ayıklama faaliyetleri yapılmaktadır. Bunların önüne geçebilmek için sistematik bir metot ile değerlendirilebilir atıklar ile organik atıkların kaynağında ayrı toplanması ve halkın atıklarını bu sisteme uygun bir zamanlama ile dışarı çıkarması sağlanmalıdır. Geri kazanılabilecek maddelerin vatandaşlar tarafından ayrı olarak biriktirilmesi ve toplama öncesinde atıkların kapalı olarak muhafaza edilmesi gibi önlemler de istenmeyen ayıklama işlemlerinin engellenmesine yardımcı olacaktır. Atık sorununun çözümünde en önemli unsur yerel yönetimin halk katılımı konusundaki kararlılığı ve başarısıdır. Bu da eğitimle sağlanmalıdır.

Katı atık yönetim sisteminin başarı ile uygulanabilmesi büyük ölçüde halkın katılımına bağlıdır. Vatandaşların; atıkları ayırmak, depolamak ve gerekli yerlere bırakmak noktasında gösterecekleri istek ve gayret, sistemin etkili ve başarılı olması için gerekli en önemli faktördür. Katı atık yönetim problemleri yalnızca teknoloji ile ilişkilendirilemez, aynı zamanda vatandaşların yaklaşım ve davranışlarında da değişim gerektirir. Bu konuda halkın bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Katı atık yönetimi konusunda bilinçlenmenin

sağlanması için uygulanacak yöntemin, yaşam kalitesini artırmaya yönelik olarak da geniş bir yelpazede toplumsal değişimi hedefleyen çok yönlü bir kampanya dahilinde sunulması daha etkili olacaktır.

Geri kazanılacak malzemenin satışından elde edilecek gelirin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesi önemli bir husustur. Bu amaçla elde edilen atığın miktar ve fiziksel bileşimi hakkında çok iyi bilgi sahibi olmak ve ayrıntılı pazar etütleri yapmak gereklidir. Geri kazanım yoluyla elde edilecek gelirlerin hijyenik bir atık yönetim sistemini işletmek için yapılacak harcamaları karşılaması beklenemez. Bununla birlikte iyi işletilen sağlıklı ve modern bir ayıklama tesisi, kendi işletme ve bakım maliyetlerini kurtararak az da olsa bir miktar yan gelir elde edebilir.

Şu anda yapılması planlanan düzenli depolama tesisi, Kırıkkale ilindeki katı atık sorununun çevresel ve ekonomik açıdan çözümü için kesin sonuç olmayacaktır. Ayrıca, düzenli depolama tesisinin yapılacağı yerin bazı yerleşim yerlerine yakın olması nedeniyle burada yaşayanlar için ciddi riskler taşımaktadır. Deponi sahasının kriterlere uygun nitelikte olması gerekir. Deponi yerinde hidrolik, hidrojeolojik ve jeolojik araştırmalar detaylı olarak yapılmalıdır. Deprem ve göçüklere karşı gerekli tedbirler alınmalıdır. Sızıntı sularının yeraltı suyuna geçişinin önlenmesi için geçirimsizliğin çok iyi sağlanması gerekir. Biriken deponi gazının patlayarak çevreye zarar vermemesi için toplama sistemleri döşenmeli ve bu gaz ya kontrollü olarak atmosfere verilmeli ya da enerji sistemi için değerlendirilmelidir. Deponi sahasının ömrü bitince, saha kapatılmalı ve bu alan değerlendirilmelidir.

Yakma yöntemi, düzenli depolama yöntemi ile karşılaştırılınca, oldukça pahalı bir yöntemdir. Ancak üretilen enerji sayesinde bu yatırımın geri dönüşü mümkün olmaktadır. Düzenli depolama yöntemine nazaran bu tesislere yapılan yatırım geri kazanılabilmektedir. Düzenli depolama yönteminde yapılacak yatırımın geri dönüşümü yok denecek kadar azdır. Katı

atık yakma tesisinde üretilecek elektrik ve buhar ile belediyenin elektrik ve ısı ihtiyacı karşılanabilir.

Çevresel olarak da yakma yöntemi düzenli depolamaya nazaran daha az riskler taşımaktadır. Yakma yönteminin çevre için en büyük riski yakma sonucunda oluşan hava kirleticileridir. İyi bir baca gazı arıtma sistemi ile bunun önüne geçilebilmektedir. Katı atık yönetiminde termal prosesler kullanılması durumunda proseslerde meydana gelen baca gazı ve katı atık gibi kirleticiler uygun teknolojiler kullanılarak ulusal ve uluslararası sınırlar arasında tutulmaktadır.

Hem çevre ve insan sağlığı açısından hem de yeni bir enerji kaynağı olması sebebiyle yakma tesislerinin sayısı daha da artacaktır.

2005 yılında, Avrupa Birliği üyesi ülkelerde düzenli depolama alanlarının faaliyetine son verilmiş ve atıkların yalnızca termal prosesler kullanılarak bertaraf edilmesi zorunlu hale gelmiştir. Yakma konusundaki teknoloji her geçen gün ilerlemektedir. Bu nedenle bazı lobilerin ellerinde kalan eski teknolojileri ülkemize satmak amacıyla sürekli olarak belediyelerimize düzenli depolama yöntemini tavsiye etmeleri ise düşündürücüdür. Kendi ülkelerinde kullanmadıkları teknolojileri, ülkemize -geçmiş yıllarda başka alanlarda yaptıkları gibi- pazarlamaya çalışmaktadırlar.

Kompostlama, atık kompozisyonunda bulunan kimyasal ve deterjan maddelerin uzaklaştırılmasının çok zor olduğundan dolayı oluşabilecek kanserojen etkinin insan sağlığına doğrudan etkili olabileceği sebebiyle önerilmemektedir.

Sonuç olarak Kırıkkale iline evsel katı atık yakma tesisi kurulması ve elektrik üretimi ile bölgesel ısıtma düşünülmelidir. Sadece, yakılması uygun olmayan ve tesisten çıkan atıklar düzenli depolama tesisine götürülmelidir. Katı atık yakma tesisi, çevre iller ile bir birlik kurulması suretiyle sadece Kırıkkale ili

için değil diğer komşu illere de hizmet edecek şekilde planlanmalıdır. Böylelikle Kırıkkale’de ve çevresinde tam bir katı atık yönetimi oluşturulmuş olacaktır. Kaynağında ayrı toplanacak atıkların, öncelikle geri dönüşümle ekonomiye kazandırılması daha sonra da geri kazanımı mümkün olmayan atıklardan yakılarak enerji elde edilmesi hedeflenmelidir.

Yapılan bu çalışma ile, katı atık istatistiki verileri kullanılarak bir evsel katı atık yakma tesisi etüdü yapılmıştır. Bu alışma sonucunda, Kırıkkale ilinde bir yılda üretilen atıkların termal prosesler kullanılarak değerlendirilmesi sonucunda 30 587 000 kcal/h lik bir ısı üretilebileceği öngörülmektedir.

100 m²’lik bir konutun ısı ihtiyaının 10 000 kcal/h olduğu dşnlrse üretilecek ısı enerjisi ile yaklaşık olarak 3059 konutun ısınma ihtiyaının karşılanabileceği bulunmuştur.

Ortalama olarak bir konutun yıllık 3600 kWh elektrik ihtiyaı olduğu dşnlrse üretilecek elektrik enerjisi ile yaklaşık olarak 29 225 konutun elektrik ihtiyaı sağlanmış olacaktır.

Kojenerasyon sistemiyle çalışan bir tesis kurulduğu taktirde aynı zamanda hem buhar hem de elektrik enerjisi üretilebilecektir. %100 kojenerasyon yapılması durumunda, üretilen enerjinin %40’ı elektrik üretimi için kullanılabilir. Merkezi ısıtma ihtiyaının düşük olduğu yaz aylarında, enerjinin tümü elektrik olarak kullanılır.

KAYNAKLAR

1. Devlet Planlama Teşkilatı, “VIII. Beş yıllık kalkınma planı içme suyu, kanalizasyon, arıtma sistemleri ve katı atık denetimi özel ihtisas komisyonu raporu”, **DPT:2503, Ankara**, 84 (2000).
2. Aksoy, T., “Katı-sıvı atık yakma tesisinin geliştirilmesi ve termodinamik analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 24 (2004).
3. Kamarlı, S., “Isparta yöresindeki katı atıkların enerji potansiyelinin değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, 2 (2003).
4. Özbay, M., “Katı Atık Yönetiminde Mühendislik Sistemleri” **Türkiye Belediyeler Birliği**, Ankara, 19-21, 64, 180, 51, 338-339 (2006).
5. Vesilind, A., “Solid Waste Engineering: Unit Operations in Resource Recovery Engineering”, **Duke University**, 55-75 (1995).
6. Peavy, H.S., Rowe, D.R., Tchobanoglous, G., “Environmental Engineering” **Mc Graw Hill**, New York, 155 (1985).
7. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu “2001 yılı Belediye Katı Atık İstatistikleri Anketi Geçici Sonuçları” <http://www.tuik.gov.tr> (2001).
8. İnternet: Çevre ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı “Katı atıkların geri kazanımı” <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr> (2006).
9. Tchobanoglous, G., Theisen. H., Vigil, S.A., “Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues”, **Mc Graw Hill**, New York, 456 (1993).
10. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu “Katı atık istatistikleri”, <http://www.tuik.gov.tr> (2007).
11. R&R Bilimsel ve Teknik Hizmetler Ltd. Şti., “Katı atık yönetimi stratejisinin uygulanmasına yönelik kurumsal güçlendirme ve teknik destek için hazırlanan rehber”, **R&R, Ankara**, 4-6, 7-12, 20-22, 24, 26, 27-29, 60-61 (2000).
12. Toraman, Ö.Y., Topal, H., “Katı atık ve arıtma çamurlarının değerlendirilmesinde alternatif termal teknolojiler ve uygulamaları”, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 18 (1): 19-33 (2003).
13. Schmidt, E. “Energienutzung bei der thermischen Abfallbehandlung” **Verlag**, Berlin, 125 (1994).

14. Bischoff, M., Schmidt, E., "Wasser- Dampf- Kreislauf", **Verlag**, Berlin, 118 (1994).
15. Ministry of Environment and Energy/Danish Environmental Protection Agency, "Waste Management in Denmark", **DEPA, Denmark**, 130 (1997).
16. Belgium OVAM, "Ontwerp Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen" 1997-2001, **OVAM, Belgium**, 160 (1996).
17. Schmitt, J., "Waste Management in the Context of Europe; the German situation;" , **NVRD congress**, Germany, 78 (1997).
18. Topal, H., "Evsel ısıtmadan kaynaklanan SO₂ emisyonunun azaltılmasında kireç ve kireç-melas karışımının kullanılması", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 15 (1): 15-29 (2000).
19. Ernst&Sohn, "Abfallwirtschaft / Abfalltechnik Siedlungsabfälle" Tabasaran O., **Verlag**, Berlin, 240 (1994).
20. Ekoplan Ltd. Şti., "İzmit Greater Metropolitan Municipality Concept Development and Consulting for Formation of a Waste Management and Plant Operation", **Ekoplan, İstanbul**, 56 (1996).
21. Williams, P.T., "Waste treatment and disposal", **John Wiley&Sons Ltd.**, England, 290 (2000).
22. İnternet: Kırıkkale Valiliği, "Kırıkkale ili nüfusu" <http://www.kirikkale.gov.tr> (2007).
23. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Kırıkkale Atıksu ve Atık Yönetimi Fizibilite Ön Etüdü" **Çevre ve Orman Bak., Ankara**, 11 (1998).
24. Kırıkkale Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, "Kırıkkale İl Çevre Durum Raporu", **Kırıkkale Çevre Orman Müd., Kırıkkale**, 112 (2004).
25. Kırıkkale Belediyesi "Katı Atık Düzenli Depolama Sahası ihale şartnamesi", **Kırıkkale Beld., Kırıkkale**, 8 (2005).

EKLER

EK-1 Kırıkkale vahşı çöp depolama sahasının görünümü



Resim 1.1. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası



Resim 1.2. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası

EK-1 (Devam) Kırıkkale vahşı çöp depolama sahasının görünümü



Resim 1.3. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası



Resim 1.4. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası

EK-1 (Devam) Kırıkkale vahşı çöp depolama sahasının görünümü



Resim 1.5. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası



Resim 1.6. Kırıkkale vahşı çöp depolama sahası

EK-2 Yapılması planlanan düzenli depolama sahasının görünümü



Resim 2.1. Yapılması planlanan düzenli depolama sahasının yeri



Resim 2.2. Yapılması planlanan düzenli depolama sahasının yeri

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYALAK, Tuğrul Çağrı
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri: 18.05.1980 Kırıkkale
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 326 84 20
 Faks : 0 (312) 479 53 10
 e-mail : cagrikayalak@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Fırat Üniversitesi/ Çevre Mühendisliği Bölümü	2003
Lise	Kırıkkale Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-	Belemir Çevre Ltd. Şti.	Şirket Müdürü
2004-2005	Selin İnşaat Ltd. Şti.	Teknik Müdür
2003-2004	Fernas İnşaat Ltd. Şti.	Çevre Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Kayalak, T.Ç., "Sürdürülebilir Çevre Bilinci", Çevre Sorunlarına Öğrenci Yaklaşımları Sempozyumu, Mersin, 01.05.2003.

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Futbol, Basketbol, Atlı sporlar