

**T.C.**  
**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**KAMU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**  
**YEREL YÖNETİMLER BİLİM DALI**



**KATI ATIK YÖNETİMİ VE EKONOMİYE GERİ**  
**KAZANDIRILMASINDA YENİ UYGULAMALAR:**  
**TRABZON ÖRNEĞİ**

**Mehmet Hanefi TOPALOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Kasım 2020**

**TRABZON**

**T.C.**  
**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**KAMU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**  
**YEREL YÖNETİMLER BİLİM DALI**

**KATI ATIK YÖNETİMİ VE EKONOMİYE GERİ**  
**KAZANDIRILMASINDA YENİ UYGULAMALAR:**  
**TRABZON ÖRNEĞİ**

**Mehmet Hanefi TOPALOĞLU**

**Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Cengiz ÖZGÜN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Kasım 2020**

**TRABZON**

## TEZ ONAY FORMU

Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yerel Yönetimler Bilim Dalı tezli yüksek lisans programı öğrencisi Mehmet Hanefi TOPALOĞLU tarafından Dr. Öğretim Üyesi Cengiz ÖZGÜN yönetiminde hazırlanan “**Katı Atık Yönetimi ve Ekonomiye Geri Kazandırılmasında Yeni Uygulamalar: Trabzon Örneği**” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 16.11.2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve **Oy Birliği / Oy Çokluğu** ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi		Karar		İmza
Ünvan Ad SOYAD	Görev	Red	Kabul	
Prof. Dr. İhsan ÜNVER	Jüri Başkanı			
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZGÜN	Jüri			
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ASİLTÜRK	Jüri			

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylıyorum.

Prof. Dr. Ersan BOCUTOĞLU  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Katı Atık Yönetimi ve Ekonomiye Geri Kazandırılmasında Yeni Uygulamalar: Trabzon Örneği” konu başlıklı bu tez çalışmasında başından sonuna kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZGÜN’ün bilgisi ve sorumluluğunda tamamladığımı, çalışma esnasındaki tüm bilgileri topladığımı, analiz ve yorumları kendim yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma esnasında bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/11/2020

Mehmet Hanefi TOPALOĞLU

## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanma sürecinin başından sonuna kadar ve yüksek lisans eğitim dönemimde desteğini esirgemeyen, önerileriyle yönlendirmeleriyle bu tezin oluşmasını sağlayan, çalışmam esnasında zorluk çektiğim tüm konularda kendisine ulaşmamda hiçbir engel koymayan ve her türlü bilgiye ulaşmama yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZGÜN'e ve diğer bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin hazırlanması esnasında bana her konuda yardımcı olan ve kurumdaki bilgilere ulaşmamda kolaylık sağlayan Trabzon Büyükşehir Belediyesi ve TRAB-Rİ-KAB kurumundaki mühendislere, aynı zamanda çalışma arkadaşlarım olan Evra Group'taki değerli mühendis ve çalışanlar ile tez çalışma esnasında ve hayatım boyunca bana her zaman destek olan sevgili eşime teşekkür ederim.

Mehmet Hanefi TOPALOĞLU

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÖZET .....	ix
ABSTRACT.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### ATIK YÖNETİMİ

1.1. Problem Durumu.....	3
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
1.3. Çalışmanın Önemi .....	5

### İKİNCİ BÖLÜM

#### ATIKLARIN TOPLANMASI VE EKONOMİYE GERİ KAZANDIRILMASI

2.1. Atık Tanımı.....	8
2.2. Atık Yönetiminin Tanımı ve Kapsamı.....	10
2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminde Atıkların Toplanması.....	15
2.3.1. Atık Toplama .....	17

2.3.1.1. Atık toplama süreci .....	18
2.3.1.2. Geri Kazanım/Geri Dönüşüm.....	18
2.3.1.2.1. Getirtme.....	19
2.3.1.2.2. Alma .....	19
2.3.1.3. Atıkların kaynağında ayrılması .....	20
2.3.1.4. İkili atık toplama .....	21

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### AMBALAJ, AMBALAJ ATIKLARI VE ATIK GETİRME MERKEZLERİ

3.1. Ambalajın Tanımı .....	25
3.2. Ambalaj Atıkları .....	25
3.3. Ambalaj Atık Yönetimi .....	28
3.4. Ambalaj Atıkları Toplama ve Biriktirme Ekipmanları.....	31
3.4.1. İç Mekân Kutuları .....	31
3.4.2. Dış Mekanlarda Konteynerleri.....	31
3.4.3. Sanayi Tipi Konteyner .....	32
3.4.4. Ambalaj Atığı Biriktirme Kumbaraları.....	33
3.4.5. Ambalaj Atıkları Toplama Aracı .....	33
3.5. Ambalaj Atıklarının Sisteme Katılmasında Eğitim .....	34
3.6. Ambalaj Atıklarının Toplanmasında Sokak Toplayıcıları.....	34
3.7. Atık Getirme Merkezleri.....	35
3.7.1. Atık Getirme Merkezlerinin Teknik Özellikleri .....	36
3.7.1.1. Birinci Sınıf Atık Getirme Merkezleri .....	37
3.7.1.2. İkinci Sınıf Atık Getirme Merkezi .....	38
3.7.1.3. Üçüncü Sınıf Atık Getirme Merkezi .....	40
3.7.2. Atık Getirme Merkezlerinin Avantajları.....	40

3.8. Trabzon İlinde Mevcut Durum .....	41
--	----

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **KATI ATIK YÖNETİMİNDEKİ BERTARAF YÖNTEMLERİ**

4.1. Katı Atık Yönetiminde Mevcut Durum .....	45
4.2. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri .....	48
4.2.1. Düzensiz (Vahşi) Depolama .....	49
4.2.2. Katı Atıkların Düzenli Depolaması .....	50
4.2.3. Düzenli Depolama Sahalarının Öğeleri .....	51
4.2.4. Depolama Sahası Tasarımından Önce Yapılacak Çalışmalar .....	52
4.2.5. Katı Atıkların Düzenli Depolanmasında Tesislerin Tasarlanması.....	53
4.2.6. Taban Geçirimsizliğinin Oluşturulması .....	53
4.2.7. Sızıntı Suyu Yönetimi.....	54
4.2.8. Gaz Toplama Sisteminin Tasarımı.....	55
4.2.8.1. Depolama sahasından çıkan gazın özellikleri .....	55
4.2.8.2. Gaz Toplama Sisteminin İşletilmesi .....	56
4.3. Fermantasyon Yönetimi.....	57
4.3.1. Fermantasyon Yöntemleri.....	58
4.3.1.1. Yaş Fermantasyon.....	58
4.3.1.2. Yarı Kuru Sistem.....	58
4.3.1.3. Kuru Sistem.....	58
4.4. Termal Bertaraf Yöntemleri.....	59
4.4.1. Dünya’da Termal Bertaraf Yöntemlerinin Kullanım Durumu .....	60
4.4.2. Eysel Katı Atık Termal Bertaraf Teknikleri .....	61
4.4.2.1. Piroliz.....	61
4.4.2.2. Gazifikasyon .....	61



4.4.2.3. Yakma Yöntemi .....	62
4.4.3. Atığın Yanma Durumu .....	64
4.4.4. Evsel Atığın Isıl Değeri .....	65
4.4.5. Yakma Tesislerinin Çevresel Etkileri .....	65
4.4.5.1. Atık Isı.....	65
4.4.5.2. Kül.....	66
4.4.5.3. Hava Kirleticileri.....	68

## **BEŞİNCİ BÖLÜM**

### **TRABZON İLİNDE OLUŞAN KATI ATIKLARIN GAZLAŞTIRMA PROJESİ İLE ETKİSİZ HALE GETİRİLMESİ**

5.1. Trabzon’da Termal Projesi Uygulama Amacı .....	69
5.2. Katı Atık Birliği Kurumsal Yapısı.....	73
5.3. Nüfus Tahminleri ve Atık Miktarları.....	74
5.4. Atık Karakterizasyonu .....	75
5.5. Kurulan Gazlaştırma Tesisi ve Özellikleri.....	82
5.5.1. Mekanik Ayırma Tesisi.....	83
5.5.2. Gazlaştırma Tesisi ve Yöntemi .....	86
5.5.3. ORC Teknolojisi .....	88
5.5.4. Gazlaştırma Teknolojisinin Çevresel Faydaları.....	89
SONUÇ.....	90
KAYNAKLAR .....	97
EKLER.....	102
ÖZGEÇMİŞ .....	106

## ÖZET

İnsanların yaşadıkları süre boyunca ürettikleri tüm atık malzemelerinin yok edilmesi veya ortadan kaldırılması kentlerin en önemli problemlerinin başında sayılabilir. Günümüze kadar değişik ülkelerde bu sorunu çözmek için kullanılan çözümler, çevre ve insan sağlığını önemsemeyen teknolojilerden oluşması sebebiyle çok başarılı olamamıştır. Bunun nedenlerini insanların çok para kazanma hırısı, kullanılan teknolojilerin insan sağlığını hiçe sayması ve çevreye olan duyarsızlık olarak değerlendirebiliriz; ancak bunun yanında son yıllarda katı atıkların bertarafı konusunda çevre dostu olarak tanımlayacağımız pek çok araştırmalar yapılmıştır. Bu teknolojik çalışmalarla, atıkların sorun olmaktan çıkıp bir gelir kapısı halinde ekonomiye kazandırılması için önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Bu çalışmada da katı atıkların en iyi yöntemle bertaraf edilmesi üzerinde çalışma yapılmış ve değerlendirilmiştir. Katı atıkların bertaraf edilmesi için birçok teknoloji mevcuttur. Atığın içeriğine bağlı olarak değişik teknolojiler kullanılmaktadır. Gazlaştırma teknolojisinin uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik avantajları diğer teknolojilere göre daha fazladır. Doğu Karadeniz Bölgesinde atığın niteliğine bağlı olarak gazlaştırma teknolojisinin uygun olabileceği, insan ve çevreye daha yararlı olacağı kanaatiyle bu teknolojinin seçilmesinde etkili olmuştur.

Tezin birinci bölümünde katı atık ile ilgili problemler ortaya konulmuştur. Çalışmanın amacı ve önemi üzerinde durularak katı bertarafıyla insanların sağlıklı bir çevre içinde olmalarının gerekliliği ile yaşam kalitelerinin artacağı belirtilmiştir. İkinci bölümde katı atık ile ilgili tanımların açıklaması ve kapsamı üzerinde durulmuştur. Katı atıkların nasıl toplanması gerektiği ve ekonomiye geri kazandırılmasındaki elde edeceğimiz faydalar üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde ambalaj atıkları ve atık getirme merkezlerinin katı atık yönetiminin içindeki önemi, özellikleri, nasıl uygulandığı ve atık yönetimi içinde yeri ve önemi üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde katı atık yönetiminde mevcut durum açıklanmış ve bertaraf yöntemleri olan düzenli depolama, yakma ve fermantasyon sistemleri ele alınarak bu sistemlerin çalışma prensipleri hakkında araştırmalar yapılmış ve bilgilendirme yapılmıştır. Beşinci bölümde ise Trabzon bölgesinde atık karakterizasyon çalışmaları, nüfus hesaplamaları ve kalorifik değer

sonuçları kullanarak, termal yöntem uygulamalarından bir tanesi olan gazlaştırma sisteminin Trabzon için uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu sistemin başarılı ve uygulanabilir olması için toplama sistemlerinin nasıl olması gerektiği, merkezi hükümet, sivil toplum kuruluşları, yerel idareler ve atık üretenlerin neler yapması gerektiği üzerinde durulmuştur. Sonuç ve önerilerle de tez yazarının katkısının ne olduğu ve atıkların ekonomiye kazandırılmasındaki yaklaşımı belirtilmiştir.

Entegre katı atık yönetimi içindeki bu çalışma ile Trabzon için gazlaştırma sisteminin hangi koşullarda uygulanması gerektiği ve bu sistemin uygulanması neticesinde çevreye ve insan sağlığına sağlayacağı avantajlar belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** evre, Katı Atık, Gazifikasyon, Yakma, Bertaraf.

## ABSTRACT

The destruction or disposal of all waste materials produced by people during their lifetime can be considered as one of the most important problems of cities. The solutions used to solve this problem in different countries until today have not been very successful due to the technology that does not care about the environment and human health. We can evaluate the reasons for this as the ambition of people to make a lot of money, the disregard of the technologies used in human health and the insensitivity to the environment; However, in recent years, many studies have been conducted on the disposal of solid wastes, which we can define as environmentally friendly. With these technological studies, important developments are taking place in order to bring waste to the economy as a source of income instead of being a problem. In this study, a study was carried out and evaluated on the disposal of solid wastes with the best method. There are many technologies available for solid waste disposal. Different technologies are used depending on the content of the waste. The applicability and sustainability advantages of gasification technology are more than other technologies. In the Eastern Black Sea Region, depending on the nature of the waste, gasification technology may be appropriate and it has been effective in choosing this technology with the belief that it will be more beneficial for people and the environment.

In the first part of the thesis, problems related to solid waste are presented. By emphasizing the purpose and importance of the study, it was stated that the quality of life of people will increase with the necessity of a healthy environment with solid disposal. In the second part, description and scope of definitions related to solid waste are emphasized. It is emphasized how solid wastes should be collected and the benefits we will gain in recycling them to the economy. In the third chapter, the importance of packaging waste and waste collection centers in solid waste management, their characteristics, how they are applied and their place and importance in waste management are emphasized. In the fourth chapter, the current situation in solid waste management has been explained and by taking into consideration the disposal methods of landfill, incineration and fermentation, researches have been made and information has been given on the working principles of

these systems. In the fifth chapter, by using waste characterization studies, population calculations and calorific value results in Trabzon region, the applicability of the gasification system, which is one of the thermal method applications, for Trabzon was investigated. It was emphasized how the collection systems should be in order for this system to be successful and applicable, what should the central government, non-governmental organizations, local administrations and waste generators do. With the results and suggestions, the contribution of the thesis writer and his approach in recycling the waste to the economy are stated.

With this study in integrated solid waste management, the conditions under which the gasification system should be applied for Trabzon and the advantages it will provide to the environment and human health as a result of the implementation of this system have been stated.

**Keywords:** Environment, Solid Waste, Gasification, Incineration, Disposal.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1:</b> EPA Modeli Atık Yönetim Hiyerarşisi.....	11
<b>Şekil 2:</b> Entegre Katı Atık Yönetimi Akım Diyagramı.....	14
<b>Şekil 3:</b> Kentsel Katı Atık Biriktirme Ekipmanları.....	17
<b>Şekil 4:</b> Pnömatik Atık Toplama Örneği.....	17
<b>Şekil 5:</b> Kaynağında Ayrılabilir Atıklar .....	21
<b>Şekil 6:</b> İkili Atık Toplama Konteynerleri .....	22
<b>Şekil 7:</b> Balyalanmış Ambalaj Atıkları .....	30
<b>Şekil 8:</b> İç Mekan Kutuları.....	31
<b>Şekil 9:</b> Dış Mekan Ambalaj Konteynerleri.....	32
<b>Şekil 10:</b> Sanayi Tipi Biriktirme Konteynerleri .....	32
<b>Şekil 11:</b> Ambalaj Atığı Kumbaraları .....	33
<b>Şekil 12:</b> Ambalaj Atığı Toplama Aracı .....	34
<b>Şekil 13:</b> Sokak Toplayıcıları.....	35
<b>Şekil 14:</b> Birinci Sınıf Atık Getirme Merkezi .....	38
<b>Şekil 15:</b> İkinci Sınıf Atık Getirme Merkezi.....	40
<b>Şekil 16:</b> Ortahisar Belediyesi Yeraltı ve Yerüstü Konteynerleri.....	43
<b>Şekil 17:</b> Ortahisar Belediyesi Ambalaj Atığı Konteynerleri .....	43
<b>Şekil 18:</b> Katı atıkların düzensiz depolanması .....	49
<b>Şekil 19:</b> Düzenli Depolama Tesisinin Öğeleri.....	51
<b>Şekil 20:</b> Kuru Fermantasyon Gösterimi .....	59
<b>Şekil 21:</b> Gazlaştırma Prosesi .....	62
<b>Şekil 22:</b> Fosil Yakıt ve KKA Yakma Tesislerinde Tipik Olarak Kullanılan Soğutma Kuleleri .....	66
<b>Şekil 23:</b> Yapılan Karakterizasyon Çalışması Sonuçları .....	78
<b>Şekil 24:</b> Yapılan Karakterizasyon Çalışması Görüntüleri .....	79
<b>Şekil 25:</b> Entegre Tesis Akım Şeması.....	83
<b>Şekil 26:</b> Mekanik Ayırma Tesisi İş Akım Şeması.....	84
<b>Şekil 27:</b> Mekanik Ayırma Tesisi ve ATY Tesis Görünümü.....	86
<b>Şekil 28:</b> Gazlaştırma Tesisi Görüntüsü.....	86

**Şekil 29:** Proses Üniteleri ve Süreç Akışlarını Gösteren Enerji Gazlaştırma İşlemi ..... 87

**Şekil 30:** Türbin Tesis Görünümü..... 88



## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1:</b> Organik Atıklar .....	22
<b>Tablo 2:</b> Trabzon İli 2018 Yılı Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Verileri .....	30
<b>Tablo 3:</b> Depolama Sahası Gaz Bileşenleri .....	56
<b>Tablo 4:</b> Dünyada Enerji Üretimine Yönelik Kurulan Yakma Sistemleri .....	60
<b>Tablo 5:</b> Yakma ve Piroliz Karşılaştırılması .....	61
<b>Tablo 6:</b> Kentsel Atıkların Yanma Reaksiyonu Sonucunda Oluşan Ürünler .....	63
<b>Tablo 7:</b> Piroliz, Yakma ve Gazlaştırma Sistemlerinin Temel Özellikleri .....	64
<b>Tablo 8:</b> Tipik bir KKA Külünde Bulunan Maddeler .....	67
<b>Tablo 9:</b> Uçucu ve Dip Küllerinin Birleşiminde Bulunan Toplam Metal Miktarları .....	67
<b>Tablo 10:</b> Trabzon'a Ait Yıllık Atık Miktarları ve Birim Atık Oluşum Verileri .....	74
<b>Tablo 11:</b> Laboratuvar Analizleri Sonuçları .....	81
<b>Tablo 12:</b> Çalışmada Kullanılacak Atık Bileşimi .....	82
<b>Tablo 13:</b> RDF Gazlaştırma Sonrası Baca Gazı Analiz Sonuçları .....	89



## KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ADDDY	: Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
AGM	: Atık Getirme Merkezi
ATY	: Atıktan Türetilmiş Yakıt
BTU	: İngiliz Isıl Birimi
CH <sub>4</sub>	: Metan
cm	: Santimetre
CO	: Karbon Monoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EKAY	: Entegre Katı Atık Yönetimi
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
EU	: European Union(Avrupa Birliği)
H <sub>2</sub>	: Hidrojen
H <sub>2</sub> O	: Su
HCl	: Hidroklorik Asit
HF	: Hidroflorür
J	: Joule (Eneji Birimi)
kg	: Kilogram
KKA	: Kentsel Katı Atık
KW	: Kilovat
mm	: Milimetre
MSW	: Belediye Katı Atığı
NH <sub>3</sub>	: Amonyak

N <sub>OX</sub>	: Azot Oksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen
OECD	: İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
ORC	: Organik Rankine Çevrimi
SO <sub>2</sub>	: Kükürt Di Oksit
STK	: Sivil Toplum Kuruluşları
TOC	: Toplam Organik Karbon
TRABRİKAB	: Trabzon ve Rize İli Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurum
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
%	: Yüzde

## GİRİŞ

Nüfusun hızlı artması nedeniyle, kentlere göç artışı ve kentte yaşam şartlarının insanlara cazip gelmesi sebebiyle atık miktarları günden güne artmaktadır. Ortaya çıkan bu atıklar ile sürdürülebilir ve uygulanan bir atık planı yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk haline gelmiştir. Gerekli tedbirlerin alınmaması halinde, insan ve çevre sağlığı için içinden çıkılmaz bir felaketle karşılaşacağımız kesindir. Bunun için atıkların doğaya zarar vermeden bertaraf edilmesi yaşam kalitesinin artması ve sağlıklı bir yaşam için çok önemlidir. Çevrenin bir sorun olarak insanlığın gündemine girmesiyle çevrenin korunması, insan sağlığına yönelik tehditlerin önlenmesi yönünde çalışmalar üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bu tehdit sadece insanlar için değil doğa ve hayvanlar içinde geçerlidir (Özgün, 2019: 113). Çevre için yapılacak çalışmalar insanların gelecekte yaşam kalitelerinin yükselmesine ve huzurlu yaşamlarına katkı sağlayacaktır. Şehirlerin nüfusunun hızla artması ve tüketim çeşitlerinin çoğalması ile doğal olarak atık miktarları hızlı bir şekilde artmaktadır. Şehirlerde artan bu atıklar, hükümetler ve yerel idareler tarafından gerekli önlemler alınmadığı ve bu alanda gerekli yatırımlar yapılmadığı takdirde, insan ve çevre sağlığı olumsuz etkilenecektir. Bu yatırımlar ve planlamaların yanında kentte yaşayanların çevre bilincinin arttırılması, çevre hassasiyetinin oluşabilmesi için yerel yönetimler tarafından gerekli bilgilendirmeler ve eğitici faaliyetler yapılması gerekmektedir (Sedef, 2016: 1). Bu çalışma esnasında katı atık yönetiminin tanımı, tarihsel gelişimi, katı atık bertarafı konusundaki dünyadaki kullanılan teknolojiler ve ülkemizdeki durum incelenmiştir. Özellikle Trabzon'da katı atık yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve araştırılmıştır. Yapılan çalışmaların çevre ve insan sağlığına katkıları detaylı incelenmiştir.

Kentsel atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı yerel idarelerin sorumluluğundadır. Bu hizmetler katı atık yönetim planı ile titizlikle ve kararlılıkla uygulanması gerekmektedir. Toplumların kalkınmışlık düzeylerine, siyasal ve toplumsal özelliklerine göre farklılık gösteren katı atık yönetimi Türkiye'de yerel yönetimler kapsamında belediyeler tarafından gerçekleştirilmektedir (Güleç Solak ve Pekküçükşen, 2018: Öz). Bu sorunların önemi sebebiyle bir araya gelerek birlikler oluşturarak çözümler

üretmeye başladılar. Bu sebeple Trabzon ve Rize illeri bir araya gelerek birlik kurmuş Trabzon ve Rize illerinin, kentsel katı atık sorunlarının çözümü yönünde önemli adımlar atmışlardır. Bu örnek Türkiye'nin başka bölgelerine de uygulanmaya başlanmıştır. Belediyeler bir araya gelerek katı atık yönetimini tek elden yöneterek oluşabilecek farklı uygulamaların önüne geçerek bölgedeki katı atık sorununu çözmek adına yeni çözümler hayata geçirmek için önemli avantaj elde ettiler. Bu çalışma ile yeni ve uygulanabilir çözümler ortaya konularak insan ve çevre sağlığı ön planda tutulmuştur.



# BİRİNCİ BÖLÜM

## ATIK YÖNETİMİ

### 1.1. Problem Durumu

Trabzon ilinde katı atıkların yönetimi ile ilgili problemler ve bu sorunları çözmek için yapılan çalışmalar, tezler ve çeşitli makaleler incelenmiştir. Buradaki araştırma ve uygulamalar örnek gösterilerek Türkiye'nin değişik yerlerinde uygulanarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir; ancak gelişen teknoloji ile birlikte uygulanan bertaraf yöntemi artık geçerliliğini yitirmiş, yeni teknolojik yöntemler katı atık bertaraf sistemleri ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu araştırmada dünyada kullanılan sistemler incelenmiş, çevre ve insan sağlığını ön planda tutan yöntemler önerilmiştir. Önerilen yöntem ile entegre katı atık sisteminin uygulanabilirliği üzerinde durulmuş, sadece sistemin oluşturulması değil sistemin ayakta kalması ve verimli bir şekilde çalışması üzerinde titizlikle durulmuştur. Katı atık yönetiminde en önemli olan, hem katı atık üreticileri hem de toplama ve bertarafı sorumlu olan yerel yönetimlerin etkinliğidir. Entegre sistem olarak adlandırılan katı atık bertarafı katı atık üreticisinden başlayarak toplama tekniğinden sağlıklı bertarafına kadar olan her bileşeni bir bütün olarak incelemiş ve bu konuda kalıcı önerilerde bulunulmuştur.

### 1.2. Çalışmanın Amacı

Yaşam alanlarının ve çevrenin kirlenmesi tüm canlılar ve doğa için her zaman tehlike oluşturmuştur. İnsanların ürettiği bu atıklar çevrenin kirlenmesine sebep olmuş insan ve çevre sağlığı için en önemli sorun haline gelmiştir. Bu sorunların çözümü için Türkiye'de mutlaka katı atık yönetim planının yanında "Entegre Katı Atık Bertaraf Tesislerinin" kurulması ve hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Dünya nüfusunun hızlı artması, üretimin büyümesi, sanayileşmenin gelişmesi ve tüketim ürünlerinin çeşitlenmesi atıkların çoğalmasına sebep olmuştur. Bu atıklar maalesef insan, hayvan ve çevre sağlığına zarar vermektedir. Onun için bu atıklar çevre sağlığı düşünülerek gelişigüzel bertaraf edilmemelidir. Katı atık yönetim planının amacı da atıkların azaltılması ve atıkların kaynağından bertarafına kadar bir yönetim planı yaparak insan ve çevre sağlığının korunmasıdır. Çevreyi bozan, kirleten ve zararlı hale getiren insan olduğuna göre çevreyi korumak ve bu etkileri azaltmak yine insanların sorumluluğunda olması gerekir. Bunun için çevrenin korunması ve daha sağlıklı yaşam alanlarının oluşması için sadece yöneticilerin değil insanların da çevre bilincine sahip olmaları gerekmektedir (Özgün, 2018: 22).

Çalışmanın amacı, insan ve çevre sağlığını ön planda tutacak şekilde Trabzon ilinde oluşan katı atıkların en iyi ve uygun yöntemlerle bertaraf edilmesidir. Bu yöntem kullanılırken insanların, hayvanların ve doğanın hakları ön planda tutulmuş ve bir olumsuzluk olmaması için en ince ayrıntılar dikkate alınmıştır. Türkiye dışında katı atıklar ile ilgili uygulanan yöntemler her yönüyle incelenmiştir. Türkiye'nin sosyokültürel durumu da göz önüne alınarak ve Doğu Karadeniz'deki katı atık karakterizasyonu da değerlendirilerek en uygun bertaraf yöntemi önerilmeye çalışılmıştır.

Dünyada genel olarak kullanılan yöntemlerin başında düzenli depolama sahaları gelmektedir. Bu yöntem depolama saha alanının alt yapısının çevreye zarar vermeyecek şekilde dizayn edilmiş katı atıkların depolama sistemi ile biriktirilmesidir. Bu biriktirme ile atıklardan biyolojik reaksiyon sonucunda metan ve karbondioksitten oluşan gaz elde edilir. Bu gazdan da gaz türbininde yakılması sonucunda elektrik enerjisi elde edilir. Termal yöntemlerde ise daha pahalı ve daha ileri teknolojiler kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan yakma teknolojisinde atıklar direkt yakılarak veya işlenerek kalorifik değerinin yükseltilmesi ile yakılarak bertaraf edilir ve bunun sonucunda elektrik enerjisi ile ısı elde edilir. Bir başka termal yöntem olan gazlaştırmada ise mutlaka ön proses yani çöpün ayrıştırma işlemi uygulanır ve kalorifik değeri yüksek atıkların (RDF=yanabilir yakıt) nemi belli değerlere getirilerek atıklardan sentez gazı elde edilir. Bu sentez gazı da yakılarak elektrik ve ısı enerjisi elde edilir. Bir başka yöntem olan piroliz ise oksijen vermeden bir

yakma çeşidi olup organik atıkların fiziksel ve kimyasal işlemlerle beraber enerji ürünü elde edildiği yöntemdir.

### 1.3. Çalışmanın Önemi

Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte çevre sorunları dünyanın en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. İnsanların yaşam kalitelerini artırmak ve daha sosyal bir çevrede yaşamak istemeleri doğal bir istek olarak karşılanabilir. Kentsel yaşamda bir arada olmanın gereği de birçok sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bunların başında da çevre sorunları gelmektedir. Bu sorunları çözmek için, etkin çevre politikaları oluşturulması ve uygulanması gerekmektedir. Günümüze kadar ekolojik dengeyi, çevre ve insan sağlığını bozan ve doğal kaynakları olumsuz yönde etkileyen en önemli sorun kaynakların hoyratça kullanımı ve aşırı tüketimdir. Bunun yanında çevresel sorunlara neden olan veya olabilecek şekilde aşırı üretimde sorunların tetiklenmesine neden olmaktadır. Her ne kadar katı atık yönetimi yerel yönetimlerin sorumluluğunda olsa da, ortaya çıkan bu sorun bir bütün olarak değerlendirilip yerel idarelerden çok genel idareleri hatta ulusal devletleri de ilgilendirmektedir; çünkü bir ülkede oluşacak çevresel felaket tüm ülkelerin bundan etkilenmesine sebep olacaktır. Bunun için yerel ve uluslararası çevresel örgütler kurulmakta, çevre bilincinin yerleşmesi ve uygulanması için çaba göstermektedirler. Çevre sorunlarının çevre bilim niteliklerinde uygun incelenmesi ve sorunların çözülmesi için sistematik bir yaklaşım gerekliliği ile olaya yaklaşılması gerekmektedir. Katı atıklar incelenirken “entegre katı atık yönetimi” kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kavramın amacı, atıkların ilk üretildiği yerden son bertaraf edileceği yere kadar olan sürecin iyi yönetilmesi, insan ve çevre sağlığını ön planda tutacak teknolojik metotlar ile atıkların bertarafını sağlamaktır.

Çevrenin kirlenmesini önlemek ve bu kirliliğin insan, hayvan ve doğanın tehdit altında kalmasını kaldırmak için mutlaka çevre yönetim planlarının yapılması gerekmektedir. Elbette uygulanabilir ve sürdürülebilir planlar yapabilmek için ülkenin içinde bulunduğu ekonomik durum önemlidir; ancak her atığın bertarafı için çözümlerin olduğu bir durumda bunları yapmaktan kaçınmak izah edilecek bir durum değildir.

Türkiye’deki katı atık sorununun çözümü, evsel katı atıklardan kaynaklanan kirliliğinin ortadan kaldırmak için “Katı Atık Bertaraf Tesislerinin” kurulup çalışması gerekmektedir.

Nüfus artış hızının fazla olması, sanayinin gelişmesi, üretimin artması ve çeşitlenmesi, tüketimin sürekli bir şekilde artması atığın çoğalmasına sebep olmuştur. Üretilen bazı atıklar çevre ile de uyumu olmamış veya bertarafı zor olduğu için çevreyi kirletmiştir. Atıklar mutlaka düzenli toplanmalı ve gelişigüzel bertaraf edilmemelidir. Atık yönetiminde amaç, atık miktarının azaltılması, atıkların kaynağından ayrı toplanması, yeniden kullanımı, geri dönüşümün olması, geri kazanım ve bertaraf edilmesi esas alınmalıdır.

Geçmişte uygulanan yanlış uygulamalarla insan ve çevre sağlığı açısından büyük risk ve tehlike taşıyan katı atıkların, doğaya gelişigüzel dökülmesi dünyada geçerliliğini kaybetmiştir. Bu alanlar vahşi depolama olarak adlandırılmakta ve ülkeler bundan vazgeçmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Katı atıkların bertarafı konusunda farklı ve yeni teknolojiler geliştirilmekte, mevcutta kullanılmakta olan teknolojiler ise iyileştirilip geliştirilmeye çalışılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde 1970’li yıllardan başlayarak düzenli depolama sahaları ve yakma (termal) teknolojileri katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılmaya başlanılmıştır. 1990 ve 2000’li yıllarda ise gazifikasyon teknolojisi ve anaerobik çürütme teknolojileri atık yönetim sistemleri yeni nesil atık bertaraf yöntemleri içinde yerlerini almaya başlamışlardır (Akpınar, 2006: 1). Düzensiz yani vahşi depolamadan yeni yöntemlere geçilmesi elbette beraberinde büyük maliyetlerde getirmiştir. Bu durumda da katı atıklardan ekonomik olarak gelir elde edilip edilmeyeceği araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışmayla atıklardan gelir elde etmek için araştırmalar yapılmış ve bu atıkların değerlendirilebileceği ortaya çıkmıştır. Atıklardan elde edilebilecek ürünler geri kazanılabilen maddeler, gübre olarak kullanılacak kompost ve enerji çeşitleridir. Enerji atık bertarafında üzerinde en çok çalışılan konuların başında gelmektedir. Çünkü katı atıkların enerji potansiyeli oldukça fazladır. Günümüzde enerji kaynaklarının azaldığı aşikardır. Bunun yanında teknolojik gelişmelere ve nüfusun artmasına bağlı olarak enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır.



Uzaklaştırılması istenen atıkların bir ekonomik değer olarak kullanılması ve geri dönüşümün uygulanması gerekir. Bu gibi çalışmaların hem insan ve çevre sağlığını koruduğu hem de ekonomik değer edilmesine olanak sağlaması sebebiyle desteklenmesi gerekmektedir. Türkiye’de de bu teknolojilerden yararlanılıp hem katı atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi sağlanacak hem de enerji ihtiyacının bir kısmı bu metotlarla karşılanacaktır.



## İKİNCİ BÖLÜM

### ATIKLARIN TOPLANMASI VE EKONOMİYE GERİ KAZANDIRILMASI

#### 2.1. Atık Tanımı

Atığın sözlükteki anlamı kullanım dışı veya faydasız bakiye olarak da ifade edilebilmektedir. Atık, ihtiyaçlarımızı karşılarken; o an için kullanılmayan yada kullanıldıktan sonra istenmeyen bir bakıma kullanmak istemediğimiz, kişi tarafından ekonomik bir değer ifade etmeyen olarak da tanımlanabilir. Avrupa Birliği tarafından da başka bir tanımla sahibi tarafından istenmeyen, atmak istediği veya atılması gereken bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) tarafından “üreticisinin; tüketim, dönüşüm veya üretim amaçları için kullanmadığı, atmak istediği ve/veya atılması gereken ve ürün olmayan madde” olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından da, “sahibinin istemediği, ihtiyacı olmadığı, kullanmadığı, arıtma ve uzaklaştırılması gerekli maddeler” olarak tanımlanmaktadır.

Bir başka ifade ile 02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan ve yürürlüğe giren “Atık Yönetimi Yönetmeliği” ne göre ise atık “Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal” olarak tarif edilmiştir.

Atıklar, insanların yaptıkları çalışmaların yan ürünü olarak da ifade edilir. Muhtevası diğer ürünlerden kalitesiz, değeri olmayan veya değeri çok düşük bir maddedir. Kalitesinin veya değerinin düşük olarak tanımlanması içeriğinin bilinmemesi ile orantılıdır. Atığın ayrıştırılması veya geri dönüşüme tabi tutularak değerlendirilmesi halinde değeri artacağı muhakkaktır. Atığın değeri ayrıştırılmamış olması ile ters orantılıdır. Ne kadar çok ayrıştırılırsa o kadar değer kazanacak ve istenilmeyen bir madde yerine istenilen bir malzeme olarak tanımlanıp değerli hale gelecektir. Atıklar içeriklerine bağlı olarak farklı sınıflandırılabilir;

- Fiziki yapısına göre; gaz, sıvı, katı atıklar,
- Mutfak atığı, ambalaj atığı gibi atıklar,
- Cam, kağıt, metal ve plastik atıklar,
- Yanabilen, kompostlanabilen, geri kazanılabilen atıklar,
- Kentsel, ticari, kurumsal, zirai, endüstriyel atıklar,
- Tehlikeli ve tehlikesiz atıklar.

İşyeri ve evlerden gelen katı atıklar, belediye atığı başka bir ifade ile kentsel katı atık (KKA) olarak tarif edilmektedir. Bu tür katı atıkların katı atık içindeki toplam payı genel olarak %10'dan daha az olduğu ifade edilmektedir. Kentsel katı atık dışındaki diğer katı atık unsurları, tarım ve madencilik atıkları, endüstriyel atıklar, enerji santralleri atıkları, arıtma tesisi çamurları ile inşaat ve yıkıntı atıklarıdır (Öztürk vd., 2019: 2).

Katı atıklar aşağıdaki maddeleri bulundurmaz;

- Evsel atıklar,
- Geri dönüşümü mümkün olan atıklar (karton, kutular, plastik malzemeler, metal kutular gibi),
- Konutlardan çıkan tehlikeli atıklar, ampuller, pil, boya kutuları vb.
- İş yerleri, okullar ve diğer kamu kurumların oluşturduğu atıklar,
- Evsel içerikli endüstriyel atıklar,
- Pazar, bahçe, hal yerinden çıkan atıklar,
- Sokak, kaldırım ve meydanlarda süpürmeden gelen atıklar,
- Büyük hacimli atıklar, mobilya, beyaz eşya gibi.

Katı atık ifadesi dışında kabul edilen atıklar ise;

- İnşaat, hafriyat atıkları,
- Su ve atık su arıtma tesislerindeki çamurlar,
- Elektrik ve elektronik aletler, cihazlar,
- Hurda arabalar, lastikler ve özellik gerektiren diğer hacimli atıklar,

- Hastaneden kaynaklı tıbbi atıklar.

Katı atıkların toplama, taşıma ve bertarafı iyi yönetilmediği takdirde insan ve çevre sağlığını tehlikeye sokabilir. Onun için optimal katı atık yönetimi ile atıkların değerlendirileceği düşünülebilir. Atıkların içerikleri ve değerleri coğrafi konum, sosyoekonomik durum, iklimsel ve mevsimsel olarak değişiklik gösterir. Bu değişiklik şehirlerarası farklılık göstereceği gibi ülkeler arası da farklılık gösterebilmektedir.

İnsanlar kişisel ihtiyaçlarının giderilmesinin yanında yaşamı boyunca atık üretmektedir. Sadece insanın kişisel durumundan kaynaklı atıklar yoktur, bunun yanında sanayinin gelişmesi, tarım, turizm, inşaat, enerji, hizmet faaliyetlerinden de değişik atıklar ortaya çıkmaktadır. İnsanın atık üretmesi doğal bir olaydır. Atığın ilk kaynağından bertarafına kadar geçen süre içindeki zaman, insan ve çevre sağlığını tehlikeye sokacağı için tehlikeli atık olarak nitelendirilir. Bu atıkların bir kısmı değerlendirilip ekonomiye kazandırılırken bir kısmı da çevreye zarar vermeden bertaraf edilmektedir.

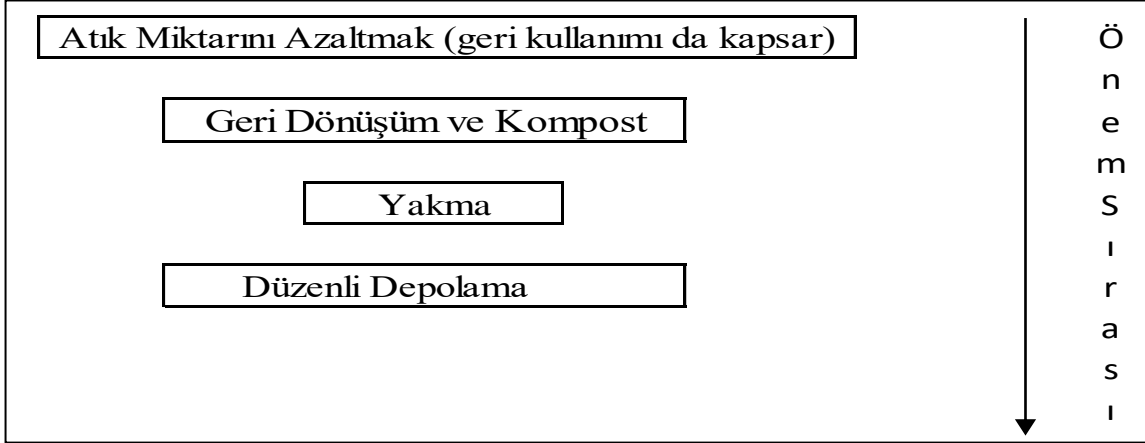
İyi bir atık yönetimi olarak tanımlanan yönetme şekli; atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, geri dönüşüm yapmak ve enerji elde etmek esas alınmaktadır. Yine de hiçbir ekonomik değeri olmayan ve değerlendirilemeyen atıklar da çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmelidir. Bu durum maddi kazancı olmadığı için maddi kaynak ve teknolojiye kaçmak insan ve çevre sağlığı için bunu yapmamak akılcı bir yaklaşım değildir.

## **2.2. Atık Yönetiminin Tanımı ve Kapsamı**

Atık yönetimi; oluşmuş olan atıkların insan sağlığını ve çevreyi tehdit etmeyecek şekilde, zararlarını da en aza indirecek ve halkın atıkların azaltılması ve geri dönüşüm ve tekrar kullanımı konusundaki eğilimlerin yönetilmesini amaçlar. Bu amaca ulaşmak atık üretiminin azaltılması ile olur. Bu da üretim yapan tesislerin yapılacak iyileştirmeler ile hammadde kullanımını ile ilişkilidir. Katı atık yönetimi birçok farklı teknolojiler kullanılarak birlikte çalıştığı bir sistemdir (Karakaya, 2008: 5).

Katı atık yönetimi alanı içinde çalışan şirketler, yöneticiler ve uzmanlar gün geçtikçe kendilerini teknolojik olarak geliştirmekte en optimal sistemleri hayata geçirmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Yerel belediyeler başta olmak üzere katı atık üzerine konferanslar, sempozyumlar düzenlenmektedir. En akılcı ve en verimli sistemler aranmakta ve bunları hayata geçirmek için çalışmalar yürütülmektedir. Entegre atık yönetimi olarak ifade edilen yöntem atığın kaynağından toplanmasından başlayıp atığın bertarafına kadar olan sürecin tamamını kapsamaktadır. Entegre atık sistemi birbirinden bağımsız çalışmayıp tüm bölümleri birbirini tamamlayıcı özelliğe sahiptir. Bu özelliği sistemin daha verimli işlemesini, olumsuz etkilerden etkilenmemesini sağlamaktadır. Bu sebeple atık yönetiminin sürdürülebilmesi ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması çok önemlidir. Türkiye’de ve başka ülkelerde atık yönetim planı temelde birbirine benzer. ABD Çevre Koruma Ajansı ( EPA) entegre atık yönetiminde de önem sırasına göre Şekil 1’deki gibi sıralanmaktadır. Aynı zamanda atık yönetim sisteminde uyulması gerekenleri göstermektedir (Aynur, 2011: 5).

**Şekil 1: EPA Modeli Atık Yönetim Hiyerarşisi**



**Kaynak:** Karakaya, 2008: 7.

Entegre atık yönetiminde atığı bertaraf etmeden atığı ilk kullanımında azaltmak, doğal kaynakları ve enerji kaynaklarını korumak önemlidir. Üretim aşamalarına yapılacak yatırımlar ve iyileştirmelerin yanında hammaddenin en verimli şekilde kullanılması atıkların bertarafını gereksiz hale getirmek için ana amaç olmalıdır. Buradaki hedef atığı en aza indirerek ekonomik yük olmaktan çıkarmaktır.

Atık yönetiminde birinci hedef atıkların azaltılmasıdır. Atık azaltımı istenilen seviyede olmadığında kompost ve geri dönüşüm değerlendirilmesi gereken bir seçenek olarak görülmektedir. Geri dönüşüm ile atıklar toplanıp ayrıştırıldıktan sonra işleme tabi tutularak ekonomik bir forma kavuşmaktadır. Atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanması daha optimal bir sonuç vererek sistemin daha verimli çalışmasını sağlayacaktır. Buradaki başarı toplama disiplini ile doğru orantılıdır. Kompostlaştırma ise organik çöplerin uygun bir ortamda biyolojik işlem ile oluşmasıdır. Bunun sonucunda kompost olarak ifade edilen toprak gübresi ürünü elde edilir. Kompostlaştırma geri dönüşümün en verimli durumudur. Türkiye’de katı atıkların beraber ve karışık toplanması sebebiyle verimli bir kompost elde etmede zorluklar yaşanmaktadır. Verimli bir kompost elde etmek isteniyorsa mutlaka organik atıkları ayrı toplamak gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde kaynağından ayırma sisteminin iyi uygulanması sonucunda verimli kompost elde edilmektedir. Bu yöntem atık yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Termal yöntemlerde ana amaç atığın hacminin küçültülmesidir. Bunun yanında termal yöntemlerle elde edilecek enerji ve ekonomik değeri olan ürünler bu sistemlerin yaygınlaşmasında önemli etkidir. Katı atıklar herhangi bir ön işlem olmadan veya ön işleme tabi tutularak toplanmış kentsel katı atıklar reaktörler (kazanlar) içinde yanması ile gerçekleşir. Evsel katı atıkların yakılmasında 4 temel amaç bulunur;

1. Hacim azaltma: Kentsel atığın içeriğine bağlı olarak bertaraf edilecek atığın hacimce ortalama % 90, ağırlıkça % 70 oranında azalır.
2. Atığın stabilizasyonu: Yakmadan çıkan kül kentsel katı atığın okside olmasına bağlı olarak daha inerttir (doğal). Bu nedenle düzenli depolamada çıkabilecek sızıntı oluşumu veya kirletici emisyonların oluşumunu azaltır.
3. Atıktan enerji edilmesi: Atığın yakılması sonucu oluşan buhar elektrik ya da ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Atıklar kalorifik değerleriyle bağlantılı olarak enerjiye dönüştürülürler. Kentsel katı atığın enerji içeriğinin biyokütle kısmından oluşması katı atığın yakılması sonucu üretilen enerjinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesine imkân vermektedir.
4. Atığın sterilizasyonu: Kentsel katı atığın yüksek sıcaklıkla bertarafı ile patojenler yok olur (White vd., 1999, akt., Karakaya, 2008: 11).

Atık hiyerarşisinde düzenli depolama en son basamaktadır. Düzenli depolama sahalarının ömrü atıkların kaynağından iyi ayrıştırılması ve geri dönüşümün disiplinli yapılması ile daha uzun ömürlü olabilmektedir. Hangi yöntem olursa olsun düzenli depolama sahaları olmazsa bertaraf gerçekleştirilemez; çünkü diğer bertaraf yöntemleri ile tüm atıklar yok olmayacağından mutlaka kalan atığı depolama sahalarına göndermek durumunda kalınacaktır. Bu sebepten dolayı atık hiyerarşisinin sonunda düzenli depolama sahaları bulunmaktadır. Hangi yöntem olursa olsun sistemin disiplinli yönetilmesi düzenli depolama sahalarının kullanım ömrünü artıracaktır. Düzenli depolama sahalarının çevre yönetmeliklerine uygun yerlerin bulunması zor olduğundan bulunan sahalarının ömrünün uzun olması çok önemlidir.

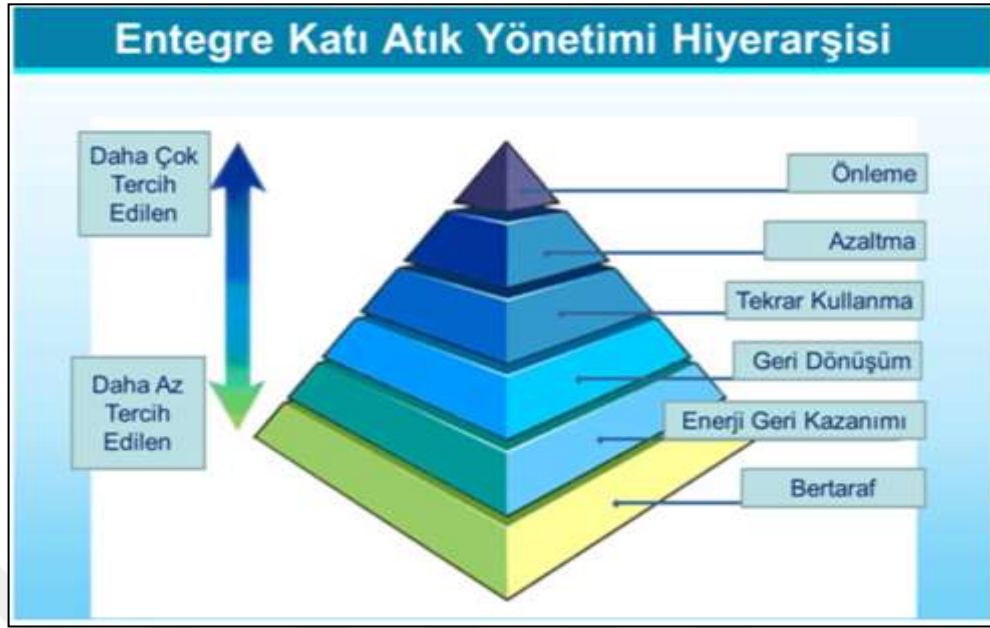
İnsanlar şehirlerdeki yaşama isteği ve iş imkanlarının daha fazla olmasıyla, kentlerin nüfuslarının artmasına sebep olmuştur. Nüfusların artmasıyla katı atıklarda çeşitlilik ve artışlar meydana gelmektedir. Katı atıkların özellikleri ve miktarı şehirden şehire, bölgeden bölgeye, hatta ülkeden ülkeye değişmektedir. Buradaki değişim sosyokültürel alışkanlıklar ve ekonomik durumlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Atık yönetim planının disiplinli bir şekilde uygulanmasıyla tüm atıklar kontrol altına alınabilir.

Etkili bir entegre katı atık yönetimi (Karakaya, 2008: 2);

- Atık oluşumunu engelleme,
- Geri kazanımı ve geri dönüşümü yapmak,
- Kaynağında ayırma, biriktirme, ayıklama ve işleme,
- Nihai bertaraf.

olmak üzere başlıca ana unsuru içermektedir. Bu unsurların her biri bağımsız olarak ele alınmalıdır. Şekil 2'de üretimden nihai bertarafa kadar katı atık yönetim akım diyagramı verilmiştir.

**Şekil 2: Entegre Katı Atık Yönetimi Akım Diyagramı**



**Kaynak:** Taşpınar, 2012: 7.

Katı atıklar geçmişte sadece vahşi depolama ile bertaraf edilirken, nüfusun artmasının yanında tüketimin artması, insan ve çevre sağlığının önem kazanması sonucu daha etkin bertaraf sistemleri geliştirilip uygulanmaya başlanılmıştır. Katı atık yönetimi sisteminde birçok bertaraf teknolojileri uygulanmıştır (Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, 2014). Bertaraf teknolojileri;

- Geri kazanım,
- Düzenli depolama,
- Termal dönüşüm teknolojileri,
- Yakma,
- Gazlaştırma,
- Piroliz,
- Biyolojik dönüşüm teknolojileri,
- Aerobik kompostlaştırma,
- Anaerobik kompostlaştırma.



Katı atıklardan enerji edilebileceği fark edilince atıkları bertaraf ederken bunun yanında enerji elde etme fikri gün geçtikçe yaygınlaşmaya başlamıştır. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde katı atıklardan enerji elde eden çok sayıda tesis bulunmaktadır. Türkiye’de bu sisteme yeni geçilmeye başlanmıştır. Bu sistemle enerji elde etmek için değişik teknolojiler kullanılmaktadır. Bunlar;

- Düzenli depolama sahaları,
- Yakma tesisi,
- Gazifikasyon,
- Piroliz,
- Anaerobik prosesleri.

### **2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminde Atıkların Toplanması**

Katı atık yönetim sistemlerinin maliyet oranlarının en büyük yüzdesini atıkların toplanması oluşturmaktadır. Atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı son yıllarda yerel idareler için önemli bir konu olmakta ve çevre sorunlarının başında gelmektedir. Bununla beraber belediyeler değişik sorunlarla karşılaşmakta bunlara çözüm bulmak için çevre sağlığını düşünerek çözümler bulup uygulamaktadır. Belediyelerin coğrafi konumlarına bağlı olarak birbirlerinden farklı sorunlarla karşılaşmakta ve her belediye yöresine uygun çözümler üretip uygulamaktadırlar. Elbette bu çözümler çevre mevzuatına uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Çevre ile ilgili çalışmalar genelde devletin, yerelde belediyelerin ve özelde ise vatandaşların sorumlulukları arasındadır. Çevre sorunları, başta kentin ve kentlinin sorunu olarak, belediyeleri doğrudan doğruya ilgilendirir (Zengin ve Ulutaş, 2016: 3).

Türkiye’de büyükşehir olan kentlerde kentsel katı atıkların toplanması ilçe belediyelerinin sorumluluğundadır. Büyükşehirler ise kentsel katı atıkların sadece bertarafından sorumludurlar. Büyükşehir olmayan kentlerde ise kentsel katı atıkların toplanması ve bertarafından tüm belediyeler sorumludur. İlçe belediyelerinin bütçelerinde oldukça yüksek bir paya sahip olan atıkların toplanması işlemi ayrı toplamanın verimli bir

şekilde uygulanmasıyla daha düşük maliyetlerle yapılabilecektir. Böylelikle yerel yönetimlerin bu alandaki maddi yükü de azalacaktır.

Entegre katı atık yönetimi, bir yerleşim alanındaki atıkların toplanması, geri kazanımı, geri dönüşümü ve depolanmasına kadar atığın oluşumundan sonlanmasına kadar olan bütün süreci kapsamaktadır. Entegre atık yönetiminde, atık yönetimi her açıdan bir bütün olarak değerlendirilerek hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği amaçlamaktadır. Bu sistemin başarılı olabilmesi; sistemin bütüncül olması, sonuçlarının ekonomik kazanım yaratması, yerleşim merkezlerine göre uygulamalarda esneklik yapılması, her yerleşim alanı için o bölgeye özel ayrı bir plan yapılmasına bağlıdır. Bunlar:

- Bütüncül bir sistem: Oluşan atığın bütün bileşimini ve atığı oluşturan üretim kaynaklarını kapsamalıdır.
- Ekonomik değer: Entegre katı atık yönetiminde kazanılacak ekonomik değerler ambalaj atıklarının geri dönüşümü, enerji geri kazanımı, kompost ürünler ve yeniden kullanılabilen malzemelerdir. Bu gelirlerin yapılacak olan yatırımlarla orantılı olması gerekmektedir.
- Esneklik: Atık yönetim sistemi yerleşim yerlerinde oluşan atığın yapısal farklılığına, zamanla meydana gelebilecek değişimlere uyum sağlayabilecek esneklikte olmalıdır.
- Bölgesel planlılık: Atık miktarının büyüklüğü yapılacak planlamanın verimliliği ile doğru orantılıdır. Atık üretimi ise öncelikle nüfusa bağlıdır. Bu sebeple büyük şehirler dışındaki planlamalarda daha büyük ölçekli bölgesel planlamalar yapılmalıdır (Öztürk, 2014: 8).

Toplama sisteminin başarısı entegre katı atık yönetim sisteminin başarısını doğrudan etkileyen temel unsurdur. Katı atık yönetiminin hedefe ulaşabilmesi için, kentsel katı atıkların kaynağından disiplinli, uygun zamanda ve sürekli bir şekilde toplanması ile doğru orantılıdır. Ayrıca sistemin en önemli bileşeni olan vatandaşın sisteme olan bağlılığı önemlidir.

### 2.3.1. Atık Toplama

Atık toplama atığın toplama aracına yüklenip istenilen yere araçtan boşaltılmasına kadar geçen süreci ifade eder. Atığın toplanma şekli ve atığın biriktirildiği alanlar bu süreçte oldukça önemlidir. Yerleşim yerinin özelliğine göre atıklar poşetlerde veya şekil 3'te gibi konteynerlerde biriktirilir. Toplama işlemi nüfusun yoğun olduğu yerlerde daha pahalı ve daha zahmetlidir. Atık toplama için uygun yerler seçilerek hem atığın oraya ulaşması hem de kolay bir şekilde toplanması sağlanır. Nüfusun az olduğu yerlerde atıkların toplanması daha kolaydır toplama ile ilgili herhangi bir sıkıntı çekilmez. Bunun yanında yüksek katlı yerleşim yerlerinde apartman içerisine döşenmiş, Şekil 4'te olduğu gibi pnömatik atık toplama bacaları ile poşetli atıklar da büyük konteynerlerde merkezi olarak toplanabilmektedir (Öztürk, 2014: 79).

**Şekil 3: Kentsel Katı Atık Biriktirme Ekipmanları**



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

**Şekil 4: Pnömatik Atık Toplama Örneği**



**Kaynak:** Web\_1.

### **2.3.1.1. Atık Toplama Süreci**

Atık toplama en az dört unsurdan oluşmaktadır.

1. Evlerde toplama kutularında ve poşetlerde biriktirilen atıkları toplama,
2. Biriktirilen atıkların yerleşim alanı çevresindeki konteynerlere boşaltılması ile toplama,
3. Konteynerlerde biriktirilen atıkların atık toplama araçlarına alınması,
4. Atık toplama araçlar dolduktan sonra aktarma istasyonları ile nihai bertaraf tesislerine taşıma.

Entegre Katı Atık Yönetim (EKAY) sisteminde birinci hedef ekonomik değeri olan atıkların ekonomiye geri kazandırılmasıdır. Ekonomik olarak yüksek geri kazanımı sağlayabilmek için öncelikle yapılması gereken ayrı toplamanın uygulanmasıdır. Entegre katı atık yönetiminde ambalaj atıklarının diğer atıklardan ayrı toplanması ve bütün bir sistem içerisinde geri kazanılması sağlanacaktır. Bu şekilde hem bertaraf tesislerine minimum oranda atık gönderilecek hem de geri dönüşümü sağlanabilecek atıklar ekonomiye kazandırılacaktır. Bu bağlamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığının mevzuatlarda sıkça yer verdiği ikili atık toplama ve atıkların kaynağında ayrılması EKAY sistemini başlatan en önemli etkenlerden biridir.

### **2.3.1.2. Geri Kazanım/Geri Dönüşüm**

Değerlendirilebilen ürünlerin çeşitli yöntemlerle hammadde olarak kullanılacak hale getirilip ekonomiye kazandırılmasına "geri dönüşüm" denilmektedir. Geri kazanım ise ambalaj atıklarının ayrı toplanarak, tesislerde işlenerek özelliklerine göre sınıflandırılıp, atıkların bu şekilde tekrar kullanılabilir ve ikincil hammadde haline getirilebilecek nitelikte elde edilmesi faaliyetlerini içermektedir. Geri kazanım sürecinde birbirini izlemesi gereken toplama ve işleme; üretim sürecine dahil etme ve üretmek aşamalarının sonunda üretilmiş malzemenin pazarlanması ve satın alınmasının sağlanması ile "geri dönüşüm döngüsü" kapatılmış olmaktadır.

Geri kazanım süreci, ürünlerin tüketildiği anda başlar. Üretilen atık içerisinde geri dönüştürülebilir atıklar ne amaçla geri kazanılacak olursa olsun düzenli ve ekonomik olarak toplanması gereklidir. Bu da çok iyi ve detaylı planlamayı gerektiren karmaşık bir sistemdir.

Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında iki temel yöntem kullanılabilir (ÇEVKO, 1991, akt., Akçay Han, 2008: 8).

- Tüketicie getirtme,
- Tüketiciden almaya yönelik sistemler.

#### **2.3.1.2.1. Getirtme**

“Getirtme” yöntemi, tüketicinin öncülük edip toplayıcının geride bırakıldığı bir yöntemdir. Atık üreticileri atıklarını çevrelerinde bulunan atık toplama kumbaralarına veya atık getirme merkezlerine getirirler. Atık üreticileri bu yöntemi gönüllü olarak ve çeşitli teşviklerle yapabilirler. Getirtme yöntemlerinden depozito yöntemi de atık üreticilerine sunulan bir yöntemdir. Gönüllü olarak yapılan bu işlemler aynı zamanda teşvik edici, zorlayıcı veya cezalandırıcı etkenlerle desteklenebilmektedir (Akçay Han, 2008: 8-9).

#### **2.3.1.2.2. Alma**

Bu işlem toplayıcının aktif olduğu bir yöntemdir. İşlemin gerçekleşebilmesi için atık toplama araçları ve personel gereklidir. Tüketici tarafından ayrı olarak biriktirilen atıkların toplanıp atık merkezlerine taşınması süreci oluşturur. Karışık olarak biriktirilip toplanan atıkların nihai bertarafından önce içindeki geri kazanılabilir atıkların çeşitli yöntemlerle ayrılması yeterince gelişmemiş bir yöntem olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Her iki yöntemle de toplanacak maddelerin seçimi, bölgedeki mevcut geri kazanma alt yapısının özelliklerine bağlıdır. Toplama üç değişik şekilde yapılabilir.

1. Tüm geri kazanılabilir maddelerin birlikte toplanması,
2. Hammadde türüne göre ayrı ayrı toplama,
3. Seçilmiş belli sayıdaki geri kazanılabilir atıkları birlikte toplama.

Atık yönetiminin temelini, atıkların kaynağında oluşumunun önleme ile başlar ikinci aşama ise azaltılmasıdır. Katı atık yönetimi ile de; kaynaktan önleme ve azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım, yakma ve düzenli bertaraf yöntemleri ile katı atıkların çevre üzerinde oluşturduğu baskının azaltılması ve halk sağlığının korunması amaçlanmaktadır (Hasanoğlu, 2012: 7). Bunun için atık yönetim planının titizlikle uygulanması hem geri kazanımı mümkün olan atıkların ekonomik değer olarak kullanılması sağlanacak hem de külfetli yatırımlardan kaçınılacaktır.

Geri kazanımın verimli bir şekilde uygulanabilmesi için toplanan malzemelerin işlemeye uygun nitelikte olması gerekmektedir. Atıkların tüketimin gerçekleştiği andan itibaren biriktirildiği noktadan toplanması atığı istenilen nitelikte kılacaktır. Toplama sistemlerinin verimli olabilmesi için ödül ve cezanın titizlikle uygulanmasından geçtiğini unutmamak gerekir. Bunun değişik yöntemleri de vardır depozitolu satış, gönüllü katılım, ödül ve satın almadır. Elbette bunu yanında kurallara uymayanlara gerekli yaptırımlarda uygulaması gerekmektedir. Ödüllendirme ise belirli zamanlarda seçilen katılımcıların ödüllendirilmesi ile ilgili ve katılımın yüksek tutulmasına yöneliktir (Özkan, 2000, akt., Akçay Han, 2008: 10).

Geri kazanımın amacına ulaşabilmesi için toplanacak olan atıkların uygun şekilde ayrılması şarttır. Dünyada geri kazanımın uygulamalarındaki en etkin ve verimli olarak uygulanan yöntemler kaynağında ayırma ve ikili toplama sistemleridir.

### **2.3.1.3. Atıkların Kaynağında Ayrılması**

Atıkların ev, okul, işyerleri, kamu kurum ve kuruluşları gibi oluştukları yerlerde ambalaj atığı ve diğerleri olarak Şekil 5'te olduğu gibi ayrılarak biriktirilmesidir.

Böylelikle geri dönüştürülebilecek olan atıkların ıslanarak kontamine olmasının da önüne geçilecektir.

#### Şekil 5: Kaynağında Ayrılabilir Atıklar



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

#### 2.3.1.4. İkili Atık Toplama

Atık denilince “işe yaramayan, kullanılamaz durumdaki madde/maddeler” aklımıza gelse de, değerlendirilebilecek atıkların kazanılması hem ekonomiye büyük katkı sağlayacak hem de doğal kaynakların kullanımının azalmasını sağlayacaktır.

Trabzon da belli alanlarda ambalaj atıkları ayrı toplansa da genel olarak kentsel katı atıklar ambalaj atıkları ile birlikte karışık olarak toplanmaktadır. Sadece atıkların ayrı toplanması bile enerji tasarrufuna büyük katkı sağlayacaktır.

Şekil 6’da olduğu gibi ikili atık toplama; ıslak kesim denilen biyobozunur atıklar ile kuru kısım adı verilen ambalaj atıklarının ayrı toplanmasıdır.

## Şekil 6: İkili Atık Toplama Konteynerleri



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (ADDDY) kapsamında organik atıkların düzenli depolama sahalarına gönderilmesinin azaltılması için tablo 1’de görüldüğü gibi hedefler belirlenmiştir. Biyobozunur (biyolojik olarak ayrışabilen) atık bileşeni; mutfak atıkları, kağıt, karton, hacimli karton, park ve bahçe atıkları, diğer yanabilenler (kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık) ve diğer yanabilir hacimli atıklar (mobilya, tahtadan yapılmış malzemeler) baz alındığında belediye atığının ortalama %65’i organik atık olarak kabul edilmiştir (ÇŞB, 2012: 1).

**Tablo 1: Organik Atıklar**

Yıl	Organik Atık Miktarında Yapılacak Olan Azaltım
2015	% 25
2018	% 50
2025	% 65

**Kaynak:** ÇŞB, 2012: 2.

İkili atık toplama Türkiye gerçekleriyle uyumlu, insanların çabuk alışabileceği ve kolay anlaşılır bir sistem olduğundan Trabzon Rize Katı Atık Bertaraf (TRABRİKAB) EKAY projesinde tercih edilen sistem olmuştur. Değerlendirilebilir atıkları kazanabilmek için öncelikle diğer atıklardan ayırmak gerekir. Atıkların oluştuğu anda türlerine göre ayrı



ayrı gruplandırılıp toplanması karışık toplanan atıklar içinde ayırma işlemi yapılmasına göre çok daha düşük maliyetli ve çok daha verimli sonuç doğuran bir işlemdir. Bu nedenle ambalaj atıkların kontamine olmadan ayrı kaplarda biriktirilmesi ve toplanması esastır.

İnsanların her gün evinde oluşan ambalaj atığını ayrı olarak biriktirmesi geri dönüşümün ilk adımındır. Eve alınan birçok ürün ambalajlı olarak insanlara sunulmaktadır. Doğada uzun süre yok olmadan kalabilecek olan bu ambalaj atıkları değerlendirilebilir atıklardır. Bu atıkların ayrı toplanmasıyla hem çevre sorunlarının önüne geçilebilecek hem de geri kazanıma fayda sağlanacaktır. Geri dönüşüm aşamasında verimi düşürecek olan organik atıklarının ayrı toplanması bir diğer aşamadır. Organik atıkların ambalaj atıkları ile olan temasını minimuma indirmek sistemin çok daha verimli çalışmasını sağlayacaktır.

Atık toplama işlemini gerçekleştirecek olan kurumların atık kumbaraları, atık getirme merkezleri ve geri kazanım tesisleri ile ayrı toplama işlemlerini hayata geçirerek daha sistemsel bir şekilde atık yönetimini gerçekleştirmiş olacaklardır.

Gerri kazanım uygulamalarının sonucunda elde edeceğimiz kazanımlar;

- Çöp depolama yerindeki hacimden tasarruf edilerek, depolama sahalarının ömrü uzayacaktır.
- Çöplerin birbirine karışması engellenerek, kağıt, cam, plastik ve metal gibi ana maddelerin temiz kalmaları ve yeniden değerlendirilmeleri en yüksek verimle sağlanacaktır.
- Enerji ve doğal kaynaklar korunmaktadır. Kaynaktan gelen hammadde kullanımının yerine geri dönüştürülmüş ham maddeden elde edilen ürünün işlenmesi sayesinde ortaya çıkan kirlilik daha azdır (Binbaşaran, 2001: 73).
- Daha önceden zaten işlenmiş olan geri dönüştürülmüş malzeme çevre açısından daha temiz olmaktadır.
- Çevre kirliliği geri kazanım ve dönüşüm işlemleri sayesinde azalmış olacaktır.
- Çöpün düzenli ve verimli toplanmasının yanında, çağdaş kent yaşamının gereği olarak inşa edilen düzenli çöp depolama alanlarının daha verimli kullanımını

sağlayarak, çöp depolamak amaçlı kullanılan doğal alanların da gereksiz kullanımına son vermektedir.

Geri dönüşüm kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlayarak ekonomik açıdan kaynak israfının önüne geçilecektir. Geri dönüşümle bu problemler hem ortadan kalkacak hem de yeni iş imkanları ortaya çıkaracaktır.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### AMBALAJ, AMBALAJ ATIKLARI VE ATIK GETİRME MERKEZLERİ

#### 3.1. Ambalajın Tanımı

Ambalaj; hammaddeden işlenmiş ürüne kadar bir ürünün üreticiden kullanıcıya temin edilecek olan süreçte muhafaza edilmesi, saklanması ve satılabilmesi için kullanılan geri dönüşümlü veya geri dönüşümü olmayan ürünlerin tümüdür (Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, 2017). Ambalajlar, ürünü muhafaza ederken tercih edilen ve değerlidir. Ancak ürün kullanımından sonra bertarafı veya geri dönüşümü gerçekleşmediği zaman zararlı bir hale dönüşmektedir.

#### 3.2. Ambalaj Atıkları

Kullanılmış ambalaj atıkları üretim aşamasında ortaya çıkan atıklar hariç ürünlerin veya malzemenin tüketiciye ulaştırılması aşamasında ürünün içerisinden bozulmadan saklanabilmesi için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan tekrar kullanılabilir olan veya olmayan ambalaj malzemeleri dahil çöpe atılan atık olarak tanımlanmaktadır (Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

Ambalaj atıklarını ticari ve malzeme cinsi açısından sınıflandırabiliriz.

Buna göre ticari açıdan ambalaj atıkları;

- Satış ambalajı,
- Dış ambalaj,
- Nakliye ambalajı, olarak üç alt bölüme ayrılmaktadır.

Satış Ambalajı: Ürünlerin kullanıcıya sunumunun yapıldığı satış birimlerinde kullanılan türdür.

Dış Ambalaj: Ürünlerin üreticiden tüketiciye temin sürecinde muhafaza edilip satılabilmesi için kullanılan tüm ürünlerdir.

Nakliye Ambalajı: Belirli sayıda satış ambalajlarının veya ikincil ambalajların taşıma ve depolama işlemleri sırasında zarar görmesini önlemek, ürünün üreticiden satıcıya nakliyesi sırasında taşınmasını kolaylaştırmak ve depolama işlemlerini sağlamak amacıyla karayolu, demiryolu, deniz yolu ve hava yolu taşımasında kullanılan konteynerler hariç kullanılan ambalaja denmektedir.

Malzeme Cinsi Bakımından Ambalaj Atıkları: Plastik, cam, metal, kağıt, karton ve son yıllarda ismini duyduğumuz biyoplastikler ve oksobozunur plastikler olarak alt başlıklara ayrılabiliriz.

Kağıt Ambalaj: Hammaddesi selüloz olan kağıt ve karton gibi ambalajlar çevremizde en çok kullanılan ambalaj çeşididir.

Plastik Ambalaj: Petrol türevi ürünlerin tesislerde işlenmesi sonucu ortaya çıkan ürünlerdir. Dünyada üretilen toplam petrolün sadece %4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır. Plastik üretiminde kullanılan bu %4 oranının ise sadece %3'ü plastik ambalaj üretiminde kullanılmaktadır (Öztürk, 2001: 10).

Metal Ambalaj: Alüminyum ve ince çelik olmak üzere iki farklı üründen yapılır. Metaller geri kazanımı mümkün olan atıklardır. Ambalajlamada alüminyum ve demir çelik bulunur. Metal ambalaj geri kazanılmadığında hammadde ve enerji kabına neden olur. Alüminyum kolay işlenmesi nedeniyle geri dönüşümü daha kolay malzemedir. Kullanılmış alüminyum tekrar kullanılıp %100 geri kazanılabilir niteliktedir. Geri kazanım oranı %65'lere ulaşmıştır (Akçay Han, 2008: 34).

Cam Ambalaj: Ambalaj çeşitlerine göre artı değerleri vardır. Bu özellikleri; çevre dostu olması, hammaddelerinin %100 doğal olması, sonsuz geri kullanımı olması, sağlıklı

olması, içindeki ürünle kimyasal etkileşime girmemesi, raf ömrünün uzun olması, yüksek ısı ve basınca karşı dayanıklı olması ve her türlü gelişime açık olması şeklinde sıralanabilir (Sayar, 2012: 16).

**Kompozit Ambalaj:** Kompozit ambalaj, farklı malzemelerden yapılmış, elle birbirinden ayrılması mümkün olmayan ambalajdır (Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

**Ahşap Ambalaj:** Ahşap nitelikli ambalaj, dayanıklı olması sebebiyle ağır ve hacimli ürünlerin, taze tutması nedeniyle ise meyve ve sebzenin içine yerleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ahşap ambalaj ürünleri makine ve motorlu araçların ambalajlanmasından çok daha çeşitli ürünlerin ambalajlanmasına kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Sayar, 2012: 16-17).

**Yeni Malzemeler, Biyoplastikler ve Oksobozunur Plastikler:** Biyoplastikler yenilenebilir hammaddelerden yapılan yenilikçi plastiklerdir. Bitkisel hammaddelerden üretilmekle beraber selüloz ve nişasta daha geniş bir yere sahiptir. Günümüzde biyoplastik kullanımına geçmek daha yüksek maliyetli bir seçim olacaktır. Kullandığımız plastik malzemeler ile kıyaslandığında yenilenebilen hammaddelerden elde edilen malzemeler dört kat daha pahalıdır.

Oksobozunur plastikler polimer bazlı malzemelere bazı maddelerin eklenmesi sonucunda çeşitli yöntemler sonucunda üretilmektedir. Bu ürünün üretim aşamasında uyulacak bir standart mevcut değildir. Üretim aşamasında dikkat edilmesi gereken noktalar ile kullanımı sonrasında ne şekilde bertaraf edileceği ve sonucunda çevreye kirletici etkisinin ne olacağı tam olarak bilinmemektedir (Web 2).

### 3.3. Ambalaj Atık Yönetimi

Nüfusun artması teknolojiye bağlı olarak değişen tüketim alışkanlıkları ambalajlı ürün miktarındaki artışa bağlı olarak ambalaj atık miktarı da artış göstermektedir. İşyeri, evsel, endüstriyel alanlar ayrımı yapılmaksızın Türkiye’de piyasaya sürülen her çeşit ambalaj atığı, ambalaj atık yönetimi kapsamında değerlendirilmektedir. Oluşan atık türleri içerisinde yüksek bir orana sahip olan ambalaj atıkları oluşan kirliliğin azaltılması geri kazanımı ve yeniden kullanılabilirliği için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı gerekli çalışmaları yaparak ambalaj atıkları yönetmeliğini oluşturmuştur.

Yönetmeliğin amaçları ise; belli özelliklere sahip ambalajların üretimini sağlamak, ambalaj malzemelerinin çevreye vereceği olumsuzluklara engel olarak geri kazanım ve dönüşüm işlemleri ile tesislerinin iş yükünün azaltılmasıdır. Ayrıca ambalaj atıklarının uygun bir yönetim içinde toplama, taşıma ve ayrıştırılması işlemleri için gereken plan, program ve standartların yasal, idari ve teknik kriterlerin belirlenmesi olarak değerlendirilebilir.

Bununla birlikte mevzuat kapsamında, ambalaj malzemelerinin hazırlanması, satışı, toplama, geri kazanım ve geri dönüşüm zincirinde bulunan tüm halkalara görev ve sorumluklar verilmiştir. Bu kapsamda, ambalaj ile ilgili tüm süreçler; yeniden kullanım, geri kazanım, ambalaj atıklarının çevre bilgi sistemi üzerinden beyanı gibi işlemler dikkatle takip edilmelidir.

Yönetmelikte; ambalaj atıklarının ayrı olarak toplanması mecbur tutulmuştur. Yerel yönetimler ambalaj atıklarının evsel atığa karıştırılmadan ayrı olarak toplanması hususunda sorumludurlar (Gündüzalp ve Güven, 2016: 8-9).

Atıkların kaynağında ayrı toplanması Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği ile yerel yönetimlerin sorumluluğuna verilmekle beraber maliyetleri karşılayacak olan piyasaya sürenler olarak belirtilmiştir. Atık sahibinin piyasaya süren olarak belirlediği kirlen öder prensibine göre mali sorumluluk piyasaya sürenlerin bünyesinde. Piyasaya

sürülen ürünlerin marka sahipleri ortaya çıkan ambalaj atıklarını yukarıda belirtilen amaçlar kapsamında toplanmasını sağlamak ve bunlarla ilgili maliyetleri karşılamakla sorumludurlar.

Ambalaj atığı uygulama planının hayata geçirilebilmesi için:

- Belediye, tüketici ve piyasaya süren ilişkisinin güçlü olması gereklidir,
- Toplama işlemini yapacak lisanslı firma plana uygun çalışmalı ve atık üreticileri atıklarını uygun bir şekilde biriktirip sisteme dahil etmelidir.

Proje kapsamının içinde önemli yer tutan Entegre Katı Atık Yönetim Sistemi, bölge için ekonomik, sosyal, çevresel ve sağlık açısından ciddi anlamda getirileri bulunacaktır. Ambalaj atıkları ekonomiye geri kazanılacak, organik atıklar ile yanabilir atıklar gazlaştırma sistemine tabi tutularak elektrik ve ısı enerjisi elde edilecektir. Düzenli depolamaya ise sadece evsel nitelikli inert atıklar ile gazlaştırma tesisinden çıkan cüruf gönderilecektir. Böylece düzenli depolanan atık miktarı bir hayli azaltılmış olacaktır. TRABRİKAB entegre katı atık yönetim kapsamında ambalaj atıkları, entegre tesise aşağıdaki yol izlenerek dahil edilecektir.

- Ambalaj atıkları ayrı olarak sınıflandırıp ilgili konteynerlerde biriktirilecektir,
- Biriktirilen Ambalaj atıkları ikili toplama sistemi ile organik atıklardan ayrı toplanacaktır,
- Tesis içerisinde bulunan Mekanik Ayırma Tesisinde geri dönüşebilir atıklar ayrıştırma bandında türlerine göre ayrıştırılacaktır. Ayrıştırılacak ambalaj atıkları geri kazanımı mümkün olan atıklar Şekil 7’de görüldüğü gibi preslenerek ekonomiye kazandırılacaktır.

## Şekil 7: Balyalanmış Ambalaj Atıkları



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Yönetmeliği verilerine göre oluşan plastik, kağıt, metal ve cam miktarları ile geri dönüşümü sağlanan ambalaj atığı oranları tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2: Trabzon İli 2018 Yılı Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Verileri**

Ambalaj Cinsi	Toplanan Ambalaj Atığı Miktarı (kg)	Geri Kazanılan Ambalaj Atığı Miktarı (kg)
Plastik	1.175.232,00	72.905,00
Metal	-	2.069,00
Kompozit	-	-
Kağıt Karton	13.160.956,00	-
Cam	38.397,00	-
Ahşap	139.940,00	-
Karışık	5.859.693,00	-
<b>Toplam</b>	<b>20.374.217,00</b>	<b>74.974,00</b>

**Kaynak:** ÇED Hizmetleri ve Çevre Durum Raporu Müdürlüğü, 2019: 60.

Trabzon'da 1990 yılından beri katı atıkların geri kazanımı ile ilgili birçok çalışma yapıldı. Geri kazanımı mümkün olan ürünlerin bir arada toplanmaması için pek çok proje



hayata geçirilmiştir. Dahası, yüksek seviyede çalışabilir teknoloji ile geri dönüşüm tesisleri, yenilenebilir enerji için katı atık çeşitlerini üretmeye başlamıştır.

### 3.4. Ambalaj Atıkları Toplama ve Biriktirme Ekipmanları

#### 3.4.1. İç Mekan Kutuları

Ambalaj atıkları toplama ve biriktirme ekipmanları yönetmelik gereği mavi renklidir. Şekil 8’de görüldüğü gibi iç mekân kutuları karton veya polipropilen malzemeden yapılmaktadır. Kapalı alanlarda ambalaj atığı biriktirme ekipmanı olarak kullanılmaktadır.

#### Şekil 8: İç Mekan Kutuları



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

#### 3.4.2. Dış Mekan Konteynerleri

Dış mekan konteynerleri metal veya plastik olarak Şekil 9’da gibi çeşitleri vardır. Siteler, okullar, otobüs terminalleri, merkez caddeler gibi kalabalık yerlerde konteyner sistemi ile biriktirme yapılmaktadır. Genellikle evsel atık konteynerlerinin yanlarına

konulmaktadır. Evlerde, marketlerde, iş yerlerinde ambalaj atıkları bu konteynerlerde biriktirilir ve ambalaj atığı toplama araçları ile toplanır.

### Şekil 9: Dış Mekan Ambalaj Konteynerleri



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.4.3.Sanayi Tipi Konteyner

Sanayi tesisleri ve fabrikalarda çıkan ambalaj atıklarının toplanması için fabrikaların atık sahalarına bırakılmak için yapılmıştır. Dolan konteyner komple alınır yerine boş konteyner bırakılmaktadır. Sanayi tipi konteynerler Şekil 10'da görüldüğü gibi diğer konteynerlere göre daha büyük hacimlidir.

### Şekil 10: Sanayi Tipi Biriktirme Konteyneleri



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.4.4. Ambalaj Atığı Biriktirme Kumbaraları

Ambalaj atığı için tasarlanan kumbaralar genellikle AVM, meydan gibi kalabalık yerlere konmaktadır. Şekil 11’de görüldüğü gibi çeşitli konteynerler bulunmaktadır. İçlerinde atık biriktirmek için bölmeler veya çuvallar olan kumbaraların her yüzünde farklı atık için pencereler mevcuttur.

Şekil 11: Ambalaj Atığı Kumbaraları



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.4.5. Ambalaj Atıkları Toplama Aracı

Biriktirme konteynerlerde biriken ambalaj atıklar, Şekil 12’de örneği olan kasalı veya hidrolik sıkıştırılmalı sistemli araçlar ile toplanmaktadır. Genellikle kamyonet tipi olan araçlar, ara sokaklarda rahat çalışmak için tercih edilir. Araç küçüldükçe taşıma kapasitesi de küçüleceğinden daha çok araçla hizmet yapma durumu ortaya çıkacaktır. Bu nedenle kapasitesi büyük olan araçlar tercih edilmektedir.

## Şekil 12: Ambalaj Atığı Toplama Aracı



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.5. Ambalaj Atıklarının Sisteme Katılmasında Eğitim

Türkiye’de son yıllarda oluşan sıfır atık anlayışıyla başlayan farkındalıktan yararlanılarak insanlarımızı geri dönüşümün önemi ansiklopedik bilgilerle değil ilgi uyandırarak anlatılmalıdır. Proje kapsamındaki Trabzon ilindeki bazı belediyelerin yapmış olduğu mevcut çalışmalar geliştirilerek ve artırılarak devam ettirilmelidir. Kapı kapı dolaşarak yapılan bilgilendirme çalışmalarında toplama işlerinde belediyelerin kazanç kapısı olarak algılanmaması bu hizmetlerin öncelikli olması gerektiğini, ülke ekonomisi için geri dönüşümün kaçınılmaz olduğu benimsenmelidir.

### 3.6. Ambalaj Atıklarının Toplanmasında Sokak Toplayıcıları

Sokak toplayıcıları belli bir sisteme bağlı olmadan değişik toplama araç ve gelişigüzel toplama ekipmanları ile çalışmaktadırlar. Metal bir iskelete bağlanan 1.000 m<sup>3</sup> hacimli çuvalla sokak sokak dolaşip atık toplayan sokak toplayıcıları ayda ortalama 4 adet çuval değiştirmektedirler. Sokak toplayıcıları konutlarda, marketlerde, meydanlarda ayrılmadan çöpe atılan atıklar içerisinde geri dönüştürülebilen ambalaj atıklarını toplamaktadırlar. Sokak toplayıcıları genellikle anlaştıkları toplama ayırma tesislerine veya



kayıt dışı depolara devamlı atık getirmektedirler. Şekil 13’de görüldüğü gibi sokak toplayıcıları sağlıksız ve tehlikeli ortamlarda çalışmaktadırlar. Sokak toplayıcıların elde ettikleri gelir birçok etkene bağlıdır. Çalışma süreleri, çalıştıkları bölge, atık toplayıcılarının yaşı, sağlık koşulları, hava şartları, çalıştıkları bölgedeki atık toplayıcılarının sayısı, çalışma performansları, çalıştıkları bölgedeki belediyenin kağıt toplama hizmetinin olup olmaması, belediyelerin ve zabıtalarnın bu konudaki tutumu atık toplayıcılarının aylık elde ettikleri geliri etkileyen faktörler olarak sıralanmaktadır (Çınar, 2019: 52).

Sokak toplayıcılarının kayıt dışı ekonomi yaratması, görüntü kirliliği, hırsızlık, trafiği engelleme gibi durumlar yaratmasından dolayı 2016 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, sokak toplayıcılarından ambalaj atıklarının alımını yasaklamıştır. Ambalaj atıklarının toplanması işi belediyeler tarafından planlanan yönetim planı çerçevesinde sokak toplayıcıları için ortak bir çözüm bulmaları gerekmektedir.

### Şekil 13: Sokak Toplayıcıları



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.7 Atık Getirme Merkezleri

Atık Getirme Merkezleri (AGM) tebliğine göre; atık getirme merkezleri, geri kazanımı mümkün olan atıkların kaynağında ayrı toplanmasının sağlanarak diğer atıklarla karışık kontamine olmasının önüne geçilmesini için yapılan yerlerdir. İnsanların AGM'lere

kolay ulaşacağı yerlerde kurulması gerekmektedir. Dolayısıyla, kuruluş yeri seçilirken dikkate alınması gereken amaçlardan bir tanesi bu olmalıdır (Düzce, 2016: 23).

Atık getirme merkezlerine getirilen atıklar gerekli önlemler alınarak çevreye zarar vermeyecek şekilde tesise getirilecektir. AGM'lerine organik atıklar, park ve bahçe atıkları, endüstriyel atıklar, tıbbi atıklar, yanıcı, parlayıcı, patlayıcı atıklar ile radyoaktif atıkların kabulü yasaktır. Bu merkezlere gelen atıkların tesiste bekleme süreleri mevzuat ile belirlenmiştir. Atık getirme merkezinde bulunan sorumlu kişiler buraya gelen atıklardan sorumlu olarak gerekli tedbirleri almakla mükellefler.

### **3.7.1. Atık Getirme Merkezlerinin Teknik Özellikleri**

Atık getirme merkezlerinde bulunması gereken özellikler (Atık Getirme Merkezi Tebliği, 2014);

- Atık üreticilerinin kolaylıkla ulaşabileceği noktada konumlandırılmalıdır,
- Atık getirme merkezinin zemini sızdırmazlığı sağlayacak şekilde yapılmalı; fakat kapalı konteyner kullanılacak ise beton veya asfalt ile kaplanmalıdır,
- Merkez içerisinde atık getiren üreticilerin bilgilendirmek ve yönlendirmek amacı ile gerekli işaretler olmalıdır,
- Tesiste gerekli ışıklandırma yapılmalıdır,
- Olası yangın ihtimaline karşı her türlü önlem alınmalıdır,
- Koku ve haşere oluşumunun önüne geçebilmek için temiz ve bakımlı olmalı düzenli dezenfeksiyon yapılmalıdır,
- Merkeze getirilen atıklar ayrı ayrı ekipmanlarda biriktirilmeli, çevre kirliliğine neden oluşturulmadan gerekli önlemler alınmalıdır,
- Atığın biriktirileceği ekipmanlar AGM tebliğinde belirtilen şartlara uygun olarak tasarlanmalıdır,
- Merkeze gelen ve giden atık verilerinin kayıtlı olduğu bir sistem olmalıdır,
- İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kanun ve yönetmeliklerde geçen her türlü tedbire uygun tasarlanmalıdır,

- Atıkların biriktirileceği ekipmanlarda atık türü ve kodlarını içeren şekil ve yazı bilgileri olmalıdır,
- Yüzeylerde yağ ile kontamine olan alanları temizlemek için absorban malzemeler ve yağ çözücüler kullanılmalıdır,
- Atık biriktirilecek ekipmanların kapalı ve tekerlekli olması gerekmektedir,
- 1. Sınıf AGM'lerde ve seyyar getirme merkezlerinde, evsel tehlikeli atıklar için etiketleme ve toplama konteynerleri ayrı olmalıdır.

AGM'leri birinci, ikinci ve üçüncü sınıf atık getirme merkezlerinden oluşmaktadır.

### **3.7.1.1. Birinci Sınıf Atık Getirme Merkezleri**

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınladığı genelge doğrultusunda Belediye Başkanlıklarınca kurulacaklardır. Şekil 14'te olduğu gibi birinci sınıf atık getirme merkezlerinin özellikleri aşağıdaki gibidir (Atık Getirme Merkezi Tebliği, 2014).

- Yönetim binası, kantar, giriş kontrol noktası bulunmalı ve en az 1.000 m<sup>2</sup> içerisinde yer almalıdır,
- Tesis azami 1,5 m yüksekliğinde beton veya ona benze bir malzeme ile çevrilmelidir,
- Atıkların bekletildiği alanın üzeri kapalı olmalıdır,
- Alanda kör toplama kanalı ile sonlanan kuşaklama kanalı bulunmalıdır,
- Sorumlu bir çevre görevlisi bulunmalıdır.

### Şekil 14: Birinci Sınıf Atık Getirme Merkezi



**Kaynak:** Web\_3.

Birinci sınıf atık getirme merkezine kabul edilecek atıklar: Kağıt, karton, ambalaj atıkları, plastik ve plastik ambalaj atıkları, metal ve metal ambalaj atıkları, cam ve cam ambalaj atıkları, ahşap ve ahşap ambalaj atıkları, giysi, tekstil ambalaj atıkları, kurşunlu piller, floresan lambalar, pil ve akümülatörler, cıva içeren pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil, elektrikli ve elektronik ekipmanlar, pilsiz çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri, sitotoksik ve stostatik ilaçlar, sıvı ve katı yağlar, hacimli atıklar ve ömrünü tamamlamış lastikler, hacimli atıklar ve isteğe bağlı olarak da evlerden kaynaklı tehlikeli atıklardır (Düzce, 2016: 24).

#### 3.7.1.2. İkinci Sınıf Atık Getirme Merkezi

İkinci sınıf atık getirme merkezleri Şekil 15’de görüldüğü gibi birinci sınıfa göre daha küçük boyutta ve sadece bir merkeze veya kuruma aittirler. Daha çok alışveriş merkezlerinde ve üniversitelerde bulunurlar. İkinci sınıf atık getirme merkezlerinin özellikleri (Atık Getirme Merkezi Tebliği, 2014):



- Atıkların biriktirileceği ekipmanların toplam hacmi en az 8-20 m<sup>3</sup> olmalıdır.
- Alışveriş merkezlerinde atık getirme merkezi bulunması durumunda alışveriş merkezlerinde faaliyet gösteren satış noktaları münferit atık getirme merkezi kuramazlar.
- Alışveriş merkezlerinde atık getirme merkezi kurulursa eğer, alışveriş merkezinin içerisinde bulunan mağazalarda AGM kurulmuş varsayılır. Eğer AVM içerisinde bulunan mağazalar atıklarını atık getirme merkezine vermeyecekse ilgili yönetmelik maddelerine göre sağlarlar.
- 2. sınıf AGM kuran AVM'lerde bulunan mağazalarda, ambalaj atığı için atık toplama ünitesi oluşturmakla yükümlüdürler. Alışveriş merkezleri dışında bulunan satış noktalarında kurulan ambalaj atığı toplama noktası diye kabul edilir.
- 2. sınıf AGM bulunan alışveriş merkezlerindeki dağıtıcılar, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliğine göre bünyelerinde biriktirdikleri atıkları alışveriş merkezinin içerisindeki AGM'de biriktirirler.
- İkinci sınıf atık getirme merkezleri alışveriş merkezi içerisinde kurulmuş ise bu alışveriş merkezindeki satış noktaları biriken atıkların maliyetlerine katılmak zorundadır.
- Atık getirme merkezlerinde yapılan temizlik ve dezenfeksiyon sonrasında ortaya çıkan atık sular için ilgili mevzuat hükümlerine uygun toplama kanalı ve ızgara sistemi inşa edilmelidir.

İkinci sınıf atık getirme merkezine zorunlu olarak kabul edilecek beş çeşit atık: Kağıt ve karton ambalaj atıkları, plastik ve plastik ambalaj atıkları, metal ve metal ambalaj atıkları, cam ve cam ambalaj atıkları, pil ve akümülatörlerdir. Bunlara ek olarak da ahşap ve ahşap ambalaj atıkları, tekstil ambalaj atıkları, kurşunlu piller, floresan lambalar, elektrikli ve elektronik ekipmanlar, stotoksik ve sitostatik ilaçlar, sıvı ve katı yağlar, hacimli atıklar ile ömrünü tamamlamış lastikler ve evlerden kaynaklı tehlikeli atıklar arasından iki atık çeşidi seçilerek en az yedi çeşit atık kabulü yapılacaktır.

## Şekil 15: İkinci Sınıf Atık Getirme Merkezi



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

### 3.7.1.3. Üçüncü Sınıf Atık Getirme Merkezi

Üçüncü sınıf atık getirme merkezleri, 200 konut üzerindeki siteler ve kampüsü olan üniversiteler belediyeye işbirliği yaparak kurulacaktır. Buradaki atık biriktirme ekipmanları en az iki metreküp hacimli olacaktır.

Üçüncü sınıf atık getirme merkezlerine beş çeşit atık kabul etme zorunluluğu vardır. Bunlar: Kağıt ve karton ambalaj atıkları, plastik ve plastik ambalaj atıkları, cam ve cam ambalaj atıkları, metal ve metal ambalaj atıklar, pil ve akümülatörlerdir (Atık Getirme Merkezi Tebliği, 2014).

### 3.7.2. Atık Getirme Merkezlerinin Avantajları

Artan tüketim ile birlikte atık miktarının yanı sıra atık çeşitliliği de artmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan mevzuatlar ve uygulanacak olan EKAY bütün atık çeşitlerine cevap verebilecek çözümleri içermeye yöneliktir. Günlük hayatın içinde insanların karşısına ambalaj atığı ve organik atık harici birçok atık türü de çıkmaktadır. Atık getirme merkezleri, vatandaşların çözüm bulamadığı noktalarda konteyner kenarlarına bıraktıkları mobilya, beyaz eşya veya belediye atığı

içerisine atılan tehlikeli atıklar gibi birçok atık türü için çözüm alanı olacaktır. Bunların yanında atık getirme merkezlerinin diğer avantajları da şöyle sıralanır (Düzce, 2016: 21):

- Atıkların kontamine olmadan toplanmasını ve EKAY sürecine dahil olmasını sağlar,
- Geri kazanımı ve geri dönüşümü sağlar,
- Toplama maliyetlerinde tasarruf sağlar,
- Düzenli depolama saha alanlarının etkin ve uzun kullanılmasını sağlar,
- Atıkların ayrı toplanmasını ve transferini kolaylaştırır.

### **3.8. Trabzon İlinde Mevcut Durum**

Katı atık yönetiminde, iki ilin bir araya gelerek katı atık sorununun çözümünde çevre ve insan sağlığına önem verilmesi önemsenmiştir. Trabzon ve Rize illerinde oluşan katı atıkların çevreye olumsuz bir durum oluşturmadan toplanarak bertaraf edilmesi için Trabzon ve Rize İlleri Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (TRABRİKAB) 1997 yılında Bakanlar Kurulu kararıyla kurulmuştur. Bugün itibariyle Trabzon ilinin tamamı ve Rize ilinden ise İl Özel İdaresi ile birlikte Rize merkez belediyesi ve batısında kalan 10 belediye de birliğin üyesi durumundadır. Birliğin 29 aktif yerel idare üyesi bulunmakla birlikte bu yerel idare sınırları içinde toplanan evsel katı atıklar yine TRABRİKAB tarafından kurulup işlettilen Çamburnu Düzenli Depolama Tesisinde bertaraf edilmektedir. Birliğin kurulması ile birlikte katı atıkların bertarafının gerçekleştirileceği Çamburnu Düzenli Depolama Sahasının yanı sıra, Of-Eskipazar, Trabzon-Deliklitaş ve Çarşıbaşı ilçesinde olmak üzere 3 adet aktarma istasyonu inşa edilerek katı atıkların bertarafı konusunda üye belediyelere taşıma maliyetleri açısından önemli ölçüde katkı sağlanmıştır.

Trabzon ve Rize illeri yerel yönetimlerine bağlı olarak kurulmuş olan katı atık aktarma istasyonları sayesinde, katı atık yönetiminde büyük payı olan taşıma maliyetlerinin azaltılması sağlanmıştır. Birliğe bağlı yerel idarelerin mücavir alanları içinde çöp toplama araçları ile toplanan evsel katı atıkların, aktarma istasyonunda bulunan

büyük hacimli ve semi-treyler diye tabir edilen araçlara nakledilerek, düzenli depolama sahasına taşınmaları sağlanmaktadır. Söz konusu semi-treyler dorseleri belediye çöp toplama araçlarından ortalama altı tanesinin hacmine eşdeğer olmaktadır. Bu durumda belediyeler tarafından düzenli depolama sahasına gönderilecek her altı araç yerine bir araç gönderilmesiyle, gerek maliyetin gerekse trafik ve iş yükünün azalması sağlanmaktadır. Böylelikle taşıma sürecindeki hem olası iş verimi kaybının hem de yüksek maliyetin önüne geçilmiş olmaktadır.

Trabzon ilinde mevcut durumda çöp toplama işlemleri konteynerlerle sağlanmaktadır. İlin tamamında bulunan hanelerde, hane halkı tarafından çöp poşetlerine konulmakta olan evsel katı atıklar, sokakta belediyeler tarafından konulan çöp konteynerlerine bırakılarak, hanelerden uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Belediyeler tarafından sokaklarda belli bölgelere yerleştirilen çöp konteynerlerinin sayılarının yetersiz kalması neticesinde fazla gelen çöpler konteyner dışına taşmalara sebep olmakta ve sokak hayvanlarının dağıtmasıyla birlikte istenmeyen görüntü ve kokulara sebebiyet verilmektedir. İstenmeyen bu durum Trabzon ilinde oldukça azalmış olmasına rağmen bazı bölgelerde halen daha yaşanmaktadır.

Trabzon ilinde oluşan katı atıklar, yaygın olarak yerüstü biriktirme ekipmanları vasıtasıyla atık toplama araçları ile toplanarak taşınmaktadır. Mevcut durumda uygulanan bu sistemlerin en büyük dezavantajı personel ve araç sayısının fazla olmasına ihtiyaç duyan sistemler olmasıdır. Trabzon ilinde uygulanan bir diğer sistem ise Şekil 16'da görüldüğü gibi yer altı biriktirme konteynerlerdir. Ortahisar, Akçaabat ve Yomra belediyeleri tarafından yapılan mücavir alan çalışması sonucunda belirlenen belli lokasyonlara yerleştirilen yeraltı biriktirme konteynerleri sayesinde bölgelerden önemli ölçüde katı atık toplanması sağlanmaktadır. Söz konusu bu sistemde yer altında gömülü durumda bulunan konteynerlere üst kısımdan kapağın açılması sayesinde vatandaş tarafından atıklar atılmakta ve konteyner içinde biriktirilmesi sağlanmaktadır. Dolumu gerçekleşen konteynerler özel imalat yapılmış üstten yüklemeli vinçli araçlarla yer altından çıkartılarak boşaltılması sağlanmaktadır. Uygulanmakta olan bu sistem, başlangıçta yüksek maliyetli bir yatırım gibi gözükse de uzun vadede daha az personel daha düşük araç sayısının olacağı yüksek verimli bir sistemdir.

**Şekil 16: Ortahisar Belediyesi Yeraltı ve Yerüstü Konteynerleri**



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Son yıllarda Ortahisar Belediyesinin yapmış olduğu çalışmalarla birlikte şehirdeki birçok kurum ve kuruluş binalarında oluşan atıkların Şekil 17’de gibi kaynağında ayrılması gerçekleştirilse de Trabzon ilinin tamamında kentsel katı atıkların büyük bir yüzdesi karışık olarak toplanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan kanun ve yönetmelikler çerçevesinde ilgili kurumların mevzuat kapsamında yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, halkın bilinçlenmesiyle birlikte geri dönüşüm konusunda farkındalık artmış; fakat tam manasıyla bütün atıklar üzerinde ayrıştırılma oranı uygulamada hayata geçirilememiştir. Atıkların ayrıştırılarak toplanması konusunun tam anlamıyla hayata geçirilememesindeki ana sorun belediyelerin toplama sistemini teknolojiye uygun şekilde kuramamasıdır. Ayrıca insanların bilinçlendirilmesi kurallara uymayanlara ceza, uyanlara da ödül sistemi getirerek sistemin kalıcı olması planlanmalıdır.

**Şekil 17: Ortahisar Belediyesi Ambalaj Atığı Konteynerleri**



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Trabzon ilinde başlatılan Entegre Katı Atık Yönetim (EKAY) projesinin öncelikli hedefi olan geri dönüşümün hayata geçirilmesi için yapılması gereken ilk uygulama, şehrin belirli bölgelerine yerleştirilmeye başlanmış olan ambalaj atığı konteynerlerinin sayısını arttırarak yeterli sayıya ulaştırmaktır. Bunun için söz konusu projenin daha verimli çalışması için, bütün paydaşlarının birlikte koordineli olarak çalışması ve yerleşim yerlerinin kapasitesine göre ambalaj atığı biriktirme ekipman sayısını belirleyip uygun altyapının oluşması sağlanmalıdır. Sistem alt yapısının sağlanması sonrasında il genelinde okullarda, iş yerlerinde ve sitelerde eğitimler düzenlenerek her bir hane vatandaşının sisteme dahil edilmesi sağlanacaktır. Yapılacak eğitim çalışmaları ile birlikte uygulanmaya çalışılan bu ayrı toplama yönteminin hem bölge hem de ülke ekonomisine olumlu yönde yapacağı katkılara değinilerek her bir bireyin bu sisteme gönüllü olarak katılımı sağlanmalıdır.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### KATI ATIK YÖNETİMİNDEKİ BERTARAF YÖNTEMLERİ

#### 4.1. Katı Atık Yönetiminde Mevcut Durum

Trabzon ilinde katı atık yönetimi 2007 yılında işletmeye alınan düzenli depolama sahası öncesi ve sonrası diye iki bölümde incelenebilir. 2007 yılında işletmeye alınan Çamburnu Düzenli Depolama Sahası, Of, Deliklitaş ve Çarşıbaşı'nda yapılan 3 adet aktarma istasyonu kurulmadan önce Trabzon ilinde bulunan bütün ilçe ve belde belediyeleri mücavir alanları içinde topladıkları evsel katı atıkları hiçbir sıhhi kural gözetmeksizin dere ve deniz kenarlarına dökerek çevrenin kirlenmesi ile insanların yaşam alanlarının sağlıksız olmasına sebep olmuşlardır.

Katı atık bertarafı belediyelerin tek başlarına üstesinden gelebilecekleri bir konu olmadığından çözüm olarak dere ve deniz kenarlarına atıklarını dökmüşlerdir. Trabzon ilinin içinde bulunduğu coğrafi durum bu bölgede katı atık bertaraf tesisinin yapılmasına uygun alanların bulunmasını güçleştirmekte ve bu sahaların yapılmasını geciktirmiştir. Bulunan alanlar toplumsal muhalefetten ötürü yapılması ötelenmekteydi; fakat ne yazık ki dere ve deniz kenarları için aynı toplumsal muhalefet ve hassasiyet söz konusu olmamıştır. Toplanan çöpler yıllarca deniz ve dere yataklarına çevre ve insan sağlığı hiçe sayılarak dökülmekte hatta çöp dökülen alanlarda kontrolsüz ve ilkel bir yöntemle çöplerin ayrıştırılmasına izin verilerek insan sağlığı hiçe sayılmıştır.

Çamburnu düzenli depolama sahası açılıncaya kadar belediyeler tarafından kentsel katı atıklar ne yazık ki yerleşim yerlerine yakın yerlere dökülmekteydi. Bu alanlar hemen hemen Trabzon ilinin her ilçesinde var iken bu alanların en büyük olanı, Trabzon şehir merkezinde moloz adı verilen mevkide denizin kenarının doldurulması sonucu oluşturulan çöplük alanıdır. Şehir merkeziyle hemen hemen iç içe olan bu çöplük alanından kaynaklı kötü koku, haşere, sinek, tehlikeli gazlar çevre ve insan sağlığı için yıllarca tehlike

oluşturmuştur. Bu durum sadece Trabzon şehir merkezi için değil diğer ilçe belediyeleri içinde geçerli olmaktaydı. Her belediye topladığı evsel atıklarını ne yazık ki dere kenarlarına veya sahil dolgusu olarak denizi kirleterek bertaraf etmek zorunda kalmışlardır. Bu durum ise ilimizde katı atıklardan kaynaklı çokça çevresel sorunun yaşanmasına sebebiyet vermiştir. Nitekim katı atıklardan kaynaklı olarak ilimizde yaşanan bu çevresel sorunların çözümü için kısa adı TRABRİKAB olan Trabzon ve Rize İlleri Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği 1997 yılında kurulmuştur. Birlik tarafından bölgede düzenli depolama sahası yapılabilecek alan arayışları ve mahkeme süreçleri yaklaşık 10 yıl sürmüş olup, en sonunda Sürmene İlçesinde bulunan eski bir maden ocağı alanı katı atık düzenli depolama sahası yeri olarak belirlenmiştir.

Trabzon ilinde yaşanan bu istenmeyen çevresel durumlara son verilmesi ve bölgede toplanan katı atıkların Dünya’da ve Türkiye’nin belirli illerinde uygulanan yöntemlerden biri olan düzenli depolama tesislerinden bir tanesinin de Trabzon ilinde inşa edilmesi için TRABRİKAB tarafından katı atık projesi hayata geçirilmiştir. Hayata geçirilen katı atık projesi ile birlikte yalnızca düzenli depolama sahası değil aynı zamanda taşıma maliyetlerini de önemli ölçüde düşürerek belediyelerimize ciddi katkı sağlayan 3 adet aktarma istasyonu da yapılmıştır.

Bilindiği üzere Türkiye’deki mevzuat çerçevesinde belediyelerin mücavir alanları içinde oluşan katı atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi belediyelerin görevidir. Fakat belediyelerin gerek maddi imkansızlıkları gerekse bölgenin coğrafi şartları neticesinde katı atık bertaraf tesisi kurmaları da imkansız görünmekteydi. Bu nedenle TRABRİKAB tarafından hayata geçirilen katı atık projesi kapsamında 2007 yılı eylül ayında Çamburnu Düzenli Depolama Sahası işletmeye açılmış ve atıkların düzenli depolanması faaliyeti hayata geçirilmiştir. Düzenli depolama sahasının devreye alınması ile birlikte il genelindeki düzensiz çöp döküm alanları ıslah edilerek kapatılmış ve yeşil alan haline dönüştürülmüştür.

Trabzon ilindeki bütün belediyelerin birliğe üye olmaları neticesinde her bir belediye tarafından belediye sınırları dahilinde toplanan katı atıklar aktarma istasyonlarına taşınarak buradan da düzenli depolama sahasına gönderilerek bertarafı sağlanmıştır.



Böylelikle Trabzon ilinde vahşi çöp döküm alanlarından mevzuatın gerektirdiği şekilde yapıp işletmeye açılan düzenli depolama sahası işletimine geçilmiştir. Katı atık bertarafında geçilen yeni sistemde yalnızca evsel katı atıklar olmayıp tıbbi atıkların bertarafı konusunda da çalışmalar yapılmıştır. Öncesinde gömülerek kurtulmaya çalışılan tıbbi atıklar için tıbbi atık sterilizasyon tesisi kurularak kanun ve yönetmelikler çerçevesinde bertarafı gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Kurulan tıbbi atık tesisi ile birlikte lisanslı tıbbi atık toplama araçları ile tıbbi atıklar oluştukları sağlık kuruluşlarından el değmeden alınarak tesise getirilmeye başlanmış olup halen sterilizasyona tabi tutularak bertarafı gerçekleştirilmeye devam edilmektedir.

Daha önce deniz kenarı ve dere kenarlarına dökülen çöpler artık düzenli depolama sahasına dökülmeye başlanmıştır. Düzenli depolama tesisin açılmasıyla birlikte birliğe üye İl Özel İdareleri vasıtasıyla da Trabzon ilinin köylerinde ve yaylarında oluşan çöpler de toplanarak yine düzenli depolama sahasına getirilmiştir. Bu sayede Trabzon ilinde kaçak döküm hariç tüm katı atıklar düzenli depolama sahasına getirilip bertaraf edilmiştir. Düzenli depolama sahasında biriken evsel katı atıklar aneorobik çürümeye başladıktan sonra sahada yapılan bir takım mühendislik çalışmaları ile birlikte döşenen borular ve kurulan motorlar sayesinde oluşan metan gazı değerlendirmeye alınarak elektrik üretilmeye başlanmıştır. Bu çalışmalar her depolama sahasında yapılan uygulamalardan bir tanesidir. Trabzon'un coğrafi konumu itibari ile düzenli depolama sahasının 10 yıllık ömrü olduğu için yeni yerler, 10 yılın tecrübesi ile de dünyada bu alandaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni yöntemler bulma zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Katı atık bertarafında maliyet açısından düzenli depolama sahalarının yapımı ve işletilmesi diğer bertaraf yöntemlerine göre daha az olmaktadır; ancak depolama sahası yapacak yeterince alan yok ise kurulumları çok verimli olmayabilir. Trabzon ilinde coğrafi konum itibari ile geniş alanlar bulmak oldukça zordur. Bulunması halinde bile bölgenin dağınık yerleşim yapısı yüzünden yerleşimlerden uzak olması imkansız olmakta, bu durumda kanun ve yönetmelik şartlarının yerine getirilmesi konusunda sorunlar çıkmasına neden olmaktadır. Yakındaki yerleşimlerin mevzuatın gerekliliğini yerine getirmek için kamulaştırılması gerekmekte olup bu durumda oldukça yüklü kamulaştırma maliyetlerine ve yer sahiplerinin mahkemeye gitmesiyle de zaman kayıplarına yol açmaktadır. Öngörülen bu maliyetler karşılanırsa dahi bütün yerleşimlerin kamulaştırılması söz konusu

olmayacağından düzenli depolama sahasının etrafında her zaman için dağınık yerleşimden ötürü yerleşim birimleri olacaktır. Bu durumda da işletmeden kaynaklı koku problemleri neticesinde çevredeki yerleşimler için istenmeyen durumlar ortaya çıkacaktır. Düzenli depolama sahasının işletilmesinden ötürü çevresel herhangi bir problem olmasa dahi sadece kokunun olması insanları rahatsız etmektedir.

Bu veya bunun gibi sebeplerle katı atık yönetimi yetkilileri daha uzun vadeli, çevreye daha uyumlu ve gelişen teknolojilere uygun bertaraf sistemleri üzerinde çalışmalar başlamıştır. Araştırmalarda çevreye uyumlu bölgesel durumlar gözetilerek ileri teknolojik sistemler üzerinde durulmuştur. Elbette her teknolojinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Teknolojinin uygulanabilirliği her yerde aynı olmayabilir. Bir ülkenin hammadde yakınlığı hammaddenin içeriği farklılık gösterir bunun için ek yatırımlarla bu açığı kapatabilirsiniz. Avrupa’da kurulan bir atık bertaraf sistemindeki atığın içeriği ile Trabzon’da kurulacak bir tesisteki hammadde olarak tanımladığımız atığın içeriği aynı olmaz. Katı atık bertaraf sistemlerinde termal yöntemde en önemli kriterin atığın kalorifik değerinin yüksek olması ve atığın nem oranının belli oranda olmasıdır. Bu çalışmada seçilen termal sistemin verimli çalışması için neler yapılabilir ne gibi önlemler alınabilir bunun üzerinde durulmuştur.

#### **4.2. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri**

Katı atıkların bertarafında kullanılan yöntemler yıllar geçtikçe gelişmektedir. Dünya geneline bakıldığında gelişmişlik düzeylerini tamamlayan ülkelerde atık konusu büyük sorun değildir. İşin temeline baktığımızda katı atıkların yönetimi atıkları kaynağında azaltmayla birlikte başlamaktadır. Türkiye’de de sıfır atık kampanyasıyla birlikte katı atıkların yönetiminde iyi yolda olduğunu göstermektedir. Türkiye’de katı atıkların büyük çoğunluğu 2000’li yıllardan önce vahşi depolanırken bu tarihten sonra düzenli depolama sahaları yıllar geçtikçe artarak katı atıklar etkisiz hale getirilmeye çalışılmaktadır; fakat düzenli depolama sahaları kendi başına katı atıkların bertarafında yeterli değildir. Gelişen teknolojiyle birlikte termal bertaraf yöntemlerinin seçimini de beraberinde getirmiştir. Termal bertaraf tesisleri diğer bertaraf yöntemlerine göre oldukça maliyetlidir. Katı atıkların karakterizasyonuna bakıldığında katı atıkların enerji, geri dönüşüm veya geri

kazanımı olan atıkların varlığı gün geçtikçe artmaktadır. Atığın muhtevasına bakıldığında bir enerji değeri vardır. Geri dönüşümü yapılamayan atıkların fosil yakıt yerine de kullanılmasının sağlanması gerekmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de atık çimento sektöründe fosil yakıtlar yerine kullanılsa da bu enerjiyi belediyelerin kendilerine bir gelir olarak katabilirler. Türkiye de katı atıkların bertaraf yöntemlerine bakıldığında düzensiz (vahşi) depolama, düzenli depolama, ıslak ve kuru fermentasyon ve termal yöntemler olarak sıralanabilir.

#### 4.2.1. Düzensiz (Vahşi) Depolama

2000’li yıllardan önce Türkiye’de yaygın olan bu yöntem, katı atıkların açık alanlara Şekil 18’de gibi gelişi güzel dökülerek uzaklaştırılması yöntemidir. Bilinçsizce bir şekilde teknoloji ve bilimden uzak dökülen katı atıkların topraklarımızı, sularımızı ve havamızı kirletmektedir. Çevre ve İnsan sağlığını olumsuz etkileyen bu atıkların artmasıyla vahşi depolama alanlarında oluşan gazla birlikte yangınlar çıkmaktadır. Meydana gelen yangınla bölgedeki yaşam alanlarını tehlikeye atmaktadırlar.

**Şekil 18: Katı Atıkların Düzensiz Depolanması**



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Cadde ve sokaklarda biriken atıkların toplanarak vahşi döküm sahalarına dökülmesi ucuz bir yöntem olması belediyelerin avantajı gibi gözükse de, insan ve çevre sağlığına zarar vermesi bunun yanında yüzeysel ve yeraltı sularını kirletmesi göz ardı edilmemelidir. Düzensiz (Vahşi) depolamanın dezavantajlarını aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sızıntı suları ile yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarını kirletir,
- Koku ve tozun etrafa yayılması,
- Zehirli, parlayıcı ve patlayıcı gazların oluşması,
- Yanma olaylarının artması,
- Yabani hayvanların kolay besin bulması sebebiyle alana gelmesi,
- Katı atıkların rüzgarlarla etrafa dağılması,
- Arazilerin değer kaybetmesi,
- Oluşan gazların atmosfere verilerek çevre kirliliği yaratması.

Yerleşim yerlerine yakın olan vahşi depolama alanlarında meydana gelebilecek heyelanlar ve buralara yakın oturanların vücutlarında, kirleticilerin geçişi nedeniyle büyük risk taşımaktadırlar. Ayrıca uçucu bileşenlerin atmosfere yayılan gazların nefesle alınması zararlıdır (Bukni, 2003: 9).

#### **4.2.2. Katı Atıkların Düzenli Depolaması**

Katı atıkların düzenli depolanmasında asıl amaç katı atıklarda oluşan sızıntı sularının kontrol edilerek arıtma tesisine gönderilmesi, oluşan gazların kontrollü yakılması veya yakılarak elektrik enerjisine çevrildiği ve katı atıkların üzerinin örtülerek çevreye zarar vermeyecek şekilde toplanıp değerlendirildiği tesislerdir

Düzenli depolama, katı atıkların bertaraf edilmesinde ekonomik bir yöntemdir. Entegre katı atık tesislerinde atıkların yeniden kullanılması, geri dönüşümü ve termal yöntemlerin kullanılmasının yanında katı atıkların düzenli depolanması önemli bir bertaraf yöntemi olarak kullanılmaktadır. Atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü sağlansa da bakiye atıkların depolanacağı alan sürekli olmaya devam edecektir. Türkiye’de yalnız



- Taban geçirimsizliğinin sağlanması,
- Sızıntı suyunu toplama ve arıtma,
- Üst örtüsünün serilmesi,
- Depo gazını toplama, yakma ve değerlendirme,
- Depolama sahasının izlenmesi sistemidir.

Düzeni depolama tesisi yapılırken aşağıda ki öğelerinde yapılması gereklidir;

- Bekçi binası, kantar, tekerlek yıkama,
- İdari bina, laboratuvar, soyunma ve duş kabinleri, yemekhane,
- Kalıcı ve geçici yollar,
- Kademe binası,
- Depolama sahasının izlenmesi: Yeraltı gözlem kuyuları, atık suların analizi ve sahada oluşan gazların izlenmesi,
- Elektrik, telefon, içme ve kullanma suyu için yapıların oluşturulması,
- Depolama sahası etrafının çitlerle çevrilmesi,
- Depolama Sahası etrafının yağmur suyu kanalları ile çevrilmesi,
- Depolama Sahası etrafına yağmur suyu uzaklaştırma sistemi,
- Araç otoparkı,
- Akaryakıt deposu,
- Günlük çöpü örtmek için alan,
- Yangın söndürme sistemleri,
- Tesis etrafı trafik işareti,
- Sahada kullanılacak ekipman ve İş makineleri Dozer, ekskavatör, yükleyici, tanker, kamyon, pompalar, kompresör, jeneratör gibi

#### **4.2.4. Depolama Sahası Tasarımından Önce Yapılacak Çalışmalar**

Katı atık yönetim planı ve fizibilite çalışması için (Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, 2014);

- Mevcut durum ve gelecek tahminleri,
- Mevcut bertaraf sistemi,
- Düşünülen bertaraf sistemi,
- Depolamaya gelecek atıkların özellikleri ve ne kadar atık geleceği,
- Çöp sularının nereye verileceği ve gaz yönetimi,
- Depolama öncesi işlem aşamaları.

Katı atıkların düzenli depolanmasında uygun yer seçiminin yapılması gereklidir. Zeminle ilgili bilimsel çalışma yapılarak yeraltı suyu akış yönlerinin tespit edilmesi, depo tabanının sağlamlığı, deprem ve heyelanlı bölgede yer alıp almadığı gibi çalışmalar depolama sahası yapmadan önce yapılmalıdır.

#### **4.2.5. Katı Atıkların Düzenli Depolanmasında Tesislerin Tasarlanması**

Düzenli depolama tesisleri Atıkların Düzenli Depolamasına Dair Yönetmelik ve bakanlığın genelgesi esas alınarak tasarlanır.

Tesis projelendirilirken uygulanabilir yerleşim planı yapılmalıdır. Sızıntı suyunu cazibe ile uzaklaştırılır ve yağmur suyunun sızıntı suyuna karışmaması için önlemler alınır. Saha içi ulaşım kolaylığı sağlanmalıdır. Tabanının eğimi, sızıntı ve yeraltı sularının dışarı verilebileceği şekilde yüzde 3 ten az olmamalıdır. Şev yükseklikleri 10 m'yi geçmemelidir. Şev eğimlerinin yüzde elli olması durumunda geomembran ve geotekstil şevlerde sağlam yerlere sabitlenmelidir. Lot sahaları büyük yapılmamalı, eğer büyük yapılırsa saha bölünerek sızıntı suyu ve yağmur suyu karışımı engellenmelidir (Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, 2014).

#### **4.2.6. Taban Geçirimsizliğinin Oluşturulması**

Düzenli depolama sahalarının tabanlarının geçirimsiz olması mutlaka sağlanmalıdır. Düzenli depoların düzensiz depolardan ayıran en önemli özelliklerinden biri

de sızıntı sularının toprağa geçmesini ve yeraltı sularının kirlenmesini engellemektir. Düzenli depolama sahalarının taban geçirimsizliğini oluşturmak için tabanı kil tabakası serilmeden önce yeraltı sularının tabanda uzaklaştırılması gerekmektedir. Kil tabakasının özelliği geçirimsiz olmasıdır. Yapay killer olmasına rağmen doğal geçirimsiz toprak seçilmesi daha çok kullanılan bir yöntemdir. Kil tabakası serildikten sonra geomembran ve geomembranı koruyan geotekstil serilir. Geçirimsiz olan bu malzemeler de TSE standartlarında olmalıdır. Bu malzemeler serildikten sonrada bu malzemelerin üzerine depolama sahasına dökülen yırtıcı metallere kesilmemesi için depolama sahasının tabanına çakıl dökülerek korunmaktadır.

#### **4.2.7.Sızıntı Suyu Yönetimi**

Katı atıklar depolandığında kimyasal, biyolojik ve fiziksel etmenlere maruz kalarak sızıntı suyu oluşur. Sızıntı suyunun karakteristiği çok sayıda element ve bileşik içerir. O yüzden sızıntı sularının arıtılması en zor atık sulardan biridir.

Sızıntı suları depolama sahası tabanından dengeleme havuzuna alınır. Depolama sahalarını projelendirilirken sızıntı suyunun lot sahasından kolay ve alınabilir şekilde tasarlanması gerekir. Sızıntı suları olarak tanımlanan içeriğinde kimyasal elementlerin çok olduğu bu sınının yönetimi depolama sahalarının en büyük problemlerinden biridir. Bu suyun iyi yönetilmediği veya standartlara uygun arıtılmadığı durumlarda çevre felaketlerine sebebiyet verdiği unutulmamalıdır. Sızıntı suyunu sahadan dışarı almak gaz yönetimini olumlu etkiler.

Sızıntı suyu arıtımında bir kanalizasyon sistemi varsa sızıntı suyu ön arıtmayla birlikte kanalizasyona bağlanır. Ancak kanalizasyona bağlanacak sızıntı suyunun da belli standartlara sahip olması gerekmektedir. Kanalizasyon bağlantısı yoksa mutlaka biyolojik arıtma tesisi ile sızıntı suyu arıtılmalıdır.



#### **4.2.8. Gaz Toplama Sisteminin Tasarımı**

Katı atık sahalarında depolanan atıkların oksijensiz ortamda anaerobik mikroorganizmalarca ayrışmaya maruz kalarak % 55-60 metan gazı ve % 45-50 karbondioksit oluşmaktadır.

Oluşan metan gazının depolama sahasından uzaklaştırılması için saha içerisine en az 6 m de bir borulama çalışması yapılarak metan gazını motorlar yardımıyla saha dışına verilir. İlk 6 ayda enerji içeriği fazla olmadığından gazın kontrollü yanması sağlanır. Enerji verimliliği yüksek olduğunda toplanan gazın gaz motorlarında yakılarak elektrik enerjisine çevrilmesi gerekmektedir. Depolama sahalarında gaz oluşumu depolanan atıkların miktarı ve çeşidine göre değişmektedir. Biyolojik olarak hızlı ayrışabilir organik atıklar, biyolojik olarak yavaş ayrışabilir kağıt, karton vb. atıklar, biyolojik olarak ayrışamayan metal, plastik vb. atıklar gaz verimlerini etkileyen atık çeşitleridir.

##### **4.2.8.1. Depolama Sahasından Çıkan Gazın Özellikleri**

Depolama sahalarında çıkan gazın yönetimi iyi yapılmalıdır. Tablo 3'deki gaz bileşenlerine baktığımızda depolama sahalarında oluşan gazın % 55-60'ı metan, % 45-50'si karbondioksit ve belli miktarlarda sülfür, azot vb. bileşiklerden oluşur. Metan gazı karbondioksit gazına oranla çevreye 21 kat daha zararlıdır. Metan gazı patlayıcı bir gaz olduğundan dolayı da tehlikeli bir gazdır. Bu gaz bileşeni hava kirliliği ve etrafa pis koku yayarak insan ve çevrenin sağlığını bozmaktadır.

**Tablo 3: Depolama Sahası Gaz Bileşenleri**

Bileşen	Yüzde (Kuru Hacimde)
Metan	45-60
Karbondioksit	40-60
Azot	2-5
Oksijen	0,1-1,0
Sülfür, merkaptan vb.	0-1,0
Amonyak	0,-1,0
Hidrojen	0-0,2
Karbonmonooksit	0-0,2
Eser Bileşenler	0,01-0,6
Özellik	Değer
Sıcaklık (°C)	68-88
Özgül ağırlık	1,02-1,06
Nem muhtevası	Doğgun
Isı değeri (kJ/m <sup>3</sup> )	14900-20500

**Kaynak:** Akpınar, 2006: 17.

#### 4.2.8.2. Gaz Toplama Sisteminin İşletilmesi

Gaz toplama sisteminin iyileştirilmesinde sızıntı suyunu tahliye etmek büyük oranda etkilidir. Diğer yandan sahaya fazla emiş yapmayarak azot ve oksijen dengesine göre emişin yapılmasının sağlanması gerekmektedir. Dikey boru yerine yatay boru kullanılması gaz toplama verimini arttırmaktadır. Borulama üstüne ve altına kullanılan çakılın 20-50 mm yuvarlak köşeli dere çakılı olması ve kalsiyum karbonat oranının yüzde 20'nin altında olması gerekmektedir. Borular zamanla tıkanıdığı için borulamanın 6 m de bir yapılması gaz toplama verimini arttırmaktadır. Depolama sahasının oksijen çekmemesi için de belli aralıklarla toprak örtü ile kapatılması ya da kapanma membranları ile kapatılması gerekmektedir. Atık depo sahalarından oluşan depo gazı yayılımı kontrol edilmediği takdirde, kanalizasyon şebekesi, pompa emme çukurları ve binaların bodrum katları gibi zemin içindeki hacimlerde gaz birikimi ve patlaması sonucu, ölümcül kazalar yaşanabilir (Öztürk, 2014: 321).

### 4.3. Fermantasyon Yönetimi

Türkiye’de katı atık bertaraf edilmesinde genellikle düzenli depolama sahaları kullanılmaktadır. Düzenli depolama, alan sıkıntısı ve sera gazı emisyonları ile sızıntı suyu sorunu yüzünden uygun bir atık yönetim metodu olmaktan çıkmıştır. Evsel katı atığın organik kısmının fermantasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu yöntem diğer yanabilir ve kullanılabilir atıklardan ayrıştırılan organik atıkların reaktörler (kazanlar) içinde havasız ortamda çürütülerek gazının alınma işlemidir. Bu yöntemle, düzenli depolanıp yeterli ve verimli bir şekilde geri kazanım sağlanamayan organik atıklardan biyogaz üretimi ve gübre elde edilmesi sağlanmaktadır. Özellikle haller, pazar yerleri ve gıda endüstri atıklarından biyogaz elde edilmesi ve elektrik enerjisi üretilmesi ekonomik bir kazançtır. Bunun yanında proses sonucu oluşan malzeme gübre olmaktadır. Bu üründe peyzaj uygulamalarında, park ve bahçelerde kullanılabilen ya da uygun tarım alanlarında kullanılması mümkün olmaktadır. Ayrıca organik atıklardan biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kapsamına girdiğinden, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik devlet tarafından sübvansiyon uygulanarak desteklenmektedir. Bu sayede katı atıkları hem ekonomik hem de çevresel kazanç sağlanan bir bertaraf yöntemi olmaktadır. Türkiye’de çürütme teknolojilerinin kentsel katı atıkların organik kısmında, gıda ve endüstriyel tesislerde, tarım ve hayvan atıklarından biyogaz üretilmesi, hem temiz enerji üretimi sağlanacak hem de çevre kirliliğinin azalmasına katkı sağlayacaktır (Yıldız vd., 2010: 32).

Evsel katı atıkların anaerobik olarak değerlendirildiği tesisler birçok prosesin birleşiminden oluşur. Atıktan elde edilebilecek ürünlerin miktar ve kalitesini atığın bileşimi ve yapısı belirler. Evsel organik katı atıkların değerlendirildiği tesislerde organikçe verilecek su oranına göre yaş, yarı kuru ve kuru sistem diye bölümlere ayrılır.

### **4.3.1. Fermantasyon Yöntemleri**

#### **4.3.1. 1. Yaş Fermantasyon**

Havasız ortamda biyogaz üretiminde en önemli etken kuru madde miktarıdır. Kuru madde miktarı biyogaz verimini etkileyen en önemli unsurdur. Biyogaz verimi kullanılan organik maddenin kuruluk oranına göre değiştiğinden kullanılan atıkların kuruluk oranına göre kullanılacak olan su miktarı ve tesisin hacmi belirlenir. Yaş fermantasyonda tesislerde fermantöre yüklenen organik maddeler gerekli koşullar sağlandıktan sonra biyogaz üretimi gerçekleşir. Islak fermantasyonda kuruluk oranı 7,5-11 aralığında olmalıdır. Biyokütle bulamaç haline dönüştürülerek metan gazı üretilir. Çözünürleştirme sonrası, reaktör çıkış mekanik susuzlaştırma ile kek haline getirilir ve sıvı kısım tekrar metan reaktörüne verilir. Kek ise tünel kompost sisteminde 1 hafta kompostlaştırmaya verilerek gübre elde edilir (Öztürk, 2014: 180).

#### **4.3.1.2. Yarı Kuru Sistem**

Yarı kuru sistemde reaktörde kullanılan organik atığın kuru madde miktarı yüzde 10-20 aralığındadır. Bu kısımda biyokütle reaktörde sıvı çamur şeklindedir. Yine sistemden biyogaz ve kompostlaştırma sonrası gübre elde edilir.

#### **4.3.1.3. Kuru Sistem**

Kuru sistemlerde fermantasyona tabi tutulacak kütlenin katı atık miktarı %20 – 40 arasında değişmektedir. Sistemin önemli avantajlarından biri daha az suya gereksinim duyması ve daha yüksek gaz üretimidir (Akpınar, 2006: 59). Bu reaktörlerde besleme sürekli değildir. Şekil 20’de görüldüğü gibi reaktörler hücreler şeklinde ve içindeki biyokütle katıdır.

## Şekil 20: Kuru Fermantasyon Gösterimi



**Kaynak:** Web\_4.

Anaerobik arıtma üç aşamada gerçekleşmektedir. Her bir aşamada farklı türde mikroorganizma gurupları vardır. Hidroliz aşamasında organik maddeler, fermentatif ve hidrolitik bakteri gurupları tarafından daha basit yapıda çözülebilir uçucu organik maddelere parçalanırlar. Bu aşamada ph, sıcaklık ve çamur yaşı iyi ayarlanmalıdır. Asit üretim aşamasında asit bakteri gurupları tarafından uçucu organik maddeler, organik asitlere dönüştürülür. Metan üretim aşamasında organik asitler anaerobik ortamda metan bakterileri tarafından metan gazına dönüşmektedir. Reaktörden çıkan biyogaz % 65–70 metan, % 25–30 karbondioksit ve eser miktarda sülfür, azot, hidrojen ve su buharından oluşmaktadır. Üretilen biyogaz ayrı bir tankta depolanır elektrik ve ısı elde edilir. Çürütülmüş diğer elde kalan atık ise kompostlaştırma uygulanarak gübre elde edilir (Öztürk, 2014: 178).

### 4.4. Termal Bertaraf Yöntemleri

Atıkların yakılması Avrupa’da 1870 yıllarında İngiltere’de uygulanmıştır. Burada amaç atıkların hacimsel olarak azaltılmasıdır; fakat ilerleyen yıllarda amacın sadece hacim azaltımı değil de ısı enerjisini kullanarak elektrik üretilbildiğinin olması gerektiği görülmüştür.

Fosil yakıtların tükenmesiyle atıkların kaynak olarak kullanılması devletler için cazip hale gelmiştir. Termal sistemlerin birbirinden ayıran en önemli özellik sisteme dışarıdan verilen hava miktarıdır. Termal sistemlerden olan yakma, gazlaştırma ve piroliz oksijen konsantrasyonuna bağlıdır. Yakma sistemleri en yaygın kullanılan sistemdir ve atığın sitokiyometrik orandan fazla oksijenle yüksek sıcaklıkta yanma ürünlerine dönüştürülmesine dayanır. Kentsel katı atıkların yakılması ile hacimce %90 ağırlıkça %70 bir azalma sağlanır (Öztürk, 2014: 239).

Termal bertaraf yöntemleriyle atıkları yakarak hacimce ve ağırlıkça bir azalma yapılırsa da bertaraf maliyetlerini arttıran bir yöntemdir. Avrupa, ABD ve Japonya'da toplamda ortalama 400 atıktan enerji üretim tesisi vardır.

#### 4.4.1. Dünya'da Termal Bertaraf Yöntemlerinin Kullanım Durumu

Dünyada yılda 783 milyon ton atık bertaraf edilmektedir. Bunun 338 milyon tonu düzenli depolamaya, 134 milyonunu geri dönüşüme, 122 milyon tonu yakma tesisine gitmektedir. Avrupa'da ise yılda 241 milyon ton atığın 63 milyonunu düzenli depolamaya, 112 milyonunu geri dönüşüme 66 milyonunu ise yakma tesislerine gitmektedir. ABD de ise evsel atıkların yakılarak bertaraf edildiği 87 adet atık yakma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde yılda 30 milyon tona yakın atık bertaraf edilirken 15 milyon GW-saat enerji üretimi gerçekleştirilmektedir (Saltabaş vd., 2011: 110-111). Tablo 4'te Avrupa'da yakma sistemlerinin kapasiteleri görülmektedir. Türkiye'de de katı atıkların termal yöntemlerle bertaraf edilmesi için çalışmalar başlamıştır.

**Tablo 4: Dünyada Enerji Üretimine Yönelik Kurulan Yakma Sistemleri**

Yakma Teknolojilerinin Dünyadaki Uygulamaları	Tesis Sayısı	Yakma ile bertaraf oranı (%)	Yakma ile bertaraf edilen atık miktarı (milyon ton/yıl)	Toplam üretilen enerji MW-h
Avrupa	>400	20-30	55	2200
ABD	89	8-15	30	2700
Japonya	263	70-80	40	1441
Diğer	70	-	25	-

**Kaynak:** Saltabaş, 2011: 111.

#### 4.4.2. Eysel Katı Atık Termal Bertaraf Teknikleri

Termal Bertaraf kalorifik değeri yüksek olan atıkların yüksek sıcaklıklara tabi tutulmasıdır. Katı atıkların bertarafında en çok kullanılan teknolojiler piroliz, gazifikasyon ve yakma yöntemi olarak sıralanır.

##### 4.4.2.1. Piroliz

Katı atığın oksijensiz ortamda termal bozunmasıdır. Bu yöntemle kok, katran, uçucu yağlar, yoğunlaşabilir hidrokarbonlar, su ve piroliz gazları açığa çıkar. Yanma proseslerinde ilk safhadır. Atığın cinsine göre piroliz işlem sıcaklığı 600-700 derecelere sıcaklıkları çıkmaktadır. Tablo 5'te yakma ve piroliz karşılaştırması yapılmıştır.

**Tablo 5: Yakma ve Piroliz Karşılaştırılması**

<b>Yakma</b>	<b>Piroliz</b>
Oksijenli reaksiyonla termik parçalama	Oksijensiz reaksiyonla termik parçalama
Yanma sıcaklığı 800 - 1200 derece	Piroliz sıcaklığı 500 – 1000 derece
<b>Ürünler</b>	
Katı oksitlenmiş maddeler (kül-cüruf)	Katı indirgenmiş katı kalıntıları (kömür)
Sıvı: Su	Sıvı: Su, sıvı, hidrokarbonlar
Gaz: CO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , vs	H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , Etan, Propan, H <sub>2</sub> N <sub>3</sub>
Ekzotermik reaksiyon	Endotermik reaksiyon
Çöpün bileşiminin değişimine az duyarlı	Çöpün bileşimine duyarlı

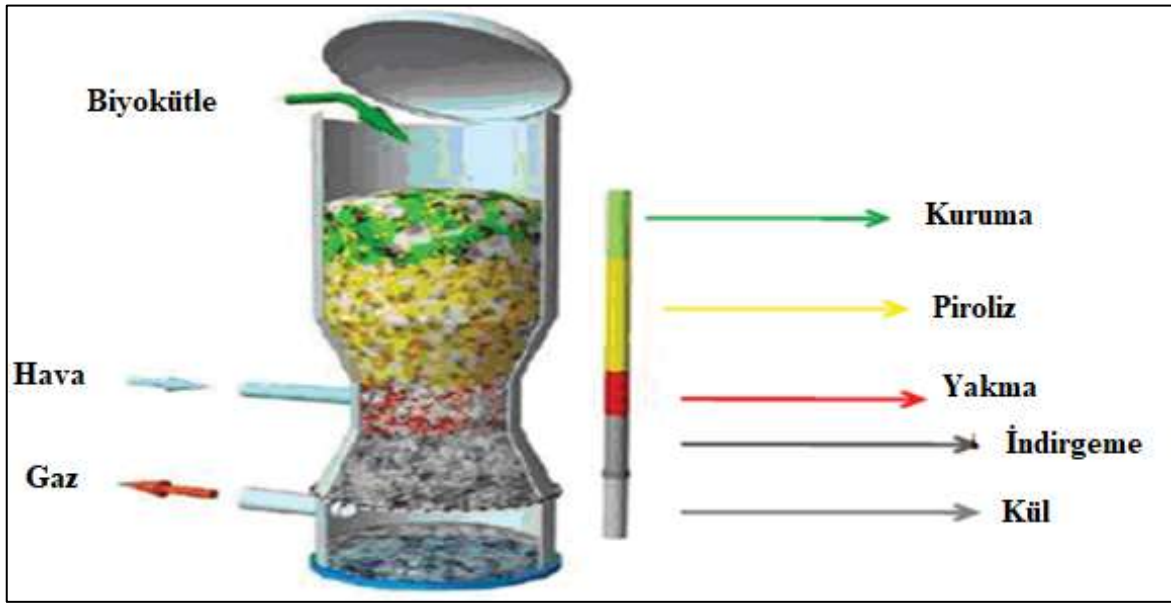
**Kaynak:** Web\_5.

##### 4.4.2.2. Gazifikasyon

Katı atığın bulunduğu ortama bir miktar hava verilerek termal bozunmasıdır. Katı atıklarda 1000°C sıcaklığa çıktığında piroliz bölümünde oluşan karbon, gazlar ve katran su buharıyla tepkimeye girerek karbonmonoksit ve hidrojen üretilir. Katı atığın nemi yüzde 20'nin altında olduğunda da ilave oksijen olmadan da sentez gazı üretilebilir. Üretilen sentez gazı da enerji değeri yüksek bir gazdır.

Termal sistemlerden biri olan gazlaştırmada yanma prosesinde Şekil 21'deki gibi diğer yakmalardan daha az hava ile yanma oluşur. Ürün içerisinde yüksek miktarlarda karbon monoksit (CO), hidrojen (H<sub>2</sub>) ve hidrokarbonlar özellikle metan (CH<sub>4</sub>) yanıcı bir yakıt gazıdır. Bu yanıcı gaz, gaz tribünlerinde yakıt olarak kullanılabilir (Steiner vd., 2008: 58).

**Şekil 21: Gazlaştırma Prosesi**



**Kaynak:** Öztürk, 2014: 252.

#### 4.4.2.3. Yakma Yöntemi

Katı atığın bulunduğu ortama hava verilerek termal bozunması olayıdır. En çok kullanılan yöntemlerdendir. Katı atıklar ilk olarak yakıldığı fırınlarda enerji elde edilmeyordu. Bu tesisler teknolojik ve mühendislik olarak eksik olarak tanımlanmaktaydı. Bunların en büyük dezavantajı da çevreye duyarlı olmamaları ve baca emisyonlarının olmamasıdır. Tablo 6'da reaksiyon sonucu çıkan ürünlere bağlı olarak atıklarla ilgili yönetmeliklerin çıkmasıyla; atık kabul birimi, geçici depolama, ön işlem, atık besleme sistemleri, baca gazı arıtımı, küllerin düzenli depolanması ve atık suların arıtılması gibi sistemlerin dahil olmasıyla ve bunları kontrol eden mekanizmalar sayesinde atıkların bertarafı çevreye zarar vermeden gerçekleşmeye başlamıştır.



Katı atıkların yakılması için nem oranının organik ve inorganik madde içeriklerinin belirli oranlarda olması gerekir. Yakma tesisi hem yatırım hem de işletme olarak da diğer bertaraf sistemlere göre daha pahalıdır. Katı atıkların kalorifik değerleri genel olarak 2.500 kJ/kg ile 7.500 kJ/kg arasındadır.

Kentsel katı atık yakma tesisi sürdürülebilir olabilmesi için aşağıdaki şartların gerçekleşmesi gerekmektedir bunlar;

- İyi bir entegre atık yönetim planının olması,
- Atıkları işlenen düzenli depolama tesislerinde depolanmakta olması,
- Yanabilecek özellikte 50.000 t/ay miktarında çöpün olması,
- Yakılacak atığın ortalama 5.000 kJ/kg olması lazım,
- Halkın veya yerel yönetimlerin artacak atık bertaraf tariflerini ödeme kapasite olması,
- Yakma tesisini işletecek kalifiye elemanların olması,
- Yakma tesisi projeleri ile ilgili asgari 15 yıl ve üzerinde bir dönem için master planlama yapılabilmesi (Öztürk, 2014: 238).

**Tablo 6: Kentsel Atıkların Yanma Reaksiyonu Sonucunda Oluşan Ürünler**

Atık Bileşeni	Yanma Ürünü
*Organik	
Karbon	CO <sub>2</sub>
Hidrojen	H <sub>2</sub> O
Kükürt	SO <sub>2</sub>
Azot	NO <sub>2</sub>
Oksijen	-
Klorid	HCL
Florid	HF
*Su(W)	W (Buhar)
*İnorganik(I)	I

**Kaynak:** Akpınar, 2006: 43.

Piroliz, gazifikasyon ve yakma yöntemlerinin temel nitelikleri tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7: Piroliz, Yakma ve Gazlaştırma Sistemlerinin Temel Özellikleri**

	YAKMA	PİROLİZ	GAZİFİKASYON
Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	800 - 1450	250 - 700	500 - 1600
Yanma Odası Basıncı (bar)	1	1	1 - 45
Ortam	Hava	İnert – Azot	O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Stokiyometrik Hava Oranı	>1	0	< 1
Gaz Halindeki Ürünler	CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> ,	H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>
Katı Haldeki Ürünler	Kül, Cüruf	Kül, Kömür	Cüruf, Kül

**Kaynak:** European Commission, 2006, akt. Aynur, 2011: 18.

#### 4.4.3. Atığın Yanma Durumu

Atıklar yanabilmesi için prosesin başlangıcında ilk yanma odasına mutlaka ek yakıt vermek gerekir. Prosesin devamında atıkların yanması için başka yakıtı ihtiyacı duymaması gerekir. Yakma tesislerinde proses sırasında arıtma sistemine gitmeden koku ve bazı zararlı gazların etkisiz hale gelebilmesi için minimum sıcaklık en az 800<sup>0</sup>C olmalıdır. Böylece karbonhidrat ve benzerleri CO<sub>2</sub> ve su buharına dönüşebilmektedir. Sıcaklık 1200<sup>0</sup>C geçmesi halinde ise külün eriyip ızgara ve fırınlara yapışmasına sebep olur. Yakılacak atığın ortalama ısıl değerinin asgari 1.600 kcal/kg civarında olması ve hiçbir şekilde 1.400 kcal/kg altına düşmemesi gereklidir (Aynur, 2011: 25). Katı atıkların yakılması ile ilgili bir başka sorun ise, katı atıkların homojen bir yapıya sahip olmamalarıdır. Ayrıca iyi bir yanma için, sırasıyla;

- İyi bir karışım,
- Uygun bir sıcaklık,
- Yanmanın sağlanması için yeterli bir süre geçmesinin sağlanması.

gerekmektedir. Başka bir ifade tam yanma olabilmesi için atıkların yanma odasında belli bir süre, uygun sıcaklıkta beklemesi ve iyice karıştırılmaları gerekir. Katı atıkların yakılmasında en büyük etkenlerden biride nem olayıdır. Nem oranının artması, atığın yanan kısmının azalmasına ve ek yakıtın artmasına sebep olmaktadır.

#### **4.4.4. Evsel Atığın Isıl Değeri**

Evsel atıkların belli seviyede ısıl değeri olması gerekmektedir. Atığın ısıl birimi uluslararası camiada Joule olarak tanımlanır. Başka bir ifade de kalori ve kilowatt-saat olarak da ifade edilmektedir. Kalori birimi genellikle doğa bilimlerinde, kw-sa birimi ise daha çok mühendislik alanında kullanılır (Öztürk, 2014: 221).

Termal sistemlerde kentsel katı atığın ortalama ısıl değeri en az en az 1400 kcal/kg olmalıdır. Zengin ülkelerde evsel atığın ısıl değeri 2.400 kcal/kg düzeyindedir (Öztürk, 2014: 220). Atıklarda ısıl değer ne kadar fazla ise yanma proseslerinde daha çok enerji elde edilmesi anlamına gelir.

#### **4.4.5. Yakma Tesislerinin Çevresel Etkileri**

Kentsel katı atık ve atık malzemelerden oluşan yakıtların yanması ile karşılaşılacak istenmeyen yan etkiler oluşabilmektedir. Elbette bu yan etkiler etkin bir yönetimle zararsız hale gelebilmektedir. Bunun için çevre mevzuatına uymak en iyi çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yan etkileri belli başlıklar altında sıralayabiliriz.

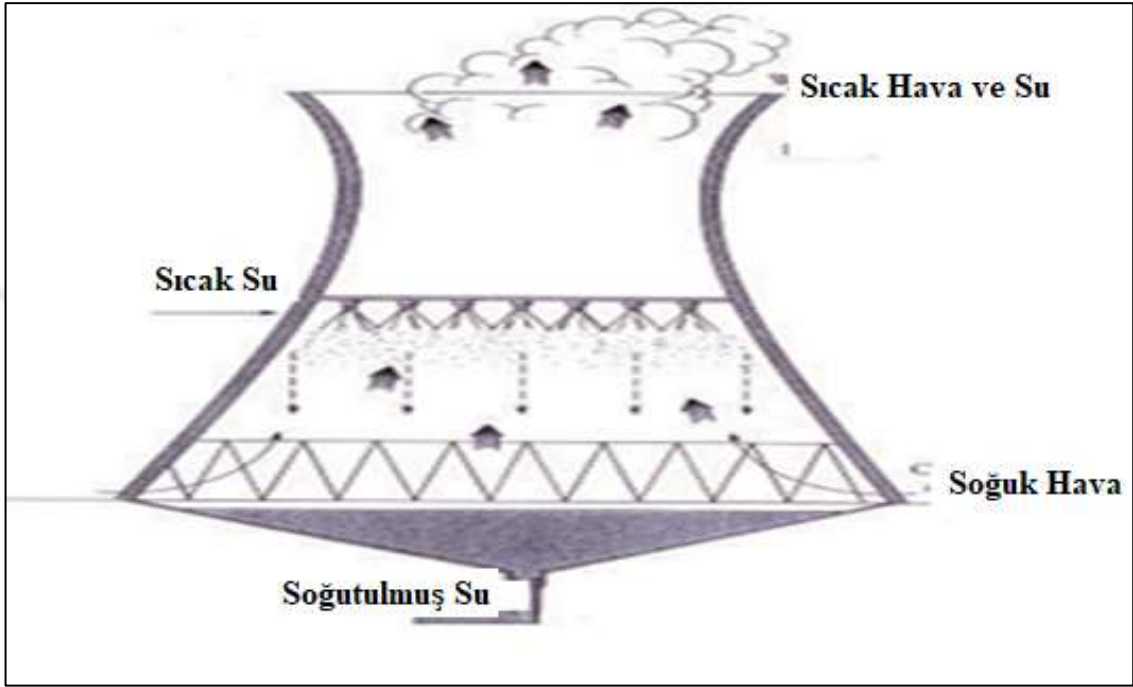
##### **4.4.5.1. Atık Isı**

Katı atıkların yakma işlemi sonucundan ortaya çıkan buhar, türbinleri çevirmek için yeterlidir. Ancak geriye kalan buhar kullanımı sınırlıdır. Sistemde baca gazının debisinin belirlenmesi kirletici emisyonların hesaplanması açısından önemlidir (Aynur, 2011: 76). Şekil 22'de gibi bu buhar yoğuşma ile suya dönüştürülür oluşan su yine sisteme veya alıcı ortama verilir. Atık buharın soğutulması ile çevreye verilmesi akarsu ve nehirlerde zararlı yan etkiler bırakabilmektedir.

Bazı ülkeler, sıcaklığı düşürmek için mevzuatlara uyarken bazı ülkelerde maalesef ısının sıcaklığını düşürmeden alıcı ortama bırakmaktadırlar. Bu enerjiyi düşürmek

amacıyla geniş sığ havuzlar ve soğutma kulelerini de içeren çeşitli soğutma yöntemleri uygulanır (Öztürk, 2014: 238).

**Şekil 22: Fosil Yakıt ve KKA Yakma Tesislerinde Tipik Olarak Kullanılan Soğutma Kuleleri**



**Kaynak:** Öztürk, 2014: 260.

#### 4.4.5.2. Kül

Termal yakma sistemlerde çevreye etki bırakacak elementlerden biride küldür. Termal enerji tesislerinden taban ve uçucu kül geriye kalmaktadır. Temel olarak atığın yanmayan kısmından oluşan taban külü ve gaz temizleme ekipmanlarının da tutulan atık gazla hareket eden uçucu küldür (Aynur, 2011: 52). Kül, yakma durumunda oluşan maddedir ve organik ve inorganik içeriğe sahiptir. Uçucu kül ise, baca gazını arıtma esnasında oluşan maddedir kentsel katı atık külündeki maddeler tablo 8'de yüzdeleri belirtilmiştir.

**Tablo 8: Tipik bir KKA Külünde Bulunan Maddeler**

Madde	Ağırlıkça Yüzde
Kısmen yakılmış veya yakılmamış organik	5
Teneke Kutular	18
Diğer Demir Çelik	10
Diğer metaller	2
Cam	35
Seramik	5
Kül	25

**Kaynak:** Steiner vd, 2008: 58.

Katı atıkların yanması esnasında karşılaşılan en büyük problem, kentsel katı atık içerisindeki ağır metallerdir. Tablo 9’da kentsel katı atık tesisinden uçucu ve taban küllerinin içinde bulunan ağır metal miktarları verilmiştir.

**Tablo 9: Uçucu ve Dip Küllerinin Birleşiminde Bulunan Toplam Metal Miktarları**

Metal	mg/kg Kül, Ağırlıkça
Alüminyum	17800
Kalsiyum	33600
Sodyum	3800
Demir	20400
Kurşun	3100
Kadmiyum	35
Çinko	4100
Mangan	500
Civa	<3

**Kaynak:** Öztürk, 2014: 260.

Katı atıkların yanmasıyla oluşan kül, tehlikeli bir atık olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar kül, uçucu kül ve gaz temizleyici olarak sıralanabilir. Tipik olarak, kül düzenli depolama sahalarında bertaraf edilir. Bu işlemde kirleticilerin sızarak yer altı sularını kirletme riski bulunmaktadır (Steiner vd., 2008: 57).

Yanma sonucu oluşan küllerin kullanılabilmesi alternatif alanlar araştırılmaktadır. Özellikle Avrupa’da fazlaca yakma tesislerinin bulunması ve çöplerin bertarafında bu

sistemin yaygın kullanılması neticesinde bu sorunun giderilmesi için alternatif çözümler önerilmektedir. Bu sebeple, oluşan külün çeşitli alanlarda kullanımı gündeme gelmiştir. Kullanılan alanların bazıları şunlardır;

- İnşaatlarda dolgu malzemesi,
- Yol alt temel malzemesi,
- Maden sahalarının üstünün kaplanmasında,
- Yapı malzemesi yapımında çimento ile karıştırma.

alanlarında kullanılmaktadır.

#### **4.4.5.3. Hava Kirleticileri**

Katı atıkların yakma tesislerinden çevreye en çok zarar verenlerden biride emisyon değerleridir. Evsel katı atıklar yakılması zor olduğundan, yanma sırasında istenmeyen durumlar ortaya çıkmakta ve bunun sonucunda da maalesef havayı kirleten atıklar atmosfere karışmaktadır.

Kentsel katı atıkların yakılması ile küresel ısınmaya sebep olan sera gazları da oluşur. Ayrıca metan ve karbondioksit gibi gazlarda radyasyonu tetikler ve atmosferin sıcaklığını artırır. Yakma teknolojilerinde atığın özelliklerine göre değişen hava kirleticiler; Partikül maddeler, metaller, asit gazlar, CO ve NOx'lerdir (Aynur, 2011: 52). Yakma proseslerinden ağır metallerin çıkması bu gibi tesislerde hava emisyon ölçümlerinin periyodik olarak kontrol edilmesi ve hava emisyon kriterlerinde tesislerin çalıştırılması zorunluluğu mevzuatlara konulmuştur. Bu gibi tesislerin emisyon ölçümleri uzaktan otomatik izleme sistemi ile online izlenmektedir. Elbette bunun için atık üretenler atık yönetim planına uygun hareket etmek zorundadırlar. Örneğin, cıvanın hızlı bir şekilde uçucu özelliği olduğu için kontrolü zordur, gaz emisyonları ile dışarı çıkar onun için cıvanın kontrolü kaynağında yapılması yani azaltılması gerekmektedir. İş yeri ve evlerden ayrı toplanan piller sisteme girmeyeceğinden yakma esnasında cıva emisyonlarını büyük oranda düşürecektir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### TRABZON İLİNDE OLUŞAN KATI ATIKLARIN GAZLAŞTIRMA PROJESİ İLE ETKİSİZ HALE GETİRİLMESİ

#### 5.1. Trabzon’da Termal Projesi Uygulama Amacı

Günümüzde katı atık yönetimi, çevresel ve finansal olumsuz sonuçları sebebiyle dünya çapında çok fazla konuşulan konulardan bir tanesidir. Katı atık yönetimi çok sayıda küresel örgüt, hükümetler, belediyeler, özel şirketler ve vatandaşlar gibi paydaşların ilgi alanındadır. Eğer atık yönetimi istikrarlı ve stratejik bir şekilde yönetilmezse, oluşan katı atıkların bertarafı ülkenin ekonomik durumunu ciddi anlamda etkileyebilir. Bu etkiye atık yönetimini etkileyen maliyetler, yani atık toplama masrafları ve toplanmayan katı atıkların yarattığı çevresel konular sonucundaki vatandaşların genel memnuniyeti dahildir.

Türkiye’de yaşanan çevre sorunlarının en başında katı atıklardan kaynaklı problemler gelmektedir. Nüfus artışının hızla artmasına paralel olarak teknolojinin de ilerlemesiyle birlikte insanların tüketim alışkanlıkları da değişmekte ve bu duruma bağlı olarak üretilen atık miktarlarında hem değişiklik hem de artış yaşanmaktadır. Değişen tüketim alışkanlıkları ve kişi başına oluşan atık miktarının artmasından ötürü atığın muhteviyatı da önemli derecede değişiklik göstermektedir. Dünya ve Türkiye geneline bakıldığında nüfus artışının devam edeceği düşünüldüğünde, oluşan katı atıkların sağlıklı ve en ekonomik şekilde uzaklaştırılarak bertaraf edilmesi son 15-20 yıldır oldukça önem kazanmıştır. Oluşan atıkların bertaraf edilmesi için çok çeşitli yöntemler mevcuttur. Dünya’da katı atıkların bertaraf edilme şekilleri oldukça fazla olup ülkenin ekonomik durumu atık bertaraf seçiminde oldukça önemlidir. Dünya genelinde katı atık bertarafında gelişmiş ülkelerin büyük çoğunluğu düzenli depolama sahalarının yanı sıra termal yöntemler ile atık bertarafı gerçekleştirmektedirler. Termal yöntemler ile birlikte atıkların hacminde büyük oranda azalma sağlanırken enerji üretimi de söz konusu olmaktadır.

Türkiye'nin gelişmişlik düzeyiyle orantılı olarak son yıllarda termal yöntemler ile katı atık bertarafı içinde çeşitli girişimlerde bulunmaktadır; fakat genel anlamda Türkiye'de katı atık bertarafında son on yıldır düzenli depolama sahaları artış göstermiş ve katı atık bertarafında önemli derecede yol alınmıştır. Düzenli depolama sahaları gerek kurulum gerekse işletme maliyetleri açısından termal yöntemlere oranla oldukça düşük maliyettedirler. Bunun yanı sıra geniş arazi gereksinimleri ve etki alanları neticesinde her bölgede kolaylıkla kurulmaları oldukça zordur. Türkiye'de de bu durum bölgelere göre farklılık oluşturmaktadır. Ülke genelinde coğrafi bakımdan dağlık olması münasebetiyle düzenli depolama sahası bulunmasında zorlanılan bölgelerin en başında Doğu Karadeniz Bölgesi gelmektedir.

Katı atık bertaraf konusunda Türkiye'de son yıllarda oldukça hızlı yol alınmasına rağmen özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon ve Rize ilinin bir kısmı haricinde oluşan atıklar halen daha çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutta dere ve deniz kenarlarına düzensiz bir şekilde dökülmektedir. Bu durumun oluşmasının başlıca nedeni arazi yapısı olarak görülse de yerel yönetimlerin ekonomik durumları da bu konuda son derece önemlidir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yalnızca Trabzon ilinde hali hazırda işletilmekte olan bir düzenli depolama sahası bulunsa da kullanım kapasitesi dolmuş vaziyettedir.

Trabzon ilinde oluşan katı atıklar, maalesef uzun yıllar boyunca düzensiz depolama alanlarına gelişigüzel kontrolsüz bir biçimde dökülmüştür. Yıllarca il genelindeki atıkları toplayıp bertaraf etmekle yükümlü belediyeler topladıkları katı atıkları açık alanlara, dere yataklarına ve deniz kenarlarına dökerek çevreyi kirleten insan ve hayvan sağlığının bozulmasına neden olmuşlardır. Trabzon ili gibi arazi şartlarının kısıtlı olduğu düz arazilerinin az, dağlık arazilerinin çok olduğu yerlerde katı atık bertaraf tesisi yapmak için depolama alanlarının bulunmasında zorluklar yaşanmaktadır. Yalnızca Trabzon ili değil Doğu Karadeniz Bölgesi için katı atık sorunu, son yıllarda çözüm aranan en önemli çevre sorunlarının başında gelmiştir. Bu bağlamda bölgede katı atık sorunun çözüm noktasında önemli bir adım atılarak Trabzon ve Rize illeri ile ilçe belediyeleri bir araya gelerek TRABRİKAB gibi kurumsal bir yapının kurulmasını sağlamışlardır. Kurulan bu yapı sayesinde gerek Trabzon gerekse Rize illerinde düzenli depolama sahası yapılabilecek alanlar araştırılmış ve Çamburnu Kutlular Düzenli Depolama sahası yeri bulunarak gerekli



yasal izinlere müteakip inşaat çalışmaları yapılarak 2007 yılında işletmeye açılması sağlanmıştır. Böylelikle Trabzon ilinin tamamı ve Rize ilinin bir kısmı için son on yıldır oluşan atıkları bertaraf edilebilecek bir alan oluşturularak çözüm bulunmuş oldu; fakat mevcut düzenli depolama sahasının kullanım ömrünün sınırlı olması ve kullanılan sahanın dolması sebebiyle yeni alanların bulunması çevre hassasiyeti ve mevzuat gereği karşılaşılan bir durumdur. Her ne kadar kullanılabilir başka alanlar bulursa dahi bu alanların mevzuat hükümlerini ne kadar karşılayabileceği, kullanım ömrünün ne kadar olacağı ve işletilmesinde yaşanabilecek sorunların oldukça fazla olacağı bilinmektedir.

Dünya genelinde katı atık düzenli depolama sahalarının tasarımında en az 20 yıllık planlamalar yapılması fizibil olarak kabul edilmektedir; fakat bu tür bir planlamanın Trabzon ili gibi coğrafi bakımından dağlık bölgelerde yeni alanların zordur. Düzenli depolama tesisi kurulacak alan arayışında yaşanan belirsizlikler ile uygun alan bulunamayışından ötürü Trabzon ili gibi bölgelerde oluşan katı atıkların bertarafı konusunda farklı teknolojiler araştırılmıştır. Bu teknolojilerin başında termal yöntemler ön plana çıkmaktadır; fakat Türkiye’de evsel katı atıkların bertarafı konusunda herhangi bir termal yöntem uygulamasının bulunmaması da önemli bir dezavantaj kabul edilmiştir. Türkiye’de daha çok endüstriyel tehlikeli atıkların bertarafı için termal yöntemler uygulanmakta olup literatürde evsel katı atık, halk dilinde ise çöp diye diye tabir edilen atıkların bertarafı için herhangi bir termal yöntem uygulaması bulunmamaktadır.

Gerek ülke genelinde gerekse Trabzon’da toplanan katı atıklar üzerinde yapılan karakterizasyonuna bakıldığında kalorifik değer açısından düşük olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında sosyokültürel alışkanlıklarımız ile atıkların toplanmasındaki yöntem eksiklikleri diye sıralanabilir. İl genelinde atık toplamadaki aksaklıklara bölgenin yağış durumu da eklenince atıkların nem muhtevası oldukça fazlalaşmaktadır. Bu durumda atığın termal yöntemle bertarafı konusunda zorluklar ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Atık karakteristiğinin düşüklüğüne bağlı olarak kalorifik değerinin az olması atıkların termal yöntemlerle bertaraf edilmesine engel olmaktadır. Fakat Dünya’da gelişen teknoloji ve bu alanda yapılan yatırımlarla termal yakma sistemlerde gelişmektedir. Bu sistemlere ek yakıt kullanımı ve atığın kendi ısıl değerinin yükselmesiyle atıklar termal işleme tabi tutulabilmektedirler. Türkiye’de toplanan evsel katı atığın kalorifik değerinin düşük olması nedeniyle termal sistemlerin kurulması ve

işletilmesi maliyetli olacağı için bu sistemlerin Türkiye’de kurulması gecikmiştir. Özellikle Türkiye’de evsel atık bertarafında bu tarz sistemlerin kullanılmaması maliyet ile doğrudan ilişkilidir. Termal sistemlerin özellikle evsel katı atık bertarafı konusunda düzenli depolamaya oranla kıyaslanamaz pahalılıkta olup kurulmamasındaki en büyük etkendir.

Türkiye’de mevzuat gereği katı atıkların bertarafı, yerel yönetimler tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle termal yöntemler gibi oldukça pahalı kurulum ve işletme gideri olan yöntemlerin bertaraf maliyetlerini karşılamada belediyelerimizin maddi gücü yeterli olmamaktadır. Ancak son yıllarda Türkiye’de merkezi hükümet bütçesinden katı atık bertaraf tesisleri için yenilenebilir enerji üretimi konusunda sağlanan teşvikler ile evsel atık bertaraf tesislerinin yaygınlaşması sağlanmıştır.

Sağlanan teşvik girdisiyle birlikte son yıllarda yalnızca düzenli depolama sahalarındaki metan gazından elektrik üretim tesislerinde değil evsel atıkların termal yöntemlerle bertarafı konusunda da önemli aşamalar ulaşılmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte evsel katı atıklar için özellikle Atıktan Türetilmiş Yakıt (ATY) ve endüstriyel atıklarının bertarafında kullanılan termal işlemlerden enerji geri kazanımı da mümkün olmaktadır. Enerji geri kazanımının çok önemli olması ve bu tesislerden üretilen elektriğin teşvikler neticesinde devlet tarafından finanse edilmesi ve alım garantisinin verilmesi Türkiye’de bu tür tesislerin hayata geçirilmesinde en önemli neden olmuştur. Atıktan enerji üretim tesislerinin kurulum ve işletme maliyetlerinin çok yüksek olmasından ötürü yerel yönetimlerin bu giderleri karşılaması mümkün değildir. Türkiye’de atıktan enerji üretim tesislerinin kurulmasıyla birlikte bir yandan elektrik üretilerek ekonomiye katkı sağlanırken diğer yandan da hacimsel oranda oldukça fazla alan kazanımından dolayı merkezi bütçeden devlet teşvikleri ön plana çıkmıştır. Devlet tarafından sağlanan enerji alım garantisi teşvikleri ile birlikte katı atıkların enerjiye çevrilmesi söz konusu olurken bu tarz tesislerin kurulum ve işletilmesinde belediyelerin dışında özel sektör yatırımcıların da konuya ilgileri artmıştır. Böylelikle halihazırda çok yüksek kurulum ve işletme maliyetlerine sahip tesisler için belediyelerin çözüm ortağı olarak özel sektörler devreye girmeye başlamıştır. Belediyeler tarafından toplanan atıkların bertarafı kolaylaşırken özel sektör sayesinde atıktan enerji üretimi sağlanarak gelir elde edilmesi de sağlanmış olacaktır.

Düzenli depolama saha alanlarının az ve kısıtlı olduğu Trabzon gibi bölgelerde de bundan sonraki yıllarda evsel atık bertarafı için termal teknolojilerinin kullanılması ve işletilmesi kaçınılmaz görülmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi coğrafi yapı nedeniyle genellikle, düz alanların az bulunduğu dağlık alanların fazla olduğu yerdir. Yerleşimler ise diğer bölgelerde olduğu gibi bir arada değil dağınık halde bulunmaktadır. Bu yaygın yerleşim neticesinde mevzuatın gerektirdiği ölçütleri sağlayabilecek düzenli depolama sahası yapılabilecek uygun alanların bulunması oldukça zordur. Bu sebeple Trabzon bölgesinde ekonomik bertaraf metodu olarak, tüm toplanan veriler ışığında evsel katı atıkların bertarafı gazlaştırma teknolojisinin uygulanabilirliği ve sürdürülebilir olduğu ve bölgenin ihtiyacını karşılayacağı ön görülmüştür.

## **5.2. Katı Atık Birliği Kurumsal Yapısı**

Trabzon ve Rize illerinde oluşan atıkların bertarafı için, 27.10.1997 tarih ve 97/10183 Sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile Trabzon ve Rize İlleri Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (TRABRİKAB) kurulmuştur. Mevcutta Rize'den İl Özel İdaresi ve 9 belediye, Trabzon'dan Trabzon Büyükşehir Belediyesi ve 18 belediye ile birlikte toplamda 29 üyesi bulunmaktadır.

Birliğin amacı, yerel belediyelerin yapmakla yükümlü oldukları katı atıkların toplanması, taşınması değerlendirilmesi ve bertarafı ile ilgili tüm yatırımları yapmak veya yaptırmak ve işletmesini sağlamaktır.

Birlik, katı atıkların taşınması ve bertarafı için Trabzon İli Sürmene ilçesinde bulunan Çamburnu Düzenli Depolama Sahası ile Of/ Eskipazar, Trabzon/ Deliklitaş ve Çarşıbaşı'nda olmak üzere 3 aktarma istasyonu mevcuttur ve işletilmektedir. Bunun yanında Çamburnu düzenli depolama sahasında metan gazından 4,2 MW/h kurulu gücünde yenilenebilir enerji santrali bulunmaktadır. Deliklitaş transfer istasyonunda 8.000 kg/gün kapasitesi olan tıbbi atık sterilizasyon tesisi de bulunmaktadır.

### 5.3. Nüfus Tahminleri ve Atık Miktarları

Trabzon ilinde katı atık sorununun mutlak çözümü için kurulan gazlaştırma tesisinin sürdürülebilir ve ileriye dönük sıkıntılarının olmaması için en az önümüzdeki 25 yıllık zaman diliminde oluşacak katı atık miktarına göre dizayn edilmiştir. Katı atıklar nüfusun çoğalması veya eksilmesi ile ilgili olduğu için öncelikle 25 yıllık nüfus tahminlerinin yapılması gerekmektedir.

Nüfus tahminleri sosyoekonomik ve bölgesel özellikleri dikkate alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Gazlaştırma tesisinin tasarımında atık miktarlarındaki artış önem arz etmektedir. Gazlaştırma tesisinin tasarımında muhtemel nüfus miktarındaki artış ile atık miktarlarındaki artış doğru orantılı olduğu göz önüne alınarak gerekli planlamalar yapılmıştır.

TÜİK 2014 verilerine göre kişi başına katı atık oluşumu Trabzon için 0,67 kg/kişi-gün değerleri verilmiştir. Bu değerler anketlerle teyit edilmiştir. Ancak Trabzon ilinde üretilen bütün atıklar TRABRİKAB'ın yürüttüğü katı atık projesi kapsamında Çamburnu Düzenli Depolama Sahasına gönderildiğinden saha girişinde tamamı tartılmaktadır. Bu durumda il genelinde oluşan evsel katı atık miktarının belirlenmesi ve nüfus yoğunluğu ile orantılanması sonucunda il genelinde kişi başı evsel katı atık üretim miktarları ortaya çıkmaktadır. Bulunan bu veriler halihazırda Trabzon ili için gerçek veriler olup TÜİK tarafından yapılan geçmiş yıllardaki verilerin bu çalışma için bir önemi kalmamaktadır. Trabzon'a ait yıllık atık miktarları ve birim atık baz alınarak hesaplanan toplam atık miktarı ve birim atık oluşum miktarı tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10: Trabzon'a Ait Yıllık Atık Miktarları ve Birim Atık Oluşum Verileri**

	Nüfus (kişi)	Atık (ton/yıl)	Birim Atık (kg/gün)
Trabzon	766.782	205.728	0,735

**Kaynak:** Trabrikab

Bu verilere bakıldığında Trabzon ilinde günlük kişi başı 0,735 kg atık oluştuğu hesaplanmıştır. Bu veri baz alınarak gelecekteki birim atık oluşumu tahminleri göz önüne alınıp kurulan tesisin kapasitesi hesaplanarak dizaynı yapılmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon il genelinde üretilen evsel katı atık miktarları yıl içerisinde mevsimsel farklılık göstermektedir. Özellikle Trabzon ilinin bulunduğu coğrafi konum itibariyle turizm potansiyelinin yüksek oluşu, bölgenin hakim ili konumunda bulunuşu, havaalanı ulaşımı ve yetiştirilen tarım ürünlerinden olan çay ve fındık göz önüne alındığında yaz aylarında nüfusun arttığı ve buna bağlı olarak atık miktarlarında artışlar meydana gelmektedir.

#### **5.4. Atık Karakterizasyonu**

Bir bölgede atıkların bertarafı konusunda sağlam bir atık yönetimi sisteminin kurulabilmesi için alt yapının çok iyi oluşturulması ve doğru veriler ile doğru kararlar alınması gerekmektedir. Bu doğru verilerin içinde en önemlisi, bölge halkının yaşam standartları ve tüketim alışkanlıkları ile doğru orantılı şekilde değişen ve oluşan katı atığın içeriğinin de bilinmesidir.

İl genelinde oluşan atıkların içinde ne kadar miktarda geri kazanılabilir atık, ambalaj atığı, yanabilir atık, elektronik atık, evsel atık vb. atıkların olduğu bilinmediğinde yapılacak bertaraf tesisi yatırımlarının da bir önemi kalmayacaktır. Termal yöntem içerecek şekilde kurulan bir evsel katı atık bertaraf tesisi için atık muhtevasının bilinmeden yapılacak yatırımların gerek zaman ve iş gücü gerekse ciddi maliyet yükü açısından yanlış olması kaçınılmazdır. Atık yönetiminde amacın atığın geri kazanılması ve ekonomik değer olarak değerlendirilmesi olduğu için atılacak ilk adım atık özelliklerinin tam olarak bilinmesidir. Termal yöntem uygulamalarında atık miktarı, atık yoğunluğu, madde grup analizi, nem muhtevası, kızdırma kaybı, kalorifik değeri ve bir takım elementel analizler atık karakteristiğinin yansıtan en temel özelliklerdendir. Atığın muhtevasını bilmek atıkların en verimli bir şekilde değerlendirilmesi sağlanacaktır. Bu bölümde Trabzon ili

için atığın muhtevasının belirlenmesine yönelik sahada yapılan çalışma ve laboratuvar analizleri değerlendirilmiştir.

İl genelinde oluşan evsel katı atıkların katı atık entegre bir sisteme dahil edilebilmesi için mevcut durumunun ortaya konulması ve atığın tanınması gerekmektedir. Mevcut durumda oluşan atığın miktarı ve bileşimi, ilin coğrafi özellikleri dikkate alındığında toplama şekli, bertaraf tesisine taşınma şekli, nasıl bertaraf edildiği, atıkların toplandığı bölgenin sosyoekonomik durumu ile gelişmişlik düzeyi gibi pek çok bileşenin bilinmesi, atıkların toplanmasından bertarafına kadar entegre sistemin planlanması için oldukça önem arz etmektedir.

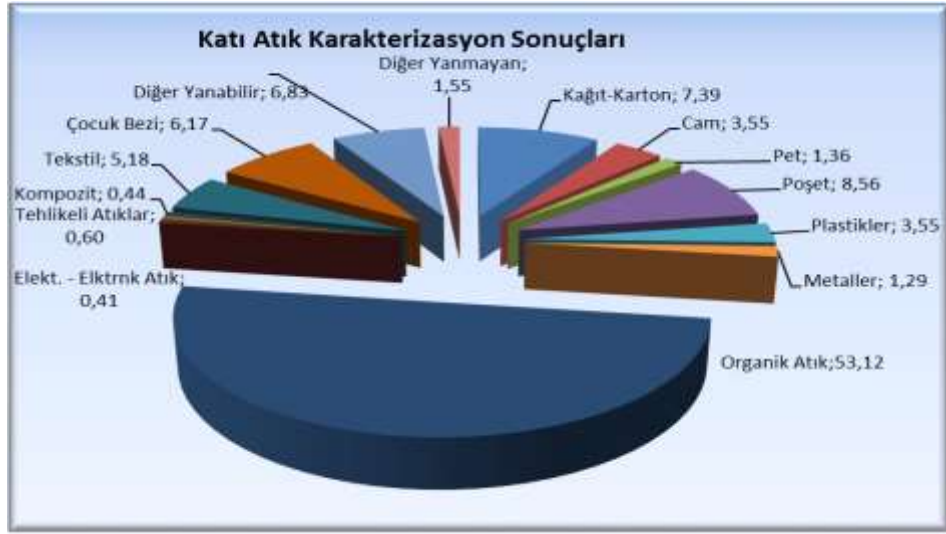
Katı atık karakteristik özellikleri sistemin verimliliği için önemlidir. Kentsel katı atıkların termal teknolojisi ile bertarafı gerçekleştiriliyor olması ve bu bertaraftan da enerji elde edileceği için atığın içerisinde bulunan yanabilen atık ile organik atık miktarının ne kadar olduğu bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca atıklardan geri kazanım ve geri dönüşüm planlaması olduğundan ve bunun yanında gazlaştırma teknolojisi ile enerji elde edileceğinden atıkların içerikleri bilinmesi ve analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar verimli sonuç alınmasına yardımcı olacaktır.

Karakterizasyon çalışması aşamasında, bölgede toplanan kentsel katı atıkların yeteri düzeyde ayrıştırma yapmadan toplandığından ve toplanan bu atıklar aktarma istasyonları ile bertaraf tesisine gönderildiği dikkate alınarak numune alma işlemi mevcut çalışma sistemin içinde olan aktarma istasyonlarının yanı sıra katı atık düzenli depolama sahasında da gerçekleştirilmiştir. Atık karakterizasyonu verimli bir şekilde yapabilmek için ilçe belediyeleri tarafından atıkların toplanması sırasında belirli bölgeler belirlenmiştir. Trabzon ili şehir merkezi ve ilçelerin merkezleri belirli bölgelere ayrılarak atık toplanması gerçekleştirilmiştir. İl ve ilçe merkezlerinde çarşı bölgesi ile gelir seviyesi yüksek, orta, düşük olan bölgeler belirlenmiş ve buralardan atık alınması sağlanmıştır. Atık toplama araçları sadece gelir seviyesine göre belirlenen alanlardan atık toplayarak aktarma istasyonlarına getirmiş ve burada karakterizasyon işlemi yapılmıştır. Bu çalışmanın Trabzon ilinin bütün ilçeleri için yapılması sağlanarak atığın karakterizasyonu hakkında bilinmesi gereken bütün donelere ulaşılması sağlanmıştır. Yapılan karakterizasyon

çalışması Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan atık karakterizasyon kitapçığına göre harfiyen uyularak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada ilk olarak ayrıştırılan atıkların koyulacağı boş kovaların ağırlıkları tartılarak not edildi. Çöp toplama araçlarının getirdiği atıktan temsil edici numune olarak her bölgenin atığı içerisinde 1mx1mx0,5m ölçülerindeki altı ve üstü açık sabit hacim kabı içerisine 2 kez örnek konularak ayırma işlemi yapıldı. Ölçüm kabı 0,5 m<sup>3</sup> hacme sahip olduğundan işlem iki kere tekrarlanarak 1 m<sup>3</sup> atık için karakterizasyon yapılması sağlandı. Ölçüm kabı içine dökülerek yapılan ayrıştırma işlemi sonucunda atıklar 16 karaktere (kağıt, metal, cam, plastik, mutfak atığı, elektronik atık, tehlikeli atık, kum, kül gibi) ayrılıp tartılarak miktarları hacim ve ağırlık miktarları belirlenmiştir. 1 metreküp atığın ayrıştırılması yapıldıktan sonra içerisindeki atıklar elek çapı 1 cm olan elekten geçirilmiştir. Elek altına düşen malzeme ise karakterizasyon çalışmasında kül olarak nitelendirilmiştir.

Atık muhtevası çalışmasının yapılmasıyla birlikte sosyoekonomik etkinin araştırılmasında merkez ve taşra yerleşiminin atık üzerine etkisi de dikkate alınmıştır. Bu etkinin araştırılması için numuneler merkeze yakın atık getiren araçlardan ve uzak ilçeler ile taşradan atık taşıma yapan araçlardan alınmıştır. Katı atık numuneleri için yapılan karakterizasyon çalışması numune alınan belediye isimleri ve getirilen atık miktarı doğrultusunda hazırlanmıştır. Katı atık karakterizasyonu çalışmasında 3.036 kg atık homojen bir şekilde karıştırılmış ve 0,5 m<sup>3</sup> kaplar vasıtasıyla bölümlere ayrılmıştır. Analiz için ayrılan katı atıklar kağıt, plastik, cam, metal vb. parametreler doğrultusunda incelenmiştir. Ayrıştırılan atıkların her biri kendi konteynerlerinde biriktirilerek tartımı yapılmıştır. Her parametrenin ağırlığı analiz yapılan toplam katı atık miktarına göre oranlanarak yüzdeye vurulmuş ve analiz verileri elde edilmiştir.

### Şekil 23: Yapılan Karakterizasyon Çalışması Sonuçları



**Kaynak:** Trabrikab

Trabzon ilinde bu çalışma için karakterizasyonla ilgili yapılan işlemler sonbaharda yapılmıştır. Trabzon ilinin iklim koşulları göz önüne alındığında kış şartlarının daha başlamaması katı atıkların içerisindeki kül miktarının da oldukça az olmasını sağlamıştır. Bu durum kül bileşenin üst kategorisi olan diğer yanmayan bileşenin çok düşük çıkmasına neden olmuştur. Çalışmanın yapıldığı bölge Trabzon ili ve çevresi Türkiye'nin yağış alan bölgelerinden biridir. İl genelinde genellikle açık konteyner sistemi ile toplama yapıldığından yağışlı dönemlerde, olan evsel atıkların büyük kısmını oluşturan biyobozunur atıklar, tekstil, çocuk bezi, kağıt-karton gibi su tutma kapasitesi fazla olan atıklar kg olarak yüksek çıktığı görülmektedir.

Türkiye'de son yıllarda insanların sosyoekonomik seviyesinin yükselmesiyle birlikte ambalajlı ürün değeri yüksek bulunmaktadır. Şekil 23 incelendiğinde kâğıt-karton, cam, pet, plastikler, metaller, elektrik ve elektronik atıklardan oluşan toplamda %17,55'lik atık geri kazanım potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Evsel atıkların ayrı toplanma potansiyeli olmayan atıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu atıkların ekonomik geri kazanımı olduğundan mekanik ayrıştırma tesisinde ayrıştırıldıktan sonra ekonomiye geri kazandırılacaktır.



Bu elde edilen veriler değerlendirildiğinde atığın içindeki yanabilme muhtevasının yaklaşık %90 gibi bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu değer Doğu Karadeniz Bölgesi gibi dağlık arazilerinin çok olduğu, yerleşim yerlerinin dağlık olduğu yerlerde düzenli depolama saha alanlarının bulunmasının zor olduğu bölgelerde termal yöntemler için önem arz etmektedir.

Katı atıkların bertarafında termal sistemlerin çalışabilmesi için ön ayrıştırma tesislerinin ve atık hazırlama bölümlerinin iyi yönetilmesi gerekir. Atığın muhtevasına bağlı olarak bu tesislerin dizayn edilmesi gerekmektedir. Bunun için periyodik bir şekilde atık karakterizasyonu Şekil 24'te gibi yapılmalıdır. Bu çalışmalar laboratuvar çalışmaları ile bilimsel olarak desteklenmelidir. Yapılacak karakterizasyon çalışmaları neticesinde tesiste ek yatırımlar yapılarak oluşabilecek aksaklıkların önüne geçilecektir.

#### Şekil 24: Yapılan Karakterizasyon Çalışması Görüntüleri



**Kaynak:** Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Karakterizasyon çalışmasına ait laboratuvar analiz sonuçları tablo 11'de verilmiştir. Bu çalışma içinde 24 numune için ortalama su içeriği %50,6 bulunmuştur. Çalışma yağmurun az olduğu dönemde yapılmıştır. Bu nedenle, su muhtevası değerinin beklenenin altında olduğu görülmüştür. Atıkların nem muhtevası katı atık yönetimi ve seçilen bertaraf teknolojileri açısından büyük önem taşımaktadır.

Termal sistemlerden olan gazlaştırma tesisinin işletilmesi sırasında atığın nem içeriği oldukça önemlidir. Katı atıkların bertarafında yanma olayının gerçekleşmesi ve üretilecek enerji miktarının verimli olabilmesi için atığın ısı değeri de yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle nem muhtevası önem arz etmektedir. Özellikle işletme maliyetleri açısından atığın gazlaştırılarak yakılması sırasında ek yakıt ihtiyacının düşürülmesi için atığın yanabilirliği ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle toplanan katı atıkların neminin oldukça düşük olması gerekir. Bu durumu sağlamak için yağışlı dönemlerde başta olmak üzere konteyner sistemlerinin çalışır vaziyette olması ve kapaklarının mutlaka kapalı olması gerekir. Trabzon ili geneline bakıldığında coğrafi durumdan ötürü zaten nemli olan atıkların yanında toplama sisteminde meydana gelebilecek aksaklıklardan ötürü yağmur suları ile ıslanması karşılaşılmak istenen bir durum değildir. Bunun için belediyelerin katı atıklarını kapalı konteynerlerde bekletmeleri önerilmektedir.

Evsel katı atıkların termal sistemlerle bertaraf edilebilmesi için katı atıkların nemi, organik madde ve inorganik madde içeriklerinin belirli oranlarda olması gerekir %50 den az olan katı atıklar yanabilir olarak kabul edilir.

**Tablo 11: Laboratuvar Analizleri Sonuçları**

Tarih	Numune	Nem %	Üst Kalori- Kcal/Kg	Altkalori-Kcal/Kg	Loi %
08.10.2017	1-T-M	52,7	3554	1373	77,8
	2-T-M	56,7	4166	1474	88,3
	3-R-M	52	4582	1897	90,5
	4-O-M	38	4062	2294	85,4
	5-T-M	53,4	3912	1511	84,1
	6-Ç-D	54,7	4380	1666	86
	7-O-D	55,8	4369	1605	86,9
	8-T-D	59,8	4130	1309	86
	9-R-M	50,9	4127	1727	89,3
	10-T-M	42,3	3840	1969	83,2
	11-T-D	48	3925	1760	81,4
	12-R-M	49	3340	1418	81,7
09.10.2017	13-T-M	43,5	3893	1943	85,6
	14-T-M	48,6	4089	1818	88,3
	15-T-M	47	3969	1828	83,5
	16-Ç-D	54,4	3499	1279	78,4
	17-O-D	49,4	3670	1567	77,3
	18-R-M	64,1	3975	1050	88
	19-T-M	56,1	4100	1471	88,6
	20-O-D	37	4053	2339	87,8
	21-R-M	41,9	4353	2284	92,3
	22-T-D	53,7	4027	1550	89
	23-T-D	48,7	3947	1739	88,4
	24-R-M	55,9	4157	1506	79,9
ORTALAMA		50,6	4004,7	1682,4	85,3

**Kaynak:** Trabrikab

Kentsel atıklarda kalorifik değerleri önemlidir. Üst kalorifik değerinin 2.500-5.000 kcal/kg düzeyindedir. Yapılan çalışmada üst kalorifik değerlerinin normal seviyelerde 3.340-4.582 kcal/kg aralığında olduğu görülmektedir. Atık alt kalorifik değeri ise, 1.682 kcal/kg bulunmuştur. Bu değer nem muhtevasındaki yağışlı mevsimlerdeki farklılık gösterecektir. Elde edilen alt kalorifik değer termal yöntemler açısından çok önemlidir. Ek yakıt kullanmadan kentsel atıkların yakma teknolojisi ile bertarafı için atık alt kalorifik değeri minimum 2.500-3.500 kcal/kg değerlerinde olması gerekmektedir.

Trabzon'daki istasyonlar ile düzenli depolama sahasında yapılan karakterizasyon çalışmaları sonucunda Ek- 1, Ek- 2, Ek- 3'de verilen tabloların değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki tablo 12 elde edilmiştir. Trabzon için kurulan gazlaştırma tesisinin dizaynında ve işletilmesinde tablo 12'de verilen değerler önem arz etmektedir.

**Tablo 12: Çalışmada Kullanılacak Atık Bileşimi**

<b>Bileşenler</b>	<b>Ortalama</b>
Organik	53.12 %
Kağıt-Karton	7.39 %
Plastik	3.55 %
Cam	3.55 %
Metal	1.29 %
Yanabilir	25,35%
Evsel Tehlikeli atık	0.60 %
Diğer	5,16 %
<b>TOPLAM</b>	<b>100,00 %</b>

**Kaynak:** Trabrikab

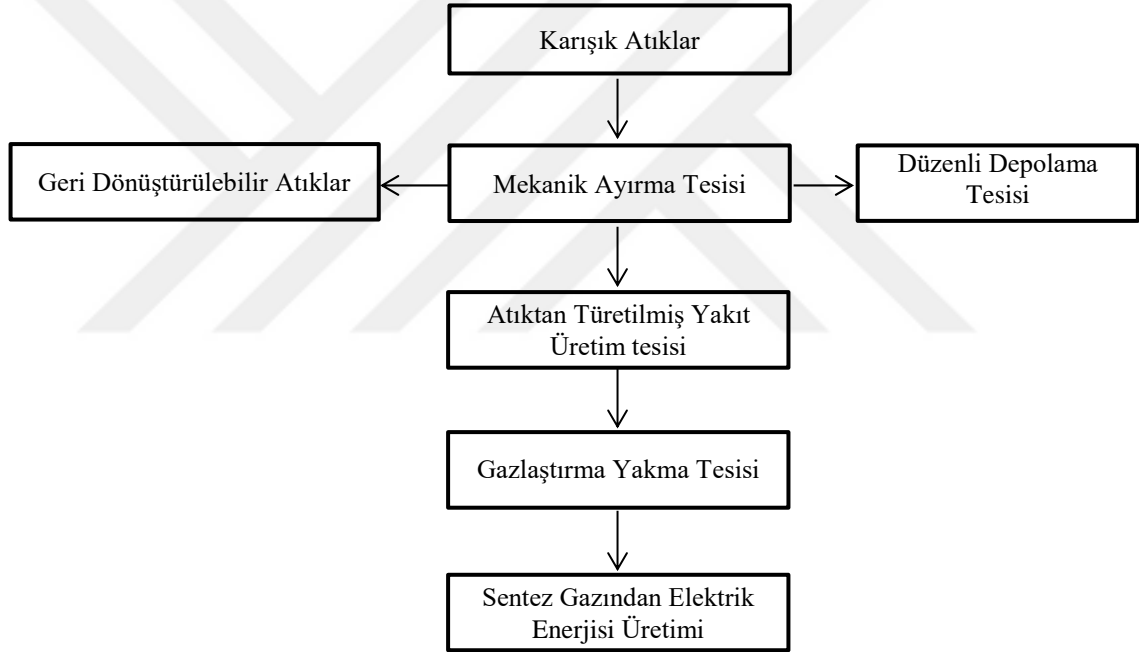
### **5.5. Kurulan Gazlaştırma Tesisi ve Özellikleri**

Trabzon ilinde kurulan gazlaştırma tesisi, evsel katı atıkların bertaraf sistemi termal sistemlerden birisi olan gazlaştırma sistemidir. Bu sistem entegre bir sistem olarak hazırlanmış olup aşağıdaki belirtilen ünitelerden meydana gelmektedir.

- Mekanik Ayırma Tesisi (Geri Kazanımı Mümkün Atıkların Ayrıştırılması),
- Atıktan Türetilmiş Yakıt (ATY) Ünitesi,
- Gazlaştırma Tesisi (Sentez Gazı Üretimi),
- Sentez Gazından Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi (Isı ve Elektrik Enerjisi Üretimi) (Tarakçı, 2018: 109).

Entegre katı atık tesisine getirilen karışık evsel atıklar Şekil 25'deki şemadaki gibi mekanik ayırma tesisinde tüm atıklar işleme tabi tutulacaktır. Geri dönüşümü mümkün olan atıklar çeşitlerine göre ayrıştırılarak ekonomiye geri kazandırılacaktır. Geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar belli boyutlarda parçalanıp kurutma işlemine tabi tutulacaktır. Bu atıklarla beraber sterilize olmuş tıbbi atıklarda Atıktan Türetilmiş Yakıt (ATY) üretim tesisinde işleme tabi tutularak RDF yani yakıt haline dönüştürülecektir. ATY gazlaştırma tesisinde gazlaştırma teknolojisi ile sentez gazı elde edilecektir. Sentez gazı reaktörlerde yakılarak ısı ve elektrik enerjisi elde edilecektir. Gazlaştırma tesisinde reaksiyona giren atıklardan geriye kalan bakiyeler ise düzenli depolama sahasında bertaraf edilecektir.

**Şekil 25: Entegre Tesis Akım Şeması**



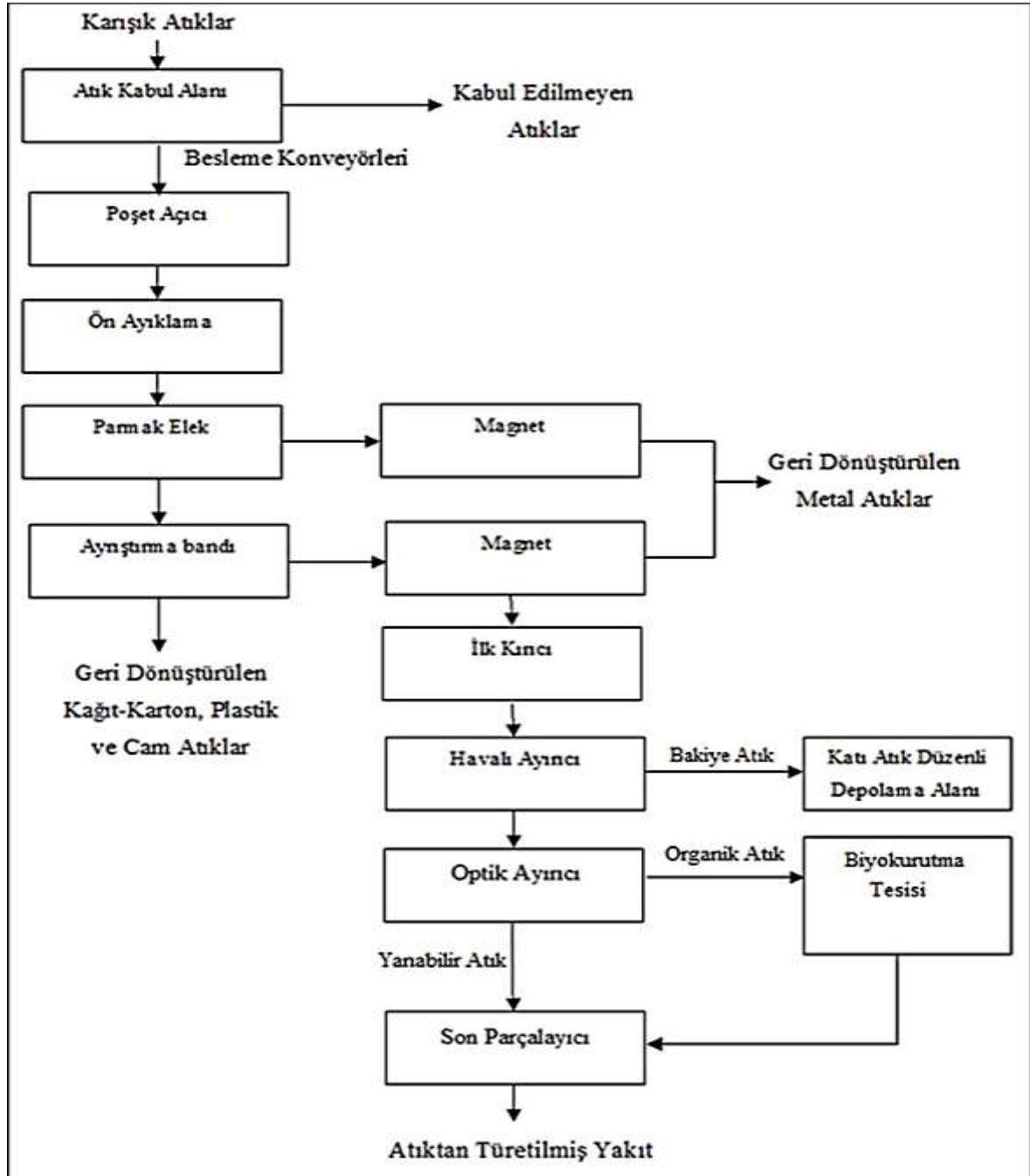
**Kaynak:** Tarakçı, 2018: 109.

### 5.5.1. Mekanik Ayırma Tesisi

Trabzon ilinin genelinde toplanan evsel katı atıklar entegre katı atık bertaraf tesisine getirilerek ilk önce mekanik ayırma tesisinin atık alanına dökülecektir. Bu alanda sistemin verimli çalışması için öncelikle büyük ve sert hacimli atıklar olan yatak, koltuk, inşaat atığı, tekstil atığı, otomobil lastiği, beyaz eşya, mobilya, halı gibi, metal ve

radioaktif detektörleri tarafından tespit edilen zararlı olabilecek atıklar, kimyasal içerikli atıkların ayrışılması sağlanacaktır.

Şekil 26: Mekanik Ayırma Tesisi İş Akım Şeması



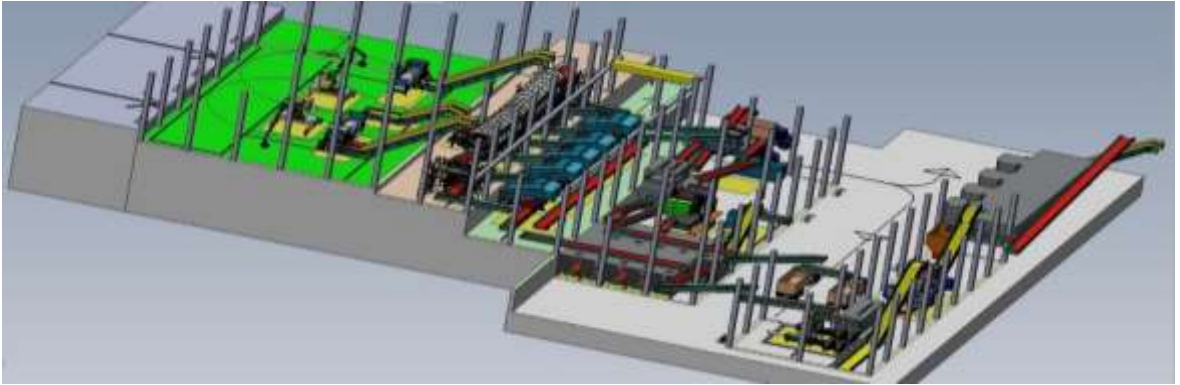
**Kaynak:** Tarakçı, 2018: 112.

Sonrasında geriye kalan karışık evsel katı atıklar, Şekil 26'daki iş akım şeması gibi daha sonra tesise gelen ambalaj atıkları ve evsel atıklar mekanik ayrıştırma tesisinde ayrı işlem görerek poliplerle birlikte poşet açıcıya alınarak kapalı poşetlerde ki katı atıklar poşetlerden çıkarılır. İri hacimli katı atıklar varsa kaba kırıcıdan geçirilerek hatta beslemesi yapılmaktadır. Poşet açıcıdan sonra çöpler tambur eleğe alınarak atıklar çeşitli ebatlara ayrılır. 160 mm den küçük malzemeler parmak eleğe gitmektedir. Parmak elekte 0-80mm aralığında ki organik atıklar ayrılarak organik hattına verilir. 80-160 mm arasında ki malzemeler de balistik ayırıcıya yönlendirilmektedir. 80-280 mm arası malzeme balistik seperatöre, balistik ayıklamaya gelen atıklar 2 boyutlu olarak tabir edilen kağıt, karton, mukavva vb. malzemeler ile 3 boyutlu olarak tabir edilen pet şişe, teneke, kola kutusu vb. ve 50 mm'den küçük malzemeleri ayırır. 2 boyutlu malzemeler RDF tesisine, 3 boyutlu malzemeler geri dönüşüm hattına, 50 mm den küçük organik atıklar organik hattından kurutmaya gitmektedir.

Manyetik konveyörle birlikte her türlü demir malzeme konveyör bant üzerinden otomatik olarak ayrılmaktadır. Oluşturulan manyetik alan sayesinde demir dışı metallerin ayıklanması sağlanır. Optik ayırıcılar, hızlı konveyörlerinin üzerinde bulunan optik okuyucunun malzemeyi tanıması ve malzeme konveyörden dökülürken okuyucuya tanımlanan malzemenin nozüllerden üflenen havayla ayıklanması prensibine dayanan makinelerdir. Balistik seperatörden optik ayıklayıcıya gelen atıklar optik ayıklayıcı ile birlikte pet ve plastikler ayıklama platformuna gönderilir. Balya presi ayıklama platformunda biriktirilen malzemelerin preslenerek hacimleri düşürülerek ambalaj atıkları geri kazanıma gönderilmektedir. Ayıklama holünden çıkan inert atıklar depolama sahasına gönderilmek üzere inert atık bandından kamyonu yüklemesi yapılacaktır.

Ayrıştırma tesisinden çıkan geri dönüşümü mümkün olmayan kalorifik değeri yüksek atıklar ile sterilizasyona tabi tutulan tıbbi atıklar, atıktan türetilmiş yakıt tesisine alınır. ATY tesisinde sıkma, metal dedektör, parçalama ve termal kurutma işlemiyle beraber kurutulan atıklar gazlaştırmaya tabi tutulur. Tesis atığın artması veya bakım onarım halinde Şekil 27'de görüldüğü gibi 2 tane paralel aynı işlevi gören tesis olarak dizayn edilmiştir.

**Şekil 27: Mekanik Ayırma Tesisi ve ATY Tesis Görünümü**

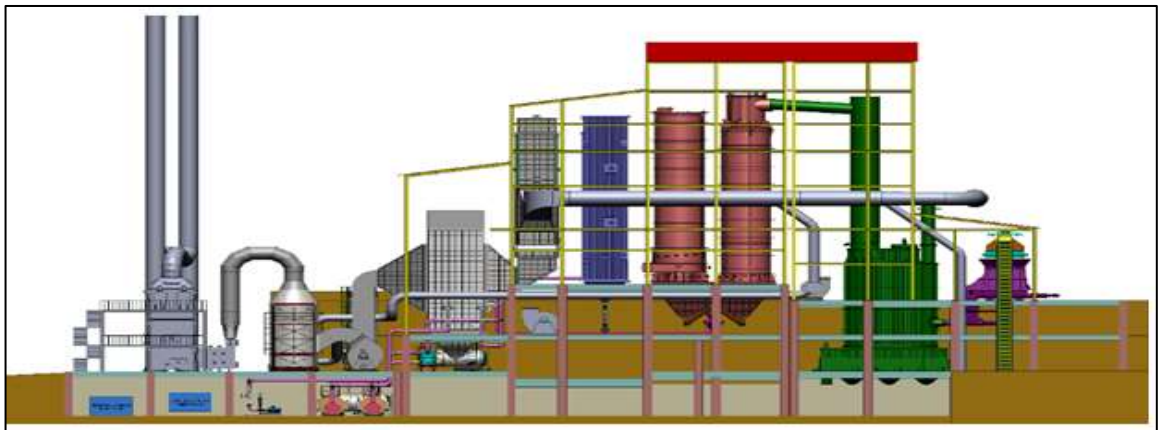


**Kaynak:** Trabrikab

### 5.5.2. Gazlaştırma Tesisi ve Yöntemi

Trabzon bölgesinde oluşan atıklardan elde edilen atıktan türetilmiş yakıtta yapılan analizlere göre alt ısıl değerin 2.800-4.000 kcal/kg arasında olduğu, gazlaştırma prosesi uygulanması için uygun bir değerdir. Şekil 28’de görüldüğü gibi 2.000 m<sup>2</sup> alanda kurulmuştur. Gazlaştırma tesisi kapasitesi nüfus artışına göre 25 yıllık planlanmıştır; ancak oluşabilecek her türlü atık miktarındaki ek artışa göre sisteme ilaveler yapılacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu çalışmada Trabzon için kurulan gazlaştırma tesisi tesis kapasitesi oluşan atık miktarına göre ilk etapta 800 ton/gün olarak kurulmuş ve daha sonra kademeli olarak 1.200,00 ton/gün’ e kadar çıkarılması planlanmaktadır.

**Şekil 28: Gazlaştırma Tesisi Görüntüsü**



**Kaynak:** Trabrikab





Gazlaştırma işlemine tabi tutulmadan önce atığın içerisinde tehlikeli atık ve radyoaktif madde olup olmadığı belirlenmektedir. Kurulan laboratuvarla gazlaştırma reaktörüne beslenen atıktan türetilmiş yakıt analizleri günlük olarak yapılmaktadır.

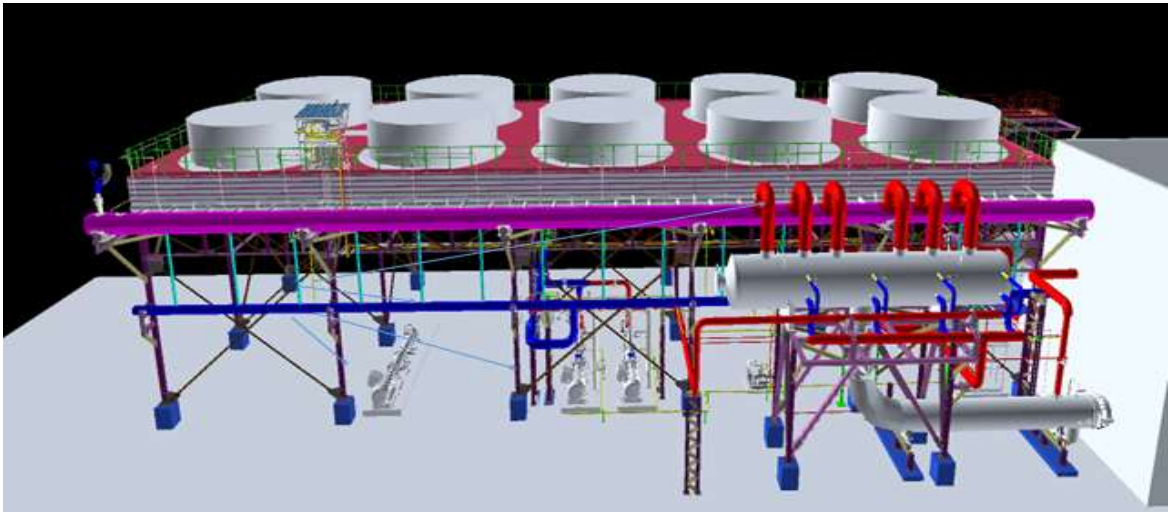
### 5.5.3. ORC Teknolojisi

ORC Türbinde organik sıvı kullanılmaktadır. Gazlaştırma tesisindeki yanma odalarında açığa çıkan ısıyla birlikte kızgın yağ 315 °C'ye çıkarılarak türbin tesisine gönderilir. 315 °C ile organik sıvı gaz haline dönüşerek basınçlandırılmaktadır. Organik sıvı basıncıyla türbin hareket ettirilerek saatte 12,8 MW elektrik enerjisi üretilecektir.

ORC sistemi, daha düşük türbin dönüş hızı ve düşük basınç sağlamaktadır. Kullanılan malzeme üzerinde ve çarklarda aşınma oluşmamaktadır. Kullanılan organik sıvı sudan daha yüksek bir moleküler kütleye sahiptir.

ORC ünitesi, özellikle değişken üretime elverişli, elektrik ve termal güç üretimi amacıyla kapalı döngü bir termodinamik çevrimi baz alan bir sistemdir (Web 6). Şekil 30'da görüldüğü gibi dizayn edilmiştir.

**Şekil 30: Türbin Tesis Görünümü**



**Kaynak:** Trabrikab

#### 5.5.4. Gazlaştırma Teknolojisinin Çevresel Faydaları

Katı atık bertaraf tesisleriyle kıyasla gazlaştırma teknolojisinin çevresel faydaları;

- Yakma ile gazlaştırma karşılaştırıldığında kirletici emisyonlarının büyük ölçüde az olduğu,
- İnert kalıntı cüruf miktarının az olduğu,
- Dolgu olarak da kullanılabilmesi için cüruf kalıntısının verimli olduğu,
- Atık depolama alanına kıyasla sera gazı emisyonlarının azalması tablo 13 gibi,
- Katı atık depolama alanına kıyasla yüzeysel su emisyonları oluşturmaması.

şeklinde sıralanabilir. Atık yönetimi için gazlaştırma kullanımının çevresel avantajlarının ilave olarak bölgesel istihdam ve ekonomik faydalar açısından da olumlu etkilere de sahip olacağı muhakkaktır. Özellikle baca gazı ile ilgili avantajlardan bazıları aşağıdaki tabloda verilmiş olup, bu tabloda gösterilen bilgiler, Avrupa'daki standartlarında olduğu görülmektedir.

**Tablo 13: RDF Gazlaştırma Sonrası Baca Gazı Analiz Sonuçları**

RDF Gazlaştırma Sonrası Baca Gazı Analizi	
SO <sub>2</sub>	10 mg/m <sup>3</sup>
Nox	150 mg/m <sup>3</sup>
CO	15 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	6 %
Partikül	40 mg/m <sup>3</sup>
HF	0 mg/m <sup>3</sup>
HCl	1 mg/m <sup>3</sup>
TOC	8 mg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O	17 mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	10%
NH <sub>3</sub>	0,5 mg/m <sup>3</sup>
Baca Sıcaklık	181 °C

**Kaynak:** Tarakçı, 2018: 123.

## SONUÇ

Yeryüzündeki nüfusun gün geçtikçe artması, insanların daha iyi yaşam koşullarında yaşama isteği veya geçimini sağlamak amacıyla kentlere göç etmesine bağlı olarak kentlerin nüfusu hızlı bir şekilde artmıştır. Nüfusun hızlı artması kentlerde farklı sıkıntılarla karşılaşmamıza neden olmuştur. İnsanların hızlı tüketiminin yanında tüketim çeşitliliği, ekonomik durumlara bağlı olarak aşırı tüketim ve buna eklenen israf yaşadığımız doğada ciddi bir atık sorunuyla karşılaşmamıza sebep olmuştur. Bu sorun insanlığın ilk yıllarından beri var olan bir durumdur; ancak insanların kentleşme talepleri arttıkça buna bağlı olarak çevre sorunlarında da artış olmaktadır. Bu sorunları çözmek için yıllar boyunca çalışmalar yapılmış olsa da sorunu çözecek teknolojik yatırımlarla, insan ve çevre sağlığını daha çok ön plana çıkaran yaklaşımlara daha fazla önem verilmelidir.

Katı atıklar herhangi bir işlem yapılmadan vahşi olarak depolandığında hem sızıntı suyu hem de karbon salınımı ile çevre üzerinde olumsuz durumların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Bunun yanı sıra geri dönüşümü olan atıkları ayrıştırılmadan gömülmesi neticesinde ekonomik getirisi olan atıklardan da faydalanılmamış ve potansiyel enerjileri maalesef kullanılmamaktadır. Bu çalışmada katı atık yönetimi detaylı bir şekilde incelenmiş katı atık serüveni şimdiye kadar yapılan çalışmalar ve bundan sonra yapılacak çalışmalar olarak iki başlıkta konu edilmiştir. Bu çalışmalar esnasında elde olan veriler ışığında yeni teknolojik yöntemler incelenmiş bölgenin coğrafi ve katı atık karakterizasyonuna en uygun yöntem üzerinde durulmuştur. Katı atıkların düzenli depolama, yakma, gazlaştırma ve piroliz teknolojileri ile etkisiz hale getirilmesi incelenmiştir. Dünyada en çok düzenli depolama sahaları bulunmaktadır. Düzenli depolama sahalarında doğal olarak çıkan metan gazının değerlendirilmesiyle de ekonomik bir değeri de bulunmaktadır. Termal yöntemlerden yakma, gazlaştırma ve piroliz teknolojilerinin avantaj ve dezavantajlarını ve bu teknolojilerin karşılaştırmalarını detaylı bir şekilde değinilmiştir.

Ülkemizde katı atıkların bertarafı genel olarak düzenli depolama şeklindedir; ancak son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve atıkların değerlendirilmesi konusunda geline seviyede yeni yöntemler araştırılmaya başlanmıştır. Bu konuda özel firmaların yatırım yapma isteği ile termal yöntemler başta olmak üzere önemli bir yol alınmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerde bu kadar tesis olmasına rağmen Türkiye’de bu tesislerin kurulmaması çevre ve insan sağlığı açısından bir eksiklik. Türkiye’de genellikle düzenli depolama sahası bulunmaktadır. Bu düzenli depolama sahalarının çoğu 2005 yılından sonra yapılmış olup bu tarihten önce maalesef vahşi (düzensiz) depolama sahaları kullanılmıştır. Trabzon ilinde de 2006 yılında düzenli depolama sahası yapıp kullanılmaya başlanmıştır. Trabzon ilinin bulunduğu coğrafi konumu dağlık olması göz önüne alındığında düzenli depolama sahası yapılacak arazilerin bulunması oldukça zordur. Yeni düzenli depolama saha bulma konusunda yapılan çalışmalardan alternatif yerler bulunamamıştır. Bulunsa bile çevre mevzuatına takılmıştır. Elbette bunun sebebi coğrafi yapının dağlık ve yerleşim yerlerinin bir arada değil dağınık olması en büyük etkidir. Yeni arazilerin bulunmasının zor olması nedeniyle alternatif çözümler üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda termal yöntemlerden biri olan gazlaştırma teknolojisinin bölgeye en uygun yöntem olacağı belirtilerek katı atıkları bertaraf ederken hem hacmini azaltacak hem de elektrik enerjisi üreterek ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Termal bertaraf teknolojilerinde katı atığın hacminin azaltılması ve enerji elde edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bertaraf sisteminin teknolojik olması her atığı bertaraf edeceği veya elde edilecek ekonomik değerin yüksek olacağı anlamına gelmez. Bunun için atığın niteliği çok önemlidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda atığın kalorifik değerinin ve nem oranının belli değerlerde olması gerekmektedir. Bu verileri karşılaştırma yapıldığında gazlaştırma teknolojisinin Trabzon’a daha uygun bir yöntem olacağı üzerinde durulmuştur. Trabzon’da gazlaştırma teknolojisi kurulan tesisin prosesinde görüleceği gibi her detay düşünülmüş, atığın kaorifik değerinin yüksek olması ve nem oranının düşük olması için tesisin gerekli dizayn işlemleri yapılmıştır.

Gazlaştırma teknolojisi ile kurulan tesisin prosesinde atığın tesise girmesi ile sonunda çıkmasına kadar her bölümü prosesin tümünü destekleyen bir disiplin içinde dizayn edilmesi, teknolojinin başarısına ve verimine katkı sağlayacaktır. Gazlaştırma sisteminin en önemli avantajlarından biri de çevre dostu olmasıdır. Emisyon değerleri AB

standartlarının üzerinde olması ve sistemden çıkan atıkların ekonomik değeri ve çevreye herhangi bir zarar vermemesi önemlidir. Teknolojilerin uygulanmasında en önemli faktörlerden biri de kalifiye eleman açığıdır. Bu konuda ülke genelinde yeni kurulmaya başlayan termal sistemli teknolojiler ile yavaş yavaş bu açığa kapanmaya başlanmıştır.

Katı atık yönetimi ve ekonomiye kazandırılmasında yeni uygulamalar; Trabzon örneğini incelediğimizde termal yöntemlerden gazlaştırma sisteminin daha uygun olduğu görülmüştür. Trabzon ilinde kurulan gazlaştırma tesisine gelen atıklar öncelikle kaynağında ayrı toplanacak (ikili toplama), transfer istasyonları aracılığı ile tesise getirilecek daha sonra tesiste bulunan ayrıştırma ve geri kazanım tesisinde işlem görecektir. ekonomiye geri kazandırılacak atıklar ayrıştırılacak, geriye kalan atıklar ATY bölümüne yönlendirilecektir. Atıktan türetilmiş yakıt bölümünde, parçalama ve kurutmadan geçen atıklar belli bir nem ve parça boyutuna getirildikten sonra gazlaştırma tesisinde yakıt olarak kullanılacaktır. Gazlaştırma prosesine uygun hale gelmesi için bu atıklar, yakıt formatına RDF haline dönüştürülecektir. Gazlaştırma tesisi 24 saat çalışma esasına göre çalışacağı için sürekli atık beslemesi yapılmalıdır. Gazlaştırma teknolojisinin diğer termal yöntemlerden en önemli farkı üretilen sentez gazının ayrı bir yanma odasında yakılarak ısı enerjisine dönüştürülmesidir. Prosesin sonunda gazlaştırmada üretilen ısı enerjisi kızgın yağ vasıtası ile türbin ünitesine iletilerek buradan elektrik enerjisi üretilmektedir.

Sistemin en önemli özelliği entegre tesis olmasıdır. Sistem atığı kaynağından toplayıp, verimli şekilde ayrıştırıp, ekonomiye kazandırma üzerine kurulmuştur. Kaynağında ayrı toplanan organik atıklarda fermantasyon işlemlerine tabi tutularak organik gübre elde edilir hem de biyogaz üretilerek gazlaştırma sisteminde yakılarak elektrik enerjisi elde edilecektir. Böylelikle katı atıkların bertaraf sistemi mümkün olabilecek en az miktarda düzenli depolama sahasına gidişi sağlanırken maksimum düzeyde elektrik geliri elde edilebilecektir. Bu sistemin sadece Trabzon'da değil Türkiye'nin başka bölgelerinde de bir an önce hayata geçirilmesi çevre ve atıkların değerlendirilmesi bakımından gereklidir.

Trabzon'da şimdiye kadar yapılan çalışmalar ve sistemler çevrenin daha sağlıklı ve yaşanabilir olması içindir. Burada yapılan çalışmalara katkı olarak atığın sadece bertarafı düşünülmemiş atığın her safhasında etkin ve disiplinli bir yaklaşımla olaylara bakılması sağlanmış ve atığın yüzde yüze yakını değerlendirilmiştir. Genel olarak katı atıklar ayrı ayrı belediyeler tarafından toplanır daha sonra il belediyeleri veya büyükşehir belediyeleri tarafından taşınıp bertaraf edilirler. Buna bağlı olarak böyle çalışan sistemlerden verim ve sağlıklı sonuç alması zordur. Katı atıkların bertarafı ile ilgili daha önce yapılan birçok çalışma, tezler, makaleler ve doktora konu olmuş çalışmalar vardır. Ancak buradaki çalışma ayrı ayrı çalışan sistemlerin bir araya toplanması entegre sistem diye tanımlanan sistemin bir yönetim merkezinden yönetilmesidir. Katı atık yönetiminin entegre sistemle yönetiminin bir merkezde toplanması, merkezdeki bir aksamının veya yönetimdeki eksikliklerden kaynaklı sistemin çökeceği endişesi de vardır; ancak bu sistem sadece kendi içinde oto kontrolü olan bir sistem değildir. Bunun Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve bunlara bağlı müdürlüklerden yerel yönetimlere kadar kontrol mekanizması vardır. Ayrıca önemli çevre organizasyonu olduğu için toplum ve sivil toplum kuruluşları tarafından da kontrol edilmektedir. Entegre sistemin faydası hem yönetilebilir hem de ekonomik olarak faydasının fazla olmasıdır.

Entegre sistemde katı atıkların ilk üretildiği noktadan başlanarak bertaraf aşamasına kadar sistematik bir süreç takip edilir. Atığın ilk bırakıldığı yer insanların kolay ulaşabileceği bir yer olması ve uygun konteyner sistemlerinin seçilmesi ile başlar. Bu çalışmada toplama sistemlerinin nasıl olması ve toplama sistemindeki toplama araçlarının ne şekilde olacağı ve toplama metodunun uygulanmasındaki kalifiyeli ve yeterli ekibin üzerinde durulmuştur. Tesise giden atıklar da atık türüne göre ayrıştırılıp bir kısmı geri dönüşüm malzemesi olarak ekonomiye kazandırılacak geriye kalanlar ise, ekonomik değeri olmayan atıklar olup bunlardan gazlaştırma teknolojisi ile elektrik enerjisi üretilecektir. Katı atıkların önemli bir kısmını oluşturan organik atıklardan, fermantasyon sistemi ile gübre ve gaz elde edilecektir. Üretilen gaz, elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılacaktır. Bu çalışmadaki yaklaşım katı atık yönetiminin tek elden yönetilmesi ve elde edilecek verimin artırılması yönündeki farkındalıktır.

Entegre sistemin tek elden yönetilmesinin bir faydası da bürokratik engellerin olmamasıdır. Sorunlara hemen çözüm bulunması daha kolay sağlanacaktır. Fayda maliyet

analizi bu sistemde daha uygulanabilir durumdadır. Bu sayede soruna hemen çözüm bulunacak sistemin aksamadan çalışması sağlanacaktır. Bu sistemin uygulanmasında en önemli yaklaşımda bir ekonomik değerinin olmasıdır. Ekonomik getirisi olmayan sistemlerin uzun süre ayakta durması beklenmez. Buradaki yaklaşım sistemi ayakta tutacak tüm ekonomik değerlerin aynı sistemin içinde olmasıdır. Atıkların aynı sistemin içerisinde değerlendirilememesi durumunda ekonomik değeri olanların alınıp ekonomik değeri olmayanların dışarıda bırakılması ile tüm atıkların bertarafı sağlanamamaktadır. Bunun yanında nüfusu çok olan merkezlerde hizmet verilirken nüfusu az olan bölgelerde hizmet verilmemekte veya hizmet aksaması ile karşılaşmaktadır. Bu sayede hizmetin tüm bölgelere eşit bir şekilde verilmesi sağlanacaktır.

Yeryüzünde atık her zaman problem olmuştur; ancak problem olan her şeyin bir çözümü vardır. Kaçınılmaz olan ise problemi ne kadar hissettiğimizdir. Problemleri çözerken karşılığında ne kadar fedakarlık veya ücretle karşılaştırmamızdaki bakış açımızla orantılıdır. Tüm insanlığı ilgilendiren bir problemi çözerken bunu madde ile karşılaştırmak insanlığın tabiatına terstir. Çözümlerin uygulanabilir olması için aynı zamanda ekonomik de olması esastır. Buna bağlı olarak toplumu ilgilendiren tüm çevresel problemler ulusal veya yerel yönetimlerin görevleri arasında yer alır. Bu sistemlerin başarılı olabilmesi devletlerin, belediyelerin, sivil toplum kuruluşların ve vatandaşların ayrı ayrı görev ve sorumlulukları vardır. Bunları inceleyelim;

Devletlerin, bunun gibi tesislerin kurulması için teşvik mekanizması mutlaka devreye girmelidir. Bu konuda Türkiye’de de yenilebilir enerji adı altında teşvikler verilmektedir. Atıkların değerlendirilip ekonomiye kazandırılması için özel sektörün yatırımlar yapmasının önü açılmıştır; ancak sadece bununla yetinilmesi sorunun çözümünde tek başına yeterli değildir. Bu tür yatırımların işlevsel olarak başarılı olması için mevzuat bakımından desteklenmesi gerekmektedir. Bu konuda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı daha aktif rol almalı her türlü eğitim, bilgilendirme ve cezai işlemleri uygulamalıdır. Gelişmiş ülkelerin bu konuda başarılı olmasının ana nedenlerinden biri de sistemin uygulamasındaki disiplindir. Sistemi sektöre uğratan kim olursa gerekli yaptırımlar uygulanmalıdır.



Belediyeler ise daha aktif rol almalıdır. Trabzon ilinde uygulanacak sistemin başarılı olabilmesi bahsi geçen entegre atık yönetim sisteminin her bir ayağının eksiksiz uygulanmasına bağlıdır. Bunun için atığın ilk üretildiği yerden başlayarak disiplinli ve entegre tesis mantığına uygun bir şekilde toplanması gerekmektedir. Atığın nasıl ve ne şekilde toplanması ile ilgili önceki bölümlerde değindiğimiz gibi atıkların ayrı toplanması hiç olmazsa ikili toplama sistemin mutlaka tüm paydaşlar tarafından eksiksiz yerine getirilmesi gerekmektedir. Atıkların ayrıştırılmadan toplanması neticesinde elde edeceğimiz verimin % 50'nin altına düşmesi kaçınılmazdır. Bunu yaparken yerel yönetimlerin “çöpü toplayalım gerisi önemli değil” anlayışıyla devam etmesi durumunda, sistemin başarılı olma şansı azalacaktır. Elbette ev veya işyerlerindeki tüm atıklar evsel atık değildir. Bu atıklar içinde tehlikeli, kullanılması ve değerlendirilmesi zor olan atıklar bulunabilmektedir. Bunları türüne göre atık getirme merkezlerine veya yerel yönetimlerin ilgili birimlerine haber vererek bertaraf edilmelidir. Bunun için atığı nereye nasıl atılması ile ilgili eğitim çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Türkiye’de son yıllarda atıkların bertarafı ile ilgili çevreyle uyumlu yeni yatırımların yapılması sevindiricidir. Bu uygulamaların gelişmiş ülkelerin seviyesinin üzerine çıkarmak insanların en önemli görevi olması gerekmektedir. İnsanların yani atık üreticilerin, ortaya konulan sistemin başarılı olabilmesi için sisteme disiplinli bir şekilde bağlılığı önemlidir. Bu uygulamaların başarılı olabilmesi için sistemin disiplinli bir şekilde uygulanması ile mümkün olacaktır. Örneğin sistemin içinde organik atıklar ile ambalaj atıkları önemli yer tutmaktadır; ancak bu atıkların diğer atıklara karıştırmadan konteynerlere koyulursa bu atıklar hem ekonomiye geri kazandırılacak hem de elektrik enerjisi ve gübre elde edilecektir. Atıklar ne kadar homojen olursa verimi de o kadar fazla, ne kadar karışık ve çeşitli olursa o kadar verimsiz olur. İnsanların zahmet çekmeden sistemin ilk ayağı olan kaynağından ayrıştırmaya uyum sağlaması sistemin başarılı olması ve sürekliliği bakımından çok önemlidir. İnsanların çevre konusundaki hassasiyeti üzerindeki sorumlulukları yerine getirmesi ile mümkündür. Sistemin verimli çalışmasındaki başarısı sadece tesisin teknolojik olmasına bağlı olmayıp atık üretenlerinde bilinçli olması ile doğru orantılıdır.

Sivil toplum kuruluşları elbette bir sistemin daha yaygın ve etkin olması için önemlidir. Sivil toplum kuruluşları toplumun her kesimine seslenmesi ve ulaşması

nedeniyle yapılacak tüm eylemlerin başarılı olmasını sağlayacaktır. STK'lar bunun için yaptıkları eylemler ve çalışmalar insanların bilinçlenmesine ve yönetimlerin daha etkin çözümler bulmasına yardımcı olacaktır. Türkiye'de bu konuda birçok çevresel örgüt ve kuruluşlar bulunmaktadır. Bazen bunların varlığı ve eylemleri devlet ve belediyeler tarafından istenmese de uzun vadede bu eylemlerin çözüm noktasında insan ve çevre sağlığı yönünde çözümler bulunmasına yardımcı oldukları ve katkı sağladıkları unutulmamalıdır.

Türkiye'deki çevre sorunlarının çözümü bireysel veya sadece kurumların yapacağı çalışmalarla çözülmesi beklenmemelidir. Sorunu yaratan insanlar olduğu için bu sorunların en aza indirmek ve sorunları çözmek insanların sorumluluğundadır. Çevrenin korunması insanların, kurumların, sivil toplum kuruluşların, basın-medya kuruluşların, yerel ve ulusal çevre örgütlerinin bir araya gelerek çözüm üretmeleri ve uygulaması ile mümkündür. Çevrenin korunması, gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak ve günümüz insanı için yaşanabilir bir dünya varlığı için çevre bilincinin artırılması ve doğal kaynaklara sahip çıkılması ile mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Akar, İsa, (2019), **Afyonkarahisar Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinde Oluşan Depo Gazının Matematiksel Modeller Kullanılarak Belirlenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akçay Han, Gül Sümeyra, (2008), **Ambalaj Atıklarının Yeniden Değerlendirilebilirliği ve Küçükçekmece Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akpınar, Nergiz, (2006), **Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ - Enerji Enstitüsü.
- Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, (2017), Web: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/12/20171227-12.htm>
- Ambalaj Bülteni, (2016), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2016ambalajbulten-20180402162429.pdf>
- Atık Getirme Merkezi Tebliği, (2014), Web: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20423&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5>
- Aynur, Elif, (2011), **İstanbul'da Oluşan Kentsel Katı Atıklar İçin Yakma ve Gazlaştırma Sistemlerinin Karşılaştırılmalı Analizi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Binbaşaran, Banu, (2001), Kazandığımız Çöp. **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**, 409, 72-77.
- Bukni, Rahşan, (2003), **Kemerburgaz Düzenli Çöp Depolama Tesislerindeki Depo Gazlarının Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÇED Hizmetleri ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü (2019), **Trabzon İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu**.

ÇEVKO (Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı), (1991), **Ambalaj Atıkları Raporu.**

Çınar, Serdar, (2019), **Atıkların Ekonomik Değere Dönüşümü ve Atık Toplayıcılarının Bu Dönüşümdeki Yeri**, Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Düzce, Tuğçe, (2016), **Atık Getirme Merkezi Seçimi İçin Melez Bir Yaklaşım: Çankaya Belediyesi Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi - Fen Bilimler Enstitüsü.

Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, (2014), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Web: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Duzenli\\_Depolama\\_Tesis\\_Saha\\_Yon\\_ve\\_isletme\\_kilavuzu.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Duzenli_Depolama_Tesis_Saha_Yon_ve_isletme_kilavuzu.pdf)

European Commission, (2006), Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration.

Güleç Solak, Sevcan ve Pekküçükşen, Şerife, (2018), “Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi: Karşılaştırmalı Bir Analiz”, **MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 7(3), 653-683.

Gündüzalp, A. Anıl, ve Güven, Seval (2016), Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği, **Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi**, 9.

Hasanoğlu, Pınar, (2012), **Düzce Eysel Endüstriyel Katı Atıklarından Geri Kazanılabılır Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi – Fen Bilimler Enstitüsü.

Karakaya, İnci,(2008), **İstanbul İçin Stratejik Kentsel Katı Atık Yönetimi Yaklaşımı**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ - Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özgün, Cengiz, (2018). Etik ve Çevre. Burak, Hergüner ve Erol, Kalkan (Ed.), **Türkiye’de Çevre Politikaları Sürdürülebilir Kalkınma İçin Eksik Halkayı Tamamlamak** (s. 3-23) içinde. Ankara, Nobel.

- Özgün, Cengiz, (2019). **Savaş ve Çevre**, Özlem, Taner, Köroğlu (Ed.), Kamu Yönetiminde Seçme Yazarlar (s. 113-127) içinde. Ankara, Gazi Kitabevi.
- Özkan, R. Atınç, (2000), **Katı Atık Yönetiminde Geri Kazanımın Yeri ve Antalya'da Uygulanabilirliği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İTÜ - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, İzzet, (2014), **Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları**, İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 2, İstanbul.
- Öztürk, İzzet, Arıkan, Osman, Altınbaş, Mahmut, Alp, Kadir ve Güven, Hüseyin, (2019), **Katı Atık Geri Dönüşüm ve Arıtma Teknolojileri El Kitabı**, Temmuz 2019, Türkiye Belediyeler Birliği, İstanbul. Web: [https://www.tbb.gov.tr/online/kitaplar/kati\\_atik\\_teknolojileri/files/basic-html/page12.html](https://www.tbb.gov.tr/online/kitaplar/kati_atik_teknolojileri/files/basic-html/page12.html)
- Öztürk, Mustafa, (2001), **Plastikler ve Geri Kazanılması**, YTÜ - İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Saltabaş, Fatif, Soysal, Yavuz, Yıldız, Şenol ve Balahorli, Vahit, (2011), Eysel Katı Atık Termal Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul'a Uygulanabilirliği, **Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, 3, 109-116.
- Sayar, Şevhan, (2012), **Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sedef, Murat, (2016), **Katı Atık Yönetimi**, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Steiner, Martin vd. (2008), **Katı Atık Yönetimi**, Atık Yönetiminin Temellerine Yönelik Rehber Kitap, European Leonardo da Vinci Project, Ankara.
- Tarakçı, Hikmet, (2018), **Katı Atıkların Termal Yöntemlerle Etkisiz Hale Getirilmesi ve Trabzon-Rize Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Avrasya Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taşpınar, Fatih, (2012), **Entegre Katı Atık Yönetimi**, Düzce'nin Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri Çalıştayı, Düzce Üniversitesi.

T.C. Mevzuat Bilgi Sistemi, Atık Getirme Merkezi Tebliği, (2014), Web: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20423&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5>

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2012), **Katı atıkların ikili toplanmasına ilişkin düzenleme**, Web: [http://www.turkeycomposts.org/dosya/kaynaklar/CSB\\_ikili\\_Toplamaya\\_iliskin\\_duzenleme.pdf](http://www.turkeycomposts.org/dosya/kaynaklar/CSB_ikili_Toplamaya_iliskin_duzenleme.pdf)

Trabrikab, Trabzon ve Rize İli Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği

White, P.R., Franke, M. ve Hindle, P., (1999), **Integrated Solid Waste Management A Life Cycle Inventory**, Aspen Publication, Maryland.

Yıldız, Şenol. Balahorli, Vahit ve Sezer, Kadir, (2010), “Organik Atıklardan Kompost Ve Yenilebilir Enerji Üretimimi Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı”. Şenol Yıldız, Osman A. Arıkan ve İzzet Öztürk (Ed.). **Bildiriler Kitabı**, İSTAÇ, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 27-33.

Zengin, Eyüp ve Ulutaş, Kadir. (2016), “Büyükşehir İlçe Belediyelerinde Evsel Katı Atık Ücret Tarifelerinin Belirlenmesi ve Uygulanması”. **Yalova Sosyal Bilimler Dergisi**, 6 (11), 26-42. DOI: 10.17828/yalovasosbil.286895

Web\_1, “Pnomatik Toplama Sistemleri”, <http://mastermuhendislik.com/urunler/cop-ve-atik-toplama-sistemleri/brosurler/metrotaifun-3/>, (05.07.2020).

Web\_2,“Biyoplastikler”, <http://www.ambalaj.org.tr/files/Ambalajbulteniicerik/dosya/ocak-subat-2009-dosya.pdf>, (07.06.2020).

Web\_3, “1. Sınıf Atık Merkezi”, <https://static.daktilo.com/sites/208/uploads/2019/10/08/13723656-1570526933.jpg>, (15.05.2020).

Web\_4, “Fermantasyon”, <https://renesco.com.tr/faaliyet-alanlari/kuru-fermantasyon>, (15.06.2020).

Web\_5,“Yakma Piroliz Karşılaştırması”,

[http://web.deu.edu.tr/erdin/tr/ders/kati\\_atik/ders\\_not/yakma-piroliztesisivemaddeakisihesabi.pdf](http://web.deu.edu.tr/erdin/tr/ders/kati_atik/ders_not/yakma-piroliztesisivemaddeakisihesabi.pdf), (16.05.2020).

Web\_6, “Türbin Teknolojileri”, <https://www.turboden.com/solutions/1051/biomass>, (07.09.2020).





# **EKLER**



## Ek- 1: Çarşıbaşı Aktarma İstasyonu Karakterizasyon Çalışması

Katı Atık Bileşeni	Beşikdüzü		Çarşıbaşı		Şalpazarı		Tonya		Vakıkebir	
	2016 Kış %	2015 Yaz %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2016 Kış %	2015 Yaz %
Mutfak Atığı	63,75%	48,54%	66,43%	49,82%	71,72%	42,74%	52,82%	52,36%	60,92%	48,65%
Kağıt	0,85%	3,29%	1,01%	5,26%	0,00%	1,58%	0,00%	8,68%	0,36%	3,51%
Karton	1,63%	2,82%	2,14%	3,33%	0,89%	1,95%	0,70%	1,01%	1,48%	7,61%
Hacimli Karton	0,00%	1,77%	0,00%	2,52%	0,00%	0,00%	0,00%	2,02%	0,00%	0,00%
Plastik	4,66%	4,48%	3,89%	9,65%	1,77%	1,81%	2,44%	6,66%	1,78%	4,36%
Cam	3,22%	6,62%	0,98%	4,83%	1,84%	1,41%	2,26%	4,83%	0,48%	11,87%
Metal	0,19%	4,11%	0,00%	1,29%	0,00%	4,74%	0,52%	1,95%	0,00%	4,63%
Hacimli Metal	0,00%	0,00%	1,31%	0,00%	1,27%	0,00%	0,98%	0,00%	0,94%	0,00%
Elektrik Ve Elektronik Atık	0,19%	0,35%	0,00%	0,38%	0,57%	0,00%	0,00%	1,15%	0,00%	2,78%
Tehlikeli Atık	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,94%
Park Bahçe Atıkları	14,26%	16,70%	10,43%	11,24%	10,73%	21,66%	22,93%	11,47%	10,34%	9,67%
Diğer Yanmayan	0,00%	7,45%	3,64%	7,15%	0,00%	1,25%	0,00%	0,00%	11,83%	0,00%
Diğer Yanabilen	0,00%	3,88%	0,00%	0,00%	0,00%	22,86%	9,23%	6,77%	1,78%	5,97%
Diğer Yanabilir Hacimli	3,92%	0,00%	0,00%	4,53%	2,41%	0,00%	0,00%	3,10%	0,00%	0,00%
Diğer Yanmayan Hacimli	4,08%	0,00%	2,64%	0,00%	0,89%	0,00%	0,56%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğerleri	0,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kül	2,25%		7,54%		7,92%		7,56%		10,07%	
<b>TOPLAM</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

## Ek- 2: Of Aktarma İstasyonu Karakterizasyon Çalışması

Katı Atık Bileşeni	Araklı			Hayrat			Kalkandere			Of			Sürmene		
	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %
Mutfak Atığı	45,83%	37,07%	38,93%	48,08%	44,99%	47,46%	38,37%	38,03%	42,60%	52,22%	44,52%	58,06%	43,84%	43,71%	45,98%
Kağıt	2,52%	6,61%	2,72%	2,27%	9,85%	2,10%	1,64%	11,94%	2,11%	2,30%	6,42%	1,60%	2,63%	5,37%	2,18%
Karton	4,80%	6,93%	5,15%	2,17%	8,79%	2,49%	2,56%	7,19%	1,73%	3,43%	4,60%	2,18%	2,19%	6,16%	2,12%
Hacimli Karton	1,59%	0,00%	0,63%	1,66%	0,00%	1,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,60%	1,17%	3,13%
Plastik	9,93%	11,79%	13,69%	10,65%	10,80%	9,51%	10,44%	13,02%	8,80%	5,03%	11,30%	6,00%	8,23%	18,54%	7,77%
Cam	2,70%	3,44%	5,15%	2,22%	3,47%	1,60%	3,56%	3,89%	1,94%	3,48%	3,71%	2,27%	1,85%	2,10%	1,73%
Metal	2,94%	2,62%	3,35%	2,07%	3,19%	1,77%	3,07%	3,30%	1,57%	1,34%	1,83%	1,11%	2,14%	2,52%	1,23%
Hacimli Metal	0,00%	0,00%	0,00%	1,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Elektrik ve Elektronik Atık	1,63%	1,80%	1,21%	1,41%	1,57%	2,71%	1,59%	1,67%	0,59%	1,82%	1,22%	0,58%	3,12%	1,26%	3,13%
Tehlikeli Atık	2,10%	1,29%	1,89%	1,61%	2,63%	0,88%	1,84%	2,05%	0,86%	1,34%	0,66%	0,68%	1,75%	3,29%	2,12%
Park Bahçe Atıkları	0,00%	6,77%	0,00%	0,00%	1,79%	0,00%	3,27%	4,27%	1,84%	0,00%	5,87%	4,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğer Yanmayan	8,11%	21,68%	12,09%	10,65%	12,93%	9,35%	14,84%	14,64%	19,71%	17,57%	19,27%	12,19%	10,38%	15,88%	10,00%
Diğer Yanabilen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğer Yanabilir Hacimli	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğer Yanmayan Hacimli	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğerleri															
Kül	17,86%	0,00%	15,19%	15,84%	0,00%	20,91%	18,83%	0,00%	18,25%	11,46%	0,00%	10,84%	20,26%	0,00%	20,61%
<b>TOPLAM</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

### Ek- 3: Deliklitaş Aktarma İstasyonu Karakterizasyon Çalışması

Katı Atık Bileşeni	Akçaabat			Arsin			Düzköy			Maçka			Ortahisar			Yomra		
	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %	2016 Kış %	2015 Yaz %	2015 Kış %
Mutfak Atığı	43,52%	73,18%	52,05%	40,19%	69,59%	41,67%	48,24%	76,38%	51,91%	39,59%	76,39%	45,03%	47,82%	67,94%	53,30%	45,70%	68,50%	45,93%
Kağıt	0,90%	1,72%	0,60%	0,62%	1,27%	0,00%	3,40%	1,61%	2,43%	3,67%	0,70%	3,05%	7,86%	2,86%	8,84%	7,92%	0,84%	4,07%
Karton	1,58%	3,97%	1,75%	1,92%	2,31%	0,00%	6,31%	0,00%	7,80%	8,52%	2,41%	10,59%	6,12%	3,48%	4,80%	9,14%	2,65%	13,39%
Hacimli Karton	0,00%	0,00%	0,00%	2,64%	0,00%	3,03%	0,00%	0,00%	0,00%	3,44%	0,00%	4,55%	2,31%	0,00%	3,51%	3,93%	0,00%	5,12%
Plastik	15,78%	11,76%	11,71%	8,70%	16,97%	11,28%	9,33%	7,72%	5,49%	8,40%	10,98%	6,69%	9,19%	7,09%	4,50%	2,71%	16,82%	2,33%
Cam	1,97%	3,82%	1,63%	2,90%	1,79%	3,94%	3,07%	1,23%	0,87%	2,37%	1,91%	1,62%	3,01%	3,26%	4,23%	2,39%	3,62%	2,04%
Metal	1,80%	1,50%	1,87%	2,59%	1,34%	1,52%	2,58%	1,47%	0,00%	2,65%	1,41%	1,75%	0,74%	2,24%	0,50%	3,29%	0,00%	0,99%
Hacimli Metal	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,35%	0,00%	0,97%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Elektrik Ve Elektronik Atık	0,79%	0,19%	0,48%	2,18%	0,00%	1,57%	0,44%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,49%	0,04%	0,55%	0,64%	0,00%	0,35%
Tehlikeli Atık	1,63%	0,49%	0,66%	1,66%	1,19%	0,76%	0,77%	0,00%	0,00%	0,68%	0,00%	0,00%	1,19%	0,92%	0,74%	0,32%	1,62%	0,00%
Park Bahçe Atıkları	12,46%	1,05%	16,18%	14,29%	2,42%	12,79%	7,03%	8,14%	12,14%	7,73%	3,93%	9,94%	6,23%	4,07%	5,01%	6,27%	2,43%	10,48%
Diğer Yanmayan	0,00%	2,32%	0,00%	0,00%	0,00%	3,54%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,27%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğer Yanabilen	10,15%	0,00%	2,48%	3,57%	3,13%	3,06%	8,23%	3,44%	0,00%	4,06%	2,26%	0,00%	5,78%	8,09%	0,66%	6,06%	3,53%	0,00%
Diğer Yanabilir Hacimli	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğer Yanmayan Hacimli	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diğerleri	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Kül	9,41%		10,57%	18,75%		16,84%	10,59%		18,90%	17,54%		15,79%	9,18%		13,09%	11,64%		15,31%
<b>TOPLAM</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

## ÖZGEÇMİŞ

