



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KARTAL BELEDİYESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE OLUŞAN  
AMBALAJ ATIKLARININ KARAKTERİZASYONU VE  
EKONOMİK ANALİZİ**

**Lokman GÜVENÇ**

**Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Çevre Mühendisliği**

**Danışman**

**Doç. Dr. H. Kurtuluş ÖZCAN**

**Ocak, 2016**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 15/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Jürisi:**



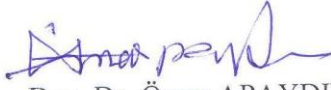
Doç. Dr. H. Kurtuluş ÖZCAN(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



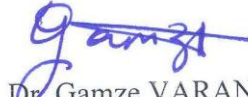
Prof. Dr. Nüket SİVRİ  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Serdar AYDIN  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Ömer APAYDIN  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi



Doç. Dr. Gamze VARANK  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın yürütülmesi ve gerçekleştirilmesi aşamasında bilgi ve tecrübesini esirgmeden, yapmış olduğu değerli katkılarından dolayı saygıdeğer tez danışmanım Doç. Dr. H. Kurtuluş ÖZCAN' a saygılarımı sunuyor ve en içten duygularla teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans çalışmamın devam ettiği süre boyunca çalışmalarımı aksatmadan devam etmeme imkan sağlayan ve ihtiyaç duyduğum tüm bilgi ve belgelere erişimimi kolaylaştıran Kartal Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürü Sayın Dr. Dilek KARS' a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca, tez çalışmamda ihtiyaç duyduğum verileri paylaşan Toplama-Ayrırma Tesisi, Hursan Geri Dönüşüm ve Teknolojileri Sanayi Ticaret A.Ş firmasının sahibi Sayın Tansel AKBAYSAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalara vermiş olduğu desteklerin yanında, her zaman ve her koşulda bana destek olan, bilgi, birikim ve tecrübesini eksik etmeyen sevgili eşim Ar. Gör. Senem YAZICI GÜVENÇ' e ve eğitim hayatım boyunca daima yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme en kalbi duygularıyla teşekkür ederim.

Ocak, 2016

Lokman GÜVENÇ

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY .....	xv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR .....</b>	<b>3</b>
2.1.    KATI ATIKLAR .....	3
2.1.1.    Katı Atıkların Özellikleri .....	7
2.1.1.1.    Fiziksel Özellikleri .....	7
2.1.1.2.    Kimyasal Özellikleri .....	10
2.1.2.    Katı Atıkların Sınıflandırılması.....	11
2.1.2.1.    Organik Atıklar .....	11
2.1.2.2.    Ambalaj Atıkları.....	12
2.1.2.3.    Endüstriyel Atıklar .....	12
2.1.2.4.    Tekstil Atıkları.....	12
2.1.2.5.    Tehlikeli Atıklar .....	12
2.1.2.6.    Ömrünü Tamamlamış Lastikler .....	13
2.1.2.7.    Zirai Atıklar .....	13
2.1.2.8.    Tıbbi Atıklar.....	13
2.1.2.9.    Elektrikli ve Elektronik Atıklar .....	14
2.1.2.10.    Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları.....	15
2.1.2.11.    Radyoaktif Atıklar.....	15
2.1.3.    Katı Atık Yönetimi.....	16
2.1.3.1.    Dünya’da Katı Atık Yönetimi.....	16
2.1.3.2.    Türkiye’de Katı Atık Yönetimi.....	19

2.1.4.	Katı Atık Yönetimi Hiyerarşisi .....	23
2.1.4.1.	<i>Atık Oluşumunu Önleme</i> .....	24
2.1.4.2.	<i>Atık Azaltımı</i> .....	24
2.1.4.3.	<i>Yeniden Kullanım</i> .....	24
2.1.4.4.	<i>Geri Dönüşüm</i> .....	25
2.1.4.5.	<i>Geri Kazanım</i> .....	26
2.1.4.6.	<i>Bertaraf</i> .....	26
2.2.	AMBALAJ VE AMBALAJ ATIKLARI .....	28
2.2.1.	Dünya’ da ve Türkiye’de Ambalaj Sektörü .....	30
2.2.2.	Ambalaj Atıklarının Sınıflandırılması.....	33
2.2.2.1.	<i>Kağıt/Karton Ambalaj Atıkları</i> .....	33
2.2.2.2.	<i>Plastik Ambalaj Atıkları</i> .....	36
2.2.2.3.	<i>Metal Ambalaj Atıkları</i> .....	43
2.2.2.4.	<i>Cam Ambalaj Atıkları</i> .....	45
2.2.2.5.	<i>Kompozit Ambalaj Atıkları</i> .....	47
2.3.	AMBALAJ ATIKLARININ KONTROLÜ VE YÖNETİMİ .....	49
2.3.1.	Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayrı Toplanması.....	49
2.3.2.	Ambalaj Atıklarının Taşınması .....	51
2.3.3.	Ambalaj Atıklarının Ayrıştırılması .....	53
2.3.4.	Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi .....	54
2.3.4.1.	<i>Kağıt/Karton Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> .....	55
2.3.4.2.	<i>Plastik Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> ..	56
2.3.4.3.	<i>Metal Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> ....	58
2.3.4.4.	<i>Cam Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> .....	59
2.3.4.5.	<i>Kompozit Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> .....	60
2.4.	AMBALAJ ATIKLARI İLE İLGİLİ MEVZUAT .....	62
2.4.1.	AB Mevzuatı .....	62
2.4.2.	Türkiye’de Mevzuat .....	64
2.5.	LİTERATÜR TARAMASI .....	71
<b>3.</b>	<b>MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>76</b>
3.1.	ÇALIŞMA ALANI.....	76
3.1.1.	Kartal İlçesi Genel Tanıtımı.....	76
3.1.2.	Kartal İlçesi Coğrafi Konumu .....	76

3.1.3.	Kartal İlçesi Beşeri Özellikleri.....	77
3.1.4.	Kartal İlçesi İklimsel ve Jeolojik Özellikleri .....	79
3.2.	DENEYSEL YÖNTEMLER.....	79
3.2.1.	Katı Atık Karakterizasyon Çalışması.....	79
3.2.1.1.	<i>Kalorifik Değer Analizi</i> .....	84
3.2.1.2.	<i>Nem Analizi</i> .....	84
3.2.2.	Ambalaj Atıkları Yönetimi Saha Çalışması.....	86
3.2.2.1.	<i>Ambalaj Atıklarını Kaynağında Ayırma Toplama</i> .....	86
3.2.2.2.	<i>Ambalaj Atıklarının Transferi</i> .....	90
3.2.2.3.	<i>Ambalaj Atıklarının Ayrıştırılması</i> .....	91
3.2.2.4.	<i>Ambalaj Atıkları Karakterizasyon Analizi</i> .....	93
3.2.2.5.	<i>Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi</i> .....	93
<b>4.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>94</b>
4.1.	KARTAL İLÇESİNDE KATI ATIKLARIN KARAKTERİZASYON ANALİZİ .....	94
4.2.	NEM İÇERİĞİ ANALİZİ .....	100
4.3.	KALORİFİK DEĞER ANALİZİ .....	101
4.4.	AMBALAJ ATIĞI MİKTAR VE KARAKTERİZASYONU .....	102
4.5.	EKONOMİK ANALİZ .....	107
4.5.1.	Maliyet Analizi.....	107
4.5.1.1.	<i>Araç Maliyetleri</i> .....	108
4.5.1.2.	<i>Personel Maliyetleri</i> .....	109
4.5.1.3.	<i>Tesis İçi Maliyetler</i> .....	110
4.5.1.4.	<i>Ambalaj Atığı Toplama-Ayrırma Maliyetleri</i> .....	111
4.5.2.	Gelir Analizi.....	112
4.5.2.1.	<i>Ambalaj Atıklarının Satışından Elde Edilen Gelirlerin Analizi</i> .....	112
<b>5.</b>	<b>TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>115</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>120</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>131</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 2.1: Türkiye’de katı atık kompozisyonu ve yüzdesel dağılımı (ÇOB, 2011).....	4
Şekil 2.2: 32 Avrupa ülkesinde 2001-2010 yılına ait kentsel atık miktarları (EEA, 2013).....	5
Şekil 2.3: Katı atık yönetim sistemi bileşenleri (Tchobanoglous ve diğ., 1993).....	22
Şekil 2.4: Avrupa belediye katı atık bertaraf yöntemleri (EUROSTAT, 2010).....	23
Şekil 2.5: Atık yönetim hiyerarşisi.....	24
Şekil 2.6: 32 Avrupa ülkesindeki kentsel katı atık geri dönüşüm oranları, (EEA Rapor, 2013).....	26
Şekil 2.7: 32 Avrupa ülkesinde kentsel atık yönetiminin gelişimi (EEA Rapor, 2013).....	27
Şekil 2.8: Türkiye’de ambalaj sektörü firmalarının bölgesel yoğunluk haritası.....	32
Şekil 2.9: 2012 yılı sektörler itibariyle plastik malzeme üretimi(PAGEV, 2012).....	38
Şekil 2.10: Plastik ambalaj malzemeleri üretimi (milyon ton).....	38
Şekil 2.11: Plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar (Sevecan ve Vaizoğlu, 2007; Stevens, 1999).....	41
Şekil 2.12: İlk metal bira kutuları (Aydar, 2010).....	44
Şekil 2.13: Alüminyumdan üretilen metal içecek kutu örnekleri.....	44
Şekil 2.14: AB-28 Cam Üretimi, 2011 (CPIV, 2011; GAE, 2012).....	46
Şekil 2.15: Tetrapak kutusu bileşenleri (Pietikainen, 2008).....	48
Şekil 2.16: 1951’de üretilen tetrahedron formulu ilk lamine karton süt ambalajı (Fiell ve diğ., 2000).....	49
Şekil 2.17: Ambalaj atığı ayrıştırma işlemleri akım şeması.....	54
Şekil 2.18: Kağıt malzemenin geri dönüşüm şeması (ÇEVKO, 1999).....	56
Şekil 2.19: Metal geri dönüşüm akım şeması.....	59
Şekil 2.20: Cam geri dönüşüm akım şeması.....	60
Şekil 2.21: Yonga levha kullanım alanlarına örnekler.....	61

Şekil 2.22: Hydropulper şematik çizimi (Haggar, 2010).....	62
Şekil 2.23: Hava enjeksiyonlu screening cihazının şematik çizimi (Haggar, 2010). ....	62
Şekil 2.24: Atık ambalaj veri kayıt sistemine kayıtlı işletmeler (ÇŞB, 2015).....	71
Şekil 2.25: Lisanslı TAT ve GDT Sayısı (Çiçek, 2013; ÇŞB, 2015). ....	71
Şekil 3.1: Kartal haritası (Google Maps, 2015).....	77
Şekil 3.2: Kartal mahalle dağılım haritası. ....	78
Şekil 3.3: Mahallelerden katı atık toplama işlemleri. ....	80
Şekil 3.4: Mahallelerden toplanan temsil edici katı atık numuneleri. ....	81
Şekil 3.5: Katı atık karakterizasyonu 1 m <sup>3</sup> temsil edici numune alma işlemi.....	82
Şekil 3.6: Katı atıkların ayrıştırılması işlemleri 1.....	82
Şekil 3.7: Katı atıkların ayrıştırılması işlemleri 2.....	83
Şekil 3.8: Ayrıştırılan katı atıkların tartım işlemleri.....	83
Şekil 3.9: Nem tayini için numune hazırlama işlemi.....	85
Şekil 3.10: Nem tayini için hazırlanan numunelerin etüve yerleştirilmesi.....	85
Şekil 3.11: Sıkıştırılmalı ambalaj atığı toplama aracı. ....	87
Şekil 3.12: Kaynağında ambalaj atıklarının toplanması. ....	87
Şekil 3.13: İç mekan kutusu görünümü. ....	88
Şekil 3.14: Geri dönüşüm konteynırı görünümü. ....	89
Şekil 3.15: Cam kumbarası.....	90
Şekil 3.16: Cam kumbarası boşaltma işlemi. ....	90
Şekil 3.17: Lisanslı toplama ayırma tesisinin konumu. ....	91
Şekil 3.18: Toplama ayırma tesisinde ayrıştırma işlemleri. ....	92
Şekil 3.19: Ambalaj atıkları presleme ve balyalama işlemi. ....	92
Şekil 3.20: Balyalanmış ambalaj atıklarının geri dönüştürülmek üzere tıra yüklenmesi. ....	93
Şekil 4.1: 2015 yılı Kartal İlçesi katı atık karakterizasyon sonuçları. ....	99
Şekil 4.2: 2015 yılı Kartal İlçesi ambalaj atıkları dağılım grafiği. ....	105
Şekil 4.3: Personel maliyetlerinin yıllık yüzdelerle dağılımları. ....	110
Şekil 4.4: Toplam maliyetlerin yüzdesel dağılımı. ....	112



**Şekil 4.5:** 2015 yılında satışı yapılan ambalaj atıklarından elde edilen gelirlerin yüzdesel dağılımı .....114

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 2.1:</b> Bazı ülkelerde kişi başına günde üretilen katı atık miktarı (Kaya, 2010).....	5
<b>Tablo 2.2:</b> Kentsel katı atık bileşenlerinin gelir düzeyine göre dağılımı (Tchobanoglous ve diğ., 1993).....	6
<b>Tablo 2.3:</b> Farklı ülkelere ait atık kompozisyonu bilgileri (UKAK, 2003).....	7
<b>Tablo 2.4:</b> Katı atık bileşenlerinin birim hacim ağırlıkları ve nem içerikleri (Peavy ve diğ., 1985).....	8
<b>Tablo 2.5:</b> Mevsimlik ortalama organik madde muhtevaları (% kuru ağırlık). ....	10
<b>Tablo 2.6:</b> Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve kimyasal bileşimine ait tipik değerler (Peavy ve diğ., 1985).....	11
<b>Tablo 2.7:</b> Şehirlere göre atık yönetim ve geri dönüşüm oranları (BM, 2010).....	19
<b>Tablo 2.8:</b> Ambalaj olarak kabul edilen ürünler. ....	28
<b>Tablo 2.9:</b> Ambalaj olarak kabul edilmeyen ürünler.....	29
<b>Tablo 2.10:</b> Türkiye’ de yıllara göre ambalaj üretimi. ....	32
<b>Tablo 2.11:</b> Ambalajın tarihsel gelişimi (Sonsino, 1990). ....	34
<b>Tablo 2.12:</b> (devam). ....	35
<b>Tablo 2.13:</b> 2010 yılı ülkelere göre kişi başı plastik tüketimi (PAGEV, 2012).....	39
<b>Tablo 2.14:</b> 2013 yılı Dünya plastik ambalaj sektörünün toplam plastik sektörü içindeki payı (PLASFED, 2013). ....	39
<b>Tablo 2.15:</b> 2013 yılı Dünya plastik ambalaj malzemeleri üretimi (PLASFED, 2013). ....	40
<b>Tablo 2.16:</b> Plastiklerin kimyasal formülleri ve özellikleri (Karamangil, 2008; Öztürk, 2005).....	42
<b>Tablo 2.17:</b> Plastik Ambalaj Atığı Cinsleri ve Kullanım Alanları (Öztürk, 2005; Stevens, 1999).....	43
<b>Tablo 2.18:</b> Dünya yıllık cam üretim kapasitesi ve yüzdeleri (TOBB, 2012).....	46
<b>Tablo 2.19:</b> AB-28 Yıllar İtibariyle Cam Üretimi (1000 ton) (CPIV, 2012; GAE, 2012).....	47

<b>Tablo 2.20:</b> Yıllar itibariyle Türkiye’de oluşan kompozit ambalaj miktarları ve geri dönüşüm oranları (ÇŞB, 2011; 2012; 2013).....	49
<b>Tablo 2.21:</b> Malzemeye göre yıllık geri kazanım hedefleri, %.....	55
<b>Tablo 2.22:</b> Plastiklerin kalorifik değerleri ve diğer yanabilen maddelerle karşılaştırılması (Öztürk, 2005) . .....	58
<b>Tablo 3.1:</b> Kartal İlçesi’nin yıllara göre nüfus verileri (TÜİK, 2014). .....	77
<b>Tablo 3.2:</b> Kartal İlçesi mahallelere ait nüfus sayıları (TÜİK, 2014). .....	78
<b>Tablo 3.3:</b> Katı atık bileşenleri ve madde grupları(ÇŞB, 2007).....	84
<b>Tablo 4.1:</b> Gelir seviyelerine göre seçilen mahalleler.....	94
<b>Tablo 4.2:</b> Kartal İlçesi kış dönemi katı atık karakterizasyon tartım sonuçları.....	95
<b>Tablo 4.3:</b> Kartal İlçesi yaz dönemi katı atık karakterizasyon tartım sonuçları.....	96
<b>Tablo 4.4:</b> Karakterizasyonu yapılan mahallelerde oluşan yıllık katı atık miktarları. ....	96
<b>Tablo 4.5:</b> Kartal İlçesi yaz, kış ve ortalama katı atık karakterizasyon sonuçları. ....	97
<b>Tablo 4.6:</b> Kartal’da 2015 yılında oluşan katı atıklar içerisindeki ambalaj atıklarının muhteviyatı. ....	98
<b>Tablo 4.7:</b> Kartal, İstanbul ve Türkiye geneli katı atık kompozisyonlarının karşılaştırılması (Yıldız ve diğ., 2012; ÇOB, 2011). ....	100
<b>Tablo 4.8:</b> Kartal İlçesi 2015 yılı kış dönemi nem tayini sonuçları. ....	101
<b>Tablo 4.9:</b> Kartal İlçesi 2015 yılı yaz dönemi nem tayini sonuçları. ....	101
<b>Tablo 4.10:</b> 2015 yılı Kartal İlçesi kış ve yaz dönemi katı atık kalorifik değer sonuçları. ....	102
<b>Tablo 4.11:</b> 2015 yılı aylara göre Kartal İlçesi’nde toplanan net ambalaj atık miktarları ve fire oranları. ....	102
<b>Tablo 4.12:</b> 2015 yılı aylara göre Kartal İlçesi’nde toplanan cam ambalaj atık miktarları.....	103
<b>Tablo 4.13:</b> Kartal’da 2015 yılında toplanan ve ayrıştırılan net ambalaj atık miktarları. ....	104
<b>Tablo 4.14:</b> 2015 yılında gerçekleştirilen ambalaj atığı geri dönüşüm oranı. ....	104
<b>Tablo 4.15:</b> Kartal İlçesi 2015 yılı aylara göre ambalaj atıkları karakterizasyonu. ....	106
<b>Tablo 4.16:</b> 2015 yılı aylık araç maliyetleri. ....	108
<b>Tablo 4.17:</b> Toplama araçlarının 2015 yılında kat ettiği mesafeler. ....	108
<b>Tablo 4.18:</b> Toplama-ayırma tesisi bünyesinde görev yapan personel sayısı ve iş tanımları. ..	109
<b>Tablo 4.19:</b> Toplama-ayırma tesisi bünyesinde görev yapan personelin aylık ve yıllık ücretleri. ....	110

<b>Tablo 4.20:</b> 2015 yılı toplama-ayırma tesisi tesis içi maliyetler. ....	111
<b>Tablo 4.21:</b> 2015 yılı ambalaj atığı toplama-ayırma maliyetleri.....	111
<b>Tablo 4.22:</b> Ambalaj atığı toplama ayırma maliyeti, TL/ton. ....	112
<b>Tablo 4.23:</b> Ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler. ....	113
<b>Tablo 4.24:</b> AAYP dışında toplanıp-ayrıştırılan ambalaj atıklarından elde edilen gelirler.....	113
<b>Tablo 4.25:</b> 2015 yılı tüm gelirlerin toplamı ve ton başına ambalaj atığından elde edilen gelir.....	113

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

### Simgeler Açıklama

<b>C</b>	: Karbon
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>H</b>	: Hidrojen
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>N</b>	: Azot
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>O</b>	: Oksijen
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>S</b>	: Kükürt

### Kisaltmalar Açıklama

<b>AAKY</b>	: Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği
<b>AAV</b>	: Atık Yönetimi Yönetmeliği
<b>AAVP</b>	: Ambalaj Atıklarının Yönetim Planı
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AİA</b>	: Avrupa İşletmeler Ağı
<b>ASD</b>	: Ambalaj Sanayicileri Derneği
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>CPIV</b>	: Standing Committee of the European Glass Industries
<b>ÇEVKO</b>	: Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı
<b>ÇOB</b>	: Çevre ve Orman Bakanlığı
<b>ÇŞB</b>	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
<b>EEA</b>	: European Environment Agency
<b>EEA</b>	: European Economic Area
<b>GAE</b>	: Glass Alliance Europe
<b>GDT</b>	: Geri Dönüşüm Tesisi
<b>HDPE</b>	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
<b>İSTAÇ</b>	: İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi
<b>KAKY</b>	: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
<b>LDPE</b>	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
<b>PAGEV</b>	: Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı
<b>PET</b>	: Polietilen Terfelat
<b>PLASFED</b>	: Plastik Sanayicileri Federasyonu
<b>PP</b>	: Polipropilen
<b>PS</b>	: Polistiren
<b>PVC</b>	: Polivinil Klorür
<b>TAT</b>	: Toplama-Ayırma Tesisi
<b>TKB</b>	: Türkiye Kalkınma Bankası

<b>TOBB</b>	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>UKAK</b>	: Ulusal Katı Atık Kongresi
<b>UNEP</b>	: United Nations Environment Programme
<b>UNHS</b>	: United Nations Human Settlements Programme
<b>YK</b>	: Yetkilendirilmiş Kuruluş

## **ÖZET**

### **YÜKSEK LİSANS TEZİ**

#### **KARTAL BELEDİYESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE OLUŞAN AMBALAJ ATIKLARININ KARAKTERİZASYONU VE EKONOMİK ANALİZİ**

**Lokman GÜVENÇ**

**İstanbul Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. H. Kurtuluş ÖZCAN**

Dünya nüfusunun hızla yükselmesi ve teknolojik ilerlemelerle beraber insanoğlunun tüketim davranışlarında meydana gelen değişiklikler nedeniyle, açığa çıkan katı atık miktarı da giderek artmaktadır. Katı atık miktarının giderek artması, beraberinde bu atıkların taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi konusunda çeşitli problemlere yol açarak etkin bir katı atık yönetimini güçleştirmektedir. Ayrıca, ortaya çıkan bu problemler neticesinde çevre ve halk sağlığının olumsuz yönde etkilenmesi kaçınılmaz olmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı, oluşan katı atık miktarı etkin ve verimli bir atık yönetimi uygulaması ile azaltılmalıdır. Katı atık miktarının azaltılmasında önemli bir yere sahip olan faktör ise ambalaj atıklarının diğer atıklardan ayrı şekilde biriktirilerek kaynağında toplanması ve geri dönüşümünün sağlanmasıdır.

Bu çalışmada, Kartal İlçesi sınırları içerisinde oluşan katı atıkların karakterizasyon analizi yapılarak, oluşan katı atık içerisindeki ambalaj atığı türlerinin (kağıt/karton, cam, metal, plastik, kompozit) oranları analiz edilmiştir. Karakterizasyon çalışmaları, nem içeriği ve kalorifik değer analizleriyle desteklenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında, Kartal Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü tarafından uygulanan, ambalaj atıklarının kaynağında diğer atıklardan ayrı toplanması uygulamaları kapsamında oluşan ambalaj atıklarının yönetiminin ekonomik analizi yapılmıştır. Bu amaçla, kaynağında diğer atıklardan ayrı toplanması sonucunda elde edilen 2015 yılı kağıt/karton, cam, metal, plastik ve kompozit ambalaj atığı miktarları üzerinden, maliyet ve gelir analizi hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan katı atık karakterizasyon analizi sonuçlarına göre İlçe sınırları içerisinde 2015 yılında açığa çıkan toplam katı atığın %57,6'sının mutfak atıkları, %26,5'inin ambalaj atıkları, %8'inin diğer yanabilen atıklar (çocuk bezi, çanta, ayakkabı, tekstil ürünleri, yastık vb.), %2,9'unun park bahçe atıkları, %1,5'inin diğer yanabilir hacimli atıklar (mobilya parçaları vb.), %1,2'sinin atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar, %0,9'unun diğer yanmayan atıklar (moloz vb.), %0,8'sinin kül atıkları, %0,19'unun tehlikeli atıklardan oluştuğu tespit edilmiştir.

Kaynağında ayrı toplama çalışmaları kapsamında toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıklarının ekonomik analiz hesaplamaları sonucunda ise ambalaj atığının toplama-ayırma maliyetinin 186 TL/ton olduğu bulunmuştur. Ayrıca, km başına günlük ambalaj atığı toplama-ayırma maliyeti incelenmiş ve 0,057 TL/km-gün olduğu hesaplanmıştır. Toplama-ayırma maliyetinin %46'sını personel maliyetlerinin %31'ini araç maliyetlerinin (yakıt, bakım, kasko, sigorta, araç takip sistemi giderleri) ve %23'ünü tesis içi maliyetlerin oluşturduğu yapılan ekonomik analiz hesapları neticesinde tespit edilmiştir. Ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler değerlendirildiğinde, 210 TL/ton gelir elde edilmiş olup bu gelirin %83,73'ünün kağıt/karton , %12,53'ünün plastik, %3,53'ünün metal ve %0,21'inin cam ambalaj atıklarına ait olduğu hesaplanmıştır.

Ocak 2016, 131 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Ambalaj Atıkları, Atık Yönetimi, Kaynakta Ayırma, Katı Atık Karakterizasyonu, Ekonomik Analiz.



## **SUMMARY**

**M.Sc. THESIS**

### **CHARACTERIZATION OF THE PACKAGING WASTE AND ECONOMIC ANALYSIS IN KARTAL MUNICIPALITY BORDERLAND**

**Lokman GÜVENÇ**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Science and Engineering**

**Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. H. Kurtuluş ÖZCAN**

Due to the increase of the population of the world and technological developments and the changing of mankind's consumption behaviors and habits, the amount of generated solid waste is rapidly soaring. With the increasing of solid waste amount, solid waste management (collection, transport, handling, disposal, recycling) becomes difficult by and by. Because of these difficulties, environmental and public health is adversely affected. Therefore, the generated amount of solid waste should be decreased using integrated solid waste management. The separated collection at the sources and recycling of packaging wastes is an important factor at the decreasing of the amounts of solid waste.

In this study, solid wastes generated from within boundary of Kartal Municipality, Istanbul were characterized in terms of moisture contents and calorific values and the types (paper/cardboard, glass, metal, plastic and composite) and amounts of packaging wastes in solid wastes were determined. Also, separated collection packaging wastes at the source by Kartal Municipality Department of Environmental Protection and Control were calculated economic analysis. In accordance with obtained results, cost analyses were calculated for paper/cardboard, glass, metal, plastic and composite packaging wastes in year 2015.

According to the results of solid waste characterization analysis, it has been identified that the percentage of wastes in total solid wastes were kitchen 57.6%, packaging 26.5%, other flammable 8% (diapers, bags, shoes, textiles, pillows, etc.), yard 2.9%,

other flammable sizable 1.5% (furniture parts, etc.), waste electrical and electronic equipment 1.2%, other non-flammable 0.98%, ash 0.87% and hazardous wastes 0.19%.

In economic analysis studies, it has been determined that collection-separation cost of packing wastes was 186 TL/ton. Moreover, the collection-separation cost of packing wastes was calculated as 0.057 TL/km-day. Also, it has been stated that the vehicle, personal and on-site costs of collection – separation costs were 46, 31 and 23 %, respectively. As a result, it has been calculated that total revenue from the sale of packaging waste was 210 TL/ton and paper/cardboard, plastic, metal and glass of revenue were 83.73, 12.53, 3.53 and 0.21%, respectively.

January 2016, 131 pages.

**Keywords:** Packaging Waste, Waste Management, Separation at Source, Solid Waste Characterization, Economic Analysis.

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, gelişen teknoloji ve değişen tüketim alışkanlıkları nedeniyle katı atık miktarlarında ciddi artışlar meydana gelmektedir ve buna paralel olarak çeşitli çevresel problemlerin ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Katı atık miktarlarındaki artışın yanı sıra tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeniyle atık kompozisyonunda da değişiklikler meydana gelmektedir. Atık miktarlarının ciddi boyutlara ulaşması ve bileşiminin değişmesi şehirler için katı atık yönetimini çok önemli kılmaktadır. Tüm bu değişiklikler ve olumsuzluklar katı atık yönetiminin birer parçası olan toplama, taşıma ve depolama işlemlerinin yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Toplama, taşıma, depolama veya bertaraf etme ve geri kazanım gibi işlemlerin ekonomik anlamda maliyetli olması fakat çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturmaması adına gerçekleştirilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Katı atık yönetimindeki hizmetlerin mali ve teknik sorumluluğu birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de yerel yönetimler tarafından yürütülmektedir. Katı atık miktarlarının artması ve bu durum karşısında yerel yönetimlerin çözüm üretmekte zorlanması, yerel yönetimlerin özel sektörle işbirliği içerisine girmesine neden olmakta ve özel sektörden temin edilen hizmet alımı işlemlerinin yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Katı atık yönetimindeki süreçlerde meydana gelebilecek sorunları en aza indirmek için oluşan katı atık miktarını azaltmak gerekmektedir. Bunun için katı atık yönetimi organizasyonunun önemli bir halkası olan geri dönüşüm basamağının işlevsel hale getirilmesi ve geri dönüşümü mümkün olan ambalaj atıklarının geri kazanımının sağlanması gerekmektedir. Katı atık yönetiminin sağlıklı, işlevsel, ekonomik ve sürdürülebilir olması ambalaj atıklarının kaynağında diğer atıklardan ayrı şekilde toplanması ve sistematik şekilde geri kazanılmasının sağlanması ile mümkün olmaktadır. Ambalaj atıklarının geri dönüşüm işlemlerinin yüksek verimde gerçekleşmesini sağlamanın hem yerel yönetimlere, hem yerel yönetimlerle işbirliği içerisinde olan özel sektöre hem de o kentte yaşayan insanlara önemli faydaları olmaktadır. Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanarak geri dönüşümünün

sağlanması hususunda yerel yönetimler ve özel sektör dışında halkın bu konuda olan bilinci de çok önemlidir. Bu bilincin yeterli düzeyde olmaması durumunda verimli bir toplama sisteminin oluşturulması mümkün olmamaktadır. Bu konuda halkın bilinç düzeyini arttırmak amacıyla yerel yönetimler tarafından bir dizi bilgilendirme çalışmaları yapılmalı, başta sanayi tesisleri, işyerleri, okullar ve diğer kamu kurumları gibi ambalaj atıklarının yoğun olduğu yerlere yönelik eğitimler verilmeli ve konutlar bu konuda bilinçlendirilmelidir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2011 yılında açıkladığı verilere göre ambalaj atıkları, atık kompozisyonu içerisinde % 25' lik bir orana sahip olmaktadır. Katı atıklar içerisinde ambalaj atıklarının oranının yüksek olması, ambalaj atıklarının hacimce fazla yer kaplaması nedeniyle depolama sahalarında yarattığı güçlük, ambalaj atıklarının geri dönüşümünde önemli derecede ekonomik kazanç sağlanması ve diğer atıklara oranla geri dönüşümünün daha kolay olması katı atık yönetimi içerisinde ambalaj atıklarının değerlendirilmesi kısmını kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, pilot bölge olarak seçilen İstanbul'un Kartal İlçesi'nde açığa çıkan katı atıkların karakterizasyonu analiz edilmiş, ambalaj atıklarının, kaynakta oluşumundan başlayarak geri dönüşümünün sağlanmasına kadar ki geçen sürecin yönetilmesi değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda Kartal İlçesi'nde toplanan ambalaj atıklarının ekonomik analizinin tespiti yapılmıştır. Oluşan ambalaj atıklarının yönetimini değerlendirmek için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 24.08.2011 tarihinde, 28035 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrıştırılması ve geri dönüşümünün sağlanması izlenmiştir.

Oluşan ambalaj atıklarının ekonomik analizini tayin etmek için ise toplama ve ayırma işlemleri için oluşan araç maliyetleri, personel maliyetleri, tesis içi maliyetler ve ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler kullanılmıştır.

## **2. GENEL KISIMLAR**

### **2.1. KATI ATIKLAR**

Atık, üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali tanımlamakta olup “Atık Yönetimi Yönetmeliği (AAY) (2015)” Ek-4 atık listesinde verilen atıkları kapsamaktadır.

02.04.2015 tarihinde yürürlüğe giren Atık Yönetimi Yönetmeliği’nden önce yürürlükte bulunan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde (KAKY) (1991) ise katı atık, üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamuru olarak tanımlanmıştır (KAKY, 1991).

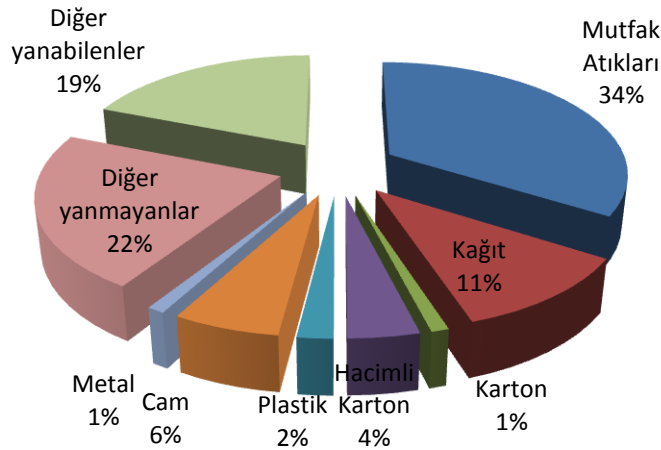
Diğer bir atık tanımlaması ise, gereksiz ve aşırı tüketim, kullanım sırasında bozulma veya çürüme, malzemenin kötüye kullanımı ya da eksikliği, üretim süreçlerinin artı kalan faydasız veya bozuk malzemenin; materyal üretimi boyunca oluşan hasarlı malzemelerden oluşur. Bu bağlamda, çöp daha fazla kullanımı mümkün olmayan nesnelere olarak tanımlanırken, atık ise insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ve hemen kullanımı olmadığı düşünülen malzemeler olarak tanımlanır (Yudoko, 2000).

Evsel katı atıklar endüstriyel ve zirai faaliyetlerin dışında toplumsal aktiviteler tarafından üretilen bütün katı atıkları içermektedir. Genellikle evsel katı atıklar, uzun ömürlü veya uzun ömürlü olmayan eşyalar, kaplar ve paketlenen malzemeleri, gıda artıkları, bahçe artıkları, çeşitli inorganik molozlar, hanelerden oluşan tehlikeli atıklar (tarım ilaçları, pil, boya vb.), inşaat ve yıkım artıkları, evsel katı atık yakma fırınları ve kanalizasyon arıtma tarafından oluşturulan külleri ve çamurları içermektedir (Buenrostro ve Bocco, 2001; Mo ve diğ., 2006).

Son yıllarda katı atıklardan kaynaklanan problemler ülkemizin en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak katı atık miktarları da artmakta, özellikle büyük kentlerimizde tüketim alışkanlıklarının değişimine paralel

olarak atık kompozisyonu da hızla değişmektedir. Yine son yıllarda hızlı sanayileşme ve sanayi bölgelerinin de belirli merkezlerde yoğunlaşması sanayiden kaynaklanan katı atık miktarının artmasına yol açmıştır. Önümüzdeki dönemlerde nüfus artışımızın devam edeceği ve sanayi tesislerinin sayısının artmaya devam edeceği kabulünden hareketle, atık miktarının artacağı ve buna paralel olarak atık problemlerinin de artacağı söylenebilir. Bu nedenle mevcut problemlerin en aza indirilmesi için yapılması gerekenler ve özellikle gelecekte olası problemler ve çözüm yöntemlerinin şimdiden ortaya çıkarılması ve buna uygun bir planlama yapılması gerekmektedir (Neyim, 2003).

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB)'nın (2011) Antalya' da düzenlenen atık yönetimi sempozyumunda açıkladığı verilere göre Türkiye'nin katı atık kompozisyonu Şekil 2.1'de verilmiştir. Bu verilere göre mutfak artıkları % 34 ile en fazla miktarda yer kaplamakta olup ambalaj atıkları ise, atık kompozisyonu içerisinde %25' lik bir orana sahiptir.



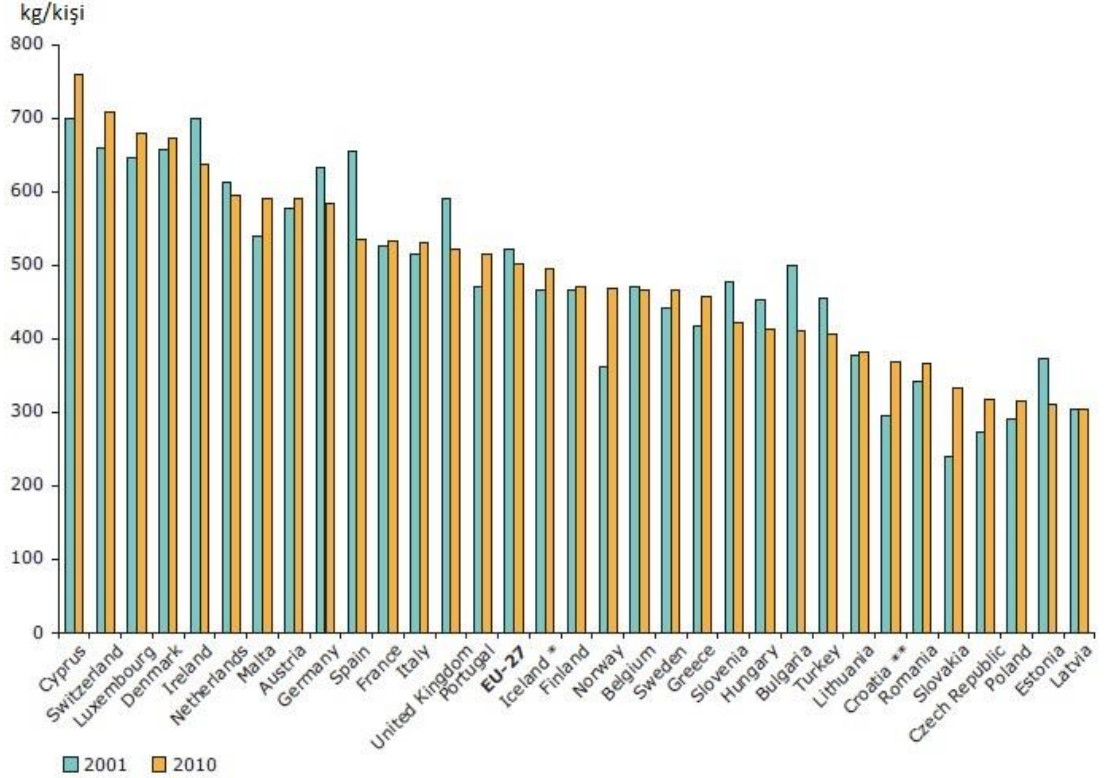
**Şekil 2.1:** Türkiye'de katı atık kompozisyonu ve yüzdesel dağılımı (ÇOB, 2011).

Katı atıkların miktarı ve özellikleri ülkeden ülkeye değiştiği gibi aynı ülkede, bölgeden bölgeye, hatta aynı şehirde semtten semte değişmektedir. Bu değişim; insanların sosyo-ekonomik yapısına, gelir seviyesine, tüketim ve kullanım alışkanlıklarına bağlıdır (Özcan ve diğ., 2005). Hızlı kentleşme, yaşam koşullarındaki değişimlere paralel olarak artan tüketim eğilimleri gibi nedenlerle kişi başına üretilen katı atık miktarlarında sürekli artış söz konusudur (Kaya, 2010). Tablo 2.1'de bazı ülkelerde kişi başına üretilen günlük evsel katı atık miktarları verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Bazı ülkelerde kişi başına günde üretilen katı atık miktarı (Kaya, 2010).

Ülke	Katı Atık Miktarı (kg/kişi-gün)
Türkiye	0,95
Hindistan	0,51
ABD	2,17

Avrupa Çevre Ajansı (EEA)'nın 2013 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre 32 Avrupa ülkesinde 2001 ve 2010 yıllarına ait kişi başı yıllık kentsel atık üretimi Şekil 2.2'de gösterilmiştir. 2001 yılına göre 2010 yılında kişi başı kentsel atık üretiminin 21 ülkede daha fazla olduğu görülürken, 11 ülkede ise kişi başı kentsel atık üretiminin azaldığı görülmektedir. 2001 ve 2008 yılları arasına bakacak olursak 26 ülkede atık miktarlarında artış kaydedilirken 6 ülkede ise azalma meydana gelmiştir. Bu çalışmaya göre Avrupa'da 2008 yılında başlayan ekonomik krizin kişi başı kentsel atık üretiminde azalmaya neden olduğu düşünülmektedir (EEA, 2013).



**Şekil 2.2:** 32 Avrupa ülkesinde 2001-2010 yılına ait kentsel atık miktarları (EEA, 2013).

İnsanların evsel kullanımları sonucu açığa çıkardıkları atıkların miktar ve kompozisyonu farklılıklar göstermektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre değerlendirme yapacak olursak; düşük gelirli ülkelerde gıda atıkları ve kül gibi inorganik atıklar fazla olup geri dönüşebilir nitelikteki atıklar azdır. Gelir seviyesi yükseldikçe yiyecek atığı miktarı azalmakta; ambalaj atıklarının miktarı artmaktadır (Banar ve diğ., 2009). Buna sebep olarak gelir seviyesi yüksek ülkelerde paketlenmiş ürünlerin tüketiminin daha yüksek olmasını gösterebiliriz. Şehir düzenlemeleri, park ve bahçelerin fazla olması da gelişmişlik göstergesi olduğundan gelir seviyesi yüksek olan ülkelerde bahçe atığı miktarı fazladır (Ünver, 2010).

Aşağıda Tablo 2.2’de gelir seviyelerine göre ülkelerin kentsel katı atık kompozisyonu verilmiştir.

**Tablo 2.2:** Kentsel katı atık bileşenlerinin gelir düzeyine göre dağılımı (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Bileşen	Düşük Gelirli Ülke	Orta Gelirli Ülke	Yüksek Gelirli Ülke
<b>Organik (%)</b>			
Yiyecek Atıkları	40-85	20-65	30-6
Kağıt	1-10	8-30	45-20
Karton	1-10	8-30	5-15
Plastik	1-5	2-6	2-8
Tekstil	1-5	2-10	2-6
Lastik	1-5	1-4	0-2
Deri	1-5	1-4	0-2
Bahçe Atığı	1-5	1-10	10-20
Tahta	1-5	1-10	1-4
<b>İnorganik (%)</b>			
Cam	1-10	1-10	4-12
Teneke kutu	1-5		2-8
Alüminyum	1-5		0-1
Diğer metal	1-5	1-5	1-4
Kil, kül vs.	1-40	1-30	0-10

Aşağıda Tablo 2.3’ de farklı ülke ve bölgelere göre katı atık kompozisyonu verilmiştir. Tablo 2.3’de görüldüğü gibi gelişmişlik seviyesi daha düşük olan Ortadoğu bölgesinde organik atık miktarının %62,3 ile en çok orana sahip olduğu görülmektedir. Buna karşı gelir seviyesi daha yüksek olan Batı Avrupa ve ABD bölgesinde organik atık oranının düşük, buna karşın ambalaj atıklarının ise yüksek oranda oluştuğu görülmektedir.



**Tablo 2.3:** Farklı ülkelere ait atık kompozisyonu bilgileri (UKAK, 2003).

Bileşen	Atık Bileşen Miktarı (%)			
	Türkiye	Batı Avrupa	ABD	Ortadoğu
Organik	20-90	21,3	22,6	62,3
Kağıt/Karton	0,5-15	27,4	45,6	25,3
Plastik	1,5-12	3,1	2,6	5,8
Tekstil	0,3-5	3,5	4,5	1,4
Cam	0,3-5	9,5	6,2	1
Metal	0,3-5	8,5	9,1	2,8
Kül	-	19,8	7,6	-
Diğer	-	6,9	1,8	1,4

### 2.1.1. Katı Atıkların Özellikleri

#### 2.1.1.1. Fiziksel Özellikleri

Katı atıkların fiziksel özellikleri, katı atıkların toplanması ve taşınmasındaki ekipmanlarının seçilmesinde ve işletilmesinde, enerji dönüşümünde, geri kazanılabilir maddelerle ilgili çalışmalarda, uygun bertaraf yönteminin seçimi ve tasarımında önemli bir parametredir. Katı atıklar heterojen bir yapıya sahip olmaları sebebiyle yönetimleri sırasında bazı problemler ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, katı atıkların uygun yöntemlerle kontrol edilebilmesi için fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Acun, 2014). Katı atıklara ait fiziksel özellikler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Su muhtevası; Katı atıkların nem içeriği, yaş veya kuru maddenin birim ağırlığı başına nem ağırlığı olarak ifade edilir. Katı atıkların nem içeriği ıslak veya kuru maddenin birim ağırlığı bazında tanımlanır. Katı atıkların nem içeriği % 15 ila % 40 arasında değişmektedir. Bölgesel özelliklere ve sosyo-ekonomik yapıya bağlı olarak oldukça geniş bir aralığa sahip olan nem içeriğinin tipik değeri % 20 olarak verilmektedir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).
- Birim hacim ağırlığı; Katı atıkların birim hacim ağırlıkları oluştukları yere, mevsime, nüfusun sosyal ekonomik yapısına, çöp toplama araçlarının niteliklerine, depolama sahasına olan uzaklığına bağlı olarak değişmektedir (Peavy ve diğ. 1985; Atmaca, 2004). Gelişmiş ülkelerde atıklar düşük, az gelişmiş ülkelerdeki katı atıklar yüksek birim hacim ağırlığına sahiptir. Bunun nedeni gelişmiş ülkelerdeki atıklarda kağıt, cam, plastik ve metal gibi geri kazanılabilir atıkların çok olması, az gelişmiş ülkelerde ise geri dönüşümü olmayan atıkların olmasından kaynaklanmaktadır. Katı atıkların birim hacim ağırlıkları gevşek veya sıkışık olma durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bu

nedenle katı atıkların birim hacim ağırlığı belirtilirken sıkıştırılmış, konteynırdaki doğal hali, ya da gevşek gibi terimler kullanılmalıdır (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Katı atık yoğunluklarında dikkat edilmesi gereken husus, katı atığın sıkıştırılıp sıkıştırılmadığıdır. Sıkıştırılmış katı atıkların yoğunlukları 90 ila 180 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Tipik değer ise 130 kg/m<sup>3</sup> olarak verilmektedir. Katı atık toplama araçlarında sıkıştırılmış katı atıkların yoğunlukları 180 ila 450 kg/m<sup>3</sup> arasında olup tipik değer 300 kg/m<sup>3</sup>'tür. Depo alanında sıkıştırma işlemi uygulanmış katı atıkların yoğunlukları 350 ila 550 kg/m<sup>3</sup> arasında olup tipik değer 475 kg/m<sup>3</sup>'tür (Toprak, 1998).

Katı atık bileşenlerinin birim hacim ağırlıkları ve nem içerikleri ile ilgili ortalama değerler Tablo 2.4'de verilmiştir.

**Tablo 2.4:** Katı atık bileşenlerinin birim hacim ağırlıkları ve nem içerikleri (Peavy ve diğ., 1985).

Madde grupları	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )		Nem İçeriği (%)	
	Değer Aralığı	Tipik Değer	Değer Aralığı	Tipik Değer
Yiyecek Atıkları	120-480	290	50-80	70
Kağıt	30-130	85	4-10	6
Karton	30-80	50	4-8	5
Plastik	30-130	65	1-4	2
Tekstil	30-100	65	6-15	10
Lastik	90-200	130	1-4	2
Deri	90-260	160	8-12	10
Bahçe Atıkları	60-225	105	30-80	60
Odun	120-320	240	15-40	20
Çeşitli organikler	90-360	240	10-60	25
Cam	160-480	195	1-4	2
Teneke kutular	45-160	90	2-4	3
Demir olmayan metaller	60-240	160	2-4	2
Demirli metaller	120-1200	320	2-6	3
Kül, tuğla ve diğerleri	320-960	480	6-12	8

- Partikül boyutu; katı atıkların partikül çapları heterojen yapıları gereği farklılık göstermektedir. Atığa uygulanacak yönetim şekli özellikle kompostlaştırma prosesi için atığın partikül boyutu özelliği önem arz etmektedir. Partikül boyutu,

atık içerisinde boşluk hacminin ve sıkıştırılabilirlik derecesinin belirlenmesinde etkin olmaktadır(Öztürk, 2014; McBean ve diğ. 1995).

- Kalorifik değer; Katı atıkların ısıl değeri, bırakacağı kalıntı ve enerji içeriklerine göre belirlenir. Başka bir ifade ile birim atık miktarının yakılması neticesinde elde edilen enerji olarak da ifade edilebilir. Yakma sistemlerinin tasarımında kullanılan oldukça önemli bir parametredir (Tulun, 2013).
- Katı Atık Kompozisyonu; Uygun bertaraf yöntemini belirleyebilmek için özellikle katı atıkların bileşimi belirlenmelidir. Atık kompozisyonu, bir diğer deyişle atık bileşimi, atığın yönetimine karar vermede etkin tüm parametreleri belirleyen bir karışımdır. Katı atıkların bileşimi ve miktarı bunların olduğu yere, mevsime, halkın yaşam biçimine, sosyal düzeye, ekonomik yapıya, beslenme alışkanlıklarına, atıklarla ilgili bazı yasalara ve atıkların geri kazanılabilirliğine bağlı olarak değişim göstermektedir (Acun, 2014). Sosyo-ekonomik koşulların ve yaşam standartlarının olumlu yönde değişimine paralel olarak üretilen katı atık miktarı da zamanla artmaktadır. İstanbul'da 1979'da 0,72kg/kişi-gün iken, 1987'de ise 1,18 kg/kişi-güne yükselmiştir (Curi, 1990). Çevre Orman Bakanlığı (ÇOB) Atık Yönetim Eylem Planı, 2008-2012'ye göre de Türkiye'de ortalama olarak kişi başı atık oluşum miktarı 1,06 kg/kişi-gün dür (ÇOB, 2008). Ülkemizde kişi başına üretilen katı atık miktarı 0,95 kg/kişi-gün iken bu değer Avrupa ülkelerinde 1,5-2kg/kişi-gün, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de 2,17kg/kişi-gün dür. Ülkemizde bu değer, çok değişken olup bazı kırsal kesimlerde 0,25 kg/kişi-güne yaklaşırken, bazı yerleşim yerlerinde 2-3 kg/kişi-güne kadar çıkmaktadır (Daskalopoulos ve diğ., 1998; Benitez ve diğ., 2003; Metin ve diğ., 2003)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yürütülen ve ülkemizde ki tüm belediyeleri kapsayan 2012 yılı Belediye Atık İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre 2950 belediyenin 2894'ünde atık hizmeti verilmektedir. Atık hizmeti verilen belediyelerden, 2012 yılı yaz mevsiminde 14,6 milyon ton, kış mevsiminde ise 11,2 milyon ton olmak üzere toplam 25,8 milyon ton atık toplanmıştır.

Anket sonuçlarına göre 2012 yılında belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı, yaz mevsimi için 1,14 kg, kış mevsimi için 1,09 kg, yıllık ortalama ise 1,12 kg olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2012).

### 2.1.1.2. Kimyasal Özellikleri

- Kimyasal İçeriği: Katı atıkların kimyasal içeriği C, H, O, S ve N gibi elementlerin yanı sıra, organik maddeler, ağır metaller ve inert (kül) maddelerden oluşmaktadır. Çeşitli kimyasal bileşenlere sahip katı atıklar, farklı bertaraf yöntemleri ile değerlendirilebilirler. Atığın organik içeriği yakma tesisleri ile değerlendirildiğinde enerjiye, biyolojik kompostlaştırma prosesleri ile değerlendirildiğinde ise toprak iyileştirici son ürünlere dönüşebilmektedir.
- Ağır Metaller: Eğer kaynakta iyi bir ayırım yapılmıyorsa evlerde oluşan katı atıklar içinde Kadmiyum (Cd), Cıva (Hg), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), gibi ağır metallerin bulunması söz konusu olabilir. Bu metallerin kaynağı genellikle, bataryalar ve bazı metal aksamdır. Ağır metaller sanayi kaynaklı katı atıkların bünyesinde de sıklıkla rastlanan kirleticilerdendir. Belli bir konsantrasyonun üzerindeki ağır metaller biyolojik faaliyetleri inhibe edici etki gösterebilirler ve kompostlama gibi proseslerde başarısızlığa yol açarlar. Ayrıca nihai ürün kalitesinin de düşmesine neden olabilir.
- Organik Madde İçeriği: Atık karışımı iki ana bileşenden meydana gelir. Su ve kuru madde. Kuru madde ise yanabilen kısım (organik madde veya yanma kaybı) ve külden oluşur. Organik madde yanma sistemlerinde atığın enerji kaynağını oluşturmaktadır. Biyolojik sistemlerde ise ürünün hammaddesi organik maddedir. Kompostlamada son ürünün toprağa yararlı olabilmesi için belli bir oranın organik madde olması gerekmektedir. Tablo 2.5’de İstanbul için tayin edilen mevsimlik ortalama organik madde muhtevaları verilmiştir (Peavy ve diğ., 1985).

**Tablo 2.5:** Mevsimlik ortalama organik madde muhtevaları (% kuru ağırlık).

Mevsimler	Bölge	Bölge	Bölge	Bölge
	(Orta Tabaka)	(Gecekondü)		(Zengin Bölge)
Kış	43,2	27,1	28,4	70,8
İlkbahar	50,6	34,3	28,0	58,5
Yaz	58,0	47,3	56,3	55,0
Sonbahar	63,3	37,0	43,6	78,2

- Kül Miktarı: Katı atığın bertarafında, yakma işlemi söz konusu olduğunda atığın toplam kütlesi içerisinde yer alan kül miktarı önemlidir. Yakma işlemi esnasında katı atık bünyesindeki su ve organik madde uzaklaştığından dolayı geriye kalan külün ekonomik şekilde tesisten uzaklaştırılması ve bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Tablo 2.6’da kentsel katı atıkların kuru bazda kütlelerini oluşturan C, H, O, N, S, kül oranlarını ve karşılık geldiği enerji değerleri verilmektedir.

**Tablo 2.6:** Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve kimyasal bileşimine ait tipik değerler (Peavy ve diğ., 1985).

Bileşenler	Kuru Bazda Kütle (%)					Enerji İçeriği (kJ/kg)		
	C	H	O	N	S	Kül	Değer Aralığı	Tipik Değer
Yiyecek	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0	3500-7000	4650
Kağıt	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0	116000-18600	16750
Karton	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0	13950-17450	16300
Plastik	60,0	7,2	22,8	-	-	10	27900-37200	32600
Tekstil	55,0	6,6	31,2	4,6	0,2	2,5	15100-18600	17450
Lastik	78,0	10	-	2,0	-	10	20900-27900	23250
Deri	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10	15100-19800	17450
Bahçe Atıkları	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5	2300-18600	6500
Ahşap	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5	17450-19800	18600
Değişik Organikleri	48,5	6,5	37,5	2,2	0,3	5,0	11000-26000	18000
Toz, kül, vb.	26,3	3,0	2,00	0,5	0,2	68	2300-12800	10500

### 2.1.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

Katı atıkların kaynağına, içeriğine ve özelliklerine göre sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma, atıkların hangi metot ile taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi, geri kazanımının sağlanması veya enerji elde edilmesi, katı atığın işleneceği tesisinin tasarımının ne şekilde yapılması gerektiği konularında yardımcı olmaktadır. İçeriğine göre katı atıkları şu şekilde sıralayabiliriz:

#### 2.1.2.1. Organik Atıklar

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklar “organik atık” olarak tanımlanmaktadır. Konutlardan ve işyerlerinden oluşan katı atıkların büyük bir bölümünü bu atıklar oluşturmaktadır. Organik atıklar diğer atıklara oranla doğada mikroorganizmalar tarafından çok daha kısa sürede bozunmaya uğramaktadırlar. Son yıllarda organik atıkların düzenli depolama sahalarında depolanmasının yanı sıra bu atıklardan kompost

üretilmesi ve enerji temin edilmesi giderek yaygınlaşmaktadır (Özcan ve diğ., 2007; Özbaş ve diğ., 2014)

#### **2.1.2.2. Ambalaj Atıkları**

Bir ürünün üreticiden tüketiciye ulaşmaya kadar onu muhafaza eden, dış etkilerden koruyan ambalaj kısmının kullanılmaz hale gelmesi neticesinde ambalaj atığı oluşmaktadır. Yiyecek içecek kutuları, şampuan ve deterjan kutuları, meşrubat şişeleri ve kavanozlar, metal içecek veya yağ kutuları, kağıt ve kartonlar, plastik su ve meşrubat şişeleri evlerimizde kullandığımız ambalaj atıklarına birer örnek olarak gösterilmektedir. Ambalaj atıkları sonraki bölümlerde daha detaylı şekilde incelenecektir.

#### **2.1.2.3. Endüstriyel Atıklar**

Herhangi bir endüstriyel faaliyetten kaynaklanan katı, sıvı ve gaz formundaki atıkları endüstriyel atık olarak ifade edebiliriz. Endüstriyel atıkların bileşimi, ilgili olduğu endüstriyel faaliyete göre değişkenlik göstermektedir.

#### **2.1.2.4. Tekstil Atıkları**

Tekstille ilgili üretim birimlerinde; parça kumaş, ilmar (iplik atıkları), şilte (pamuk balyalarında kullanılan kaneviçe), elyaf atığı, pamuk tozu, üstübü ve kadife tozu gibi oluşan endüstriyel katı atıklara verilen isimdir. Tekstil atıkları üç ana grup altında toplanabilir. Bunlar; suni ip fabrikalarından çıkan atıklar, tekstil imalatı atıkları ve tüketicilerin tekstil atıklarıdır (Fakihoğlu, 2011).

#### **2.1.2.5. Tehlikeli Atıklar**

Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015), Ek-3/A' da yer alan tehlikeli özelliklerden birini ya da birden fazlasını taşıyan, Ek-4'te altı haneli atık kodunun yanında yıldız (\*) işareti bulunan atıkları tehlikeli atık olarak sınıflandırılmıştır. Bu yönetmeliğin Ek-4 atık listesinde (A) işareti ile gösterilmiş atıklar analiz yapılmaksızın kesin tehlikeli atık olmakta, aynı listede (M) işareti ile gösterilmiş atıklar muhtemel tehlikeli atık olarak değerlendirilmekte, bu şekilde işaretlenmiş olan atıkların tehlikeli olup olmadığının belirlenmesi için ise atığın tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir (AAY, 2015).

### **2.1.2.6. Ömrünü Tamamlamış Lastikler**

Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği'nde (2006), faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılamayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastiklere ömrünü tamamlamış lastik denilmektedir.

Biyolojik olarak bozunamayan ömrünü tamamlamış lastik atıklarının kontrolü ve yönetimi, modern toplumlarda özellikle gelişmekte olan ülkeler için büyüyen bir tehlike olmaktadır. Maalesef, bu atık parça lastiklerinin çoğu basit bir şekilde açık alanlara boşaltılmaktadır. Bu şekilde bu lastiklerin boşaltılması, yüksek derecede toksik gaz emisyonlarına sebep olabilmekte veya yağmur suları vasıtasıyla böcek ve hastalık yapıcı sivrisinekler için ideal bir ortam oluşturmaktadır (Özcan ve diğ., 2015). Son yıllarda ömrünü tamamlamış lastiklerin tekrar kullanılabilir hale getirilmesi için lastik pudrası (tozu) geri kazanımı için lastiğin parçalaması ve öğütülmesi, elektrik üretmek ve termal enerji elde etmek için yakma gibi birçok girişim mevcuttur (Rosendorfova ve diğ., 1998; Brentin ve Sarnacke 2011). Ancak bunların her birinin mühendislikte çözümlerinin uygulanması gereken sakıncaları ve zorlukları vardır (Demirci ve diğ., 2014).

### **2.1.2.7. Zirai Atıklar**

Bitkisel ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıklar zirai atık olarak adlandırılabilir. Zirai atıkların miktarı ve içerik özellikleri topluluk ya da toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir (Palabıyık ve diğ., 2004). Zirai atıkların uygun olmayan metotlarla uzaklaştırılması önemli çevre sorunlarına yol açmakta ve organik maddelerin değerlendirilmeden yok olmasına neden olmaktadır. Ziraat atıklarının uygun tekniklerle işlenmesi ve tarım arazilerine geri verilmesi, toprağın organik madde içeriğini yükseltebilmekte ve tarıma verim katabilmektedir (Fakihoğlu, 2011).

### **2.1.2.8. Tıbbi Atıklar**

Tıbbi atıklar hastaların teşhis, tedavi ve immünizasyonları sonucu oluşan patolojik olan ya da olmayan atıklardır. Bu tür atıkları enfeksiyöz atıklar, patolojik atıklar ve kesici delici atıklar olarak sınıflamak mümkündür. Enfeksiyöz atıklar enfeksiyon geçişine yol

açabilen insan doku ve organları, plsentta bulaşmış atıklar, kontamine laboratuvar atıkları, lam, lamel, pipet, petri, kan, kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesnelere, kullanılmış ameliyat giysileri, eldiven, diyaliz atığı atık su ve ekipmanlar, karantina atıkları, bakteri ve virüs içeren hava filtreleri, enfekte deney hayvanları leşleri, organları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesnelere içerir. Hastalık etkenleri bulaşmış veya bulaşması muhtemel her türlü atık madde enfektif atık olarak kabul edilir. Bu tür atıklar çeşitli yöntemler kullanılarak zararsız hale getirilmeden atılmamalıdır.

Patolojik atıklar, tıbbi müdahale, ameliyat ve otopsi sırasında ortaya çıkmış olan organ ve vücut parçaları, biyolojik deneylerde kullanılmış olan kobayların leşleridir. Kesici delici atıklar ise batma, delme, sıyrık gibi yaralanmalara yol açabilen atıklardır. Bunlara örnek; enjektör iğnesi, iğne içeren diğer kesiciler, bistüri, lam-lamel, cam pastör pipeti, kırılmış diğer cam parçaları sayılabilir (Rahman ve diğ., 2009).

#### **2.1.2.9. Elektrikli ve Elektronik Atıklar**

Elektrikli ve elektronik atıklar, buzdolabı ve klima gibi büyük ev aletlerinden, kişisel bilgisayar ve telefonlara kadar uzanan geniş bir elektronik araç çeşitliliğine sahiptir. Gelişmiş ülkelerde e-atık geri dönüşümünün kontrollü bir hale gelmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Avrupa komisyonu "Waste Electrical and Electronic Equipment(WEEE)" yönergesi ile e-atıkların geri dönüşümünü zorunlu hale getirirken, "Restriction of the Use of certain Hazardous Substances (RoHS) yönergesi ile de elektrikli ve elektronik cihazların üretim sürecinde belirli maddelerin kullanımını kısıtlamaktadır (Toprak ve diğ., 2013).

Türkiye’de de bu yönergelere uyumlu olarak 22.05.2012 tarihinde "Atık Elektrikli Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre, elektrikli ve elektronik atıklar 10 farklı kategoride gruplandırılmaktadır. Bunlar;

- Büyük ev eşyaları
- Küçük ev aletleri
- Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları
- Tüketici ekipmanları
- Aydınlatma ekipmanları
- Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere)
- Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları



- Tıbbi cihazlar
- İzleme ve kontrol aletleri
- Otomatlar, olarak sıralanabilir.

#### **2.1.2.10. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları**

Hafriyat toprağı inşaat öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucunda oluşan toprağı, inşaat atıkları konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıkları, yıkıntı atıkları ise konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamiratı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıkları ifade etmektedir.

Ülkemizde bu atıkların yönetimi 18.03.2004 tarihli “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğı” çerçevesinde düzenlenmektedir. Bu yönetmeliğe göre hafriyat toprağını, inşaat/yıkıntı atıklarını resmi kurumlarca belirlenen yerlerin dışında herhangi bir alana dökmek ve dolgu yapmak yasaklanmıştır.

Katı atıkların önemli bir yüzdesini oluşturan ve yapılan her türlü inşaat faaliyeti sonucu açığa çıkan inşaat ve yıkıntı atıkları, kontrol altına alınmadığı takdirde ekosistemin dengesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu atıkların bileşenleri; inşaat tekniğine ve inşaatla kullanılan malzemelerin cinsine bağlı olarak değişim göstermektedir (Ölmez ve Yıldız, 2008).

#### **2.1.2.11. Radyoaktif Atıklar**

Radyoaktif Atık Kontrol Yönetmeliğı'ne (2013) göre serbestleştirme sınırlarının üzerinde aktivite konsantrasyonu içeren ve bir daha kullanılması düşünülmeyen nükleer ve radyoaktif maddeler ile radyoaktif madde bulaşmış ya da radyoaktif olmuş yapı, sistem, bileşen ve malzemeleri kapsamaktadır.

Radyoaktif atıklar, genellikle radyoaktif elementlerin kullanıldığı tıp, nükleer sanayi, nükleer santraller ve nükleer silah denemeleriyle çevreye verilirler. Radyoaktif elementler parçalanabilme özelliğinden dolayı, atıldıkları ortamda da ışımaya devam ederek çevreye zarar verirler. Bu nedenle radyoaktif atıkların oluşumunu azaltmak, ortaya çıkan atıkların da çevreye zarar vermeyecek şekilde düzenlenmesini sağlamak istenilen uygulamalardır (Altın ve Kaptan, 2006).

### 2.1.3. Katı Atık Yönetimi

#### 2.1.3.1. Dünya’da Katı Atık Yönetimi

Dünya’da doğal kaynakların azalmasının sonucu olarak kendini göstermeye başlayan hammadde sıkıntısı ve atıkların çevreye verdikleri zararların gittikçe artan seviyelere ulaşmasından dolayı atık yönetimi olgusu ortaya çıkmıştır. Doğal kaynakların hızla tüketildiği ve hammadde sıkıntısı yaşamının kaçınılmaz olacağı kentlerde atık oluşumunu azaltma, geri dönüşebilen atıkların geri kazanımını ve yeniden kullanımını sağlama, organik maddelerin kompostlaştırma yöntemiyle tarımda kullanılmasını sağlama en çok görülen çalışmalardır. Şehirlerin büyümesiyle birlikte atıkların çevreye ve insan sağlığına verdikleri zarar da büyümektedir. Atık bertaraf yöntemlerinin çevreye olan etkilerini gözlemlemek için, yeni teknoloji arayışları içine girilmiştir. Bu teknolojilerin maliyetlerinin çok yüksek olması sebebiyle şehirlerde atığın bertaraf basamağına gelmeden, önleme, tekrar kullanma ve geri dönüşüm konusunda yeni ve alternatif yöntemler arayışına geçilmiştir. Bütün şehirler bu iki faktör üzerine atık yönetimlerini oluştururken her şehrin kendine özgü sosyal ekonomik yapısı, öncelikli politikaları atık yönetimlerini şekillendirmektedir.

Atık yönetimi konusunda yapılması planlanan çalışmaların başarılı olabilmesi ya da gelişme gösterebilmesi için atık yönetimlerinde görülen üç ortak özellik şöyle sıralanabilir;

- Atıkların toplanmasında gösterilen özen ve yeterlilik,
- Atık depo alanlarının daha yüksek standartlara getirilmesi,
- Düzenli depolama alanlarına getirilen sıkı denetim çalışmaları ve geri kazanım tesislerinin işletilmesi (Battal, 2011).

Birleşmiş Milletler’ in (BM) 2010 yılında 20 şehirde yaptığı “Dünya Şehirlerindeki Katı Atık Yönetimi (UNHS)” adlı çalışma, Dünya’da katı atık yönetimi ile ilgili önemli veriler içermektedir. Bu çalışmada farklı coğrafya, gelir düzeyi, nüfus yoğunluğu, yüzölçümü gibi kıstaslar üzerinden 20 şehir (Tablo 2.7) için atık yönetimi ve durumu incelenmiştir. Ayrıca atık yönetimi, teknolojik öğeler, sistemin sürdürülebilirliği ve katılımcılar (vatandaşlar, hükümet, belediyelere vb.) açısından değerlendirilmiştir. Araştırmalar sonucunda elde edilen en önemli sonuçlardan biri ekonomik, çevresel ve

sosyal etkiler göz önüne alınmadan hiç bir teknolojinin problemin çözümü olmadığıdır. Eğer sistemin giderleri her gün denetim altında tutulmazsa, bölge halkı bu konuyla ilgilenmezse, gerekli ücretleri ödemezse, sistem bölgenin ihtiyaçlarını göz önüne almazsa hiç bir teknoloji daha iyi bir çözüm olmamaktadır.

BM' nin 20 şehirde yaptığı çalışmaya göre, atık bertaraf yöntemlerinin çeşitlilik gösterdiği tespit edilmiştir. Bunların arasında düzenlenmiş, standartları yükseltilmiş çöplük alanları yaygın bir uygulama olarak tespit edilmiştir. Maalesef bu yenilemelerin sebebi, çöp sahalarında meydana gelen patlamalarda ölen insanlardır. Atık bertaraf yöntemlerinden bazıları, kimi ülkelerde çok yaygın olarak kullanılırken bazı ülkelerde tamamen reddedilmiştir. Örneğin, Rotterdam geri dönüşen atıkların dışında tüm atıkları yakarken, Filipinler' de temiz hava yasası sebebiyle evsel atıkların yakılması yasaklanmıştır (BM, 2010).

Wilson ve diğ., (2010) tarafından yapılan çalışmalarda bulunan en önemli sonuçlardan biri, organik atık oranının çok yüksek olmasına rağmen, iyi bir şekilde yönetilememesi ve gereken önemin verilmemesidir. Bunun sebepleri, kompost sektörüne gerekli önemin verilmemesi, şehir ve kırsal alan bağlantısının iyi oluşturulmaması, alıcı ve satıcılar da yeterli bilincin oluşmamasıdır. Bu konuda en iyi çalışma yapılan yerlerden biri, Bangladeş Dhaka şehrinde dir. Dhaka' da organik atıklar evlerden ve pazarlardan toplanarak, kompost tesisine gönderilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde illegal geri dönüşüm aktiviteleri ve küçük ölçekli işletmelerde geri dönüşüm, tekrar kullanım faaliyetlerinin yüksek oranda olduğu görülmektedir. Bu oran bertaraf edilecek atık miktarının azalmasına neden olmaktadır.

Amerika' nın San Francisco şehrinde belediye çöplerinin bertarafında en yaygın olarak kullanılan metot %64 oranla düzenli depolamadır. Bu yöntemi %28 oranla geri dönüşüm, %7.4 oranla yakma izlemektedir (Psomopoulos, 2009). San Francisco 1980'lerin başından beri atık yönetimindeki modern yaklaşımları benimseyerek "sıfır atık" politikasını gütmektedir. Geri dönüşüm oranı %50 civarında olmasına rağmen, bu rakam karışık atıklarda geri dönüşümün sağlanmasıyla daha da artırılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca şehrin mutfak atıklarında yapılan araştırmada bu tür atıkların, anaerobik bozunma metodu ile arıtma tekniğine çok elverişli olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve diğ., 2007).

Avustralya'nın Adelaide şehri de atık konusunda çok kararlı olup bu konuda politik bazı riskler almıştır. Bütün kurumsal yapıları, organizasyonları, mali mekanizmaları tekrar düzenlemiştir. Adelaide 2003 yılında "sıfır atık" bürosunu kurmuştur. Bütün düzenli depolama alanına giden atıklar için üreticiler bedelini ödemekle yükümlü tutulmuştur. İleri düzeyde atık elimine sistemleri oluşturan Avustralya' da yapılan bir diğer çalışma ise, evlerdeki çöp öğütme makinelerinin atığın değerini düşürdüğü ve yeraltı sularına vereceği zararlar sebebiyle, çöp öğütme makinelerine alternatif olarak, evlerde kompostlaştırma yönteminin teşvik edilmesidir (Lundie ve Peters, 2005).

Tablo 2.7'de Birleşmiş Milletlerin 2010 yılında yapmış olduğu "Dünya Şehirlerindeki Katı Atık Yönetimi" çalışmasında şehirlere göre atık yönetim ve geri dönüşüm oranları verilmektedir. Tablo 2.7'ye göre atık toplama hizmeti, Avustralya, Hollanda gibi gelişmiş ülkelerde şehrin neredeyse tamamına ulaşmışken, Zambiya, Bangladeş gibi gelişmekte olan ülkelerde ise şehirlerde halkın yarısına yakın bölümü bu hizmetlerden faydalanabilmektedir. Çevresel açıdan atık bertaraf kontrolü hemen hemen tüm ülkelerde başarıyla yapılırken, Mali ve Kenya gibi ülkelerin tam bir başarıyı yakaladığını söylemek mümkün değildir. Atık hizmeti ücretlerinin temin edilmesi hususu incelenecek olursa, sadece Avustralya, Hollanda, Amerika, Bulgaristan ve Zambiya' da tam olarak karşılandığı ortaya çıkmaktadır. Geri dönüşüm oranlarında ise sadece, Amerika, Çin, Avustralya ve Hollanda' nın en yüksek başarıyı yakaladığını Bulgaristan, Filipinler, Mali ve Hindistan' da ise resmi olmayan geri dönüşüm faaliyetlerin yoğun olduğu gözükmektedir.

**Tablo 2.7:** Şehirlere göre atık yönetim ve geri dönüşüm oranları (BM, 2010).

Şehir	Atık Toplama Hizmet Alanı (%)	Çevre Açısından Bertaraf Kontrolü (%)	Atık Üreticilerinin Hizmet Bedeli Ödemesi (%)	Resmi Malzeme Geri Dönüşümü (%)	Resmi Olmayan Malzeme Geri Dönüşümü (%)
Adelaide, Avustralya	100	100	100	54	0
Rotterdam, Hollanda	100	100	100	30	0
San Francisco, USA	100	100	100	72	0
Tompkins Country, USA	100	100	95	61	0
Varna, Bulgaristan	100	100	100	2	26
Belo Horizonte, Brazilya	95	100	85	0,1	6,9
Canete, Peru	73	81	40	1	11
Curepipe, Mauritius	100	100	0	-	-
Kumming, Çin	100	100	50	38	-
Sousse, Tunus	99	100	50	0	6
Quezon City, Filipinler	99	100	20	8	31
Managa, Nikaragua	82	100	10	3	15
Bengaluru, Hindistan	70	78	0	10	15
Ghorahi, Nepal	46	100	0	2	9
Dhaka, Bangladeş	55	90	80	0	18
Nairobi, Kenya	65	65	45	-	-
Moshi, Tanzanya	61	78	35	0	18
Lusaka, Zambiya	45	100	100	4	2
Delhi, Hindistan	90	100	0	7	27
Bamako, Mali	57	0	95	0	85

### 2.1.3.2. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de katı atıklar, hem insan ve çevre sağlığı hem de ekonomik açıdan önemli bir yere sahiptir. Kentsel alanlarda çevre sağlığının korunması noktasında düzenli bir şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi gereken katı atıkların, büyük sorunlara yol açmadan ortadan kaldırılması için planlı olarak yürütülen bir katı atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Türkiye’de Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren “temizlik hizmetleri” adı altında ve “kamu sağlığı odaklı” olarak Sağlık Bakanlığı’na yürütülen katı atık yönetimi, 1970’li yıllarda çevre sorunlarına karşı tüm dünyada artan ilginin de etkisi sonucu “çevre odaklı” bir yaklaşıma doğru gelişim göstererek 1991 yılında Çevre Bakanlığı’nın kurulması ile bu bakanlığın görev alanına dahil edilmiştir (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Gelişmiş ülkeler, katı atık yönetimi ile ilgili süreci 80'li yıllarda tamamlayarak “sürdürülebilir atık yönetimi”, “atık etiği”, “atık yönetimi etiği” gibi olguları ciddi biçimde tartışırken Türkiye’de atık yönetimi konusundaki gelişmeler yavaş bir seyir göstermekle birlikte konu, fiilen “gözden uzak olsun” anlayışı ile yürütülmüş ve büyük ölçüde uluslararası gelişmelerin itici gücüyle ilerleyen yıllarda “yönetilmesi gereken” bir sorun olarak algılanmaya başlanmıştır (Ashok, 2009).

Ekonomik açıdan gelişmekte olan bir ülke olması, sanayileşme ve artan yaşam standartları Türkiye’de katı atık miktarının artışını ve dolayısıyla bu atıkların bertaraf edilmesi sorununu beraberinde getirmiştir. Katı atıkların bertarafında, atıkların açık alanlarda depolanması şeklindeki geleneksel metodu kullanan Türkiye’de, 28 Nisan 1993 tarihinde İstanbul Ümraniye açık depolama sahasında ölümlerle sonuçlanan büyük bir kaza meydana gelmiştir (Suttibak ve Nitivattananon, 2008).

1980 yılında İstanbul’un Asya kıtasında, ana katı atık bertaraf bölgesi Ümraniye’deki Hekimbaşı açık depolama alanıydı. 1976’dan beri işletilen bu bölgede, günlük yaklaşık olarak 2000 ton katı atık depolanmıştır. Ancak, depolama sırasında herhangi bir sıkıştırma işlemi uygulanmamıştır. Bu nedenle, depolanan katı atıklar % 33 gibi yüksek bir oranda eğim oluşturmuştur. 28 Nisan 1993 tarihinde, katı atık miktarı 350.000 m<sup>3</sup>e ulaştığında patlama nedeniyle bir heyelan meydana gelmiş ve bölgede, geri kazanılabilir atıkları toplayan kişilerin kaldığı 11 ev heyelan altında kalarak bu evlerde yaşayan 39 kişi hayatını kaybetmiştir (Kocasoy ve Curi, 1995). Atıklar, düşük gelirli insanların yaşadığı Pınarbaşı mahallesine doğru 500 metre aşağıya doğru kaymıştır. Bu kaza, İstanbul’da katı atık yönetimi için ciddi önlemlerin ve uygulamaların alınmasına yol açmıştır. Bu tarihten itibaren, depolama alanlarının bazıları kapatılmış, rehabilite edilmiş veya toprak ile kaplanmıştır (Kanat, 2010).

Benzer şekilde Avrupa Yakası Kemerburgaz’da 1995 ve 1996 yıllarında atıkların yer değiştirmesi nedeniyle çevreye ve ana yola karşı yıkıcı etkileri çok yüksek olmuştur. Bölge ıssız olduğundan, neyse ki can kaybı meydana gelmemiştir. Bugün bu eski depolama alanlarının bazıları şehir merkezine yakın ve yüksek katlı binalar ile çevrelenmektedir (Kanat, 2010).

1992 yılında, İstanbul’da düzenlenen bir uluslararası mühendislik konsorsiyumu tarafından kapsamlı bir katı atık yönetim planı tamamlanmıştır. Bu master plan ve

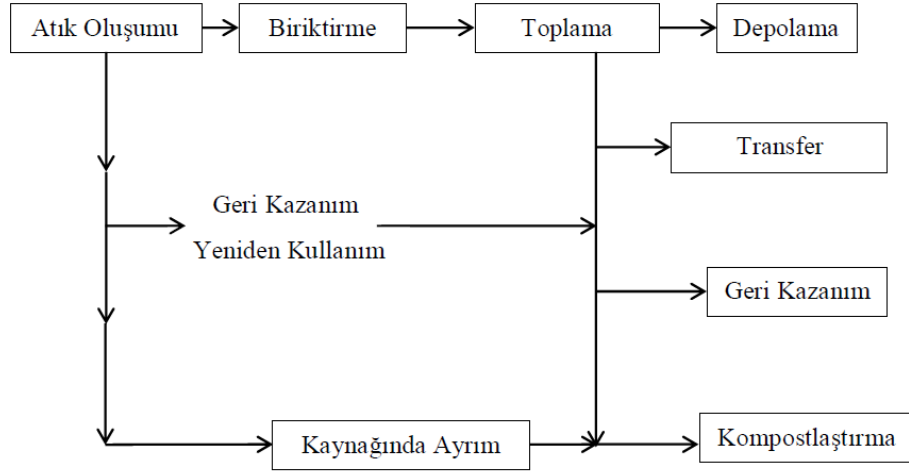
fizibilite çalışması; İstanbul'un evsel, endüstriyel ve tıbbi katı atıklarının transfer istasyonlarını, atık işleme proseslerini, rehabilitasyon ve son bertarafını içeren bir entegre katı atık yönetim programı önermiştir. 1994 yılında, entegre katı atık yönetim planını uygulamak için İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İSTAÇ şirketi kurulmuştur. Plan, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından son 15 yıldır neredeyse tamamıyla uygulanmaktadır (Kanat, 2010).

Türkiye açısından orta ve uzun vadede sosyo-ekonomik, teknik, demografik ve coğrafik şartlara uygun olarak gerçekleştirilmesi gereken katı atık yönetimi, önleyici-engelleyici çevre koruma politikaları ile sorunun çözümünde yetki ve sorumluluğa sahip olan bakanlık ve diğer merkezi yönetim kurum ve kuruluşları, yerel yönetimler-belediyeler, iş çevreleri, gönüllü kuruluşlar-dernekler ve bireylerin etkin katılımına ihtiyaç duyulmaktadır (Şen ve Kestioglu, 2007). Bu gereksinimlerle birlikte Türkiye'de katı atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi işlemleri temelde 2872 sayılı Çevre Kanunu kapsamında çıkartılan 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanan "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ve diğer ilgili yönetmelikler (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ambalaj Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği, Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği) kapsamında yürütülmektedir. Atıkların toplanması, taşınması, depolanması, geri kazanımı ve bertarafından 5393 sayılı Belediye Kanunu ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile belediyeler yetkili ve sorumlu tutulmaktadır. 02.04.2015 tarihinde Atık Yönetimi Yönetmeliği' nin 29314 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmesi ile beraber Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Katı atıkların insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyecek şekilde değerlendirilmesi ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda katı atıkların kaynağında azaltma, önleme, geri kazanım, yeniden kullanım, kompostlaştırma, enerji eldesi ve depolamayı kapsayan bütüncül bir sistem ile yönetilmesi gerekmektedir.

Etkili bir katı atık yönetim sistemi için atığın oluşumu, biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrılması, işlenmesi, dönüştürülmesi ve nihai bertarafı gibi konuların bir

bütün halinde düşünülmesi gerekmektedir. Söz konusu tüm unsurlar ve aralarındaki ilişkiler Şekil 2.3’de verilmiştir (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

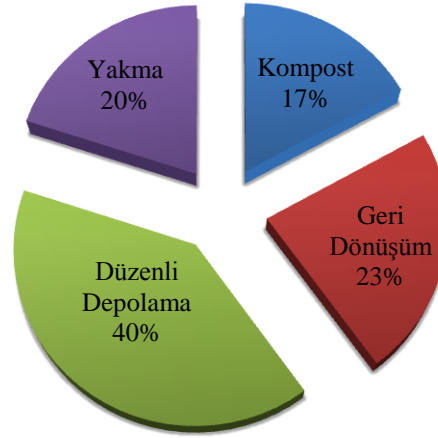


**Şekil 2.3:** Katı atık yönetim sistemi bileşenleri (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Seçilen katı atık yönetim sistemi, en az maliyet ile insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etki oluşturmayacak, bunun yanında enerji tüketimi ile hava ve su kirliliğini minimum düzeyde tutacak şekilde tasarlanmalıdır.

Evsel katı atıkların bertarafı, ülkelerin politikalarına göre değişiklik göstermektedir. Şekil 2.4’de Avrupa için belediye atık bertaraf yöntemleri oranları verilmiştir. En çok uygulanan bertaraf metodu hala düzenli depolamadır. Bu rakamın yükselmesinde Bulgaristan, Romanya gibi madencilik sektörünün yoğun olduğu ülkeler önemli bir rol oynamaktadır. Diğer metotlardaki oranlar birbirine yakın olmakla birlikte, yakma oranını Danimarka, Hollanda gibi çok yüksek oranda yakma teknolojileri kullanan ülkeler yükseltmektedir (EUROSTAT, 2010).





**Şekil 2.4:** Avrupa belediye katı atık bertaraf yöntemleri (EUROSTAT, 2010).

İstatistiklere göre evsel atıkların %40'lık bir bölümü depolama, %23'lük bölümü geri dönüşüm, %20'lik bölümü yakma, %17'lik bir bölümü ise kompostlaştırma yöntemi kullanılarak uzaklaştırılmaktadır. Ambalaj atıklarının geri dönüşüm ve kazanımı ve ayrışabilen atıkların depolama alanlarında ayrıştırılması sonucunda, geçmiş yıllara oranla düzenli depolama metodunun hızla azaldığını, yakmanın arttığını, geri dönüşüm ve kazanımın çok yüksek bir oranda artış gösterdiğini söyleyebiliriz. Atık bertaraf yöntemlerinde düzenli depolama en çok Bulgaristan ve Romanya'da görülürken Almanya geri kazanımda başı çekmektedir. İtalya ve Avusturya'da atıkların kompostlaştırılması, diğer ülkelere göre yüksek bir orandadır. Yakma metodu ise en çok Danimarka'da uygulanmaktadır. (EUROSTAT, 2010)

#### 2.1.4. Katı Atık Yönetimi Hiyerarşisi

Günümüzde, katı atık yönetim hiyerarşisi esasları 6 başlık altında toplanmaktadır. Bu hiyerarşi kapsamında, atık yönetim biçimi olarak ilk başvurulması gereken kısım atık oluşumunu önleme ve kaynağında oluşacak atık miktarını azaltmaktır. Tercih edilecek teknolojik uygulama, gerek enerji, gerekse çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin artması nedeniyle piramidin üst kısmına doğru daralmaktadır. Bunlardan başka, uygulamanın yapılacağı bölgeye ait coğrafi konum nedeniyle de teknoloji seçimi farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde, düzenli depolama alanı için yer bulunmasında karşılaşılan büyük zorluklar dolayısıyla, diğer bertaraf metotlarına eğilim olmaktadır (Öztürk ve diğ., 2007). Atığın oluşumunun önlenmesi yoluyla başlayan ve bertaraf yöntemiyle son bulan atık yönetimi aşamaları Şekil 2.5'te verilmiştir.



**Şekil 2.5:** Atık yönetim hiyerarşisi.

#### ***2.1.4.1. Atık Oluşumunu Önleme***

Hiyerarşinin bu basamağında, kaynaktan atık oluşumunu sıfıra indirme hedeflenmektedir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerin bir sonucu olarak “sıfır atık” kavramı karşımıza çıkmaktadır. Ancak; tüketime bağlı olarak, sıfır atık oluşumu her zaman gerçekleştirilememekte ve her daim bir miktar atık oluşmaktadır.

#### ***2.1.4.2. Atık Azaltımı***

Önlenemeyen atık oluşumunun gerçekleştiği durumlarda bir diğer en çok tercih edilmesi gereken atık yönetim biçimi kaynaktan atık oluşumunu azaltmaktır. Kaynağında oluşan atığın miktarını minimize etmek bu basamaktaki başlıca hedefi teşkil etmektedir. Bu kapsamda ürün üretiminde ham madde seçimi ve teknolojik yöntemler önem arz etmektedir. Atık oluşumunu en aza indirecek teknik ve yöntemler ile atık azaltımı mümkün kılınmaktadır.

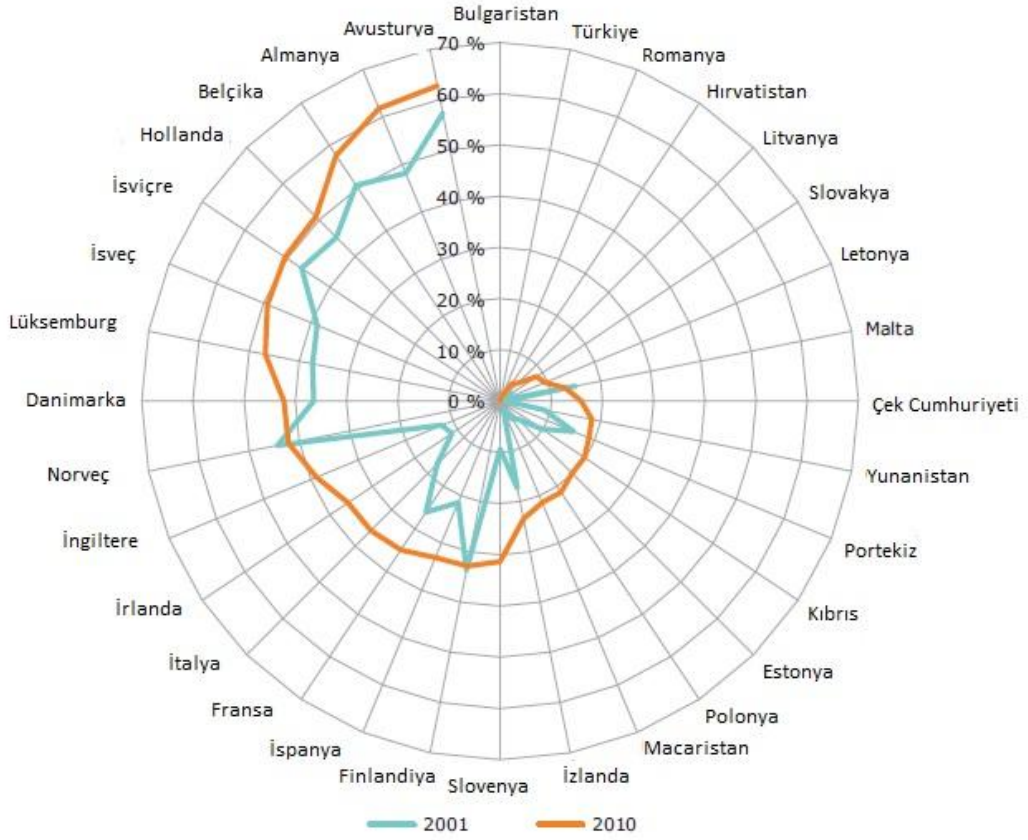
#### ***2.1.4.3. Yeniden Kullanım***

Yeniden kullanım; terim olarak atıkların fiziksel ya da kimyasal olarak herhangi bir işlemden geçirilmeden yeniden kullanılmasıdır. Bu aşamada, depozito uygulamaları ile cam şişelerin yeniden kullanımı, atık borsası oluşturulması ve ikinci el eşya satış noktalarının açılması yeniden kullanım örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeniden kullanım, geri kazanım işleminin en ekonomik şeklidir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda tekrardan kazanılan maddeler başka bir ürün olarak işlenebilmektedir (Güleç, 2004).

#### **2.1.4.4. Geri Dönüşüm**

Atıkların başka bir hammaddeye dönüştürülmesi veya yine aynı amaçla yeni ürün elde etmek için fiziksel veya kimyasal işlemlerden geçirilmesidir. Geri dönüşüm uygulamasının etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi için öncelikli olarak atıkların kaynağında gruplandırılarak toplanması önemlidir. Geri dönüşüm ile hem hammadde hem de enerji tüketimi sürdürülebilir olarak azaltılabilmektedir. Örnek olarak; kağıt ve karton atıklarının belirli işlemlerden geçirilerek yeni kağıt ve karton ürünlerinin üretilmesi, kullanılmış pet şişelerinin toplanıp bazı fiziksel prosesler sonucu elyaf malzemeye dönüştürülmesi verilebilmektedir.

Şekil 2.6'da AB üyesi ülkelerin 2001 ve 2010 yılları arasında geri dönüştürülebilir kentsel atık yüzdeleri verilmiştir. Geri dönüşüm oranı, kompostlaştırma ve biyolojik olarak parçalanabilen atıkların yanı sıra geri dönüştürülebilir malzemeleri de içermektedir. Bu kapsamda 12 ülkede geri dönüşüm yüzdeleri %10'dan daha fazla artarken, diğer 10 ülkede geri dönüşüm yüzdeleri %5-10 aralığında kalmıştır. En yüksek ve en düşük geri dönüşüm yüzdelerine sahip ülkeler arasında çok sayıda farklılıklar olmasına rağmen, geri dönüşüm performansında önemli gelişmeler olduğu görülmektedir (EEA Raporu, 2013).



Şekil 2.6: 32 Avrupa ülkesindeki kentsel katı atık geri dönüşüm oranları, (EEA Rapor, 2013).

#### 2.1.4.5. Geri Kazanım

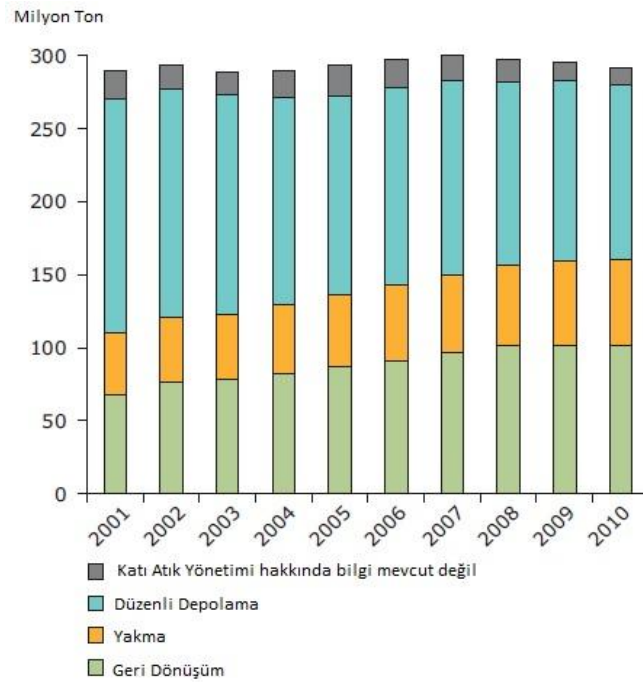
Gerek katı atıklardan kaynaklanan çevre kirliliği sorununun çözülmesinde, gerekse kaynakların ve doğanın korunmasında rasyonelliğin sağlanmasında, katı atıkların ekonomiye geri döndürülmeleri “geri kazanım” kavramını ortaya çıkarmıştır. Geri kazanım, geri kazanılacak atıkların bir hammadde gibi kullanılıp, sahip olduğu özellikler dikkate alınarak, değişik ürünlere ve enerjiye çevrilerek birden fazla şekilde kullanılmasıdır (R&R, 2006).

#### 2.1.4.6. Bertaraf

Atık yönetim hiyerarşisi içerisinde atık oluşumunu önleme, kaynağında azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım gibi işlemlere tabii tutulamayan veya tutulduktan sonra kullanımı mümkün olmayan atıkların arazide depolanması ya da yakılması aşamasıdır.

Yakma işleminin başlıca amacı depolama ile bertaraf edilecek atık miktarının hacimce ve ağırlıkça azaltılarak depolama alanlarında yer tasarrufu sağlamaktır. Yakma

işleminde sonra katı atıklar ağırlıkça %75-80, hacimce %80-90 oranında azaltılabilmektedir(Saltabaş ve diğ., 2011; Ökten, 2012). Çöpler yapısı itibariyle heterojen olması ve bünyesinde çok farklı maddeleri bulundurması nedeniyle çöplerin yakılmasında yeterli ve uygun bir teknoloji kullanılmalıdır. Katı atıkların içerdiği nem oranının yüksek olması, ısı değerinin düşük olması ve heterojen yapısı nedeniyle ilave enerji gereksinimi olmadan yakılması mümkün olmamaktadır(Walsh ve O’Leary, 1995). Yakma işlemi neticesinde ortaya çıkan gazların arıtılarak kontrol altında tutulması bu işlemin en önemli dezavantajıdır.



**Şekil 2.7:** 32 Avrupa ülkesinde kentsel atık yönetiminin gelişimi (EEA Rapor, 2013).

28 AB ülkesi ve İzlanda, Norveç, İsviçre ve Türkiye olmak üzere 32 ülkenin katı atık yönetim hiyerarşinin 2001 ve 2010 yılları arasındaki değişimi Şekil 2.7’de verilmiştir. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi 32 ülke için düzenli depolama neredeyse 40 milyon tona düşerken, yakma işlemi 15 milyon ve geri dönüşüm 29 milyona kadar artmıştır. Sadece 28 Avrupa Birliği ülkesine bakıldığında, düzenli depolamanın 41 milyon ton azalmış olduğu, yakma işleminin yaklaşık 15 milyon ton, geri dönüşüm ve kompostlaştırmanın ise 28 milyon ton oranında arttığı görülmüştür. Ayrıca 2008 yılından beri, geri dönüştürülmüş atık miktarı az oranda azalmıştır (EEA Rapor, 2013).

## 2.2. AMBALAJ VE AMBALAJ ATIKLARI

Ambalaj, hammaddeden işlenmiş ürüne kadar, bir ürünün üreticiden kullanıcıya veya tüketiciye ulaştırılması aşamasında, taşınması, korunması, saklanması ve satışa sunulması için kullanılan herhangi bir malzemedan yapılmış, 24.08.2011 tarihli “Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2011)” Ek-1’de yer alan Ambalaj Tanımına İlişkin Açıklayıcı Örneklerde belirtilenler ile geri dönüşsüz olanlar da dâhil tüm ürünleri ifade etmektedir. Ambalaj kısaca içindeki ürünün koruyucusudur. Ürünü, çarpma, ıslanma, zedelenme gibi fiziksel etkilerden korumaktadır. Ambalaj ürünün tüketiciye en ekonomik yolla ulaşmasını sağlar, depolama kolaylığı yaratır. Önemli bir görevi de taşıdığı bilgilerle tüketiciye seçim ve kullanım kolaylığı sağlamasıdır. Üzerinde yazılı olan ağırlık, fiyat, üretim tarihi, son kullanım tarihi, ürünün içeriği, üretici firmanın adı, kullanım açıklaması gibi tüm bilgiler, tüketiciye ve satış yapana büyük kolaylıklar sağlamaktadır (ASD, 2014).

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’ne (2011) göre Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tanımlanan, ambalaj olarak kabul edilen ve edilmeyen ürünler Tablo 2.8 ve Tablo 2.9’da verilmiştir. Tablo 2.8 incelendiğinde; günlük hayatımızda kullandığımız birçok ürünün, kullanım ömrünü tamamladıktan sonra ambalaj atığı olarak karşımıza çıktığı görülmektedir.

**Tablo 2.8:** Ambalaj olarak kabul edilen ürünler.

No	Ürün/Malzeme
1	CD kutusuna sarılmış streç film
2	Tek kullanımlık tabak ve bardaklar
3	Satış yerlerinde doldurularak kullanılan yapışkan film, sandviç torbaları, alüminyum folyo vb.
4	Hazır yiyecek ambalajları
5	Su, maden suyu, meyve suyu şampuan, deterjan ve benzeri ambalajların kapakları
6	Köpük, karton ve benzeri destekleyici malzemelere
7	Yumurta viyolleri
8	Her türlü oyuncak ambalajları
9	Dergi, kitap vb. basın yayınların ambalajları
10	Her türlü mobilya ve aksesuarların sarıldığı ambalajlar
11	Giysilerin taşınmasında ve satışında kullanılan ambalajlar
12	Fıçı, varil, bidon vb.
13	Her türlü promosyon ürünlerinin ambalajları
14	İplik, tuvalet kâğıdı, kağıt havlu vb. ürünlerin sarıldığı makara ve masuralar
15	Kumaş ve benzeri ürünlerin sarıldığı rolik, konik, makara vb. ürünler
16	Kargo ve kurye sektöründe kullanılan zarflar, plastik poşetler ve koliler
17	Ve benzeri ürünler

**Tablo 2.9:** Ambalaj olarak kabul edilmeyen ürünler.

No	Ürün/Malzeme
1	Bitki Saksıları
2	Tamir, bakım aletleri gibi saklama kutuları
3	Çay poşetleri
4	Peynirin etrafındaki balmumu tabakası
5	CD'nin içinde kendisiyle birlikte saklandığı kap
6	Tek kullanımlık çatal, bıçak, kaşık
7	Kapağın bir kısmını oluşturan rimel fırçası
8	Ambalaja takılan yapışkan etiketler
9	Ambalajlamada kullanılan plastik, metal ve benzeri şeritler
10	Deterjanların içinde bulunan ve doz ölçmede kullanılan kaplar
11	Alışveriş poşetleri
12	Kamera, fotoğraf makinesi vb. aletlerin muhafaza ve taşıma kutu ve çantaları
13	Sucuk, sosis salam vb. ürünlerin kılıf ve zarları
14	İlk yardım seti kutuları
15	Kablo ve tellerin sarıldığı büyük makaralar
16	Ve benzeri ürünler

Ambalaj, görevini tamamladığında ortaya ambalaj atığı çıkmaktadır. Nakliyede kolaylık sağlamak için kullanılan ambalajlar, ürün satış noktasına gelip ambalajdan çıkartıldığı zaman görevini tamamlarlar. Bu görevini tamamlamış olan ambalajlar ambalaj atığı sayılmaktadır. Bunlara örnek olarak karton koliler verilebilir. Benzer bir şekilde alınan ürün tüketildikten sonra da ambalaj görevini tamamlamaktadır. Kısaca ambalaj atığı kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dahil satış, dış ve nakliye atığını ifade eder (ÇEVKO, 2015).

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne (2011) göre ise ambalaj atığı şu şekilde tanımlanmıştır;

Üretim artıkları hariç, ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünün sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dahil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalajlarının atıkları ambalaj atığı olarak tanımlanmaktadır.

Birincil ambalaj ya da satış ambalajı, satın alma noktasında, nihai kullanıcı veya tüketici için bir satış birimi oluşturmaya uygun olarak yapılan ambalajı ifade etmektedir (Davis ve Song, 2006). Diğer bir deyişle ürünle doğrudan temas halinde olup ambalajın kapak

ve etiket kısımları da buna dahildir. Örnek olarak; cam ve plastik şişeler, meyve suyu kutuları, metal içecek ve konserve kutuları, plastik ve kağıt gıda ürün ambalajları verilebilmektedir.

İkincil ambalaj, birden fazla sayıda satış ambalajını bir arada tutacak şekilde tasarlanmış, üründen ayrıldığında ürünün herhangi bir özelliğinin değişmesine neden olmayan ambalajı tanımlamaktadır (Davis ve Song, 2006). Bunlara streç filmleri ve oluklu mukavvaları örnek olarak verilebilmektedir.

Üçüncül ambalaj ya da 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 taşınmasında kullanılan konteynırlar hariç kullanılan ambalajı tanımlamaktadır (Davis ve Song, 2006). Örnek olarak mukavva kutularını, karton kolileri ve ahşap paletleri verilebilmektedir.

Yukarıda bahsettiğimiz birincil, ikincil ve üçüncül ambalaj atıkları evsel atıklar içerisinde ciddi bir yer teşkil etmektedir. Marketler, lokantalar, restoranlar, alışveriş merkezleri gibi işyerleri ve kişisel tüketiciler, ambalajlı ürünleri kullanmaları nedeniyle açığa çeşitli ambalaj atıklarının çıkmasına neden olmaktadır. Genel olarak açığa çıkarılan ambalaj atıklarına metal içecek ve konserve kutuları, cam şişe ve kavanozları, meyve suyu ve süt kutuları, gıda ve temizlik ürünü ambalajları, plastik şişe ve kovaları örnek olarak verilebilmektedir.

İkincil ve üçüncül ambalaj malzemelerinin büyük hacimde ve çeşitliliğinin az olması sebebiyle geri dönüşüm ve yeniden kullanım amacı için toptancı ve perakendeciler tarafından toplanması kolaylıkla yapılabilmektedir. Birincil ambalaj malzemeleri, diğer ambalaj türlerine göre daha fazla çeşitlilikte olması geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamalarını komplike hale getirmektedir. Çünkü bu malzemeler, diğer katı atıklar ile kontamine olup tehlikeli olabilmektedir (Davis ve Song, 2006).

### **2.2.1. Dünya' da ve Türkiye'de Ambalaj Sektörü**

Dünya ambalaj sanayi pazarının, ağırlık olarak %36'sını kağıt-karton, %34'ünü plastik, %17'sini metal, %10'unu cam ambalaj oluşturmaktadır. AB ülkelerinde de benzer bir



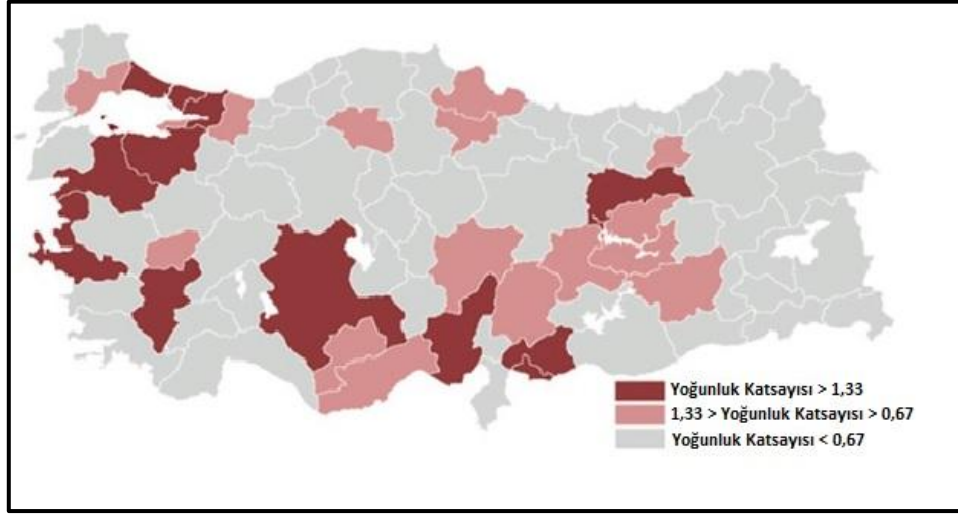
şekilde, sektördeki alt grupların dağılımında ilk sırada, %42'lik bir pay ile kağıt-karton ambalaj ürünleri yer almakta olup bunu sırasıyla plastik (%36), metal (%14) ve cam (%8) ambalaj ürünleri takip etmektedir (AB Uyum Rehberi, 2010).

Toplam 228,5 milyar dolar tutarındaki dünya ambalaj sanayii ihracatı içinde en yüksek paya Avrupa Birliği ülkeleri sahip olmaktadır. 33,7 milyar dolarlık ihracatı ile dünya lideri konumunda olan Almanya'yı ABD, Çin, İtalya, Fransa, Japonya, Belçika ve Hollanda takip etmektedir. AB ülkeleri, 229 milyar dolar değerindeki dünya ambalaj sanayii ithalatında lider konumda bulunmaktadır. 16,7 milyar dolar tutarındaki ithalat oranı ile dünya sıralamasında ABD'nin ardından ikinci sırada yer alan Almanya'yı, Fransa, İngiltere, Çin, Belçika, Meksika, Kanada, İtalya, İspanya ve Hollanda izlemektedir (AB Uyum Rehberi, 2010).

Avrupa Birliği ambalaj sanayi, sahip olduğu 130 milyar dolarlık piyasa değeri ile 450 milyar dolar büyüklüğündeki dünya ambalaj sanayii pazarında 144 milyar dolarlık bir paya sahip olan Çin'in ardından ikinci sırada yer almaktadır. Küresel piyasalardaki güçlü konumunu uzun süredir muhafaza eden Avrupa Birliği, dünya ambalaj tüketiminde de %30'luk bir paya sahiptir. AB'yi, %28'lik bir oran ile Kuzey Amerika ülkeleri, %27'lik bir oran ile Asya ülkeleri, %7'lik bir oran ile Latin Amerika ülkeleri ve %8'lik bir oran ile diğer ülkeler izlemektedir. AB ülkeleri arasında pazar hâkimiyetinin başta İngiltere (%20), Almanya (%20), Fransa (%18) ve İtalya (%14) olmak üzere Batı Avrupa ülkelerinde bulunduğu sektörde, uluslararası markaların yaygınlaşması ve tüketici talebindeki değişime paralel olarak, AB'ye yeni katılan Merkez ve Doğu Avrupa ülkeleri de ciddi bir büyüme potansiyeli oluşturmaktadır. Son on yıllık dönemde yaklaşık %5 oranında büyüme trendi gösteren AB ambalaj sanayiinin, ilerleyen yıllarda yıllık büyüme hızının %1,2'lerde seyredeceği öngörülmektedir (AB Uyum Rehberi, 2010).

Ekonomi Bakanlığı'nın (2014) yayınladığı Ambalaj Sektörü Raporu'na göre Türkiye'de ambalaj malzemesi üreten yaklaşık 3000 firma mevcuttur. Bu firmaların büyük çoğunluğu orta ve küçük ölçekli firmalardır. 53 ambalaj üreticisi iş hacmi bakımından Türkiye'nin en büyük 1000 şirketi arasındadır. Ambalaj sektöründeki firmalar yoğun olarak İstanbul, İzmir, Bursa, Ankara, Konya, Kocaeli, Gaziantep, Adana, Kayseri ve Manisa'da faaliyet göstermektedir.

Ülkemizde ambalaj sektörü firmalarının bölgesel yoğunluk haritası Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8: Türkiye’de ambalaj sektörü firmalarının bölgesel yoğunluk haritası.

Bu rapora göre sektörde faaliyet gösteren firmalar; plastik, kağıt-karton, metal, cam ve ahşap ambalaj olmak üzere beş ana grupta üretim yapmaktadırlar. Tablo 2.10’a göre toplam ambalaj sanayi üretimi 2010 yılında yıllık miktar olarak 5,5 milyon ton civarında olmuştur. 2010 yılında 7,9 milyar dolar olarak gerçekleşen sektör büyüklüğünün 2011 yılında 9 milyar dolar olarak gerçekleşmesi beklenmektedir (Ekonomi Bakanlığı, 2014).

Tablo 2.10: Türkiye’ de yıllara göre ambalaj üretimi.

Ürün Grubu	2006	2007	2008	2009	2010
Kağıt Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	60	60	80	80	117
Karton Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	362	415	395	418	503
Oluklu Mukavva *10 <sup>3</sup> ton	1.318	1.370	1.387	1.389	1.564
Plastik Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	1.290	1.470	1.530	1.560	1.834,5
Metal Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	302	299,5	328	309,5	365
Cam Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	553	659	697	567	734
Ahşap Ambalaj *10 <sup>3</sup> ton	385	385	385	385	420
Toplam *10 <sup>3</sup> ton	4.270	4.658,5	4.802,5	4.708,5	5.538
Piyasa Hacmi \$ *10 <sup>6</sup>	5.500	6.100	6.200	5.900	7.900
<b>Cirosal Gelişme %</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>-3</b>	<b>34</b>

Ambalaj tüketimine alt gruplar bazında baktığımızda; %39’unu kağıt, karton ve oluklu mukavva ambalajlar, %33’ünü plastik ambalajlar, %13’ünü cam ambalajlar, %8’ini

aħşap ambalajlar ve %7'sini metal ambalajlar oluşturmaktadır (Ekonomi Bakanlığı, 2014).

Tablo 2.10'a baktığımızda Türkiye'de plastik ambalaj üretiminin 1,8 milyon tonun üzerinde olduğu görülmektedir. Kağıt, karton ve oluklu mukavva ürünleri, ambalaj sanayinin önemli sektörlerden biri haline gelmiştir ve ambalaj sanayindeki üretim %39'u bu sektöre aittir. Kağıt, karton ve oluklu mukavva ürünleri sektörünün toplam üretimi 2,1 milyon tonun üzerinde olduğu görülmektedir. Metal ambalajların üretim kapasitesi 600 bin ton olsa da üretimi 388 bin ton civarındadır ve ambalaj sanayi üretiminde %7'lik paya sahiptir. Türkiye toplam 2.2 milyon ton cam üretim kapasitesine sahiptir. Bu kapasitenin 750 bin tonu cam ambalaj ürünleri içindir. Cam ambalaj, geri dönüşümün büyük önem kazandığı günümüzde, özellikle gıda sektöründe kullanılmaktadır (Ekonomi Bakanlığı, 2014).

Ambalaj Sanayicileri Derneği'nin Türkiye Ambalaj Sektörü (2014) İhracat ve İthalat Raporu'na göre, 2013 yılının ilk altı ayında 678 bin ton olan ambalaj ihracatı 2014 yılının aynı döneminde 697 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Değer olarak ise 2013'n ilk yarısında 1,8 milyar dolar olan ihracat, 2 milyar dolar seviyesine yükselmiştir. 2014'n ilk altı ayında toplam ambalaj ihracatında Almanya, Irak ve İngiltere'nin değer bazında en çok ambalaj ihracatı yapılan ülkeler olduğu görülmektedir. Değer bazında ise 1,6 milyar dolar olan 2013 ilk yarı rakamı, 2014'n ilk altı ayında 1,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılının ilk altı ayında ambalaj ithalatında Almanya, Çin ve ABD'nin değer bazında en çok ambalaj ithalatı yapan ülkeler olduğu gözlenmiştir. Türkiye'de ambalaj sektörü, 2013 yılında ise bir önceki yıla göre değer olarak %17 büyüyerek 16 milyar dolarlık bir pazar hacmine ulaşmıştır.

## **2.2.2. Ambalaj Atıklarının Sınıflandırılması**

### **2.2.2.1. Kağıt/Karton Ambalaj Atıkları**

Modern dünyanın vazgeçilmez ürünü olan kağıt, esas olarak tabakalar halinde olup, odun hamurunun selülozik liflerinden oluşmuştur. Önceleri, yazı yazma ortamı olarak kullanılan kağıt, bu kullanımı ile uygarlık ve kültürün gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Fakat yazı kağıtları artık günümüzde kağıt endüstrisi üretiminin küçük bir oranını oluşturmaktadır (Sakarya ve Canlı, 2011).

Kağıt ve kartonun ambalajlamada kullanılması 20. yüzyılın büyük bölümünde popülerliğini arttırmıştır. 1970'lerin sonu, 80'lerin başında plastiğin ambalajlamada artan kayda değer rolü, kağıt ve bağlantılı ürünlerin tercih dışı kalmasına sebep olmuştur (Berger, 2009). Tablo 2.11'de kağıt ambalajların yanı sıra cam, metal ve plastik gibi diğer ambalaj malzemelerin tarihsel gelişim süreci görülmektedir.

**Tablo 2.11:** Ambalajın tarihsel gelişimi (Sonsino, 1990).

Yıl	Kağıt	Cam	Metal	Plastik
M.Ö. 8000	Saman ve sazlarla örülmüş giysiler kullanılmaya başlanmıştır	Çanak-çömlek yapımı için kil kullanılmaya başlanmıştır		
M.Ö. 200	Çinliler kağıt yapmak için dut ağacı yaprağı kullanmaya başlamıştır			
Greک ve Roma	Kutu ve fiçii yapımında ahşap kullanılmaya başlandı	Parfümleri saklamak için cam kavanozlar kullanılmaya başlanmıştır		
750	Kağıt yapımı orta doğudan Avrupa'ya ulaşmıştır			
868	Çin'de baskının temelleri atılmıştır		Metal levhalar yapılmıştır	
1200	Kağıt yapımı İspanya'da geliştirilerek Fransa ve İngiltere'ye ulaştırılmıştır			
1500	Etiketleme geliştirilmiştir			
1500	Kağıt yapımı Amerika'ya ulaştı	Basınçla sıkıştırmaya dayalı şişeler üretilmeye başlandı		
1841	İlk vidalı kapak patentlenmiştir.		Sıkılabilen metal tüplerde boya kullanılmaya başlandı	
1890		Süt şişeleri yapılmış, coca-cola ve pepsi şişelenmiştir		
1900		Çeşitli parfüm şişeleri üretilmiştir	Amerika'da alüminyum kaplama kağıtlar üretilmiştir	
1905	Dayanıklı kağıt kutular geliştirilmiştir		Sanayi yağlarında ahşap fiçiler yerine çelik fiçiler kullanılmaya başlanmıştır	Selüloz asetat fotografik kullanım için geliştirilmiştir

**Tablo 2.12:** (devam).

1929		PVC ticari ürün olarak kullanılmıştır
1933		Almanya'da polyester geliştirilmiştir
1938		Du-pond naylonu geliştirdi
1947		Basınçlı plastik deodorant şişeleri geliştirildi
1950		General Electric ve Bayer tarafından polikarbonat geliştirilmiştir
1959	Alüminyum kutular üretilmiştir	Film polietileninin ilk kullanımı
1973		İsviçre'de streç paketleme geliştirildi
1977	Değerli ürünlerin ambalajlanmasında cam kullanımı	Gazlı içecek ambalajlanmasında pet kullanımı
1980		Pet' in yiyecek ve sıcak ürünlerinde kullanımının başlaması. Plastik varil kullanımında azalma
1990	Yeşil hareketi hız kazanmış, kağıt kullanımı tekrar artmaya başlamıştır	Doğada çözülebilen çevreye daha az zararlı plastikler üretilmeye başlanmıştır

Kağıdın ucuz ve işlenmesi kolay olması nedeniyle, ambalaj maddeleri içinde tercih sıralamasında kağıt ve karton ilk sırada yer almaktadır. Hafifliği, esnekliği ve çevre dostu olması gibi avantajları bulunan ve çeşitli maddelerle işlenerek değişik versiyonlarda üretilen kağıt ambalajlar, içindeki muhteviyatı göstermemesi gibi bir dezavantajı bulunmasına rağmen, çok fazla sektörde (özellikle gıda, tekstil ve hazır giyim, temizlik maddeleri, cam ve seramik, ilaç ve kozmetik vb.) ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kullanılacağı sektöre göre çok farklı dayanıklılık ve görünüşte olabilen kağıt ambalajlar, temel olarak sargılık kağıtlar, kraft torba kağıdı ve sigara kağıdı gibi üç temel başlıkta toplanmaktadır (Bayraktar, 2004).

Doğal, yenilenebilir ve dayanıklı bir madde olan selüloz bazlı karton ambalajlar ise, başlangıçta odundan elde edilen yeni liflerle ya da geri dönüşümden elde edilen liflerle üretilmekte olup, gerek çevre koşullarına gerekse taleplere istenildiği gibi cevap verebilen ambalaj malzemeleridir. En önemli avantajları; parlak ve düzgün bir yüzeye sahip olması, diğer ambalaj türlerine göre daha ucuz olması, çeşitli biçim ve boyutta üretilmesi, hafifliği, boş olarak taşınmada istifleme kolaylığı ve sunumda farklı olanaklar sunabilmesidir (TKB, 2004).

Kullanım ömrü sona erdikten sonra atık haline gelen kağıt ve karton ambalajlar, geri kazanılabilir katı atıkların en büyük oranını oluşturmaktadır. Hububat içeren karton kutular, yumurta kutuları, yiyecek ambalaj kağıdı, yağlı ve mumlu kağıt, sert kitap cildi, kağıt havlu ve kağıt peçete dışındaki kağıt atıkları geri kazanılabilmektedir (Karagözoğlu ve diğ., 2009). Türkiye’ de orman kaynakları kağıt üretimi ile ters orantılı olarak azalmakta, bu yüzden kağıt sanayi için hammadde sıkıntısı doğmaktadır. 1 ton kağıt için takriben 3 m<sup>3</sup> ağaca ihtiyaç vardır ki atık kağıdın değerlendirilmesi ile odun kullanılması sınırlandırılabilir. Kırtasiye artıkları, ambalajlar, karton kutular gibi, katı atıklardan ayrılan kağıdın yeniden işleme sokulması için gerekli olan enerji normal işlemler için gerekli olanın %50’ si kadardır (Karagözoğlu ve diğ., 2009).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ambalaj ve ambalaj atıkları istatistiklerine göre 2012 yılında 2.168.614 ton kağıt ve karton ambalaj üretildiği, bunun 1.049.428 tonunun piyasaya sürüldüğü belirtilmiştir. Aynı yıl içinde geri kazanılan kağıt/karton ambalaj atık miktarı ise 1.176.088 ton olarak tespit edilmiştir. 2012 yılında piyasaya sürülen kağıt/karton ambalaj miktarı ile geri kazanılan kağıt/karton ambalaj atık miktarı kıyaslandığında geri dönüşüm oranının %112 olduğu belirlenmiştir (ÇŞB, 2012).

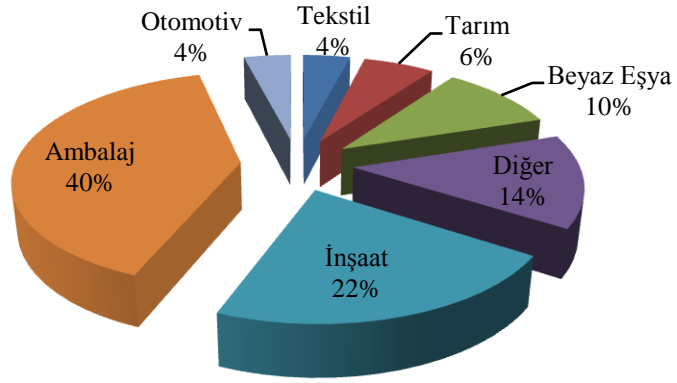
### **2.2.2.2. Plastik Ambalaj Atıkları**

Plastikler yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşmaktadır. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılarıdır. Plastiklerin kaynağı, ham petrol, gaz ve kömürdür (Karamangil, 2008). Dünyada üretilen toplam petrolün sadece %4’ü plastik üretimi için kullanılmaktadır (Karamangil, 2008). Plastikler düşük yoğunluklu, dayanıklı, istenen şekilde şekillendirme özelliğine sahip ve düşük maliyetinden dolayı daha fazla alanda kullanılmaya başlanılmıştır. Son 30 yılda üretimi

inanılmaz boyutlara ulasan plastik, çok daha ucuza üretilebildiği için birçok sektörde ahşap, cam ve metal ambalajın yerini almıştır. Günümüzde plastikler, otomotiv ve endüstriyel uygulamalar başta olmak üzere tıbbi ilaçların dağıtımında, sağlık uygulamalarında, bakterilerin bertarafında, halı üretiminde ve her türlü boru, pencere malzemesi, paketlenme, oyuncak ve mobilya gibi değişik ürünlerin/malzemelerin elde edilmesi gibi çeşitli alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Karamangil, 2008).

Plastik benzeri maddelerle ilk olarak 1851 yılında sert kauçuğun icat edilmesiyle karşılaşmıştır. Daha sonra 1862 yılında Alexander Parkes Londra'da uluslararası bir konferansta sert kauçuğa benzeyen fakat daha ucuza üretilebilen bir madde sergilemiştir. Avrupa ve ABD'nin yapmış olduğu çalışmalarla birlikte Alexander Parkes'in üretmiş olduğu madde geliştirilerek 1920 yılında naylon ve de 1927 yılında plastik kavramı ortaya çıkmıştır (Eraslan ve diğ., 2006).

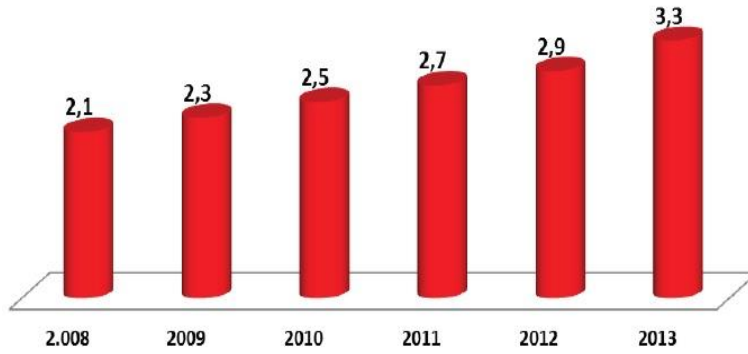
1950'li yıllara gelindiğinde ise plastik ambalaj kavramı ortaya çıkmış ve ambalaj sektöründe çok aranılan hammadde haline gelmiştir. 1980'li yıllarda ambalaj sanayinde hammadde arayışları sona ermiş ve sektörde bu hammaddeleri geliştirme dönemine geçilmiştir (Demircioğlu, 2003). 1950'lerde 1,5 milyon ton olan yıllık plastik üretimi 2000' li yılların başında yaklaşık 280 milyon tona ulaşmıştır (Plastics Europa, 2012). Ülkemiz' de 2011 yılında plastik sektörünün toplam mamül üretimi 6,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (PAGEV, 2012).



**Şekil 2.9:** 2012 yılı sektörler itibariyle plastik malzeme üretimi(PAGEV, 2012).

Şekil 2.9’da, 2012 yılında Ülkemizde üretilen plastik malzeme miktarlarının sektörler göre dağılımları verilmiştir. Şekil 2.9’a göre plastik malzemelerin en çok kullanıldığı sektör 2.980.000 ton ile ambalaj sektörü olduğu görülmektedir (PAGEV, 2012).

Şekil 2.10’da ise Ülkemiz’ de üretilen plastik ambalaj malzeme miktarının yıllara göre değişimi verilmiştir. (PLASFED, 2013).



**Şekil 2.10:** Plastik ambalaj malzemeleri üretimi (milyon ton).

Tablo 2.13’de bazı ülkelerde 2010 yılı kişi başı tüketilen plastik malzeme miktarları verilmiştir. Plastik tüketiminde Dünya ortalaması kişi başı 23 kg iken, Ülkemiz’ de bu rakam 65 kg olarak gözükmektedir.



**Tablo 2.13:** 2010 yılı ülkelere göre kişi başı plastik tüketimi (PAGEV, 2012).

Ülkeler	Kg
USA	98
Japonya	85
Batı Avrupa	75
Türkiye	65
Brezilya	21
<b>Dünya Ortalaması</b>	<b>23</b>

Plastik ambalaj mamulleri üretimi, Dünya’ da bu sektörde söz sahibi ülkelerin toplam plastik mamul üretimleri içinden %40 ile %53 arasındaki oranlarda pay almaktadır. Dünya ortalaması ise %46 düzeyindedir. Ülkemiz’ de ise %40 oranında bir paya sahiptir (PLASFED, 2013). 2013 yılı Dünya plastik ambalaj sektörünün toplam plastik sektörü içindeki payları Tablo 2.14’de verilmiştir.

**Tablo 2.14:** 2013 yılı Dünya plastik ambalaj sektörünün toplam plastik sektörü içindeki payı (PLASFED, 2013).






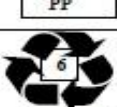

Ülkeler	% Pay	Ülkeler	% Pay
Romanya	53	İran	48
ABD	53	Rusya	47
Bulgaristan	52	Avrupa	47
Güney Afrika	51	Orta ve Doğu Avrupa	46
İsrail	51	Hindistan	45
İtalya	50	Almanya	45
Endonezya	50	Irak	45
S. Arabistan	49	Polonya	45
Orta Doğu	49	Macaristan	44
Kanada	49	Çek Cumhuriyeti	43
Fransa	49	Çin	40
B. Avrupa	48	Türkiye	40

Plastik Sanayicileri Federasyonu’nun (PLASFED) (2013) “Plastik Ambalaj Mamulleri Sektör İzleme Raporu”na göre (Tablo 2.15) dünya plastik ambalaj mamulleri üretiminin 124 milyon ton olarak gerçekleştiği ve toplam plastik mamuller içinden %46 pay aldığı görülmektedir. Türkiye, 2013 yılında 8,1 milyon ton üretimle dünya toplam plastik mamul üretiminde Dünya yedincisi ve AB ikincisi iken, plastik ambalaj mamullerinde 2013 yılında 3,24 milyon ton üretimle dünya toplam üretiminden %2,6 pay alarak Dünya sıralamasında dokuzuncu, AB ülkeleri içinde de Almanya ve İtalya’dan sonra üçüncü sıraya yerleşmiştir.

**Tablo 2.15:** 2013 yılı Dünya plastik ambalaj malzemeleri üretimi (PLASFED, 2013).

Ülkeler	Toplam Plastik Sektörü içinde Ambalaj Sektörünün Payı-%	Plastik Ambalaj Malzemeleri Üretimi (1000 ton)	Dünya plastik Ambalaj Üretimi içindeki payı-%
Çin	40	28800	23,2
ABD	53	22260	17,9
Almanya	45	6750	5,4
S. Arabistan	49	6125	4,9
Hindistan	45	5175	4,2
İtalya	47	4000	3,2
Tayland	40	3995	3,2
Brezilya	50	3360	2,7
Türkiye	40	3240	2,6
Fransa	49	3185	2,6
10 Ülke Toplamı	45	86890	69,9
Diğerleri	44	37338	30,1
<b>Toplam</b>	<b>46</b>	<b>124228</b>	<b>100</b>

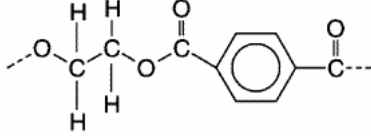
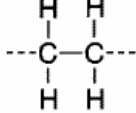
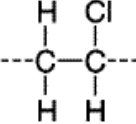
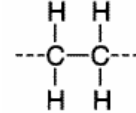
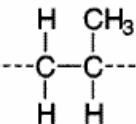
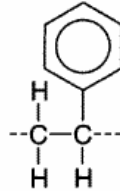
Plastik ürünlerin kullanımının artmasıyla 1987 yılında Plastik Endüstri Birliği tarafından plastikleri tanımlayıcı kodlar geliştirilmiştir. Buna göre; 7 tür plastik teşhis etme kodu vardır. Şekil 2.11’de plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar ve isimleri verilmektedir. Bunlar, polietilen terfelat (PET veya PETE veya PE), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polivinil klorür (PVC), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), polipropilen (PP), polistiren (PS) ve diğerleridir (Sevecan ve Vaizoğlu, 2007).

DÖNÜŞÜM NO	KISALTIMA	POLİMER İSMİ
	PETE veya PET	Polietilen terfelat
	HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
	PVC	Polivinil klorür
	LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
	PP	Polipropilen
	PS	Polistiren
	Diğer	Akrilik, polikarbonat, naylon dâhil diğer plastikler.

**Şekil 2.11:** Plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar (Sevecan ve Vaizoğlu, 2007; Stevens, 1999).

Tablo 2.16’da en yaygın olarak kullanılan 6 plastik türünün kimyasal formülleri ve önemli özellikleri yer almaktadır. Tablo 2.17’de ise plastik ambalajların en yaygın olarak kullanıldığı alanlar verilmiştir.

**Tablo 2.16:** Plastiklerin kimyasal formülleri ve özellikleri (Karamangil, 2008; Öztürk, 2005).

Plastik Cinsi	Kimyasal Formülü	Özellikleri
PET		PET, etilen glikol ve tereftalik asitin yoğunlaştırılması ile elde edilir. Yoğunluğu 1,33 –1,38 gr/ml'dir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 60 °C'dir. Orta sertlikte bir plastiktir. En çok kullanılan plastiklerden biridir. 250 °C gibi yüksek erime sıcaklığına sahip bir plastiktir.
HDPE		HDPE nispeten düz bir zincir yapıya sahiptir. Yoğunluğu 0.94 – 0.96 gr/ml'dir. Doğal olarak süt rengi görünümündedir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 120 °C'dir. Yarı saydam veya renklidir. Orta sertlikte ve dayanıklı bir plastiktir. En çok kullanılan plastiklerden biridir.
PVC		PVC vinil klorürden üretilmektedir. Yoğunluğu 1,32 – 1,42 gr/ml'dir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 70 °C'dir. Sert ve esnek olmak üzere iki tür PVC malzemesi vardır. Parlak yüzeye, iyi fiziksel özelliğe ve kimyasal dirence sahip bir plastiktir. Uzun süre kararlı kalır, yanmaya dayanıklı ve iyi bir yalıtım özelliğine sahiptir. PVC, % 43 etilen ile % 57 klor içermektedir. PVC yakıldığı zaman çok asidik özelliğe sahip hidrojen klorür gaz kirleticisi yanında kanser yapıcı dioksin ve furan gibi kirleticiler açığa çıkmaktadır. Aynı zaman da çok asidik koku yaymaktadır.
LDPE		Düşük yoğunluklu polietilendir. Yoğunluğu 0,91–0,93 gr/ml'dir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 80 °C'dir. Erime sıcaklığı 120 °C'dir. Esnek, yumuşak, kolay kesilebilir ve buruşmaz özelliğe sahip bir plastiktir.
PP		Yoğunluğu 0,90 – 0,92 gr/ml. arasında değişir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 135 °C'dir. Yarı saydam, suda yüzebilen fakat köpük olmayan bir plastiktir. Kimyasal maddelere, ısıya ve aşırı yorulmaya dayanıklı bir maddedir. Orta sertliğe ve parlaklığa sahip plastiklerdir. Paketlemede kullanılan plastiklerin en düşük yoğunluklu olanıdır. PP yavaş yanar, yanan bir yakıt gibi kokar.
PS		Yoğunluğu 1,03–1,06 gr/ml arasında değişmektedir. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 70 °C' dir. Rijit ve köpük olabilir, çok yönlü ve amaçlı kullanılan bir plastiktir. Oldukça sert, kırılğan ve parlak bir plastiktir. Nispeten düşük erime noktasına sahip çok pahalı olmayan bir reçinedir. Polistiren hızlı yanar, kuvvetli gaz kokusu yayar, önemli miktarda kurum üretir.

**Tablo 2.17:** Plastik Ambalaj Atığı Cinsleri ve Kullanım Alanları (Öztürk, 2005; Stevens, 1999).

Plastik Cinsi	Kullanım Alanları
PET(1)	Çeşitli boyutlarda içme suyu, gazlı içme suyu, meyve suyu ve bitkisel yağ şişeleri, fıstık yağı kavanozu, salata kapları
HDPE(2)	Plastik tüpler, atık torbaları, kâseler, kablo yalıtımı, ince taşıyıcı torbalar ile süt, su, meyve suları, sıvı deterjanlar, motor yağları, çamaşır suları, şampuanlar, parfüm ve losyon kapları
PVC(3)	Bitkisel yağlar ve şampuan şişeleri, çamaşır suyu ve şeffaf sıvı deterjan kapları, sıvı motor yağı şişeleri, pencere temizleme ürünleri, ketçap şişeleri, yumuşak oyuncaklar, elektriksel yalıtımlar, çatı malzemeleri, borular ve pencere çerçevesi malzemeleri, inşaat, döşemeler
LDPE(4)	Çöp torbası, ekmek ve sandviç torbası, gıda kutusu, bakkal torbaları, margarin tüpleri, çeşitli kavanozların esnek kapakları, ambalaj filmi, tel ve kablo yalıtımı, oyuncaklar, evsel kullanım amaçlı esnek şişeler, tel ve kablo yalıtımı, film ve levha
PP(5)	Margarin tüpleri, ketçap şişeleri, cips ve bisküvi için poşetler, yoğurt kapları, sandalyeler, otomobil ve yedek parçaları, mobilya, ipler, halı dokuma
PS(6)	Video ve ses kaset kapları, çatal ve bıçak takımı, su bardağı, ambalaj(köpük ve film), köpüklü yalıtım aletleri, ev eşyaları

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ambalaj ve ambalaj atıkları istatistiklerine göre 2012 yılında 1.377.841 ton plastik ambalaj üretildiği, bunun 908.674 tonunun piyasaya sürüldüğü belirtilmiştir. Aynı yıl içinde geri dönüştürülen plastik ambalaj atık miktarı ise 372.246 ton olarak açıklanmıştır. 2012 yılında piyasaya sürülen plastik ambalajların geri dönüşüm oranını %41 olarak gerçekleştirmiştir (ÇŞB, 2012).

### 2.2.2.3. Metal Ambalaj Atıkları

Gıdanın metal ambalajla tanışması ise Napolyon Bonaparte sayesinde 1795 yılında olmuştur. Napolyon Bonaparte ordusu için gerekli olan yiyecekleri daha uzun süre muhafaza edebilmeyi başarana ödül vermesi üzerine Parisli Nicholas Appert kalayla basılmış teneke kutuların sterilize edildikten sonra uzun süre gıdanın muhafaza edilebileceğini kanıtlamış ve böylece metal kutular kullanılmaya başlanmıştır (Dabak, 2009).

1847 yılında teneke kutular makine ile üretilmeye başlanmış, 1880-1890 yılları arasında ise ilk otomatik teneke kutu imalatı gerçekleştirilmiş ve üretim büyük oranda artmıştır. 1898 senesinde George W. Cobb Preserving firması ilk kez steril teneke kutu üretimi gerçekleştirmiştir. Günümüzde çok çeşitli alanlarda kullanılan aerosol kutular 1922 yılında Eric Rotheim tarafından icat edilmiştir. 1957 yılında alüminyumun teneke ambalajlarda kullanılmasıyla yeni bir dönem başlamıştır ve 1965 yılında itibaren içecekler alüminyum kutularda üretilmeye başlanmıştır (Dabak, 2009).



Şekil 2.12: İlk metal bira kutuları (Aydar, 2010).

Metal ambalaj malzemesi özellikle sıvı ve konserve gıda ürünleri için idealdir. Teneke ve alüminyum, ambalajlamada en çok tercih edilen metal malzeme cinsleridir. Bu tip malzemelere lehim ve kaynak gibi işlemler rahatlıkla yapılabilen olup işlenmesi son derece kolay olmaktadır. Ayrıca ürünü ışık, nem ve darbe gibi etkilerden korumakta olup üzerine baskı yapılabilir (Çakıcı, 1987).



Şekil 2.13: Alüminyumdan üretilen metal içecek kutu örnekleri.

Metal kutular yaygın olarak içecek ve gıda için ambalaj olarak kullanılmaktadırlar. Bu amaçla en çok kullanılan metal ise teneke'dir. Teneke çok ince çelik sacın, yine çok ince kalayla kaplanması sonucu elde edilmektedir. Kalay kaplamanın kalınlığı korozyona karşı koruma fazlalığına göre değişken olabilir. İçindeki ürünün korozyon yaratma özelliği fazlaysa, kaplama iç yüzeyde biraz daha kalınlaştırılarak korozyona karşı olan direnç sağlanmış olur (Calver, 2004). Bunların dışında metal ambalajların sahip olduğu özellikler arasında çok iyi mekanik özellik göstermesi, içerdiği ürünün raf ömrünü uzatması, yüksek sıcaklıklara dayanması, içerdiği ürünü çabuk soğutması, hafif olması,

hızlı ve verimli şekilde dolum yapılabilmesi yer almaktadır. Metal ambalajların geri dönüşümünü sağlamak da oldukça kolaydır (Alpakın ve Arıkan, 2007).

Ülkemiz de 2012 yılında 270.780 ton metal ambalaj üretilmiş olup, bunun 141.333 tonu piyasaya sürülmüştür. Piyasaya sürülen metal ambalajların ise toplamda 80.917 tonu geri kazanılarak %57 oranında bir oran tutturulmuştur (ÇŞB, 2012).

#### **2.2.2.4. Cam Ambalaj Atıkları**

Cam insanoğlunun keşfettiği ve ürettiği en eski suni maddelerden biridir. Şimdiye kadar arkeolojik kazılarda bulunan en eski cam ürün M.Ö. 5500 yıllarına ait olup, Mısır'da bulunmuştur (TOBB, 2012).

Cam ambalajın ana maddesi kumdur. Kumun eritilmesinden oluşan madde, soda, çeşitli mineraller ve cam kırıkları karıştırılarak fırınlanır. Fırında eritilmiş bu karışım kesilip kalıplanarak cam ambalajlar(şişeler ve kavanozlar) oluşturulur (Anadolu Cam, 2014). Normalde sert bir malzeme olan cam aslında soğutularak sertleştirilmiş bir akışkandır ve kirlenmeden ya da nüfuz etmeden çok farklı malzemeleri içinde bulundurabilir. Bu teknik üstünlüğü onu ürünlerin bozulmaya karşı korunmasında ideal bir ambalaj haline getirmektedir (Aydar, 2010).

Cam ambalajın diğer ambalaj türlerine göre birtakım üstün özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikleri; çevre dostu olması, hammaddesinin %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, ürünün tat ve lezzetini etkilememesi ve her türlü gelişime açık olması şeklinde sıralayabiliriz (Bekçi ve Beltan, 2005).

Cam ambalaj, özellikle sıvı ve yarı sıvı mamullerin ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Kozmetik, kimya ve ecza sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Doldurma ve taşıma esnasında fazla kayıp vermesi ve ağırlığı nedeniyle taşıma masraflarının yüksek oluşu cam ambalajının dezavantajları olarak göze çarpmaktadır (Delibaş, 2010).

Dünya yıllık cam üretim kapasitesinin miktar olarak yaklaşık 180 milyon ton, değer olarak da 130-140 milyar \$ düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim

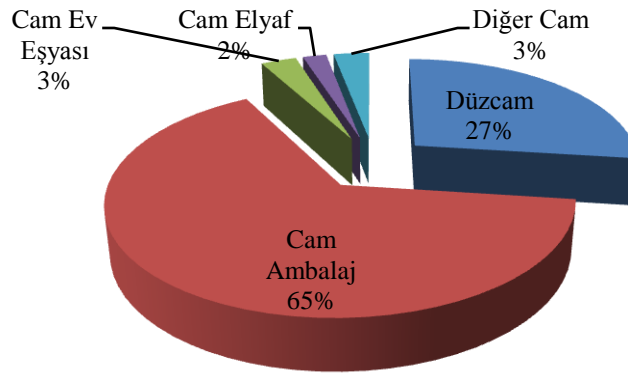
kapasitesinin miktar olarak, %45'ini düz cam, %44'ünü cam ambalaj, %11'ini cam ev eşyası, cam elyaf ve diğer camlar oluşturmaktadır (TOBB, 2012). Dünya yıllık cam üretim kapasitesi ve yüzdeleri Tablo 2.18'de verilmiştir.

**Tablo 2.18:** Dünya yıllık cam üretim kapasitesi ve yüzdeleri (TOBB, 2012).

Cam Çeşitleri	Üretim Kapasitesi (Milyon Ton)	Pay (%)
Düz Cam	81,0	45
Cam Ambalaj	79,0	44
Cam Ev Eşyası		
Cam Elyaf	20,0	11
Diğer		
<b>Toplam</b>	<b>180</b>	<b>100</b>

79 milyon ton üretim kapasitesi ile dünya cam üretiminin %44'ünü oluşturan cam ambalaj sanayi yaklaşık %2 düzeyinde bir yıllık büyüme sergilemektedir. Dünya cam ambalaj pazarı 2011'de 33,1 milyar \$ düzeyinde olmuş, 2012'de pazarın 34,8 milyar \$'a ulaştığı, 2013'de ise 37 milyar \$'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (TOBB, 2012).

28 üyeli Avrupa Birliği, dünya cam üretiminde %30 düzeyinde bir paya sahip olup, 2012 yılında toplam AB üye ülkelerinin üretiminin %65'ini cam ambalaj, %27'sini düzcam, %3'ünü cam ev eşyası, %2'sini cam elyaf ve %3'ünü diğer camlar oluşturmaktadır (CPIV, 2012; GAE, 2012). Şekil 2.14'de bu oranlar gösterilmektedir.



**Şekil 2.14:** AB-28 Cam Üretimi, 2011 (CPIV, 2011; GAE, 2012).



28 üyeli Avrupa Birliği'nde yıllar itibariyle üretilen cam çeşitleri ve miktarları Tablo 2.19'da gösterilmektedir. Tablo 2.19 incelendiğinde üretimin, büyük çoğunluğunu cam ambalaj malzemesinin oluşturduğu açıkça görülmektedir.

**Tablo 2.19:** AB-28 Yıllar İtibariyle Cam Üretimi (1000 ton) (CPIV, 2012; GAE, 2012).

Yıllar	Düzcamlar	Cam Ambalaj	Cam Ev Eşyası	Cam Elyaf	Diğer Cam	Toplam
2012	8.633	20.321	1.006	634	887	31.481
2011	9.514	20.788	1.090	831	1.031	33.254
2010	9.405	19.957	1.016	713	1.005	32.096
2009	8.965	19.366	1.041	476	946	30.794
2008	9.865	21.270	1.440	823	966	34.364
2007	10.119	21.621	1.547	821	1.214	35.322
2006	9.981	20.967	1.526	796	1.162	34.432

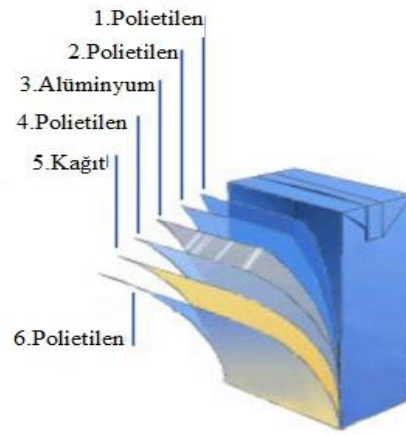
Ülkemiz cam sanayinin üretim kapasitesi yaklaşık 3,5 milyon tondur. Ülkemiz üretim kapasitesinin %90'ı Şişecam tarafından karşılanmaktadır. Şişecam'ın yurtiçi ve yurtdışı toplam üretim kapasitesi 4,7 milyon tona yaklaşmaktadır. Düzcamlar, cam ev eşyası, cam ambalaj, cam elyaf gibi ana üretim alanlarındaki yurtiçi mevcut kapasitesi 3,0 milyon tondur. Yurtiçi üretim kapasitesinin %50'si düzcamlar, %32'si cam ambalaj, %16'sı cam ev eşyası, kalan yaklaşık %2'lik kesim de cam elyafı kapasitesinden oluşmaktadır. Sektörde en büyük üretici olan Şişecam 150 ülkeye ihracat yapmaktadır (BSTB, 2011). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın verilerine göre 2012 yılında piyasaya 497.599 ton cam ambalaj sürüldüğü, sürülen bu miktarın ise 127.751 tonunun geri kazanıldığı belirtilmiştir (ÇŞB, 2012).

#### **2.2.2.5. Kompozit Ambalaj Atıkları**

İki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere "kompozit malzeme" denir. Başka bir deyişle birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzemeler olarak da adlandırılabilir (Pietikainen, 2008).

Özellikle gıda ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılan kompozit malzemelerin mekanik yöntemlerle bileşenlerine ayrılması mümkün değildir. Kompozit ambalajlar, içerdikleri bileşen yüzdesine göre; kağıt-karton ağırlıklı, metal ağırlıklı, plastik ağırlıklı

olmak üzere başlıca 3 tür olarak sınıflandırılmaktadırlar (Enç ve diğ., 2012) . Tetrapak olarak bilinen kağıt-karton ağırlıklı kompozit ambalajlar, özellikle sıvı gıda ürünlerinin uzun süreli muhafazası için tercih edilmekte ve bugün dünyada oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Enç ve diğ., 2012) . Gıda sektöründe ve özellikle sıvı gıdaların uzun süreli muhafazası için yaygın olarak kullanılan kompozit içecek kartonları %75 oranında kağıt, %20 oranında polietilen ve %5 oranında alüminyum içeriğine sahiptir (Ayrılmış ve diğ., 2008). 6 katmandan oluşan malzemenin bileşenleri Şekil 2.15’de verilmiştir (Pietikainen, 2008).



**Şekil 2.15:** Tetrapak kutusu bileşenleri (Pietikainen, 2008).

Meşrubat ve içecek kartonları olarak adlandırdığımız bu ambalaj türü geri dönüştürülebilmektedir. Bu tür içecek kartonlarının atıkları küçük parçalara ayrılır ve yüksek ısıda baskıya dayanıklı levhalar haline getirilebilir. Geri dönüşüm işlemi sonucunda bu levhalardan masa, sandalye ve dolap gibi mobilyalar üretilebilir veya bunları inşaat sanayinde yardımcı malzeme olarak kullanmak mümkün olmaktadır (Yalçın, 2011).



**Şekil 2.16:** 1951’de üretilen tetrahedron formlu ilk lamine karton süt ambalajı (Fiell ve diğ., 2000).

Tablo 2.20’de Ülkemiz’ de 2010-2012 yılları arasında üretilen, piyasaya sürülen kompozit ambalaj miktarları ve geri dönüşüm oranları verilmiştir.

**Tablo 2.20:** Yıllar itibariyle Türkiye’de oluşan kompozit ambalaj miktarları ve geri dönüşüm oranları (ÇŞB, 2011; 2012; 2013).

Yıllar	Üretilen Kompozit Ambalaj Miktarı (ton)	Piyasaya Sürülen Kompozit Ambalaj Miktarı (ton)	Geri Dönüştürülen Miktar (ton)	Gerçekleşen Geri Dönüşüm Oranı (%)
2010	85.520	67.070	47.502	37
2011	91.001	68.756	70.715	103
2012	103.093	86.973	76.610	88

## 2.3. AMBALAJ ATIKLARININ KONTROLÜ VE YÖNETİMİ

### 2.3.1. Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayrı Toplanması

Su, hava ve toprak kirliliği ile sera gazı emisyonlarını minimize etmek, kaynakların sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla ambalaj atıklarının geri dönüşümü günümüzde daha bir önem kazanmıştır.

Ülkemizde ambalaj atıklarının toplanması veya toplattırılması görevi 24.08.2011 tarihli ve 28035 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nce ilçe belediyelerine verilmiştir. Bu yönetmeliğe göre ilçe belediyeleri, ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplamak veya toplattırmakla, bu iş için toplama ayırma tesisi kurmak/kurdurmak, işletmek/işlettirmekle ve kurduğu tesislere çevre lisansı/geçici faaliyet belgesi almak/aldırmakla, ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması için ambalaj atıkları yönetim planını hazırlamakla yükümlüdür. Yönetmeliğe göre ambalaj atıkları yönetim planı;

Ambalaj atıklarının biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrılması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılması faaliyetlerinin çevre ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmesine yönelik olarak yapılacak çalışmalar ile bu çalışmaların kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağını belirlemektedir (AAKY, 2011).

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanarak geri dönüşümünün sağlanması etkin bir atık yönetimi açısından oldukça önemlidir. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne (2011) göre kaynaktan ayrı toplama; ambalaj atıklarının bulunduğu noktada diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmesi ve toplanması şeklinde ifade edilmiştir (AAKY, 2011).

Ambalaj atıkları hammadde niteliği taşımakta olup bu atıklar diğer atıklarla ne kadar az kontamine olursa toplama-ayırma tesislerinde ayrıştırılması o kadar kolay olmaktadır. Bu durum aynı zamanda malzemenin kalitesini olumlu yönde etkileyerek ayrıştırma sürecini azaltmakta ve işletme maliyetlerini düşürücü bir rol oynamaktadır. Bu şekilde hem endüstrinin hammadde ihtiyacı azalmakta, endüstriye ekonomik şekilde hammadde temin edilmekte, hem de hammadde üretimi için harcanan enerji, su vb. tüketimi azalmaktadır. Ayrıca bu atıkların yoğunluğu genellikle çok düşük olduğu için, büyük bir çöp hacmini oluşturmaktadır. Değerlendirilebilir atıkların ekonomiye geri kazandırılmasıyla, depolama sahalarına giden atık hacmi önemli mertebede azalmakta ve depolama sahalarının ömrünün uzatılması sağlanmaktadır (Ak, 2009).

Atıkların kaynağında ayrı toplanması işlemlerinde hane halkının yaklaşımı önem taşımaktadır. Apaydın ve diğ. (2011) hane halkının kaynaktan ayırma çalışmalarına yaklaşımını belirlemek amacıyla İstanbul'un Üsküdar ve Beşiktaş ilçelerinde 200 farklı hane halkına yönelik anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmasında hane halkına seçenekli toplam 19 farklı soru yöneltilerek istatistiksel olarak değerlendirme yapılmış ve hane halkının ilçelerindeki çevre problemleri hakkındaki görüşleri analiz edilmiştir. Katı atıkları kaynaktan ayırma çalışmalarına "gönüllü" olarak katılacağını beyan eden hane halkı oranı Üsküdar'da %33, Beşiktaş'ta %27 olarak belirlenmiştir. Katı atıkların kaynaktan ayrılması çalışmalarına "kanuni zorunluluk olursa" katılacağını beyan eden hane halkı oranı ise Üsküdar'da %48, Beşiktaş'ta ise %35 olarak belirlenmiştir.

Ambalaj atıklarının ne şekilde hangi kurumlar tarafından toplanacağı, üretici ve tüketicilerin sorumlulukları Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde (2011)

açıkça belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre ambalaj atığı üreticileri, ambalaj atıklarını, bağlı oldukları belediyenin ambalaj atıkları yönetim planına uygun olarak, diğer atıklardan ayrı biriktirmek ve belediyenin toplama sistemine bedelsiz vermekle yükümlüdür. Sağlıklı bir geri dönüşüm sisteminin oluşturulması için ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması esastır. Ambalaj atıklarının bu Yönetmelikte tanımlanan toplama sistemi dışında bir yöntemle toplanması ve ayrılması yasaktır. Bu yönetmeliğe göre ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplamak veya toplattırmak görevi belediyelere verilmiştir. Bu kapsamda ambalaj atıkları üretildiği yerde üreten tarafından çöplerden ayrı şekilde uygun ekipman ( ambalaj atığı toplama poşeti, kutusu, konteynırı veya kumbarası) içerisinde biriktirilmelidir. Ayrı biriktirilen ambalaj atıkları ilgili belediyenin ambalaj atıkları yönetim planı çerçevesinde uygun gün ve saatte toplanarak ayırma tesisine taşınır.

### **2.3.2. Ambalaj Atıklarının Taşınması**

Ambalaj atıklarının taşınmasında kullanılan araçlar sıkıştırmasız ve sıkıştırmalı taşıma araçları olmak üzere iki çeşittir. Taşıma araçları her ülkenin karayollarına çıkabilecek taşıtlar ile ilgili yönetmeliklerine göre tasarlanmaktadır. Bu araçlar atıkları minimum maliyetle taşınmalı, atıkları taşıma sırasında tamamı kapalı olmalı, araç kapasiteleri müsaade edilen ağırlık limitlerini geçmemeli, çevreye rahatsızlık vermeyecek şekilde tasarlanmalı, temiz olmalı ve atık boşaltmada kullanılan yöntem açısından basit ve güvenilir olmalıdır (Yaman, 2007).

İstanbul ili içerisinde bazı belediyeler, sıkıştırmalı araçlar kullanırken bazıları ise kullanmamaktadır. Sıkıştırmalı aracın, sıkıştırmasız araca göre en büyük avantajı daha fazla ambalaj atığı toplama kapasitesine sahip olmasıdır. Ancak; sıkıştırmalı araçlarda %75 ten fazla sıkıştırma kullanılması halinde, hem toplanan karışık ambalajın preslenmesi hem de karışık ambalaj içerisinde bulunan cam ambalajların kırılması söz konusudur ve bu durum tesise giden karışık ambalajın cinslerine göre ayrılmasında problem yaratmakta, hem de kırılan cam parçalarının ayırma personelinin zarar vermesine sebep olmaktadır. Sıkıştırmalı araçların en büyük faydalarından biri de toplama ayırma tesislerine yapılan sefer sayılarını azaltmasıdır. Bu sayede zamandan tasarruf sağlanarak yakıt maliyetlerini düşürebilmek mümkün olmaktadır (Küçük, 2010).

Ambalaj atıklarının taşınması ve transferi sırasında en ekonomik güzergahın tespit edilmesi amacıyla optimizasyon çalışmaları yapılmalıdır. Taşıma ve dur-kalk maliyetlerinin en aza indirilmesi için en önemli husus, gidilecek mesafenin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Bunun için, mümkün ve gerekli olan tüm yol alternatiflerinin maliyetleri hesaplanmalıdır. Bu maliyet hesabında, hem yol uzunluğu, hem de araçların hızları önemlidir. Araç hızları ara sokaklarda 30 km/saat, şehir dışı tali yollarda 35 km/saat, şehir dışı yollarda 45 km/saat, otoyollarda 60 km/saat ortalama değerlerle ifade edilebilmektedir. Optimizasyon hesaplarında, atık toplama aracının uğraması gereken tüm sokaklardan geçmesi için uygun en kısa yol hesaplanır. Bunun için iki yaklaşım mümkündür (Armağan ve diğ., 2006):

**Uğrama Noktalarına Dayanan Yaklaşım;** Bu yaklaşımda, atık toplama aracının çöp bırakılan tüm noktalara uğraması şarttır fakat hangi yoldan geçeceği önemli değildir. Optimizasyonda, kat edilecek toplam mesafeyi asgari seviyeye çeken güzergâh belirlenir. Bu yaklaşım, özellikle büyük konteynırlı ve birden fazla konteynır ile çalışan değiştirmeli toplama sisteminin kullanıldığı haller için önemlidir. Bu durumda, birkaç noktada büyük hacimli konteynırlar bulunmakta, toplama aracı ise bunların birkaç tanesini toplamak zorunda kalmaktadır. Fuar, pazar, ticaret merkezi gibi yerlerden de atık toplama optimizasyonu da bu yaklaşıma göre yapılmalıdır. (Armağan ve diğ., 2006).

**Geçilecek Yollara Dayanan Yaklaşım;** Bu yaklaşımda atık toplama aracı, bir meskun ya da ticari bölgenin her sokağına sadece bir kere uğradığı var sayılmaktadır. Zaman kayıplarını engellemek için, aracın mümkün olduğu mertebede bir yerden iki kere geçmesi önlenmelidir. Burada, güzergâh alternatifleri toplam yol uzunluğu hesaplanarak belirlenir. Bu yaklaşımda atık toplama aracının kapasitesi yine sınırlayıcı faktördür (Armağan ve diğ., 2006).

Dur-kalk seferlerinde harcanan zaman yine şehrin mimari yapısı ve toplamada kullanılan kutu/konteynır türüne bağlıdır. Toplu konutlarda toplama yine en kolay, seyrek yerleşimlerde ise en zor olmaktadır. Atık aracının ne kadar az toplama noktası olursa, yani kutu/ konteynır veya poşet bırakma yerleri ne kadar az olursa, dur-kalk kayıpları da o kadar az olur. Bu açıdan, birkaç merkezi noktada büyük hacimli konteynır bulundurmak en mantıklı çözümdür. Diğer açıdan, konteynırlar evlere ne

kadar yakın olurlarsa, konut sakinleri için o kadar caziptir. Atıkları bırakmak için yüz ya da iki yüz metre yürümek zorunda olan kişiler, bu yolu tercih etmeyip atıkları yine sokağa bırakmayı tercih etmektedirler. Bu nedenle konteynırların yerleştirileceği yerler son derece önemlidir. Ayrıca toplama araçlarının seferleri takip edilerek, atık bırakma düzeninin gözden geçirilmesi ve gerekiyorsa yeniden düzenlenmesi gerekmektedir (R&R, 2000).

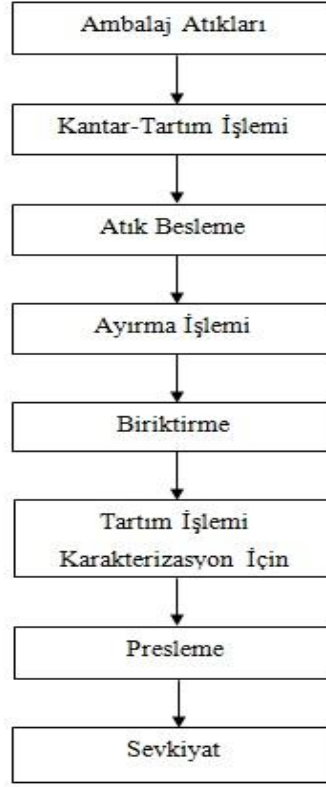
### **2.3.3. Ambalaj Atıklarının Ayrıştırılması**

Ülkemizde, ambalaj atıklarını kaynağında türlerine göre ayırmak pek mümkün olmamaktadır. Ambalaj atıkları büyük oranda diğer evsel atıklardan ayrı bir şekilde fakat kendi içinde (kağıt, karton, metal, plastik, cam ve kompozit) karışık şekilde konteynır, kutu veya poşet gibi toplama ekipmanlarında biriktirilmektedir. Ambalaj atıklarının türlerine göre ayrı biriktirilememesinin başlıca sebepleri arasında, her bir atık türü için gerekli olan toplama ekipmanlarının temininin güç olması, atığın olduğu noktada toplama ekipmanlarının konulması için yeterli alanın temin edilememesi, atık üreticilerinin çoğunlukla ambalaj atıklarını ayrı ayrı biriktirmek istememesi, sokak ve caddelere cam ambalaj atıkları dışında diğer ambalaj atıkları için konteynır yerleştirilememesi ve ambalaj atığı toplama araçlarının atıkları karışık olarak toplamaya göre dizayn edilmesi gelmektedir.

Karışık olarak diğer atıklardan kaynağında ayrı şekilde konteynır ve poşetlerde biriktirilen ambalaj atıkları, ambalaj atığı toplama araçları vasıtasıyla toplama ayırma tesislerine taşınmaktadır. Toplama-ayırma tesislerine karışık olarak getirilen ambalaj atıklarının hammadde olarak tekrardan ilgili sanayiye kazandırılabilmesi için türlerine göre mekanik veya manuel olarak ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırma işlemleri sonunda her bir atık türünün mümkün olduğunca diğer atık türlerinden arınmış ve temiz şekilde balyalama işlemlerinin yapılmış olması gerekmektedir. Atıklar daha sonra türlerine göre geri dönüştürülmek üzere yine lisanslı geri dönüşüm tesislerine sevk edilmektedir.

Kaynağında ayrı toplanan ambalaj atıkları, lisanslı ambalaj atığı toplama araçları ile toplama ayırma tesisine taşınır. Bu tesislere gelen ambalaj atıkları öncelikle kantardan geçerek tesise giren malzeme miktarı kayıt altına alınır. Tesise dökülen ambalaj atıkları iş makinesi vasıtasıyla besleme konveyörüne aktarılır. Ambalaj atıkları besleme konveyöründen ayırma bantlarına doğru ilerler. Ayırma bantlarının iki tarafında

karşılıklı olarak çalışan personeller vasıtasıyla ambalaj atıkları, cinslerine göre elle ayırtılmaya tabii tutulur. Ayırıştırılan malzemeler ilgili biriktirme konteynırlarına aktarılır. Ayırıştırma işlemi bittikten sonra malzemeler cinslerine göre tartılır ve atık karakterizasyonu tespit edilir. Ayırıştırılan atıklar preslenerek değerlendirmek üzere geri dönüşüm tesisine sevk edilir. Ayırıştırma işlemleri Şekil 2.17’de özetlenmiştir.



Şekil 2.17: Ambalaj atığı ayırıştırma işlemleri akım şeması.

#### 2.3.4. Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi

Tabii kaynakların sınırsız olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu kaynakların tükeneceği şüphesizdir. Kaynak israfını önlemenin yanında, hayat standartlarını yükseltme çabaları ve ortaya çıkan enerji krizi ile bu gerçeği gören gelişmiş ülkeler atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması için yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir. Aynı gerçeğin ışığı altında Avrupa Birliği, üye ülkelerde atıkların geri kazanılması şartını getirmiştir (Kocasoy, 1990).

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nde, yetkilendirilmiş kuruluş ile yetkilendirilmiş kuruluşa üye olmayan piyasaya sürenlerin sağlaması gereken, yıllara göre her ambalaj atığı türü ile ilgili geri kazanım hedefleri bulunmaktadır (Tablo 2.21).

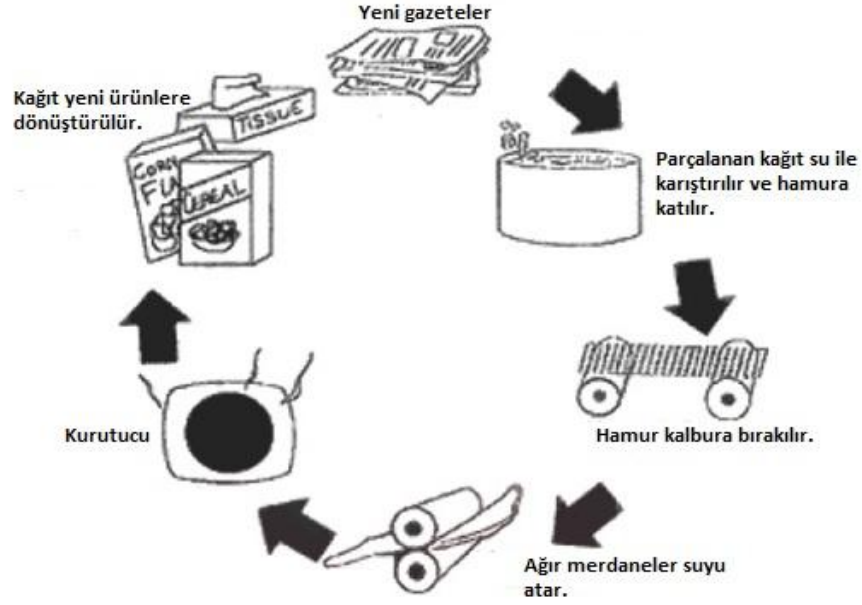


**Tablo 2.21:** Malzemeye göre yıllık geri kazanım hedefleri, %.

Yıllar	Cam	Plastik	Metal	Kağıt/Karton	Ahşap
2005	32	32	30	20	-
2006	33	35	33	30	-
2007	35	35	35	35	-
2008	35	35	35	35	-
2009	36	36	36	36	-
2010	37	37	37	37	-
2011	38	38	38	38	-
2012	40	40	40	40	-
2013	42	42	42	42	5
2014	44	44	44	44	5
2015	48	48	48	48	5
2016	52	52	52	52	7
2017	54	54	54	54	9
2018	56	56	56	56	11
2019	58	58	58	58	13
2020	60	60	60	60	15

#### ***2.3.4.1.Kağıt/Karton Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi***

Ambalaj atıkları içerisinde en yüksek orana kağıt/karton atıkları sahiptir. Bu atıkların geri dönüştürülerek tekrar hammadde olarak kağıt/karton endüstrisinde kullanılması ekonomik açıdan çok önemlidir. Kağıdın tekrar hammadde haline getirilebilmesi için bazı fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Toplanan kağıt ve kartonlar, geri dönüşüm depolarına geldikten sonra içinde istenmeyen türden olan maddeler ayrıştırılır ve daha sonra balyalanır. Balyalanan bu atıklar tekrar kağıt olarak üretilmek üzere kağıt fabrikasına getirilir. Fabrikaya gelen kağıtlar konveyörlerle pulper denilen hamurlaştırıcılara verilir. Pulperlerde sıcaklık genelde 45-50 °C arasında tutulur ve hamurun açılmasını ve mürekkebin ayrıştırılmasını sağlayacak kimyasallar burada eklenir. Atık kağıttan üretilen bu hamurun tekrar kullanılabilir hale gelmesi için, temizleme, mürekkep giderme, yıkama ve sıkma işlemlerinden geçirilmesi gerekir. Pulperde açılan atık kağıt, elekten geçirilerek kaba kirlilikleri alınır. Daha sonra santrifüj temizlemeyle kesif hamur temizleyicilerde ve kademeli temizleyicilerde temizlenir. Temizleme işlemi, hafif kirlilikler olan tutkal ve polietilen türü maddelerin uzaklaştırılmasıyla tamamlanır (Binbaşaran, 2001). Şekil 2.18'de kağıt geri dönüşümünün aşamaları görülmektedir.



Şekil 2.18: Kağıt malzemenin geri dönüşüm şeması (ÇEVKO, 1999).

#### 2.3.4.2. Plastik Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi

Kaynakların etkin kullanımına katkısı ve zamanımızda oluşan çevre bilincinin etkisi ile plastiklerin geri kazanımı oldukça önem kazanmıştır. Bu kaynağın sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için plastik atıkların diğer atıklardan ayrı toplanması, ayrılmış olan plastik atıkların plastik türlerine göre birbirinden ayrılması ve ayrılan bu plastiklerin temizleme, kırma v.b gibi işlemlerle uygulanacak prosese hazırlanması gerekmektedir. Plastik malzemelerin kalorifik değerleri de oldukça yüksektir. Piyasada kullanılan plastiklerin çoğunu geri kazanmak mümkündür. Fakat toplama, kaba temizleme, ayırma, yıkama ve tekrar işleme zorluğundan dolayı mevcut durumda üç tür plastik geri kazanılmaktadır. Bunlar, polietilen tereftalat (PET), yüksek yoğunluklu polietilen(HDPE), polivinil klorür(PVC)'dür (Karamangil, 2008).

Plastik ambalaj atıklarının geri kazanımı için başlıca üç yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar;

a) Mekanik Geri Kazanım; Atık plastiklerden plastiklerin malzeme olarak doğrudan geri kazanılıp tekrar kullanım sürecine sokulmaları (birincil ve ikincil geri kazanım).

Birincil geri kazanım yönteminde atık plastikler mekanik kıyıcılarla boyutları küçültülmekte, orijinal plastiklerle karıştırılıp tekrar işlenmektedir. Özellikle bu yöntemde proses atıkları ve kullanım sonrası atıklardan temiz olarak toplanabilen atıklar

kullanılmaktadır. Bu tip atıkların geri kazanılması ucuz olduğu kadar da basittir. Eğer plastikler herhangi bir madde ile ya da dış etkiler ile kirletilmiş ise, bunlara uygulanacak işlemler daha karmaşık ve pahalıdır (Karamangil, 2008).

İkincil geri kazanım yöntemi ile Ülkemizde daha çok PE ve PET ambalaj atıklarının geri kazanımı yapılmaktadır. Atık plastikten, orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer olmayan ikincil kalitede mamul üretimine yönelik geri kazanımdır. Burada kullanım sonrası kirlenmiş plastik atıkların, eritilerek ekstruderden geçirilmesi esnasında temizleme, kurutma vb işlemlerden sonra bir kıyıcıyla küçük boyutlara getirilerek tekrar işlenmesidir. Bunlar genel olarak imalatta polimerin içine fazla katkı maddesi katılması ve sera örtüleri, gübre torbaları gibi kullanım sonrasında kirlenmeden dolayı kalitesinde düşmeler olan plastik atıklara uygulanmaktadır. İkincil geri kazanım ile elde edilen plastik atıklar genel olarak ikinci sınıf kalitesiz mamullerin üretiminde kullanılmaktadır (UNEP, 1994).

b) Kimyasal Rejenerasyon; Atıkların kimyasal tepkimeye uğratarak, doğrudan plastik olarak değil, kendilerinden elde edilen çeşitli kimyasallara dönüştürülmesi (üçüncül geri kazanım).

Üçüncül geri kazanım, kimyasal geri kazanım olarak da tarif edilmektedir. Bu geri kazanımda temel amaç atık plastiklerden, plastiğin üretildiği polimerin monomerini, orijinal polimerini (veya daha düşük molekül ağırlıklı polimerini) ve diğer amaçlar için kullanılmak üzere çeşitli kimyasal maddelerin üretilmesidir. Bu geri kazanımda, plastik atıklar, ya kendi polimerinin üretimi için monomer üretmek üzere değerlendirilmekte, ya da hammadde ve ara madde olarak kullanılmak üzere çeşitli kimyasallara dönüştürülebilmektedir. Kimyasal geri kazanım yöntemi ile plastik atıkların geri kazanımı üzerinde dünyada son yıllarda birçok araştırma yapılmıştır ve yapılmaktadır (UNEP, 1994).

c) Yakma; Atıkların kontrollü bir şekilde yakılması ile ısı enerjisine dönüştürülmesi (dördüncül geri kazanım).

Plastik atıklardan ısı geri kazanmak için yapılan bir yakma işlemidir. Burada plastik atıklar yakılarak enerjisinden faydalanılmaktadır. Özellikle son yıllarda çıkan çevre kanunları ve diğer yaptırımlar yüzünden en son düşünülmesi gereken bir yöntemdir.

Ayrıca, bir takım üretimlerde potansiyel kaynak olarak kullanılacak böyle bir imkânın değerlendirilmesinde, yakıt olarak düşünülmesi en kötü değerlendirme olarak nitelendirilmektedir (Lacqueline, 1994). Tablo 2.22’de plastiklerin kalorifik değerleri ve diğer yanabilen maddelerde karşılaştırılması verilmektedir.

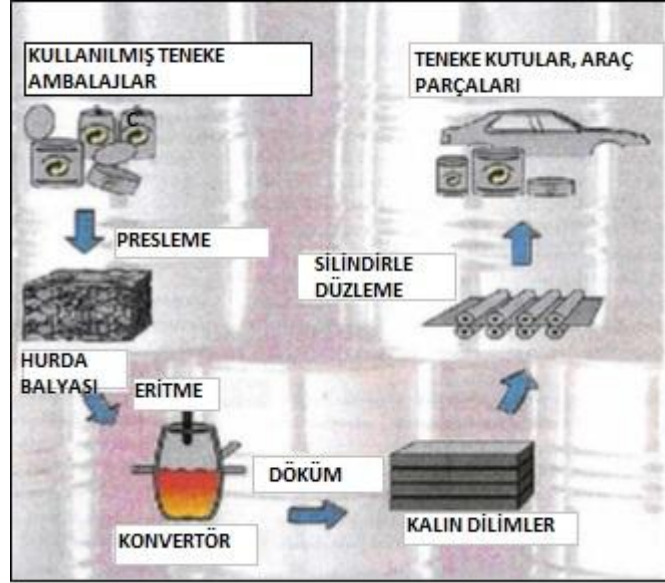
**Tablo 2.22:** Plastiklerin kalorifik değerleri ve diğer yanabilen maddelerle karşılaştırılması (Öztürk, 2005) .

Plastikler	Kalorifik Değerler, Kcal/kg
Polietilen (PET)	11060
Polipropilen (PP)	11030
Polistiren (PS)	9900
Lastik	9900
Gazete	4800
Deri	4000
Odun	3750
Çöp	2500
Gıda Atığı	1450
Fuel-oil	11600
Linyit Kömürü	5330

#### **2.3.4.3. Metal Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi**

Araştırmalara göre metallerin geri kazanılması ile elde edilen enerji, metallerin madenlerden çıkartılması için gereken enerjiden çok daha azdır. Örneğin geri kazanılmış metalden 1 ton alüminyum yapmak için gereken enerji, boksitten yapılacak alüminyum için harcanan enerjinin %4’ü, aynı şekilde bakır bileşimlerinin, geri kazanılması için gereken enerji bu metalin doğal kaynaklardan çıkartılması için gereken enerjinin sadece %13’ü ve demir-çelik için %19’u kadardır (Karagözoğlu ve diğ., 2009).

Evsel atıklarımızdan tekrar kullanabilecek olan malzemelerin başında alüminyum ve demir gelir. Önce, manyetik ayıklama yöntemiyle demir alüminyumdan ayrılır. Daha sonra fabrikada her ikisi için de ayrı ayrı yüksek dereceli sıcaklıklarda (800-1000 °C) eritme işlemi uygulanır. Bunlar sıvı hale geldiklerinde külçe halinde kalıplara dökülür ve hammadde olarak kullanılır (Binbaşaran, 2001). Şekil 2.19’da metal geri dönüşüm akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.19: Metal geri dönüşüm akım şeması.

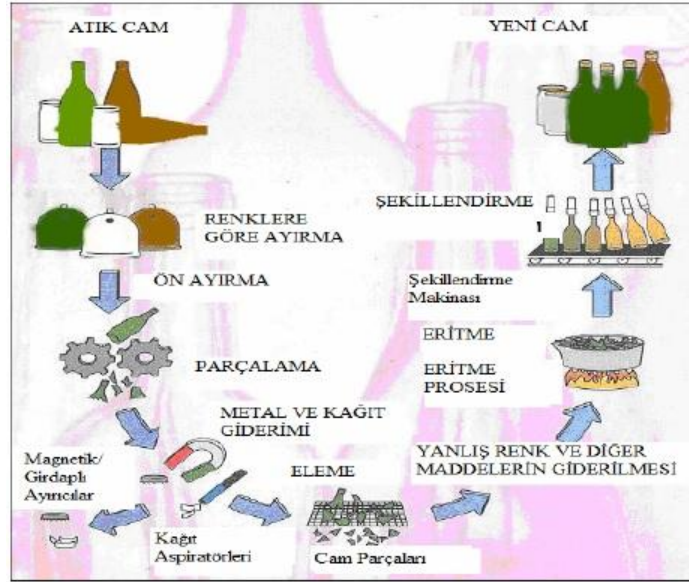
#### 2.3.4.4. Cam Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi

Cam, inert bir madde olduğundan ve direkt olarak çevresel bir tehdit oluşturmadığından, camın geri dönüşümünden elde edilen en büyük fayda enerji tasarrufudur. Günümüzde üretilen camların çoğu (kavanoz, şişe vb.) geri dönüştürülebilirken diğer cam ürünleri ise (pencere camı, ampul, ayna vb.) geri dönüştürülememektedir. Camın geri dönüşümünün atık hacmini azaltmada etkili olmasının yanında yakmaya gönderilen atıklar için de yararlı olmaktadır çünkü camın varlığı yakma prosesine zarar vermektedir (Bagchi, 2004).

Camlar genellikle yeşil, kahverengi ve renksiz cam olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Camlar karışık şekilde bulunan geri dönüştürülebilir atıklar arasından elle ayrıştırılarak geri kazanılmaktadır. Cam ambalajlar tamamen dönüşebilmektedir. Büyük oranda madde kayıpları yaşanmadan tekrar kolay bir şekilde üretilebilirler. Ayrıca yeniden üretime ek olarak kırılmış camlar bitümlü yol kaplamalarında ve depo sahalarının gaz borusu yataklarının üstünde son örtü olarak kullanılabilir (Bagchi, 2004).

Atık camdan yeniden cam üretiminde ilk adım atık cam malzemenin renklerine göre ayrılmasıdır. Renklerine göre ayrılan cam şişe ve kavanozlar yıkama ve temizleme işleminden geçirilir diğer cam atıklar daha sonra kırılarak cam tozu haline getirilmekte, cam tozu, kum, kireçtaşı ve soda külü ile karıştırılarak yüksek sıcaklıkta şekillendirilerek yeni ürünlere dönüştürülmektedir. Camlar eğer renklerine göre

ayrılmamışsa hepsi kahverengi şişe üretiminde kullanılmaktadır (Han, 2008). Şekil 2.20’de cam ambalaj atıklarının hangi aşamalardan geçerek yeni bir ürüne dönüştürüldüğünü anlatan proses akım şeması yer almaktadır.



Şekil 2.20: Cam geri dönüşüm akım şeması.

#### 2.3.4.5. Kompozit Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi

Kompozit ambalaj atıklarını ekonomiye yeniden kazandırmak için bulunan ilk geri dönüşüm yöntemi 1994 yılında başlayan yonga levha yöntemidir. Kompozit ambalaj atıklarının içerdiği bileşenlere ayrıştırılmadan “Termal Sıkıştırma” denilen yöntem ile işlenmesi sonucunda elde edilen levhalar ambalaj, mobilya ve inşaat sektöründe kullanılabilir. Kompozit içecek kutularının %75 oranında içerdiği kağıt elyafının geri kazanım işlemleri (Hidropulping) ise 1998-1999 yıllarında başlamıştır. Bu atıklardan kağıt geri kazanımı sonrasında geriye kalan alüminyum ve polietilen kısımlar ilk başlarda yakıt olarak kullanılmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle beraber artan kalan alüminyum ve polietilen kısımların yeni ürünlere dönüştürüldüğü süreçler geliştirilmiştir (Enç ve diğ., 2012).

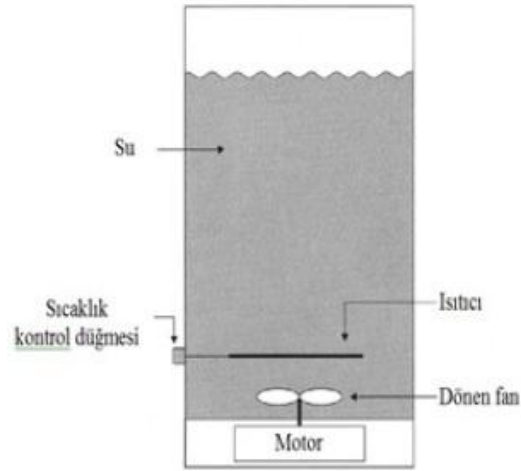
Termal sıkıştırma yönteminde kompozit içecek kutuları bütünüyle işleme tabi tutulur ve elde edilen yeni malzemeye yonga levha ismi verilir. Bu işlem sonrasında geriye herhangi bir malzeme kalmamaktadır. Termal sıkıştırma işleminde kompozit içecek kutuları 5 mm boyutunda parçalanarak preslenir ve ardından teflon kaplı metal plaklarla 170 °C’ ye kadar ısıtılır. Kompozit ambalaj malzemesi içerisinde yer alan %20

dolaylarındaki polietilen nedeniyle termal sıkıştırma işleminde herhangi bir yapıştırıcı malzeme kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Polietilen malzeme termal işlem esnasında eriyerek kağıt ve alüminyum kısımları birbirine bağlamaktadır. Üretilmiş olan plakalar neme dayanıklı ve ses geçirmez özelliklere sahip olmakla birlikte yapıların iç dekorasyonunda, zemin döşemesinde ve ofis mobilyalarında kullanılabilir (Ayrılmış ve diğ., 2008).

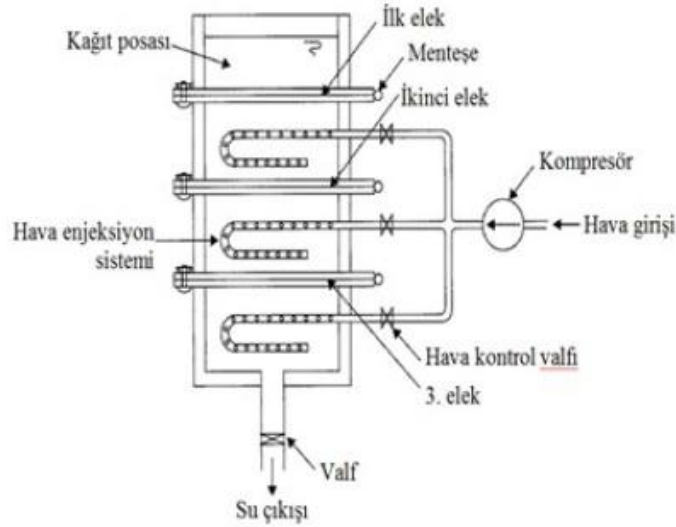


**Şekil 2.21:** Yonga levha kullanım alanlarına örnekler.

Sulu hamurlaştırma dediğimiz hydropulping yönteminde ise kompozit ambalaj kutuları küçük parçalar haline getirilir ve hydropulper denilen bir tank içerisinde sıcak su vasıtasıyla sulu kağıt hamuru haline getirilmektedir (Şekil 2.22). Bu karışım elek içine dökülerek hava enjeksiyon sistemi ile eleklerin tıklanması önlenmekte ve maddelerin birbirinden ayrılması sağlanmaktadır. Daha sonra hava girişi durdurularak alt taraftaki su vanası açılır ve su boşaltma işlemi yapılır. Su boşaltma işlemi sonrasında elekte kalan selüloz lifleri toplanmakta (Şekil 2.23) ve bu lifler kağıda dönüştürülmek üzere fabrikalara gönderilmektedir (Ji-Fei ve diğ., 2009).



Şekil 2.22: Hydropulper şematik çizimi (Haggar, 2010).



Şekil 2.23: Hava enjeksiyonlu screening cihazının şematik çizimi (Haggar, 2010).

## 2.4. AMBALAJ ATIKLARI İLE İLGİLİ MEVZUAT

### 2.4.1. AB Mevzuatı

Avrupa Toplulukları genelinde atık yönetimine ilişkin genel çerçeveyi belirlemek ve bir atık yönetim hiyerarşisi oluşturmak amacıyla 15.07.1975 tarihinde 75/442/EEC Atık Çerçeve Direktifi yayımlanmıştır (EEC, 1975). Buna direktife göre, atık yönetim sistemindeki öncelikli amaç önleme ya da atık miktarı ve tehlikelilik özelliklerinin azaltılması olmuştur. Daha sonra ise yeniden kullanım, geri dönüşüm ya da enerji elde etme amaçlı yakma gibi metotlarla atığın geri kazanılması amaçlanmıştır. Atık yönetim



sistemindeki son aşama ise güvenli bertaraf olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 2011). AB'ne üye devletler, atıkların, insan sağlığı tehlikeye sokulmadan, çevreye zarar verilmeden, özellikle, su, hava, toprak, bitki ve hayvanlar için tehlike yaratmadan, gürültü, koku gibi rahatsız edici durumlara sebebiyet vermeden, kırsal alanlara ve hassas alanlara olumsuz etkilerde bulunmadan bertarafını sağlayacak tedbirleri alacaklar ve bu direktifin uygulanmasından sorumlu yetkili makamı belirleyeceklerdir (Durmaz, 2004) .

Son olarak 2008 yılında revize edilen direktifte (2008/98/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Yönergesi), atık üretimi ve yönetiminden kaynaklanan olumsuz etkilerin önlenmesi ve azaltılması ve kaynak kullanımında verimliliğin artırılıp, etkilerin azaltılması yoluyla çevre ve insan sağlığının korunmasına yönelik spesifik tedbirler ortaya konmaktadır (Bülbül, 2013).

AB atık yönetimi politikası önleme, geri kazanım ve güvenli bertaraf etme ilkelerine dayanmaktadır; yani atıklar en yakın elverişli tesislerde bertaraf edilmeli ve AB içinde oluşan atıklar başka hiçbir yerde bertaraf edilmemelidir. Bu kapsamda Atık Çerçeve Direktifi üye devletlerin atık üretimini ve zararlarını önlemek veya azaltmak ve atıkların geri dönüşüm, yeniden kullanım veya iyileştirme veya enerji kaynağı olarak kullanılması yoluyla geri kazanımını teşvik etmek için gerekli tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir (Turan ve Eren, 2007).

Üye ülkelerin direktifte tanımlanan başlıca sorumlulukları şu şekilde sıralanmıştır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi, 2006):

- Direktifin uygulanmasını sağlamakla sorumlu yetkili bir kurum oluşturmak ve tanımlamak,
- Yetkili kurumun, direktifin şartlarını yerine getirebilecek atık yönetimi planları gerçekleştirmesini sağlamak,
- En uygun teknolojiler ve maliyetleri göz önünde bulundurarak yeterli sayıda ve entegre bertaraf tesisleri kurmak,
- Atık bertarafında “kirleten öder” prensibinin uygulanmasını sağlamak.

Ambalaj atıklarının yönetimi konusunda ise 20 Aralık 1994 yılında yürürlüğe giren Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi(94/62/EC) bu konuda temel dayanaktır (EC, 1994).

Bu direktif AB pazarında bulunan tüm ambalaj üreticileri/piyasaya sürenleri ile ambalaj atıklarını kapsamaktadır. Ayrıca bu direktifte farklı ambalaj malzemelerinin geri kazanımına dair sayısal hedefler de mevcuttur. Bu hedefler her 5 yılda bir revize edilmektedir. Mevcut sisteme göre 2008 yılı sonuna kadar toplanan ambalaj atıklarının %60'ının geri kazanılması hedeflenmiştir (Aarnio ve diğ., 2007).

11 Şubat 2004 tarihinde 94/62/EC direktifinde düzeltmeler yapılarak 2004/12/EC direktifi oluşturulmuştur (EC, 2004). Bu direktife göre ambalaj atıklarının en az % 55'i ve en çok %80'i geri dönüştürülecektir. 31 Aralık 2008 tarihine kadar türlerine göre en az geri dönüşüm oranları ise cam için %60, kağıt ve mukavva için %60, metaller için %50, plastikler için %22,5 ve tahta için %15' tir (Aarnio ve diğ., 2007).

#### **2.4.2. Türkiye'de Mevzuat**

Ülkemizde ambalaj atıklarının yönetimi, Avrupa Birliği Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi 94/62/EC ile uyumlu olarak hazırlanan ve 24.06.2004 tarihinde yayınlanan "Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" çerçevesinde yürütülmektedir. Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin usul ve esasları belirlemektedir. Bu Yönetmelik sırasıyla 2007 ve 2011 yıllarında revize edilerek "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" olarak tekrar yayınlanmıştır. Yönetmeliğin amacı;

Çevre açısından belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip ambalajların üretilmesi, ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılması, ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ve dolaylı olarak alıcı ortama verilmesinin önlenmesi, ambalaj atıklarının belirli bir yönetim sistemi içinde, kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrılmasına ilişkin teknik ve idari standartların oluşturulması olup, bu amaçlara yönelik, prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenmesidir.

Ülkemizde, ambalaj atıklarının yönetimi konusunda etkin rol oynayacak olan taraflar yükümlü oldukları görevleriyle birlikte Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde açıkça belirtilmiştir. Yönetmelikte taraflar başta Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) olmak üzere Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri, İl ve İlçe Belediyeleri, ambalaj üreticileri, tedarikçiler, piyasaya sürenler (PS), yetkilendirilmiş kuruluşlar (YK), satış noktaları, ambalaj atığı üreticileri ve lisanslı işletmelerdir.

Ambalaj atıklarının yönetimiyle ilgili olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın görevleri şunlardır:

- Ambalaj atıklarının toplanması, ayrılması, tekrar kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı ve bertarafına ilişkin strateji ve politikaları belirlemek, bu Yönetmelikle sorumluluk verilmiş taraflarla işbirliği yapmak, koordineli çalışmak, idari tedbirler almak ve denetimleri yapmak.
- Piyasaya sürenler adına toplama, ayırma, tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yükümlülüklerini yerine getirmek üzere oluşturulan kurum ve kuruluşların yetkilendirilme esaslarını belirlemek, yetkilendirmek, yetkilendirilen kuruluşları denetlemek, bu Yönetmeliğe ve yetkilendirme esaslarına aykırılık halinde gerekli yaptırımın uygulanmasını sağlamak ve yetkiyi iptal etmek.
- Ambalaj Komisyonunu toplamak, Komisyona başkanlık yapmak ve sekreteryaya işlerini yürütmek.
- Geri kazanılmış ürünlerin kullanımını özendirmek.
- Bu Yönetmelikle sorumluluk verilen taraflar için eğitim faaliyetleri düzenlemek.
- Ambalaj atıkları yönetim planının hazırlanmasına, uygulanmasına ve izlenmesine ilişkin usul ve esasları belirlemek.
- Belgelendirme dosyalarında bulunması gereken bilgi ve belgeler ile belgelendirme dosyalarının hazırlanmasında dikkat edilecek hususlara ait usul ve esasları belirlemek.
- Yetkilendirilecek kuruluşlarda aranacak kurumsal, teknik ve mali özellikler ile buna ilişkin usul ve esasları belirlemek.

- Ambalaj ve ambalaj atıklarına ait yıllık istatistikleri yayımlamak.
- Toplama-ayırma, geri dönüşüm ve geri kazanım tesislerinin lisanslandırma esaslarını belirlemek, çevre lisansı vermek, denetlemek, idari yaptırımını uygulamak.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı gerekli gördüğü takdirde bu yetkilerini Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine devredebilmektedir.

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğinde Belediyelere de birtakım görev ve yetkiler düşmektedir.

Büyükşehir belediyeleri;

- Ambalaj atıklarının düzenli depolama sahalarına kabul edilmemesi için gerekli önlemleri almakla,
- Belediyeler tarafından yürütülen çalışmalarda koordinasyonu sağlamak ve desteklemekle,
- Ambalaj atıkları yönetimi kapsamında, bu Yönetmelikle sorumluluk verilen taraflarla birlikte eğitim faaliyetleri yapmak veya katkıda bulunmakla görevli ve yükümlüdür.

Belediyeler;

- Ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplamak veya toplattırmakla, bu iş için toplama ayırma tesisi kurmak/kurdurmak, işletmek/işlettirmekle ve kurduğu tesislere çevre lisansı/geçici faaliyet belgesi almak/aldırmakla,
- Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması için ambalaj atıkları yönetim planını hazırlamakla,
- Piyasaya sürenler ve/veya yetkilendirilmiş kuruluş ile sözleşme yapılması durumunda ise ambalaj atıkları yönetim planını birlikte hazırlamakla ve Bakanlığa sunmakla, yönetim planı kapsamında gelişme raporlarını hazırlamak ve il çevre ve şehircilik müdürlüğüne sunmakla,
- Ambalaj atığı yönetim planı doğrultusunda, çalışmalarını yürütmek, gerekli önlemleri almakla,

- Ambalaj atıklarının evsel atık toplama araçlarına alınmaması için gerekli tedbirleri almakla,
- Ambalaj atıklarının düzenli depolama sahalarına kabul edilmemesi için gerekli önlemleri almakla,
- Ambalaj atıkları yönetimi kapsamında, bu Yönetmelikle sorumluluk verilen taraflarla birlikte eğitim faaliyetleri yapmak ve katkıda bulunmakla,
- Ambalaj atıkları yönetim planı kapsamında toplanan ambalaj atıklarına ilişkin belgeleri düzenlemek ve/veya onaylamakla,
- Ambalaj atığı yönetimi konusundaki sorumluluklarını, gerekli görmesi halinde, yetkilendirilmiş kuruluşla işbirliği içerisinde yürütmekle,
- Ambalaj atıklarının yetkili olmayan kişiler tarafından toplanmasını, taşınmasını, depolanmasını, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılmasını önlemek amacıyla gerekli tedbirleri almakla görevli ve yükümlüdürler.

Ambalaj atıklarının yönetimi konusunda görev ve yetkilere sahip olan kamu kurumlarının dışında çeşitli görevleri gerçekleştirmekle yükümlü tüzel kişiliğe sahip olan kurumlarda mevcuttur. Bunlar;

Piyasaya Sürenler (PS), bir ürünü Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamındaki ambalajlar ile paketleyen gerçek veya tüzel kişiyi, üretici tarafından direk olarak piyasaya sürülmemesi durumunda ambalajın üzerinde adını ve/veya ticari markasını kullanan gerçek veya tüzel kişiyi, üreticinin Türkiye dışında olması halinde, üretici tarafından yetkilendirilen temsilciyi ve/veya ithalatçıyı ifade eder. Piyasaya ambalaj sürenler bu yönetmelikte tanımlanan yükümlülüklerinin yerine getirilmesi amacıyla kar maksadı taşımayan tüzel kişiliğe haiz bir yapı oluşturabilir. Bu yapıya “Yetkilendirilmiş Kuruluş (YK)” denir. Tüzel kişiliğe haiz bu tür oluşumlar, piyasaya sürenlerin yükümlülüklerini yerine getirebilmek için bakanlıktan yetki (akreditasyon) almak zorundadır.

AAKY, piyasaya ambalaj süren kuruluşları kendi ürünlerinden oluşan ambalaj atıklarının belli bir yüzdesini toplayıp geri kazanmaya zorunlu tutmaktadır. Ambalaj

üreticileri her sene bakanlığa geri kazanımla ilgili bildirimde bulunmak zorundadır. Bu bildirimlerde faturalar, alındı fişleri, doldurulan formlar beyan edilmelidir ki bu beyan işlemine “belgelendirme” adı verilmektedir.

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nde, ambalaj atıklarının kaynağında ayrı olarak toplanması esas alınmış olup, ayrı toplama çalışmaları ambalaj atığı yönetim planı kapsamında yürütülmektedir. Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması ile ilgili maliyetler, 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun öngördüğü kirleten öder prensibine göre, piyasaya süren işletmeler tarafından karşılanmak zorundadır (Çevre Kanunu, 1983). Bu nedenle yönetmelikte ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanmasıyla ilgili maliyetlerin karşılanması hususunda belgelendirme yükümlülüğü getirilmiştir. Belgelendirme yükümlülüğünün sistemli bir şekilde yürütülebilmesi için Çevre Şehircilik Bakanlığı’nın görev ve yetkileri kapsamında 22.10.2012 tarihinde “Belgelendirme Dosyalarında Bulunması Gereken Bilgi ve Belgeler İle Belgelendirme Dosyalarının Hazırlanmasında Dikkat Edilecek Hususlara Ait Usul ve Esaslar” hazırlanmış ve yayınlanmıştır (ÇŞB, 2015).

Ülkemizde ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması çalışmalarını belediyeler yürütmektedir. Belediyeler ambalaj atıklarını kendileri toplamak veya lisanslı/geçici faaliyet belgesi bulunan firmalara toplattırmakla görevlidir. Ancak belediyeler bu işi yaptırırken lisanslı veya geçici faaliyet belgesine sahip firmalarla sözleşme yapmak zorundadırlar. Yapılacak olacak sözleşmeler Yetkilendirilmiş Kuruluş, belediyeler ve lisanslı firma arasında üçlü sözleşme olarak düzenlenmektedir.

Ülkemizde 2015 yılı itibariyle 3 farklı yetkilendirilmiş kuruluş mevcuttur. Bunlar;

İlk yetkilendirilmiş kuruluş olan ve 1991 yılında kurulan Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı (ÇEVKO), Türk ambalaj üretici ve dolumcu endüstrisinin yönetmeliğin taleplerini karşılayabilmesi amacıyla kurulmuştur. 2005 yılına kadar gönüllü olarak ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması ile ilgili uygulamalar yapan ÇEVKO Vakfı, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan her türlü ambalaj atığının geri dönüşümü konusunda yetki almıştır. Bu yetki ile ÇEVKO Vakfı, ambalaj ve ambalajlı ürün piyasaya süren sanayi kuruluşlarının sorumluluklarını devralabilir hale gelmiştir. ÇEVKO Vakfı, piyasaya süren konumundaki sanayi kuruluşlarından devraldığı

yükümlülüğü yerel yönetimler ve lisanslı toplama-ayırma firmalarıyla işbirliği yaparak yerine getirmektedir (ÇEVKO, 2015).

İkinci yetkilendirilmiş kuruluş ise Tüketici ve Çevre Eğitim Vakfı İktisadi İşletmesi (TÜKÇEV)'dir. TÜKÇEV' e Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği 20. maddesi gereğince Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tüm ambalaj türleri (cam, plastik, metal, kağıt-karton ve kompozit) için 12.04.2010 tarihinde 'Yetki Belgesi' verilmiştir (Bülbül, 2013).

Üçüncü yetkilendirilmiş kuruluş ise 1989 yılında kurulan Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı(PAGEV)' nin Geri Dönüşüm İktisadi İşletmesi olan PAGÇEV' dir. PAGÇEV 03.01.2014 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tüm ambalaj türleri için faaliyet göstermekle görevlendirilmiş ve Türkiye'nin 3. Yetkilendirilmiş Kuruluşu olmuştur.

Yetkilendirilmiş kuruluşların yetkileri 10 yıllık süre için verilir ve bu süre sonunda yenilenmesi öngörülmektedir. Ayrıca her 6 ayda bir olmak üzere bakanlığa rapor verilmesi şartı da koyulmuştur. YK' lar aldıkları yetki çerçevesinde, ambalaj atıklarının yönetimi konusunda gerçekleştirilecek çalışmaları için 5 (beş) yıllık çalışma planını hazırlayarak, bakanlığa sunmakla da yükümlüdür. Yetkilendirme usul ve esaslarında, kayıt dışı piyasaya sürenlerin, kayıt altına alınmasına ilişkin çalışmalardan, temsil ettiği piyasaya sürenlerin, yönetmelikteki yükümlülüklerini gerçekleştirme doğrultusunda yapılan çalışmalardan, geri kazanım kapasitesi oluşturmak ile ilgili yapılan çalışmalardan, eğitim çalışmalarından bahsedilmiştir (ÇŞB, 2015).

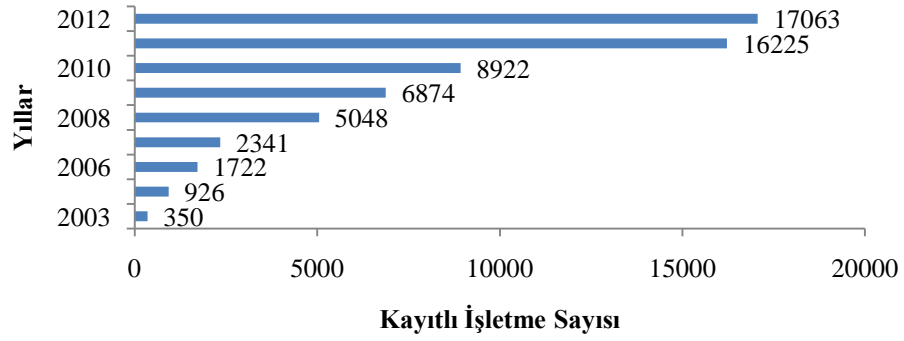
Ambalaj atıklarının geçici faaliyet belgeli ve/veya çevre lisanslı toplama-ayırma tesisleri dışındaki kişi ve/veya kuruluşlar tarafından toplanması yasaktır. Ülkemizde YK' lar belediyelerle işbirliği yaparak kağıt, karton, cam, metal ve kompozit ambalaj atıklarını kaynakta (hane bazında) ayrı toplama projelerini yürütmektedir. Buna karşın ambalaj atıklarının büyük bir kısmı kayıt dışı sektör(hurdacı, sokak toplayıcıları v.b.) tarafından toplanmaktadır. Kayıt dışı toplama yapan kişi ve/veya kurumlar hakkında gerekli inceleme ve denetimlerin il çevre ve şehircilik müdürlükleri tarafından yapılarak 2872 sayılı Çevre Kanunu'na göre işlem yapılması gerekmektedir. Ülkemizde ambalaj atıklarının toplanması oldukça maliyetlidir ve YK adına toplama işini yürüten lisanslı

firmalara, toplayıp belgelendirdikleri her ambalaj cinsine göre ton başına ekonomik yardım yapılmaktadır.

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanarak sağlıklı bir geri dönüşüm organizasyonu içerisinde geri dönüşümünü sağlamak yüksek maliyet gerektiren bir işlemdir. Bu maliyetleri karşılama görevi AAKY gereğince piyasaya ambalaj süren işletmelere verilmiştir. Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanmasına ilişkin maliyetlerin karşılanması için piyasaya ambalaj süren ekonomik işletmelerin kayıt altına alınması büyük önem arz etmektedir. 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 3. maddesinin g) bendinde "Kirlenme ve bozulmanın önlenmesi, sınırlandırılması, giderilmesi ve çevrenin iyileştirilmesi için yapılan harcamalar kirleten veya bozulmaya neden olan tarafından karşılanır. Kirletenin kirlenmeyi veya bozulmayı durdurmak, gidermek veya azaltmak için gerekli önlemleri almaması veya bu önlemlerin yetkili makamlarca doğrudan alınması nedeniyle kamu kurum ve kuruluşlarınca yapılan gerekli harcamalar 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun hükümlerine göre kirletenden tahsil edilir" denilmektedir.

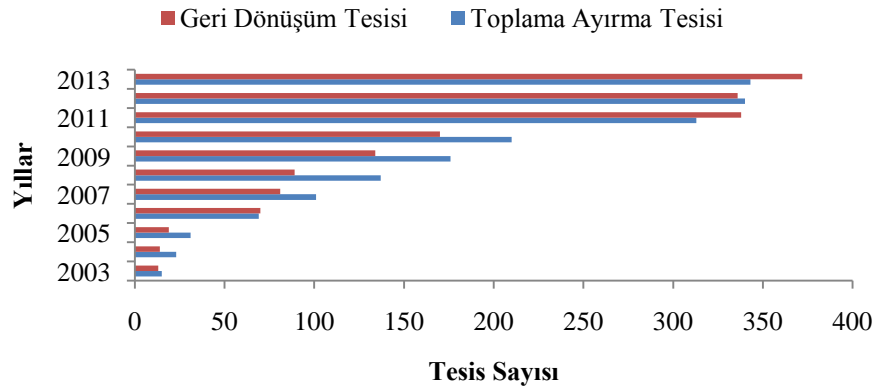
2012 yılı ambalaj ve ambalaj atıkları istatistiklerine göre kayıt altına alınan ambalaj üreticisi ve piyasaya süren işletme sayısı Şekil 2.24'te verildiği üzere 2003 yılında 350 iken bu sayı 2012 yılında 17.738'e ulaşmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). 2003 yılından bu güne gelindiğinde her ne kadar kayıtlı PS sayısında büyük artışlar olsa da 100.000 piyasaya süren işletmenin sadece 17.738'nin kayıtlı olması ülkemizde ki denetim ve yaptırımların etkisinin çok az olduğunu göstermektedir (Bülbül, 2013).





**Şekil 2.24:** Atık ambalaj veri kayıt sistemine kayıtlı işletmeler (ÇŞB, 2015).

Ambalaj üreticilerinin piyasaya sürdükleri ambalajlı ürünler atık haline geldikten sonra toplama ayırma tesisleri tarafından toplanarak ayrıştırılır, geri dönüşüm tesisleri aracılığı ile de geri dönüşümü sağlanır. Ambalaj atığı toplama ve ayırma tesislerinin, ambalaj atıklarının toplayabilmesi için bakanlıktan çevre lisansı almaları gerekmektedir. Lisans uygulamasına ilk defa 2003 yılında başlanılmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). 2012 yılı ambalaj ve ambalaj atıkları istatistiklerine göre 2003 yılında 28 olan lisanslı tesis sayısı, 2012 yılı itibariyle 706'ya yükselmiştir. 2013 yılı ilk üç aylık verisinde ise 715 tesis lisans almıştır (Çiçek, 2013). Aşağıda Şekil 2.25'de yıllara göre lisans alan Toplama Ayırma Tesisi (TAT) ve Geri Dönüşüm Tesisi (GDT) sayıları yer almaktadır (ÇŞB, 2015).



**Şekil 2.25:** Lisanslı TAT ve GDT Sayısı (Çiçek, 2013; ÇŞB, 2015).

## 2.5. LİTERATÜR TARAMASI

Etkin bir katı atık yönetim sisteminin en önemli kısmı atıkların miktar ve bileşimlerinin tespit edilmesidir. Bu nedenle hem katı atıkların genelinde, hem de ambalaj atıkları

kapsamında literatür incelendiğinde atık karakterizasyon çalışmalarının hem ülkemizde hem de Dünya’da yaygın bir şekilde çalışıldığı görülmektedir (Buonrosto ve diğ., 2001; Chang ve Davila 2008; Nas ve Bayram 2008; Philippe and Culot 2009; Thanh ve diğ., 2010; Rigamonti ve diğ., 2010; Ferreira ve diğ., 2014). Bunun yanında atıkların ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi ve atıktan ekonomik kazanç elde edilmesine yönelik çalışmalara da sıklıkla literatürde rastlanmaktadır (Metin ve diğ., 2003; Cheng ve Hu, 2010; Geng ve diğ., 2010). Han ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada; Küçükçekmece ilçesi örneğinde ambalaj atıklarının ayrı toplanması ve geri kazanım olanakları incelenmiş ve sonuçları teknik ve sosyal açıdan irdelenmiştir (Han ve diğ., 2010). Yay (2015) çalışmasında; Sakarya ili ölçeğinde, üretilen katı atıkların yönetimini değerlendirmiştir. Bu kapsamda, çalışma alanında, 1 yılda oluşan katı atığın karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Yapılan karakterizasyon çalışmasına göre toplanan atıkların %42,4 mutfak atıkları, %5,2 kağıt, %5,3 karton, %0,5 büyük karton, %13,4 plastik, %3,6 cam, %0,8 metal, %0,3 elektronik atık, %0,6 tehlikeli atık, %2,3 park ve bahçe atığı, %12,1 diğer yanabilenler ve %0,9 diğer yanamayanlar, %1,4 diğer ve %11,3 külden oluşmaktadır. 1 yıl boyunca toplanan 1 tonluk katı atık, farklı bertaraf yöntemleri için değerlendirilmiştir. Mutfak atıklarının %42 gibi büyük orana sahip olması nedeniyle, organik atıkların kompostlaştırma prosesi ile geri kazanımının uygun olacağı belirlenmiştir. Mutfak atıklarının ardından geri dönüşümü mümkün olan kağıt, karton, plastik, cam ve metal gibi atıkların geldiği ve bu atıkların geri dönüşümü için kaynakta ayırma uygulaması ve toplum bilincinin oluşturulması gerekliliği vurgulanmıştır. Sakarya ili için en iyi atık yönetim alternatifi içerisinde atığın geri dönüşümünü kapsayan senaryonun olduğu belirtilmiştir.

Gu ve diğ., (2015) Doğu Çin’de Suzhou şehrinde oluşan katı atıkların karakterizasyonu ve geri kazanım alternatifleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışma için 2011 yaz mevsiminden 2012 güz mevsimine kadar her mevsim başında 1 hafta boyunca 240 haneden katı atık toplanmıştır. Yapılan model çalışması sonucunda katı atık üretim oranı 280,5 g/gün/kişi ve yıllık 580.000 ton olduğu ve bu atıkların %83’ünün geri kazanılabilir atık olduğu hesaplanmıştır. Katı atık üretim oranlarını etkileyen faktörler arasında eğitim seviyesi, bölge ve kültürel farklılıklar ve günlük yaşam stilleri sayılmıştır. Katı atık bileşenlerinin dağılımı %65,7 gıda, %14,3 kağıt ve %8,9 plastik atıklardan oluşmaktadır. Ayrıca yapılan mevsimsel çalışmada 240 haneden açığa çıkan

ambalaj atıklarının yüzdesel dağılımı %19,7 içecek, %12,9 fast-food, %6,6 alış-veriş poşetleri, %11,7 diğerleri, %7,4 reklam atıkları, %15,8 geri kazanılabilir, %6,4 birden fazla kullanılan ürünler, %6,1 tek kullanımlık ürünler, %7,3 diğer servis atıkları ve %6 servis poşetlerinden oluşmaktadır.

Metin ve diğ., (2003) yaptıkları çalışma ile Türkiye’de katı atık yönetiminde geri kazanım ve geri dönüşüm uygulamalarının değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Katı atık yönetiminin toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf aşamalarından oluştuğunu geri kazanım ve toplama maliyetlerinin tahmini üzerinde inceleme yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de kişi başına evsel katı atık üretimi 0,6 kg/yıl ve belediye atıklarının yaklaşık olarak 1 kg/yıl olduğu görülmüştür. Bu atıkların, %25’ i geri dönüştürülebilir organik atıklardır. Çalışmada; 60’dan fazla belediyede geri dönüştürülebilir atıkların ayrı toplanması işlemlerinin 3 yıldan fazla bir süredir uygulandığı belirtilmiştir.

Yıldız ve diğ., (2012) İstanbul kentinde oluşan katı atıkların karakterizasyonu üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada, atığın kompozisyonunun yanısıra oluşan atık miktarının da önemli olduğunu vurgulamışlardır. Oluşan atığın miktarı ve kompozisyonunu, toplumun sosyo ekonomik durumu, hanelerin büyüklüğü veya mevsimler etkilemektedir. Çalışmada kullanılan atık numuneleri, şehirlerdeki transfer istasyonlarından toplanmış ve numuneler üzerinde nem muhtevaları ve kalorifik değer analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre katı atık kompozisyonunu %54 organik atıklar, %15,57 kağıt/karton atıkları oluşturmaktadır. Katı atığın ortalama nem içeriği %62,41 ve kalorifik değeri 1435 kcal/kg ölçülmüştür. Miezah ve diğ., (2015) Gana’da oluşan katı atık miktarı, kompozisyonu ve katı atık yönetim planı ile ilgili inceleme yapmışlardır. Gana’da kişi başına 0,47 kg/gün atık üretilmektedir ve 27.043.093 kişi başına günlük 12.710 ton atık dönüşmektedir. Atığın biyolojik olarak parçalanabilir (organik ve kağıt) kısmı kişi başına 0,318 kg/gün, biyolojik olarak parçalanamayan veya geri dönüştürülebilir kısmı (metal, cam, tekstil) kişi başına 0,096 kg/gün ve inert kısmı kişi başına 0,055 kg/gün olarak hesaplanmıştır. Tamale hariç metropol şehirler için ortalama evsel atık üretim miktarı kişi başına 0,72 kg/gün olarak tespit edilmiştir. Atık kompozisyonu %61 organik, %14 plastik, %6 inert, %5 diğer, %5 kağıt, %3 metal, %3 cam, %1 deri ve %1 tekstil atıklarından oluştuğu belirlenmiştir.

Kentsel katı atıkların yönetimi üzerine yapılan bir diğer araştırma, Banar ve diğ., (2009) tarafından, Eskişehir, Türkiye’de katı atık yönetiminin değerlendirilmesi üzerine yürütülmüştür. Çalışmada; Eskişehir’in Türkiye’de gelişmekte olan şehirlerden biri olduğunu vurgulamışlar ve atık üretiminin 750 ton/gün olduğunu hesaplamışlardır. Etkili bir atık yönetim sistemi olmaması nedeniyle atık yönetimi için alternatif senaryolar ortaya konmuştur. Alternatif senaryolar içerisinde toplama, transfer, malzemelerin geri kazanımı, kompostlaştırma, yakma ve düzenli depolamadan oluşmaktadır. Eskişehir’de 1 ton atık fonksiyonel olarak seçilmiştir. Eskişehir’de oluşan katı atığın kompozisyonu %10,07 kağıt/karton, %1,26 metal, %2,49 cam, %5,62 plastik, %67,04 gıda, %3,87 kül ve %9,65 diğer atıklardan oluşmaktadır. Atık yönetim sistemi alternatifleri sadece çevresel boyutları ile değerlendirilmiş ancak ekonomik ve sosyal etkileri açısından da araştırılması gerekliliği belirtilmiştir.

Pır ve Apaydın (2015) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye’de geri dönüştürülebilir atıkların yönetimine dair yürürlükte olan mevzuatı irdelemiş, atıkların toplanmasında yaygın olan sistemleri araştırmış ve İstanbul’un Bakırköy ilçesinde atık camların “sabit konteynır ile toplama” sistemi ile toplanması için gereken ekipman belirlenmiş, cam kumbaralarının halk tarafından ulaşılabilirliği dikkate alınarak ilçede cam kumbarası yerleştirilmesi gereken yerler CAD (Computer-Aided Design) yazılımı ile harita üzerinde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, Bakırköy ilçesinde mevcut olan 45 adet cam toplama kumbarasına 95 adet yeni toplama noktası eklenmesi gerektiği hesaplanmıştır. Daha sonra uygulama 18 ay süresince takip edilmiş olup sahada toplama ekipmanlarının sayısının artırılması ve dağılımlarının yeniden düzenlenmesi ile geri kazanılan atık cam miktarı önemli artış göstermiş, diğer yandan ilçede yaşayan halkın atık camların geri kazanılması hakkındaki ilgi ve duyarlılığı da artmaya başlamıştır.

Denafas ve diğ., (2014), dört Doğu Avrupa Şehrinde mevsimsel olarak atık kompozisyonunun ve atık üretim miktarının değişimini incelemişler. Bu çalışma 2009-2011 tarihleri arasında Litvanya (Kaunas), Rusya (St. Petersburg), Ukrayna (Boryspil) ve Gürcistan (Kutaisi)’da yapılmıştır. Seçilen şehirler, ülkelerde üretilen atık miktarının ortalamasını yansıtmaktadır. Katı atık üretiminin aylık olarak 18,70 kg/kişi’ den (Kutaisi) 38,31 kg/kişi’ ye (Kaunas) kadar değiştiğini gözlemlemişlerdir. St. Petersburg haricindeki 3 şehirde kış aylarına nazaran bahar ve yaz aylarında daha fazla atık oluştuğu görülmüştür. Bölgelerin yaşam kültürlerine bağlı olarak atık miktarlarında

değişimler olduğu kaydedilmiştir. Karakterizasyon amaçlı yapılan bir diğer araştırmada; Pakistan'ın Gulberg Şehri Lahore' de oluşan katı atık miktarı ve kompozisyonu incelenmiştir (Jadoon ve diğ., 2014). Lahore'de 3 farklı sosyoekonomik gruptan 4 mevsimde (Mart-Nisan 2008, Mayıs-Haziran 2008, Ağustos-Eylül 2008, Aralık 2008-Ocak 2009) oluşan katı atıklar toplanmıştır. Toplamda 1260 adet atık numunesi alınmış ve alınan numunelerin toplam miktarı 6.155.516 kg olmuştur. Kişi başına atık üretimi yüksek gelirli bölgelerde 0,96 kg/gün, orta gelirli bölgelerde 0,73 kg/gün ve düşük gelirli bölgelerde 0,67 kg/gün olarak belirlenmiştir. Bu atıkların kompozisyonunun en büyük oranı %67,46 ile organik kısımdan oluşmaktadır. Yapılan çalışmaya göre bölgelerde oluşan atık miktarlarının farklılıklarının sebepleri arasında popülasyon yoğunluğu, gelir seviyesi ve hane boyutları sayılabilmektedir.

### **3. MALZEME VE YÖNTEM**

#### **3.1. ÇALIŞMA ALANI**

##### **3.1.1. Kartal İlçesi Genel Tanıtımı**

Kartal Bizans İmparatorluğu döneminde VI. yüzyıl başlarında "Kartalimen" isminde küçük bir balıkçı köyü olarak kuruldu. "Kartal" adını ilk defa sahilde balık avlamak için gelip buraya yerleşen "Kartelli" isminde bir balıkçıdan almıştır. Bizans zamanında, liman önemi taşıyan bu beldeye "Kartalimen" denildiği de bilinmektedir.

Kartal'da ilk vapur iskelesi 1857 yılında inşa edilmiştir. O dönemlerde küçük bir yerleşim mahalli olarak kalan Kartal, 1873'te Haydarpaşa-Pendik banliyö hattının açılmasından sonra nispeten hareketlenmeye başlamıştır. 1908'de Meşrutiyetin ilanına kadar Üsküdar Mutasarrıflığına bağlı Sancak olarak idare edilmiş, bu tarihten sonra İstanbul iline bağlı bir ilçe olmuştur. 1947'de Kartal ve çevresinin sanayi bölgesi olarak belirlenmesiyle, ilçenin nüfusu ve üretimi artmıştır. Halen İstanbul içindeki en önemli ticaret ve sanayi bölgelerinden biridir.

##### **3.1.2. Kartal İlçesi Coğrafi Konumu**

Kartal ilçesi, Kocaeli yarımadasının güneybatı kesiminde yer almaktadır. Doğusunda Pendik, batısında Maltepe, kuzeyinde Sultanbeyli ve Sancaktepe ilçeleri, güneyinde ise Marmara denizi ile çevrilidir (Şekil 3.1). İlçe 20 mahalleden oluşmakta, 231 cadde ve 2236 adet sokak mevcut olup, yüz ölçümü Aydos ormanı dahil 38,54 km<sup>2</sup>'dir. İstanbul'un en yüksek tepesi olan 573 metre yüksekliğindeki Aydos Dağı kısmen ilçe sınırlarında bulunmaktadır. Kartal'ın önemli akarsularından Paşaköy Deresi, Kavaklıdere ve Fındıklı Dere Ömerli Barajına dökülmektedir.



Şekil 3.1: Kartal haritası (Google Maps, 2015).

### 3.1.3. Kartal İlçesi Beşeri Özellikleri

1987 yılında Pendik, 1992 yılında Maltepe ve Sultanbeyli ve 2009 yılında Samandıra Beldesinin Kartal ilçesinden ayrılması nedeniyle Kartal ilçesinin nüfusunda azalma meydana gelmiştir. İlçe’de toplam 20 mahalle bulunmaktadır. 2014 TÜİK istatistiklerine göre en yoğun nüfuslu mahallesi Hürriyet Mahallesi, en az nüfus barındıran mahalle ise Yukarı Mahallesi. Kartal ilçesinin mahalli dağılımı Şekil 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Kartal İlçesi’nin yıllara göre nüfus verileri (TÜİK, 2014).

Yıl	Toplam Nüfus	Şehir	Kırsal
1965	97.803	20.139	77.664
1970	168.822	35.381	133.441
1975	287.105	53.073	234.032
1980	413.839	68.291	345.548
1985	572.546	557.664	14.882
1990	611.532	506.477	105.055
2000	407.865	337.390	70.475
2007	541.209	427.111	114.098
2008	426.748	426.748	Veri yok
2009	426.680	426.680	Veri yok
2010	432.199	432.199	Veri yok
2011	440.887	440.887	Veri yok
2012	443.293	443.293	Veri yok
2013	447.110	447.110	Veri yok
2014	450.498	450.498	Veri yok

Türkiye İstatistik Kurumunun 2014 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi(ADNKS) Veri Tabanına göre Kartal İlçesi'nin 450.498 olan nüfusunun 224.263 ü erkek, 226.235 inin ise kadın olduğu tespit edilmiştir (TÜİK, 2014).



Şekil 3.2: Kartal mahalle dağılım haritası.

Tablo 3.2: Kartal İlçesi mahallelere ait nüfus sayıları (TÜİK, 2014).

No	Mahalle Adı	Nüfus(kişi)
1	Uğurmumcu	40.176
2	Yakacık Yeni	15.157
3	Gümüşpınar	25.245
4	Çarşı	15.566
5	Soğanlık Yeni	25.635
6	Orta	17.667
7	Cumhuriyet	19.329
8	Hürriyet	45.910
9	Cevizli	27.857
10	Esentepe	26.737
11	Topselvi	11.939
12	Yalı	10.688
13	Yunus	14.983
14	Çavuşoğlu	14.262
15	Karlıktepe	29.060
16	Yukarı	7.965
17	Petroliş	29.550
18	Kordonboyu	12.134
19	Atalar	30.711
20	Orhantepe	29.927
<b>TOPLAM</b>		<b>450.498</b>



### 3.1.4. Kartal İlçesi İklimsel ve Jeolojik Özellikleri

İlçe Karadeniz'in yağışlı iklimi ile Akdeniz'in ılıman iklimi arasında geçit teşkil etmektedir. Kış aylarında, Balkan Yarımadası'ndan gelen soğuk rüzgârlar ve Karadeniz'in yağışlı havası etkisini Ekim, Aralık ve Ocak aylarında göstermektedir. Bu aylar en çok yağış alan aylardır (Kartal Belediyesi, 2015). İlçenin Karadeniz ve Akdeniz iklimi etkisi arasında kalması nedeniyle kıştan ilkbahara, yazdan sonbahara geçiş çok defa fark edilememektedir. Kış mevsimi Aralık ayından Nisan ayına kadar sürmekte, ortalama 7 gün kar yağmakta ve yaklaşık 25 gün de don olayı yaşanmaktadır. Yazları sıcak ve kurak olup ortalama sıcaklık 24 derece, kış mevsimi ortalama sıcaklığı ise 5-6 derece civarında seyretmektedir. İlçede poyraz ve lodos hâkim rüzgârlardır (Wikipedia, 2015).

Kartal ilçesi engebeli bir araziye sahiptir. İlçeye bakıldığında birtakım tepe ve düzlüklerden meydana geldiği görülmektedir. Deniz seviyesinden başlayarak kuzeye doğru 537 metreye kadar rakım artmaktadır. İlçenin deniz kıyısı kum ve kil ile kıyından itibaren kuzeye doğru silislerle kaplıdır. Bu kitle en çok 1 metre kalınlıkta kırmızı ve kahverengi topraklarla örtülü ve oldukça verimlidir. Kıyılarda başlayan düzlükler, kuzeye doğru yer yer tepelere dönüşür. Bu tepelerin ortasında ve gerisinde geniş düzlükler yer almaktadır. Kartal ilçesinin önemli yükseltileri; kuzey-kuzeydoğu alanlarında Yakacıküstü Tepesi yükseltisi 420 m, Yakacık Orta Bayır 400 m, Yakacık Arka Bayır 370 m, Aydos Dağı 537 m ve Orhan Tepe (Dragos) 107 m'dir (Kartal Belediyesi, 2015).

## 3.2. DENEYSEL YÖNTEMLER

### 3.2.1. Katı Atık Karakterizasyon Çalışması

Katı atık karakterizasyon çalışması yaz ve kış dönemlerinde olmak üzere iki defa yapılmıştır. Atık karakterizasyonunun belirlenmesinde American Society for Testing and Materials (ASTM) tarafından geliştirilen ASTM D5231 (Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste) metodu kullanılmıştır (ASTM, 2003).

Çalışma kapsamında, katı atık karakterizasyonu yapılması amacıyla; gelir seviyesine bağlı olarak şehrin farklı noktalarından (düşük, orta, yüksek gelir seviyesi ve çarşı) ayrı toplama araçlarıyla toplanan atıklar (Şekil 3.3), bu iş için tahsis edilen bölgeye getirilmiştir.



**Şekil 3.3:** Mahallelerden katı atık toplama işlemleri.

Şehrin farklı sosyo-kültürel kesimlerini temsil etmesi amacıyla; Düşük gelir seviyesi için Hürriyet Mahallesi, orta gelir seviyesini temsil etmesi için Petrol İş Mahallesi, yüksek gelir seviyesini temsil etmesi için Orhantepe Mahallesi ve çarşı bölgesi için ise Soğanlık Yeni Mahalle'den toplanan katı atıklar kullanılmıştır. Atıklar toplanırken hafta sonu ve hafta içi oluşan atık türlerini temsil edebilmesi açısından, uygun günler karakterizasyon için seçilmiştir. Hafta sonu oluşan atıkların temsil edilmesi için pazartesi günü, hafta içi oluşan atıkların temsil edilmesi için ise salı günü toplanan atıklar seçilmiştir. Toplama esnasında sıkıştırılmalı araç kullanılmamış, kapalı kasa kamyonet kullanılmıştır. Sıkıştırılmalı araç kullanılması durumunda toplanan katı atıkların sıkıştırma esnasında sızıntı suyu oluşturarak nem içeriği düşmekte, ambalaj niteliğindeki atıkların kırılması ve parçalanması sonucunda ise ayrıştırma işlemlerini gerçekleştirmek güç olmaktadır. Bölgelerden gelen her bir araç, ayrı ayrı yığın oluşturacak şekilde atıkları boşaltmıştır (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4:** Mahallelerden toplanan temsil edici katı atık numuneleri.

Karakterizasyon çalışmasının yapılacağı alan üzerine dayanıklı plastik örtü serilmiştir. Numune almak üzere oluşturulan yığınlardan, 1x1x0,5 m boyutlarındaki altı ve üstü açık kaba rastgele olacak şekilde atıklar doldurulmuş ve bu sayede atık toplama bölgelerinden gelen katı atıklardan 1 m<sup>3</sup> temsil edici numune alınmıştır (Şekil 3.5). Aynı mahallelerden toplanan atıklardan 1 m<sup>3</sup> hacminde temsil edici numune alınması için hazırlanan numune kabı 2 kere rastgele doldurulmuştur. Böylece her gelir seviyesi için hafta sonu ve hafta içini temsil edecek 1 m<sup>3</sup> hacminde toplam 8 adet farklı numune alınması sağlanmıştır. Aynı işlemler yaz dönemi içinde yapılmış ve yaz dönemiyle birlikte toplam 16 adet 1 m<sup>3</sup> hacminde numune üzerinde ayrıştırma ve tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tartım işlemleri başlamadan önce boş kapların darası alınarak not edilmiştir. Ayrıştırılan her bir bileşen boş bir kaba konularak elektronik tartı ile tartım işlemleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler not edilmiştir. Ayrıştırma işlemleri esnasında numuneler içerisinde kapalı olan poşetlerin ağızları açılarak bu poşetlerdeki atıklar uygun kaplara konulmuştur.



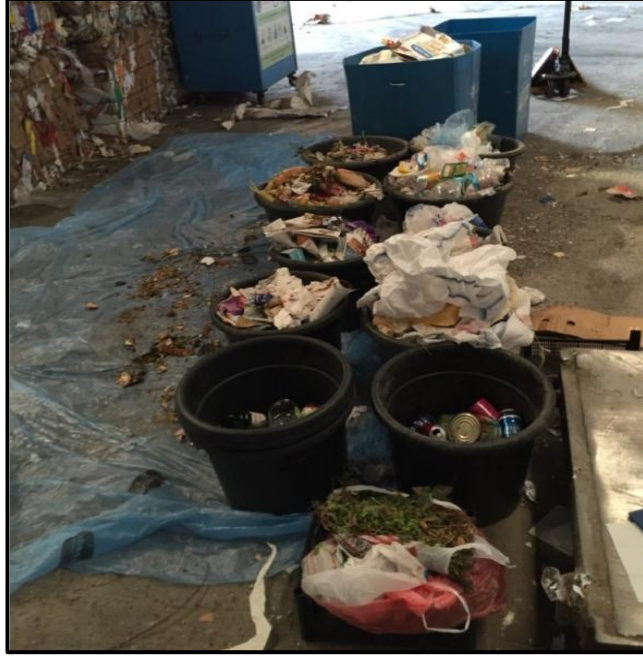
**Şekil 3.5:** Katı atık karakterizasyonu 1 m<sup>3</sup> temsil edici numune alma işlemi.

Katı atık bileşenleri, ASTM D5231 standardı ve bu standarda uyumlu olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan "Katı Atık Karakterizasyonu Analiz Metodu Kitapçığı"na göre Tablo 3.3' te gruplandırılmıştır (ÇŞB, 2007). Buna göre madde grup analizi için yapılan atık ayırma işleminde atıklar 17 ana bileşene ayrılarak tartılmış ve her bir madde grubunun atık içerisindeki ağırlıkça yüzdesi tespit edilmiştir (Şekil 3.6; Şekil 3.7; Şekil 3.8).



**Şekil 3.6:** Katı atıkların ayrıştırılması işlemleri 1.





Şekil 3.7: Katı atıkların ayrıştırılması işlemleri 2.



Şekil 3.8: Ayrıştırılan katı atıkların tartım işlemleri.

**Tablo 3.3:** Katı atık bileşenleri ve madde grupları(ÇŞB, 2007).

No	Atık Bileşenleri	İçerik
1	Mutfak Atıkları	Yemek atıkları, sebze, meyve, ekmek vs.
2	Kağıt	Gazete, dergi, defter
3	Karton	Karton kutular
4	Hacimli Karton	İri hacimli karton kutular
5	Plastikler	Pet haricindeki diğer plastikler
6	Cam	Her türlü renkli-renksiz şişeler, kavanoz
7	Metal	Demir malzemeler(elektro-manyetik etki ile ayırma) İçecek kutuları ve diğer alüminyum malzeme
8	Hacimli Metal	İri hacimli metaller
9	Atık elektrik ve elektronik ekipmanlar	Telefon, radyo, bilgisayar parçaları vs.
10	Tehlikeli Atıklar	Pil-akü, hastane atıkları, ilaç kutuları, boya kutuları
11	Park Bahçe Atıkları	Dal ağaç parçası, çim
12	Diğer Yanmayanlar	Moloz, sokak süprüntüsü vb.
13	Diğer Yanabilenler	Diğer kategorilerde geçmeyen yanabilir malzeme (bebek bezi, ayakkabı, çanta, kilim, tekstil vb.)
14	Diğer yanabilir hacimli atıklar	İri hacimli atıklar (Koltuk, mobilya parçaları vb)
15	Diğer yanmayan hacimli atıklar	-
16	Diğerleri	-
17	Kül(toz, kum, taş dahil)	-

### 3.2.1.1.Kalorifik Değer Analizi

Kalorifik değer analizleri; karakterizasyon yapılan atıklardan rastgele seçilen yaklaşık 5 kg atık örneği kullanılmış ve kalorifik değer analizleri akredite bir laboratuvarında ISO 1928 metoduna göre yürütülmüştür (ISO 1928:2009).

### 3.2.1.2.Nem Analizi

Katı atıkların nem içeriği, homojen hale getirilmiş numunede TS10459 standardına göre belirlenmiştir (TS 1992). Temsil edici 5 kg'lık numuneler porselen kaplara belirli miktarlarda alınmış etüvde 105 °C'de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan numuneler desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Numune ağırlığı yeniden tartılıp denklem 3.1 kullanılarak numunenin nem içeriği hesaplanmıştır.

$$NM = \frac{K_{yaş} - K_{kuru}}{K_{yaş} - K_{dara}} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;

NM=Nem muhtevası, %

$$K_{\text{yaş}} = \text{Atığın yaş ağırlığı} + K_{\text{dara}} \text{ (gr)}$$

$$K_{\text{kuru}} = \text{Kurutulmuş atığın ağırlığı} + K_{\text{dara}} \text{ (gr)}$$

$$K_{\text{dara}} = \text{Porselen kap ağırlığı (gr)}$$

Nem tayini için numunelere uygulanan işlemlerden örnekler Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da sunulmuştur.



**Şekil 3.9:** Nem tayini için numune hazırlama işlemi.



**Şekil 3.10:** Nem tayini için hazırlanan numunelerin etüve yerleştirilmesi.

### **3.2.2. Ambalaj Atıkları Yönetimi Saha Çalışması**

Bu tez çalışması kapsamında, çalışma alanı olarak belirlenen, bölgede 2015 yılında oluşan ambalaj atıklarının miktarı ve içeriği incelenmiştir. Kartal İlçesi'nde ambalaj atıklarının yönetiminden sorumlu olan ve aktif olarak bu işi sahada gerçekleştiren kurum Kartal Belediyesi'dir. Kartal Belediyesi "Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"nin 8.maddesinin 2.fikrasının a) bendine dayanarak ambalaj atıklarını, konusunda lisansa sahip olan Toplama Ayırma Tesisine (TAT) toplattırmaktadır. Kartal Belediyesi bu kapsamda ambalaj atığı toplama ayırma tesis lisansı bulunan Hursan Geri Dönüşüm ve Teknolojileri Sanayi Ticaret A.Ş ile 3 yıllık bir sözleşme yapmıştır. Yapılan sözleşmede üçüncü bir taraf olan Yetkilendirilmiş Kuruluş (YK) olarak ÇEVKO yer almaktadır. Kartal Belediyesi tarafından oluşturulan Ambalaj Atıkları Yönetim Planı çerçevesinde lisanslı firma tarafından konutlardan, işyerlerinden, marketlerden, sanayi tesislerinden ve kamu kurumlarından açığa çıkan ambalaj atıkları diğer atıklardan ayrı şekilde toplanmaktadır. Toplama işinin sahada verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için lisanslı firma adına 1 çevre mühendisi görev yapmaktadır. Ayrıca Kartal Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü adına 2 çevre mühendisi ve 2 memur ambalaj atıklarının düzenli şekilde toplatılması, oluşabilecek aksaklıkların giderilmesi, bilgilendirme ve denetim çalışmalarının gerçekleştirilmesi, altı aylık gelişme raporlarının hazırlanarak Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne sunulması ve ambalaj atığı belgelendirme işlemlerinin onaylanması hususunda görevlendirilmiştir.

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması sırasında oluşabilecek sorunların giderilmesi ve atık üreticileri ile iletişim kurabilmek amacıyla Alo Çevre hattı kurulmuştur. Atıkların toplanması konusunda problem yaşayan veya atık biriktirme konteyniri/kutusu/poşeti gibi ekipmanlara ihtiyacı olan kişi ve/veya kurumlar bu hat üzerinden Kartal Belediyesine ulaşabilmektedir.

#### **3.2.2.1. Ambalaj Atıklarını Kaynağında Ayrı Toplama**

Çalışma alanında, ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması işlemleri 4 adet 8+1 m<sup>3</sup> hacim kapasiteli kapalı kasa sıkıştırılmalı araçlar ve 1 adet kapalı kasa kamyonet ile yapılmaktadır.





**Şekil 3.11:** Sıkıştırılmalı ambalaj atığı toplama aracı.

İlçe’ de toplam 20 mahalle, 2186 adet cadde ve sokak bulunmaktadır. Toplama araçları bu cadde ve sokaklarda bulunan konut ve işyerlerinde oluşan ambalaj atıklarını, konutlardan ve işyerlerinden haftada 1 kez, market ve sanayi tesislerinden ise atık oluşum yoğunluğuna bağlı olarak haftada 1-3 kez olmak üzere toplamaktadır. Haftalık toplama sayıları atığı oluşturan işletmenin yetkilisi ile görüşülerek artırılabilir veya azaltılabilmektedir. Toplama işlemi haftanın 6 günü yapılmakta olup toplama araçlarında 1 şoför ve 1 araç arkası personel görev yapmaktadır.



**Şekil 3.12:** Kaynağında ambalaj atıklarının toplanması.

Ambalaj atıklarının kaynağında diğer atıklardan ayrı biriktirilmesi için atık üreticilerine poşet, iç mekan kutusu ve/veya geri dönüşüm konteynırı gibi biriktirme ekipmanları

verilmektedir (Şekil 3.13). Atık oluşumunun az olduğu yerlere(konutlara) poşet verilirken küçük çaptaki işyerlerine iç mekan kutusu, atık oluşumunun daha fazla olduğu işletmelere ise yaklaşık 1 m<sup>3</sup> hacminde Şekil 3.14'deki geri dönüşüm konteynırı konulmaktadır. Atık oluşumunun çok daha yoğun olduğu sanayi tesislerinde ise firma yetkilileri ile görüşmeler yapılarak atık depolama sahalarında bu atıkların biriktirilmesi ve Belediye ile ortaklaşa belirlenen bir veya daha fazla günde toplama yapılması sağlanmaktadır. Poşetle toplama yapılan yerlerden ambalaj atıkları alınırken aynı noktalara yeni poşetler bırakılarak kaynağında ayrı toplama işlemlerinin süreklilik arz etmesi sağlanmaktadır. Poşetle toplama sistemi ise konteynır ve iç mekan kutusunun kullanılmasının mümkün olmadığı yerlerde özellikle münferit apartman ve dairelerden açığa çıkan ambalaj atıklarının toplanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.13: İç mekan kutusu görünümü.

İlçede cadde ve sokaklara geri dönüşüm konteynırı konulmamaktadır. Sokak toplayıcılarının sayısının çok olmasından dolayı ve bu tür geri dönüşüm ekipmanlarının güvenliğinin sağlanmasında yaşanan güçlükler nedeniyle cadde ve sokaklara geri dönüşüm konteynırı yerleştirmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle geri dönüşüm konteynırları güvenlik personeli bulunan sitelere veya işletmelere yerleştirilerek sağlıklı bir toplama işleminin sağlanması amaçlanmaktadır. 2015 yılında Kartal İlçesi'nde toplam 172 adet geri dönüşüm konteynırı ile toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Biriktirme ekipmanları her yıl Yetkilendirilmiş Kuruluş olan ÇEVKO tarafından tedarik edilerek Kartal Belediyesi'ne hibe edilmektedir. Hibe edilen bu ekipmanlar lisanslı

firma tarafından Belediye'nin uygun gördüğü noktalara yerleştirilerek kaynağında ayrı toplama çalışmaları yürütülmektedir.



**Şekil 3.14:** Geri dönüşüm konteynırı görünümü.

Ambalaj atıkları içerisinde cam ambalajların ayrı bir önemi bulunmaktadır. Cam ambalajların mümkün olduğu kadar ambalaj atığı toplama ayırma araçlarına girmeden diğer ambalaj atıklarından ayrı bir şekilde toplanması gerekmektedir. Cam şişe ve kavanozlar, sıkıştırılmalı ambalaj atığı toplama ayırma araçlarına girdiği takdirde sıkıştırma işlemi esnasında kırılarak ufak parçalar haline gelmekte ve tesiste ayrıştırılması güç olmaktadır. Ufak parçalar haline gelen camlar tesiste çalışan araçların tekerleklerine zarar vererek istenmeyen durumların oluşmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle Kartal Belediyesi cam atıklarının ayrı bir şekilde toplanması için bu konuda lisanslı bulunan Özen Cam Geri Dönüşüm Kazanım ve İnş. San. Ltd. Şti. ile bir protokol yapmıştır. Yapılan protokol çerçevesinde Kartal'da cam atıklarının yoğun olarak oluşabileceği noktalar belirlenmiş ve buralara cam kumbaraları yerleştirilmiştir (Şekil 3.15; Şekil 3.16). Yerleştirilen cam kumbaraları 2 gözden oluşmakta olup bir gözünde renksiz cam şişeler diğer gözünde ise renkli cam şişeler biriktirilmektedir. Bu

sayede cam ambalajların büyük bir çoğunluğu ayrı toplanarak diğer ambalajlarla karışmasının önüne geçilmiş olur ve toplama ayırma tesisine giren cam ambalaj atıklarının miktarı minimum seviyede tutulmaktadır.



Şekil 3.15: Cam kumbarası.



Şekil 3.16: Cam kumbarası boşaltma işlemi.

### 3.2.2.2. Ambalaj Atıklarının Transferi

Ambalaj atıkları, araçlarla kaynağında ayrı toplandıktan sonra lisanslı toplama ayırma tesisine transfer edilmesi gerekmektedir. Kartal İlçesi'nde ambalaj atıklarını belediye adına toplayan lisanslı toplama ayırma tesisinin ilçe sınırları içerisinde bulunması büyük avantajdır. Bu sayede mahallelerden toplanan atıklar kısa süre içerisinde tesise getirilerek boşaltma işlemleri yapılır ve araçlar yeniden toplama bölgesine sevk edilmektedir. Belediye adına toplama yapan lisanslı firmanın en uzak mahalleye olan mesafesi 6 km olup konumu Şekil 3.17'de verilmiştir.





**Şekil 3.17:** Lisanslı toplama ayırma tesisinin konumu.

Ambalaj atıklarının toplama güzergâhı belirlenirken Kartal İlçesi'ndeki çöp toplama araçlarının güzergâhları aynen kabul edilmektedir. Her atık toplama aracının görevli olduğu mahalle toplama programında belirtilmiştir. Toplama işleminde görevli olan 4 adet sıkıştırılmalı araç toplama programına göre hareket ederken sıkıştırılmıyız 1 adet kapalı kasa kamyonet ise Alo Çevre hattı üzerinden gelen şikâyetler sonucu oluşan atık taleplerinin karşılanması hususunda görev yapar. Bu sayede atık toplama programı aksatılmamış ve toplanan atık miktarlarında yaşanabilecek azalmaların önüne geçilmiş olur.

### **3.2.2.3. Ambalaj Atıklarının Ayrıştırılması**

Kartal İlçesi'nde karışık olarak toplanan ambalaj atıkları, toplama ayırma tesisine getirilerek boşaltma sahasına dökülmektedir. Ayırma tesisine karışık olarak getirilen ambalaj atıkları; kağıt, cam, metal, plastik ve kompozit olmak üzere 5 temel gruba ayrılması gerekmektedir. Tesiste ayırma işlemi manuel olarak elle yapılmaktadır.. Öncelikle tesise dökülen ambalaj atıklarının içerisinde bulunan büyük hacimdeki karton ve benzeri maddeler tek tek seçilerek ayrıştırılmaktadır. Daha sonra geride kalan ambalaj atıkları konveyör bandına verilerek 3 ayırma personeli tarafından gruplarına göre ayrıştırılmaktadır.



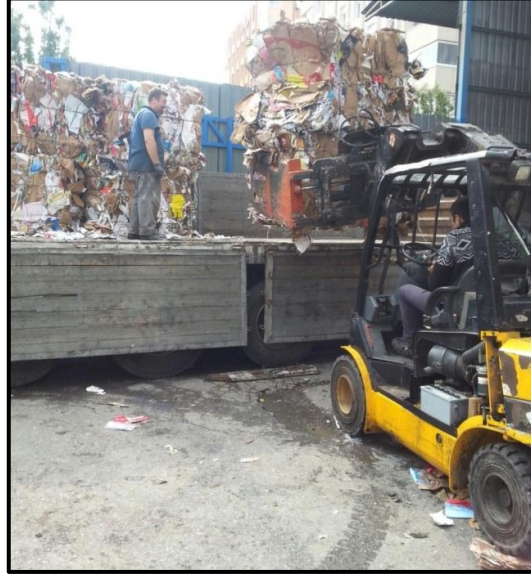
**Şekil 3.18:** Toplama ayırma tesisinde ayırıştırma işlemleri.

Gruplarına ayrılan ambalaj atıkları presleme makinesinde preslenerek balyalar halinde depolama alanında istiflenmekte ve geri dönüşümünün sağlanması için hammadde olarak satışı yapılan firmaların fabrikalarına gönderilmektedir.



**Şekil 3.19:** Ambalaj atıkları presleme ve balyalama işlemi.

Tesiste ambalaj atıklarının ayırıştırılması ve istiflenmesi esnasında görev yapan 1 adet kepçe ve 1 adet forklift çalışmaktadır. Kepçe vasıtasıyla gruplarına ayırıştırılan ambalaj atıkları presleme makinesinin girişine itilmektedir. Forklift aracılığı ile de balyalanmış ambalaj atıkları kamyon veya tırlara yüklenerek ilgili fabrikaya gönderilmektedir.



**Şekil 3.20:** Balyalanmış ambalaj atıklarının geri dönüştürülmek üzere tıra yüklenmesi.

#### ***3.2.2.4.Ambalaj Atıkları Karakterizasyon Analizi***

Ambalaj atıkları, toplama ayırma tesisine toplama araçları vasıtasıyla getirilerek öncelikle kantara girer ve tesise her gün gelen atık miktarı belirlenmiştir. Kantarda tartılan ambalaj atıkları içerisinde ambalaj niteliğinde bulunmayan malzemeler, evsel organik mutfak atıkları ya da organik atıklarla kontamine olmuş ve ekonomik olarak değerini kaybetmiş ambalaj atıkları da bulunabilir. Ayırıştırma işlemleri esnasında yabancı kabul edilen bu maddeler fire olarak kabul edilir ve başlangıçta tartılan miktarlardan düşülerek ayırıştırılan net ambalaj atık miktarı hesaplanmaktadır. Toplanan ve ayırıştırılan bu ambalaj atıkları pres makinesinde balyalandıktan sonra kantar üzerine konularak tartım işlemleri yapılmaktadır. Tartım işlemleri sonrasında elde edilen sonuçlar aylık olarak raporlanmış ve o aya ait toplanan ambalaj atıklarının karakterizasyonu belirlenmiştir. Elde edilen aylık karakterizasyon verileri yıl sonunda birleştirilerek yıllık karakterizasyon verileri elde edilmiştir.

#### ***3.2.2.5.Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü ve Değerlendirilmesi***

Kartal Belediyesi adına ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplayıp, toplama ayırma tesisinde ayırıştırılan lisanslı firma, ayırmış olduğu her ambalaj atığı türünü hammadde kaynağı olarak ihtiyacı olan firmalara satışını yapmaktadır. Satışı yapılan kağıt/karton, metal, cam ve plastik ambalaj atıkları ilgili fabrikalarda yeni mamül ürünler üretilmek üzere kullanılmaktadır. Satışı yapılan ambalaj atıklarından elde edilen gelir ise lisanslı firmaya ait olmaktadır.

## 4. BULGULAR

Bu bölümde; çalışma kapsamında yürütülen karakterizasyon ve ekonomik analiz sonuçlarından elde edilen veriler tablo ve şekillerle desteklenerek sunulmuştur.

### 4.1. KARTAL İLÇESİNDE KATI ATIKLARIN KARAKTERİZASYON ANALİZİ

Bu çalışmada katı atıkların karakterizasyonu için yaz ve kış dönemleri olmak üzere 2 farklı dönemde analiz yapılmıştır. Kış dönemi karakterizasyon analizi 26-29 Ocak 2015 tarihleri arasında, yaz dönemi analizi ise 29 Temmuz-4 Ağustos 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Katı atık karakterizasyonunun yapılması amacıyla; gelir seviyesine bağlı olarak İlçe'nin farklı noktalarından (düşük, orta, yüksek gelir seviyesi ve çarşı bölgesi) ayrı toplama araçlarıyla toplanan atıklar, Kartal Belediyesi'nin anlaşmalı olduğu Hursan Geri Dönüşüm ve Teknolojileri Sanayi Ticaret A.Ş' nin toplama-ayırma tesisinde bu iş için ayrılan alana getirilmiştir. Çalışma alanı olan Kartal İlçesi'nde gelir seviyelerine göre ve çarşı olarak seçilen mahalleler Tablo 4.1' de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Gelir seviyelerine göre seçilen mahalleler.

Gelir Seviyesi	Mahalle
Düşük	Hürriyet Mahallesi
Orta	Petrol İş Mahallesi
Yüksek	Orhantepe Mahallesi
Çarşı	Soğanlık Yeni Mahalle (Atatürk ve Millet Caddesi)

2015 yılının Ocak ayında yapılan katı atık karakterizasyon analizi çalışmasında, Kartal İlçesi'nin kış dönemine ait katı atık karakterizasyon verileri elde edilmesi amaçlanmıştır. Kış döneminde yapılan analiz neticesinde elde edilen tartım sonuçları Tablo 4.2' de, yaz dönemi katı atık karakterizasyon sonuçları ise Tablo 4.3' de sunulmuştur.



**Tablo 4.2:** Kartal İlçesi kış dönemi katı atık karakterizasyon tartım sonuçları.

Katı atık bileşenleri	Gelir Seviyeleri				Toplam (Kg)
	Düşük (Hürriyet Mah.)	Orta (Petrol İş Mah.)	Yüksek (Orhantepe Mah.)	Çarşı (Soğanlık Yeni Mah.)	
	Net (Kg)	Net (Kg)	Net (Kg)	Net (Kg)	
Mutfak atıkları	207,8	163,6	145,2	128,6	645,2
Kağıt	12	22,3	17,6	8,6	60,5
Karton	3	4,5	3,2	3,4	14,1
Hacimli karton	8	10,4	8,6	6,6	33,6
Plastik	22,8	32,2	17	24,9	96,9
Cam	10,4	10,6	15	15	51
Metal	1,4	3	1,2	4,6	10,2
Hacimli metal	0	0	0	0	0
Atık elektrikli ve elektronik ekipman	0	2,2	0,2	3,8	6,2
Tehlikeli atık	2,3	0	0,2	1	3,5
Park ve bahçe atıkları	2	0,4	9,4	0	11,8
Diğer yanmayanlar	0	1	6,6	1,2	8,8
Diğer yanabilenler	33,2	27,6	13,2	10,2	84,2
Diğer yanabilir hacimli atıklar	0,2	5,8	0	9,6	15,6
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0	0	0	0	0
Diğerleri	0	0	0	0	0
Kül(toz, kum, taş dâhil)	14,6	0	0	0	14,6
<b>TOPLAM</b>	<b>317,7</b>	<b>283,6</b>	<b>237,4</b>	<b>217,5</b>	<b>1056,2</b>

Karakterizasyonu yapılan katı atıkların toplandığı bölgelerin oluşan yıllık katı atık miktarları Tablo 4.4'te sunulmuştur. Bu değerler ışığında seçilen mahallelerde oluşan atık miktarına bağlı olarak, katı atık bileşiminin madde grubu oranları (% değerleri) hesaplanmış ve Tablo 4.5'de verilmiştir.

**Tablo 4.3:** Kartal İlçesi yaz dönemi katı atık karakterizasyon tartım sonuçları.

Katı atık bileşenleri	Gelir Seviyeleri				Toplam (Kg)
	Düşük (Hürriyet Mah.)	Orta (Petrol İş Mah.)	Yüksek (Orhantepe Mah.)	Çarşı (Soğanlık Yeni Mah.)	
	Net (Kg)	Net (Kg)	Net (Kg)	Net (Kg)	
Mutfak atıkları	120,8	122,6	118,4	110,6	472,4
Kağıt	5,8	7,2	16	7,8	36,8
Karton	5	4,8	6,8	4	20,6
Hacimli karton	11,2	18,4	10	8,8	48,4
Plastik	19,8	16	17,4	16,8	70
Cam	8,6	21,7	27,8	15,6	73,7
Metal	2	1,8	4,8	2,6	11,2
Hacimli metal	0	0	0	0	0
Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar	8,4	0,1	5,4	0,1	14
Tehlikeli atık	0	0,1	0,2	0	0,3
Park ve bahçe atıkları	6,1	5,5	28,3	2	41,9
Diğer yanmayanlar	3,4	2,6	1,8	0,8	8,6
Diğer yanabilenler	16,6	20,3	15,1	15,6	67,6
Diğer yanabilir hacimli atıklar	6,2	3	0	9,6	18,8
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0	0	0	0	0
Diğerleri	0	0	0	0	0
Kül(toz, kum, taş dâhil)	0	0	0	0	0
<b>TOPLAM</b>	<b>213,9</b>	<b>224,1</b>	<b>252</b>	<b>194,3</b>	<b>884,3</b>

**Tablo 4.4:** Karakterizasyonu yapılan mahallelerde oluşan yıllık katı atık miktarları.

Gelir Seviyesi	Mahalle Adı	Katı Atık Miktarı (ton/yıl)
Düşük	Hürriyet	16.936
Orta	Petrol İş	11.208
Yüksek	Orhantepe	11.103
Çarşı	Soğanlık Yeni	5.616

İlçe’de 2015 yılında toplam 166.722 ton katı atık açığa çıkmış olup bu miktar nüfusa bölündüğünde 1,01 kg/kişi-gün katı atık oluştuğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.5:** Kartal İlçesi yaz, kış ve ortalama katı atık karakterizasyon sonuçları.

<b>Katı Atık Bileşenleri</b>	<b>Yaz Dönemi %</b>	<b>Kış Dönemi %</b>	<b>Ortalama %</b>
Mutfak atıkları	53,74	61,64	57,69
Kağıt	3,90	5,72	4,81
Karton	2,34	1,28	1,81
Hacimli karton	5,58	3,14	4,36
Plastik	8,07	8,75	8,41
Cam	7,67	4,60	6,13
Metal	1,19	0,82	1,01
Hacimli metal	0,00	0,00	0,00
Atık elektrikli ve elektronik ekipman	2,03	0,43	1,23
Tehlikeli atık	0,03	0,35	0,19
Park ve bahçe atıkları	4,60	1,25	2,93
Diğer yanmayanlar	1,12	0,85	0,98
Diğer yanabilenler	7,68	8,34	8,01
Diğer yanabilir hacimli atıklar	2,05	1,09	1,57
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0,00	0,00	0,00
Diğerleri	0,00	0,00	0,00
Kül(toz, kum, taş dahil)	0,00	1,73	0,87
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tablo 4.5 incelendiğinde yaz ve kış dönemi arasındaki en belirgin ayrımın mutfak atıklarında olduğu görülmektedir. Yaz döneminde mutfak atıklarının oranı %53,74 iken bu oran kış ayında %61,64'e yükselmiştir. Buna gerekçe olarak kış aylarında meydana gelen yağışlar sonucu katı atıkların çöp konteynirlerinde ıslanmasını, yaz aylarında ise gözlenen yüksek sıcaklıklardan dolayı katı atık içerisindeki suyun buharlaşmasını gösterebiliriz. Mutfak atıklarının yıllık ortalama değeri %57,69 olarak hesaplanmıştır. Yaz ve kış dönemlerinde yapılan karakterizasyonda, bir diğer önemli fark ise park ve bahçe atıklarında gözlemlenmiştir. Bu atık bileşeni; yaz döneminde %4,60, kış döneminde ise %1,25 oranında tespit edilmiştir. Yaz aylarında yoğun şekilde yapılan çim biçme işlemleri neticesinde açığa çıkan artık çimlerin yaz dönemi park ve bahçe atıklarının oranını %4,60'a çıkardığı düşünülmektedir.

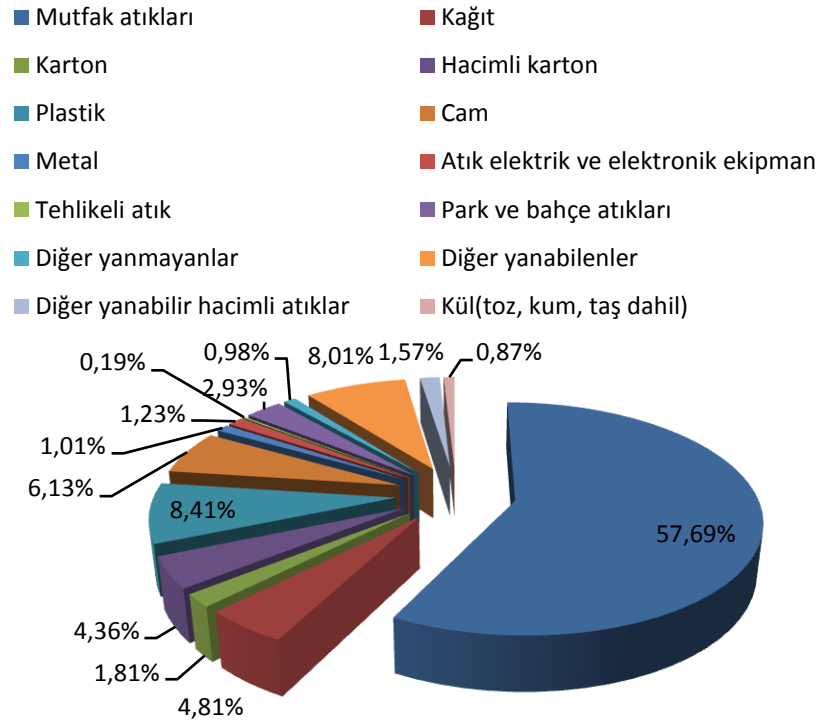
Katı atık kütesinde bulunan ambalaj atığı bileşenlerinin oranı incelendiğinde; kış döneminde oluşan ambalaj atıklarının toplam katı atık içerisindeki oranı %24,31, yaz

dönemindeki oranı ise %28,75 olarak hesaplanmıştır. Ambalaj atıklarının ortalama değeri %26,53 olarak tespit edilmiştir. Kartal Belediyesi verilerine göre İlçe’ de yılda 166.722 ton katı atık oluşmakta ve bu atığın %26,53’ünün ambalaj atığı olduğu düşünülürse 1 yılda 44.231 ton ambalaj atığının katı atıklarla beraber çöp konteynırlarına atıldığı sonucuna varılmıştır. Katık atık karakterizasyon işlemleri sırasında çalışılan numune içerisinde çok sayıda cam şişe ambalaj, plastik şişe ve kaplar, metal içecek kutuları, gazete, dergi ve karton kutular tespit edilmiştir. Tablo 4.6’ da ambalaj atıklarının katı atıklar içerisindeki oranı verilmiştir. Tablo 4.6’ ya göre ambalaj atıkları içerisindeki en büyük miktarı sırasıyla kağıt/karton ambalaj atıkları, plastik ambalaj atıkları, cam ve metal ambalaj atıkları oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen karakterizasyon sonuçlarının (yaz-kış dönemi) genel bir değerlendirmesi Şekil 4.1’ de sunulmuştur.

**Tablo 4.6:** Kartal’da 2015 yılında oluşan katı atıklar içerisindeki ambalaj atıklarının muhteviyatı.

<b>Ambalaj Atık Bileşenleri</b>	<b>Katı Atık İçerisindeki Oranı(%)</b>
Kağıt/Karton	10,98
Plastik	8,41
Cam	6,13
Metal	1,01
<b>Toplam</b>	<b>26,53</b>

Mutfak atıkları ve ambalaj atıklarından sonra katı atık içerisinde en büyük orana sahip olan ve diğer yanabilen atıklar olarak adlandırılan (kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta) maddelerin, atık kütlelerinde, %8,01 oranında yer bulduğu görülmektedir. Gerek atık toplama/boşaltma gerekse ayrıştırma işlemleri esnasında çok sayıda giysi, terlik, ayakkabı ve çocuk bezi gibi yanabilen maddelere rastlanılmıştır. Katık atık karakterizasyon işlemleri sırasında çalışılan numune içerisinde çok sayıda cam şişe ambalaj, plastik şişe ve kaplar, metal içecek kutuları, gazete, dergi ve karton kutular tespit edilmiştir. Bunun dışında %1,23 oranında atık elektrikli ve elektronik eşyanın açığa çıktığı tespit edilmiştir. Atık elektrikli ve elektronik eşyaların genellikle hurdacılar tarafından belli bir ücret karşılığında alınması ve ikinci el olarak kullanılmasının mümkün olmasından dolayı toplam katı atık içerisindeki oranı düşük seyretmektedir.



**Şekil 4.1:** 2015 yılı Kartal İlçesi katı atık karakterizasyon sonuçları.

Tablo 4.5 incelendiğinde kış döneminde %1,73 oranında kül olduğu görülmektedir. Kül bileşeninin yaz ve kış dönemi ortalaması ise %0,87 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanının 4 farklı mahallesinde toplanan katı atık numuneleri içerisinde kül bileşenine sadece Hürriyet Mahallesinde rastlanmıştır. Bunun nedeninin; Hürriyet Mahallesi'nin düşük gelir seviyesi grubuna girmesi, bölgenin sosyo-ekonomik seviyesinin diğer mahallelere oranla daha geride kalması, mahallenin büyük bir kısmında gecekondü yapılaşmasının hakim olması ve ısınma amaçlı soba kullanılması olduğu düşünülmektedir. Yaz döneminde ise katı atık bileşiminde küle rastlanmamıştır. Yapılan katı atık karakterizasyon işlemleri neticesinde %0,19 oranında tehlikeli atık tespit edilmiş olup bu atıklar genellikle ilaçlar ve atık pillerdir.

Katı atık karakterizasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlar, İstanbul ve Türkiye geneli için daha önce yapılan yapılan karakterizasyon çalışmaları ile kıyaslanmıştır.

**Tablo 4.7:** Kartal, İstanbul ve Türkiye geneli katı atık kompozisyonlarının karşılaştırılması (Yıldız ve diğ., 2012; ÇOB, 2011).

Katı Atık Bileşenleri %	Kartal İlçesi (2015)	İstanbul Geneli (2012)	Türkiye Geneli (2006)
Mutfak atıkları	57,69	54,09	34
Kağıt/Karton	10,98	15,57	16
Plastik	8,41	13,71	2
Cam	6,13	3,03	6
Metal	1,01	1,11	1
Tetrapak	-	0,85	-
Atık elektrikli ve elektronik ekipman	1,23	0,035	-
Tehlikeli atık	0,19	0,01	-
Park ve bahçe atıkları	2,93	-	-
Diğer yanmayanlar	0,98	0,63	22
Diğer yanabilenler	8,01	8,87	19
Diğer yanabilir hacimli atıklar	1,57	-	-
Diğer yanmayan hacimli atıklar	0,00	-	-
Diğerleri	0,00	-	-
Kül(toz, kum, taş dahil)	0,87	-	-

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar İstanbul ve Türkiye geneli ile karşılaştırıldığında, Kartal'da mutfak atıkları'nın %57,69, İstanbul'da 2012 yılında %54,09 ve Türkiye genelinde 2006 yılında %34 oranında olduğu görülmektedir. Kartal'da oluşan mutfak atıklarının İstanbul sonuçlarına yakın olduğu fakat Türkiye ortalamasının çok üzerinde olduğu görülmektedir. Ambalaj atıkları, Kartal'da %26,53, İstanbul'da 2012 yılında %34,27 ve Türkiye genelinde 2006 yılında %25' lik bir orana sahiptir (Yıldız ve diğ., 2012; ÇOB, 2011 ). Kartal İlçesi'nin katı atıkları içerisindeki ambalaj atığı oranının Türkiye genelinin sahip olduğu orana çok yakın olduğu görülmekte, buna karşı İstanbul genelinde ise bu oranın daha yüksek olduğu görülmektedir.

#### 4.2. NEM İÇERİĞİ ANALİZİ

Karakterizasyon çalışmaları esnasında ayırma işlemleri tamamlandıktan sonra hem kış dönemi hem de yaz dönemi için temsil edici numuneler alınarak nem tayini gerçekleştirilmiştir. Alınan numunelerde gerçekleştiren nem tayini sonuçları kış ve yaz dönemi için sırasıyla Tablo 4.8 ve

Tablo 4.9’da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde; beklenildiği üzere, kış döneminde hafta içi ve hafta sonu katı atık numunelerinde nem oranları daima yaz dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. Kış dönemi katı atık nem oranı %78, yaz dönemi ise %64,34 olarak ölçülmüştür. Kış döneminde nem oranının yüksek çıkmasına, yağışlı gün sayısının yaz mevsimine göre daha fazla olması neden olmuştur. Yaz ve kış dönemi sonuçlarının ortalaması alındığında ise Kartal İlçesi’nin katı atık nem oranı %71,17 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.8:** Kartal İlçesi 2015 yılı kış dönemi nem tayini sonuçları.

Gün	Mahalle	Gelir Seviyesi	Nem Muhtevası %	Ortalama Nem %	Genel Ortalama Nem %
<b>Hafta İçi Numunesi</b>	Orhantepe Mah.	Yüksek	72,68	77,42	78
	Petrol İş Mah.	Orta	75,59		
	Hürriyet Mah.	Düşük	81,67		
	Çarşı	*	77,64		
<b>Hafta Sonu Numunesi</b>	Orhantepe Mah.	Yüksek	73,39	79,42	
	Petrol İş Mah.	Orta	73,03		
	Hürriyet Mah.	Düşük	86,05		
	Çarşı	*	84,13		

**Tablo 4.9:** Kartal İlçesi 2015 yılı yaz dönemi nem tayini sonuçları.

Gün	Mahalle	Gelir Seviyesi	Nem Muhtevası %	Ortalama Nem %	Genel Ortalama Nem %
<b>Hafta İçi Numunesi</b>	Orhantepe Mah.	Yüksek	61,6	63,37	64,34
	Petrol İş Mah.	Orta	57,54		
	Hürriyet Mah.	Düşük	66,34		
	Çarşı	*	69,56		
<b>Hafta Sonu Numunesi</b>	Orhantepe Mah.	Yüksek	62,51	66,75	
	Petrol İş Mah.	Orta	64,65		
	Hürriyet Mah.	Düşük	72,11		
	Çarşı	*	63,13		

### 4.3. KALORİFİK DEĞER ANALİZİ

Karakterizasyon çalışmalarında alınan numunelerin kalorifik değerleri ölçülmüş ve sonuçları Tablo 4.10’ da sunulmuştur.

**Tablo 4.10:** 2015 yılı Kartal İlçesi kış ve yaz dönemi katı atık kalorifik değer sonuçları.

Dönem	Parametre	Kalorifik Değer Kcal/kg
Kış	Üst Isıl değer (Orjinal Bazda)	1557
Yaz	Üst ısıl değer (Orjinal Bazda)	3480

Tablo 4.10 incelendiğinde örneklerin kalorifik değerlerinin 1557 kcal/kg ile 3480 kcal/kg arasında değiştiği görülmektedir. Atık karakterizasyonunda yaz ve kış dönemlerinde büyük farklılıklar olmadığı dikkate alındığında, kalorifik değeri etkileyen en önemli bileşenin nem içeriği olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4. AMBALAJ ATIĞI MİKTAR VE KARAKTERİZASYONU

Çalışma alanında 2015 yılında aylara göre toplanan ambalaj atık miktarları ve fire oranları Tablo 4.11’de verilmiştir. Bu tabloya göre, 2015 yılında Kartal’da toplam 4.945.455 kg ambalaj atığı toplanmış olup, ayırma tesisinde gerçekleştirilen ayrıştırma işlemlerinden sonra 4.730.807 kg net ambalaj atığı ortaya çıkmıştır. Ayrıştırma işlemleri esnasında %4,33 oranında yani 214.648 kg fire açığa çıktığı tespit edilmiştir.

**Tablo 4.11:** 2015 yılı aylara göre Kartal İlçesi’nde toplanan net ambalaj atık miktarları ve fire oranları.

Aylar	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı(kg)	Fire		Toplanan Net Ambalaj Atık Miktarı(kg)
		kg	%	
Ocak	418.300	32.100	7,7	386.200
Şubat	418.080	25.400	6,1	392.680
Mart	414.170	21.700	5,2	392.470
Nisan	409.000	19.988	4,9	389.012
Mayıs	415.165	13.650	3,3	401.515
Haziran	420.000	15.320	3,6	404.680
Temmuz	408.000	10.500	2,6	397.500
Ağustos	417.000	15.500	3,7	401.500
Eylül	412.200	16.000	3,9	396.200
Ekim	384.500	14.000	3,6	370.500
Kasım	418.800	16.000	3,8	402.800
Aralık	410.240	14.490	3,5	395.750
<b>TOPLAM</b>	<b>4.945.455</b>	<b>214.648</b>	<b>4,33</b>	<b>4.730.807</b>



Tablo 4.11 incelendiğinde, hemen hemen tüm aylarda toplanılan ve ayrıştırılan net ambalaj atığı miktarlarının birbirine çok yakın olduğu ve toplama-ayırıştırma sisteminin bir istikrar söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma süresince, cam toplama kumbaralarında ayrı ve diğer ambalaj atıklarıyla birlikte toplanan cam ambalaj atıklarının aylara göre miktarları Tablo 4.12’de verilmiştir.

**Tablo 4.12:** 2015 yılı aylara göre Kartal İlçesi’nde toplanan cam ambalaj atık miktarları.

Aylar	Ayrı Toplanan Cam Ambalaj Atık Miktarı(kg)	Birlikte Toplanan Cam Ambalaj Atık Miktarı(kg)	Toplam Cam Ambalaj Atık Miktarı(kg)
Ocak	101.500	2.500	104.000
Şubat	98.340	2.400	100.740
Mart	99.760	2.160	101.920
Nisan	99.140	2.500	101.640
Mayıs	100.320	3.215	103.535
Haziran	102.480	2.000	104.480
Temmuz	115.160	4.000	119.160
Ağustos	108.580	3.000	111.580
Eylül	98.790	3.700	102.490
Ekim	97.680	4.000	101.680
Kasım	99.400	4.000	103.400
Aralık	98.280	3.750	102.030
<b>TOPLAM</b>	<b>1.219.430</b>	<b>37.225</b>	<b>1.256.655</b>

1.219.430 kg cam ambalaj atığı diğer ambalaj atıklarından ayrı şekilde cam kumbaraları vasıtasıyla toplanmıştır. Diğer ambalaj atıklarıyla beraber toplanan cam ambalaj atık miktarı ise 37.225 kg olmuştur. Toplam da ise 1.256.655 kg cam ambalaj atığı kaynağında ayrı şekilde toplanarak geri dönüştürülmek üzere ilgili fabrikalara gönderilmiştir. Aylık ortalama 104.721 kg cam ambalaj atığı diğer ambalaj atıklarından ayrı şekilde toplanmıştır. Ayrı toplanan cam ambalaj atıklarının aylık değişiminin hemen hemen birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında, toplanan ve ayrıştırılan tüm ambalaj atıklarının net miktarı ay bazında Tablo 4.13’de, ambalaj atıkları karakterizasyonu ise Tablo 4.15’de verilmiştir. Tablo 4.13’e göre Kartal’da 2015 yılında toplam 5.950.357 kg ambalaj atığının toplanıp ayrıştırıldığı görülmektedir. Toplanan ve ayrıştırılan bu miktarın büyük bir bölümünü

4.441.162 kg ile kağıt/karton ambalaj, 1.256.655 kg ile cam ambalaj, 210.040 kg ile plastik ambalaj, 42.500 kg ile metal ambalaj oluşturmaktadır.

**Tablo 4.13:** Kartal’da 2015 yılında toplanan ve ayrıştırılan net ambalaj atık miktarları.

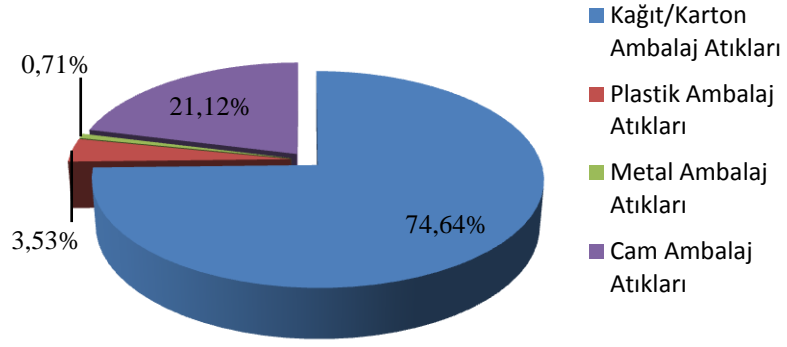
Aylar	Ayrıştırılan Net Ambalaj Atık Miktarı(kg)	Ayrı Toplanan Cam Ambalaj Atık Miktarı(kg)	Toplam Net Ambalaj Atık Miktarı(kg)
Ocak	386.200	101.500	487.700
Şubat	392.680	98.340	491.020
Mart	392.470	99.760	492.230
Nisan	389.012	99.140	488.152
Mayıs	401.515	100.320	501.835
Haziran	404.800	102.480	507.280
Temmuz	397.500	115.160	512.660
Ağustos	401.500	108.580	510.080
Eylül	396.200	98.790	494.990
Ekim	370.500	97.680	468.180
Kasım	402.800	99.400	502.200
Aralık	395.750	98.280	494.030
<b>TOPLAM</b>	<b>4.730.807</b>	<b>1.219.430</b>	<b>5.950.357</b>

Kartal Belediyesi Ambalaj Atıkları Yönetim Planı kapsamında toplanan-ayrıştırılan ambalaj atıkları dışında, lisanslı Toplama Ayırma Tesisi’nde 2015 yılında 200 ton net ambalaj atığı işlenmiş ve satışı yapılmıştır. Bu miktar ile birlikte Toplama Ayırma Tesisi’nde toplam 6.150 ton ambalaj atığının toplanıp ayrıştırıldığı tespit edilmiştir. Kartal İlçesi’nde oluşan katı atıklar ile ayrı toplanan-ayrıştırılan ambalaj atıklarının toplamı içerisinde ambalaj atıkları için gerçekleştirilen geri dönüşüm oranı Tablo 4.14’te verilmiştir. Tablo 4.14’e göre 2015 yılında gerçekleşen ambalaj atığı geri dönüşüm oranı %12,21 olmuştur.

**Tablo 4.14:** 2015 yılında gerçekleştirilen ambalaj atığı geri dönüşüm oranı.

Katı Atık Miktarı (Ton)	Katı Atık İçerisindeki Ambalaj Atık Miktarı(Ton)	Ayrı Toplanan Ambalaj Atık Miktarı(Ton)	Toplam Ambalaj Atık Miktarı(Ton)	Geri Dönüşüm Oranı(%)
166.722	44.231(%26,53)	6.150	50.381	12,21

Toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıklarının yüzdelerle dağılımları incelendiğinde; toplam ambalaj atıklarının %74,64'lük bölümünün kağıt/karton, %21,12'sinin plastik, %3,53'ünün cam ve %0,71'inin de metal ambalaj atıklarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: 2015 yılı Kartal İlçesi ambalaj atıkları dağılım grafiği.

**Tablo 4.15:** Kartal İlçesi 2015 yılı aylara göre ambalaj atıkları karakterizasyonu.

Ambalaj Atığı Cinsi (Kg)	Aylar												TOPLAM (Kg)	
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Kağıt/Karton	361.000	366.700	366.400	362.562	371.500	381.000	375.000	380.000	375.000	350.000	380.000	372.000	<b>4.441.162</b>	
Plastik	PE	7.400	6.700	6.450	6.200	6.300	5.500	4.500	4.000	3.500	4.000	4.500	4.600	<b>63.650</b>
	PET	4.600	4.900	5.500	7.500	9.500	8.800	8.000	8.500	7.000	6.000	3.800	6.500	<b>80.600</b>
	PVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	PS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	PP	6.700	6.980	7.460	6.250	6.500	4.500	3.500	4.000	4.500	3.500	6.500	5.400	<b>65.790</b>
Metal	Teneke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	Alüminyum	4.000	5.000	4.500	4.000	4.500	3.000	2.500	2.000	2.500	3.000	4.000	3.500	<b>42.500</b>
Cam	104.000	100.740	101.920	101.640	103.535	104.480	119.160	111.580	102.490	101.680	103.400	102.030	<b>1.256.655</b>	
Kompozit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
<b>TOPLAM</b>	<b>487.700</b>	<b>491.020</b>	<b>492.230</b>	<b>488.152</b>	<b>501.835</b>	<b>507.280</b>	<b>512.660</b>	<b>510.080</b>	<b>494.990</b>	<b>468.180</b>	<b>502.200</b>	<b>494.030</b>	<b>5.950.357</b>	

## 4.5. EKONOMİK ANALİZ

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde, kaynakta ayrı toplama yükümlülüğü belediyelere, ayrı toplamanın maliyetlerinin karşılanması yükümlülüğü de piyasaya sürenlere verilmiştir. Bu süreçte, Yönetmelikte tanımlanan Lisanslı Toplama-Ayrırma Tesisleri(TAT) oluşmuş ve belediyelerle protokoller yaparak kaynakta ayrı toplama faaliyetlerini belediyeler adına yürütmeye başlamışlardır (ÇOB, 2010). Ambalaj atıklarının toplanmasına-ayrıştırılmasına ve dolayısıyla maliyet analizine doğrudan etki eden temel parametreler bulunmaktadır. Bunlar;

- Araç maliyetleri(yakıt, bakım, sigorta ve kasko, takip sistemi maliyeti),
- Personel maliyetleri(organizasyonda görev alan tüm çalışanlar),
- Tesis içi maliyetler(elektrik, su, doğalgaz, kira ve sarf malzeme maliyetleri),
- Toplanan atık miktarı,
- Araçların taşıma kapasitesi,
- Toplama ayırma tesisinin toplama bölgesine olan mesafesi,
- Araç sefer sayısı, gibi ilçeye özgü değişken bileşenler karşımıza çıkmaktadır.

Ambalaj atıklarının toplanması ve ayrıştırılması sırasında oluşan maliyetlerin karşılığında bir fayda elde edilmektedir. Bu da ambalaj atıklarının ayrıştırılıp cinslerine göre hammadde olarak satışlarından elde edilecek gelirdir. Ambalaj atıklarını ekonomik şekilde toplayıp ayrıştırabiliyoruz diyebilmek için elde edilecek gelirin maliyetlerden daha fazla olması gerekmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanmasından, gruplarına göre ayrıştırılıp satışının yapılmasına kadar ki geçen süreçte lisanslı firma tarafından tesisin işletilmesi için yapılan maliyetler ve bunun karşılığında elde edilen gelirlerin analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

### 4.5.1. Maliyet Analizi

Ambalaj atığı toplama ve ayırma işlemleri için lisanslı firmaya ait toplama-ayırma tesisin işletilmesi esnasında oluşan maliyetler, araç maliyetleri, personel maliyetleri, tesis içi maliyetler, ambalaj atığı toplama maliyetleri olarak 4 farklı grup altında incelenmiştir. Maliyet analizinde 2015 yılında lisanslı firma tarafından yapılan harcama

verileri kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde bu maliyetlerin içerikleri detaylıca anlatılacaktır.

#### 4.5.1.1. Araç Maliyetleri

Kartal İlçesi'ndeki ambalaj atıklarının mahallelerden toplanması ve yönetimi konusunda lisanslı firma tarafından finanse edilen ve kullanılan 5 adet atık toplama aracı, 1 adet binek araç, 1 adet kepçe ve 1 adet forklift aracının maliyetleri 5 farklı gruba ayrılmıştır. Bu araçların görev yapması esnasında doğurduğu maliyetler, yakıt, bakım, sigorta, kasko ve araç takip sistemi giderlerinden oluşmaktadır. Bu giderlerin tutarları Tablo 4.16'da verilmiştir.

**Tablo 4.16:** 2015 yılı aylık araç maliyetleri.

No	Araç Maliyetleri	TL/Ay	TL/Yıl
1	Yakıt Giderleri	18.750	225.000
2	Bakım Giderleri	5.500	66.000
3	Sigorta Giderleri	2.900	34.800
4	Kasko Giderleri	1.975	23.700
5	Araç Takip Sistemi Giderleri	500	6.000
<b>TOPLAM</b>		<b>29.625</b>	<b>355.500</b>

Toplama araçları tarafından kat edilen mesafe yakıt tasarrufu açısından çok önemlidir. Toplama ayırma tesisinin İlçe sınırları içerisinde olması sayesinde bir yıl içinde araçlar tarafından kat edilen mesafe minimum seviyelere indirilebilmektedir. Toplama araçları araç takip sistemi ile takip edilerek kat ettikleri mesafeler kayıt altına alınmaktadır. Lisanslı firma tarafından kullanılan araç takip sisteminden alınan verilere göre her bir toplama aracının 2015 yılında kat ettiği mesafeler Tablo 4.17'de verilmiştir. 5 adet toplama aracının Kartal İlçesi'nde oluşan ambalaj atıklarının toplanması için 2015 yılında toplamda 64.697,30 km yol kat ettiği tespit edilmiştir.

**Tablo 4.17:** Toplama araçlarının 2015 yılında kat ettiği mesafeler.

Araç No	Zaman Aralığı	Son Km. Bilgisi	Kat Edilen Mesafe(km)
1		30.769,1	14.113,2
2		35.576,3	17.298,4
3	01.01.2015 07.00 31.12.2015 18.00	3.638,5	332,1
4		206.039,2	19.339,7
5		33.806,3	13.613,9
<b>TOPLAM</b>			<b>64.697,3</b>

#### 4.5.1.2. Personel Maliyetleri

Lisanslı firma bünyesinde görev yapan personelin sayısı ve yaptıkları işin tanımı Tablo 4.18’de verilmiştir. Tablo 4.18’e göre toplama ayırma tesisinde toplam 23 personel görev yapmaktadır. Bu personelin 17 tanesinin ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması ve tesiste gruplarına göre ayrılması işlemlerinde görev aldığı görülmektedir.

**Tablo 4.18:** Toplama-ayırma tesisi bünyesinde görev yapan personel sayısı ve iş tanımları.

Personel		Sayısı	İş Tanımı
Şoförler		5	Ambalaj atığının kaynağında toplanması sırasında toplama araçlarını kullanmak.
Atık Toplama Personeli		9	Ambalaj atığı toplama araçları vasıtasıyla kaynağında atıkları toplamak.
Atık Ayırma Personeli		3	Toplama-ayırma tesisine getirilen ambalaj atıklarını gruplarına göre ayırmak.
İş Makinesi Personeli		2	Toplama-ayırma tesisinde bulunan kepçe ve forklifti kullanmak.
Güvenlik Personeli		2	Tesisin kapalı olduğu günlerde tesisin güvenliğini sağlamak.
İdari Personel	Çevre Mühendisi	1	Ambalaj atıkları yönetim planı doğrultusunda ambalaj atıklarının yönetimini sahada takip etmek, atık verilerini kayıt altında tutmak, Belediye personeli ile denetimlere katılmak, atık biriktirme ekipmanlarını ilgili noktalara yerleştirmek, sahada yaşanan olumsuzlukları Kartal Belediyesi’ne bildirmek, tesisin mevcut işleyişini sağlamak ve takip etmek.
	Muhasebe Personeli	1	Tesisin muhasebe işlerinin takibini yapmak.
<b>TOPLAM</b>		<b>23</b>	

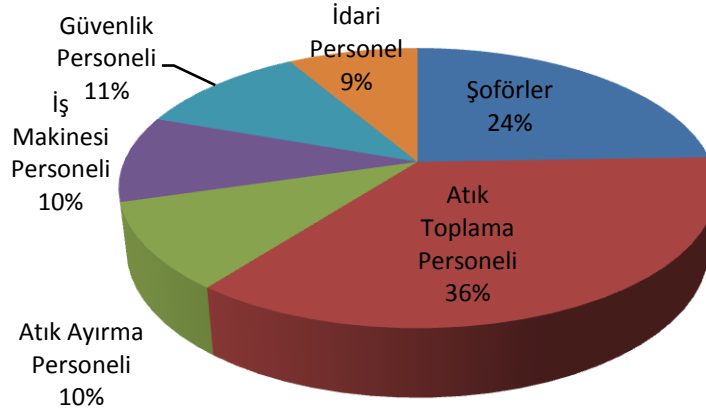
Tablo 4.18’de belirtilen ve lisanslı firma bünyesinde görev yapan personele ödenen maaşlar nedeniyle oluşan brüt maliyetler aylık ve yıllık bazda olmak üzere Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19’a göre personel maliyetleri içerisinde en yüksek maliyete neden olan grubun yıllık 194.400 TL ile ambalaj atığı toplama personeline ait olduğu, bunu yıllık 132.000 TL ile ambalaj atığı toplama araçlarını kullanan şoförlerin ve 60.000 TL ile de güvenlik personeli maliyetinin takip ettiği görülmektedir.

**Tablo 4.19:** Toplama-ayırma tesisi bünyesinde görev yapan personelin aylık ve yıllık ücretleri.

Personel	Sayısı	Kişi Başı Brüt TL/Ay	Toplam Brüt TL/Ay	Toplam Brüt TL/Yıl
Şoförler	5	2.200	11.000	132.000
Atık Toplama Personeli	9	1.800	16.200	194.400
Atık Ayırma Personeli	3	1.500	4.500	54.000
İş Makinesi Personeli	2	2.250	4.500	54.000
Güvenlik Personeli	2	2.500	5.000	60.000
İdari Personel	Çevre Mühendisi	1	2.000	24.000
	Muhasebe Personeli	1	1.800	21.600
<b>TOPLAM</b>	<b>23</b>	<b>-</b>	<b>45.000</b>	<b>540.000</b>

Personel maliyetlerinin kendi içerisindeki yıllık yüzdeler dağılımı Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Şekil 4.3’e göre %36 ile atık toplama personel maliyetinin birinci sırada yer aldığı ve bunu %24 ile şoförlerin maliyetinin takip ettiği görülmektedir.

**Şekil 4.3:** Personel maliyetlerinin yıllık yüzdeler dağılımları.

#### 4.5.1.3. Tesis İçi Maliyetler

Toplama-ayırma tesisinin işletilmesi esnasında kullanılan elektrik, su, doğalgaz, telefon, sarf malzeme, yemek ücretleri ve tesis kirası tesis içi maliyetleri oluşturmaktadır. 2015 yılında tesisinin işletilmesi sırasında tüketilen bu unsurların yıllık maliyetleri Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20’ye göre toplama-ayırma tesis maliyetleri içerisinde tesis kirasının yılda 120.000 TL ile en yüksek maliyete neden olduğu, bunu 54.000 TL ile yemek giderlerinin takip ettiği ve tesis içi maliyetler toplamının 247.320 TL olduğu hesaplanmıştır.



**Tablo 4.20:** 2015 yılı toplama-ayırma tesisi tesisi içi maliyetler.

No	Tesis İçi Maliyetler	TL/Ay	TL/Yıl
1	Elektrik Tüketim Maliyeti	2.000	24.000
2	Su Tüketim Maliyeti	350	4.200
3	Doğalgaz Maliyeti	60	720
4	Telefon İletişim Maliyeti	1.000	12.000
5	Tesis Kira Maliyeti	10.000	120.000
6	Sarf Malzeme Maliyeti	2.700	32.400
7	Yemek Maliyeti	4.500	54.000
<b>TOPLAM</b>		<b>20.610</b>	<b>247.320</b>

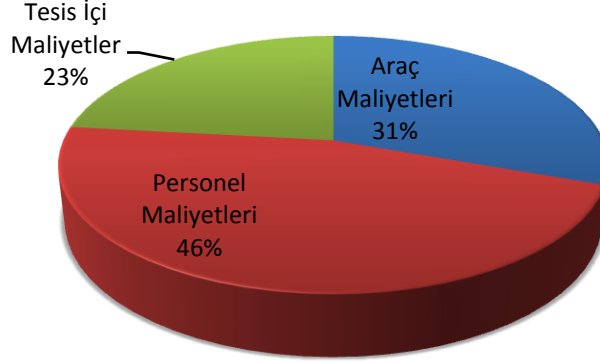
#### 4.5.1.4. Ambalaj Atığı Toplama-Ayırma Maliyetleri

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması, TAT' a taşınması ve burada ayrıştırılması sırasında ortaya çıkan araç, personel ve tesisi içi maliyetlerin tamamı toplama ayırma maliyetlerini oluşturmaktadır. Tüm bu maliyetler tek başlık altında incelendiğinde (Tablo 4.21), 1 ton ambalaj atığının yıllık toplama ayırma maliyetini hesaplamak mümkün olmaktadır.

**Tablo 4.21:** 2015 yılı ambalaj atığı toplama-ayırma maliyetleri.

	Maliyet Türü	Maliyet TL/Ay	Maliyet TL/Yıl
<b>Araç Maliyetleri</b>	Yakıt Giderleri	18.750	225.000
	Bakım Giderleri	5.500	66.000
	Sigorta Giderleri	2.900	34.800
	Kasko Giderleri	1.975	23.700
	Araç Takip Sistemi Giderleri	500	6.000
<b>ARA TOPLAM</b>		<b>29.625</b>	<b>355.500</b>
<b>Personel Maliyetleri</b>	Şoförler	11.000	132.000
	Atık Toplama Personeli	16.200	194.400
	Atık Ayırma Personeli	4.500	54.000
	İş Makinesi Personeli	4.500	54.000
	Güvenlik Personeli	5.000	60.000
	İdari Personel	3.800	45.600
<b>ARA TOPLAM</b>		<b>45.000</b>	<b>540.000</b>
<b>Tesis İçi Maliyetler</b>	Elektrik Tüketim Maliyeti	2.000	24.000
	Su Tüketim Maliyeti	350	4.200
	Doğalgaz Maliyeti	60	720
	Telefon İletişim Maliyeti	1.000	12.000
	Tesis Kira Maliyeti	10.000	120.000
	Sarf Malzeme Maliyeti	2.700	32.400
	Yemek Maliyeti	4.500	54.000
<b>ARA TOPLAM</b>		<b>20.610</b>	<b>247.320</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>95.235</b>	<b>1.142.820</b>

Şekil 4.4'te ambalaj atığı toplama-ayırma işlemleri sırasında oluşan toplam maliyetlerin yüzdesel dağılımı verilmiştir. Şekil 4.4'e göre toplam maliyetlerin %46'sını personel maliyetleri, %31'ini araç maliyetleri ve %23'ünü tesis içi maliyetler oluşturmaktadır.



Şekil 4.4: Toplam maliyetlerin yüzdesel dağılımı.

2015 yılı içerisinde toplanan ve ayrıştırılan net ambalaj atığı miktarı ve toplam kat edilen mesafe ile toplam maliyetlerin dikkate alındığı Tablo 4.22'de, 1 ton ambalaj atığının toplama-ayırma maliyetinin 186 TL ve km başına günlük ambalaj atığı toplama-ayırma maliyetinin 0,057 TL olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 4.22: Ambalaj atığı toplama ayırma maliyeti, TL/ton.

Toplam Maliyet (TL/Yıl)	Toplam Ambalaj Atığı Miktarı (Ton/Yıl)	Toplam Kat Edilen Mesafe (Km/Yıl)	Ton Başına Maliyet (TL/Ton)	Km Başına Günlük Maliyet (TL/Km-gün)
1.142.820	6.150	64.697	186	0,057

#### 4.5.2. Gelir Analizi

Lisanslı TAT firması tarafından toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıkları gruplarına göre balyalanmış halde ilgili alıcı firmaya satışa sunulmaktadır. Satışa sunulan ambalaj atıklarından elde edilen ücretler gelir olarak kaydedilmektedir.

##### 4.5.2.1. Ambalaj Atıklarının Satışından Elde Edilen Gelirlerin Analizi

2015 yılında Kartal İlçesi sınırları içerisinde Belediye'nin yetkilendirdiği TAT firması tarafından toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler ve Yetkilendirilmiş Kuruluş' un yapmış olduğu ton başına nakdi yardımların toplamı Tablo 4.23'de verilmiştir.

**Tablo 4.23:** Ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler.

Ambalaj Atığı Cinsi (Kg)	2015 Yılı Miktar (Ton)	Satış Fiyatı (TL/Ton)	YK Desteği (TL/Ton)	Elde Edilen Gelir (TL)
Kağıt/Karton	4.441	230	5	1.043.673
Plastik	PE	63,65	600	39.145
	PET	80,60	750	61.659
	PVC	0	600	0,00
	PS	0	800	0,00
	PP	65,79	600	40.461
	Metal	Teneke	0	200
Alüminyum		42,50	900	39.100
Cam	1.256,66	60	14	2.754
<b>TOPLAM</b>	<b>5.950</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.226.792</b>

Kartal Belediyesi ambalaj atıkları yönetim planı dışında Toplama-Ayrırma Tesisi'nde ayrıştırılan 200 ton ambalaj atığının dağılımı ve satışından elde edilen gelirler ise Tablo 4.24'te verilmiştir.

**Tablo 4.24:** AAYP dışında toplanıp-ayrıştırılan ambalaj atıklarından elde edilen gelirler.

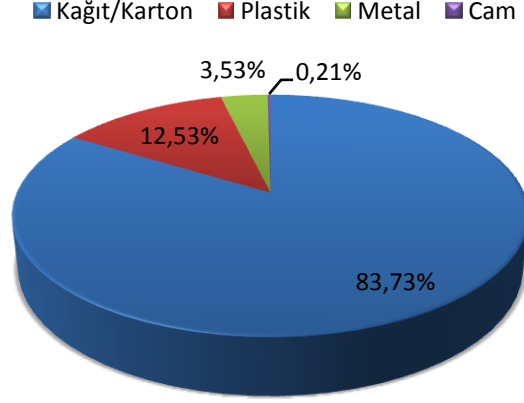
Ambalaj Atığı Cinsi (Kg)	2015 Yılı Miktar (Ton)	Satış Fiyatı (TL/Ton)	YK Desteği (TL/Ton)	Elde Edilen Gelir (TL)
Kağıt/Karton	160	230	5	37.600
PE	20	600	15	12.300
PET	2	750	15	1.530
PP	11	600	15	6.765
Alüminyum	7	900	20	6.440
<b>TOPLAM</b>	<b>200</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>64.635</b>

2015 yılında Kartal İlçesi'nde toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıklarının satışından elde edilen tüm gelirler toplandığında 1.291.427 TL gelir elde edildiği ve 1 ton ambalaj atığından elde edilen gelirin 210 TL olduğu saptanmıştır.

**Tablo 4.25:** 2015 yılı tüm gelirlerin toplamı ve ton başına ambalaj atığından elde edilen gelir.

AAYP Kapsamında Toplanan Ambalaj Atıklarının Geliri (TL/Yıl)	AAYP Dışında Toplanan Ambalaj Atıklarının Geliri (TL/Yıl)	Tüm Gelirlerin Toplamı (TL/Yıl)	Toplanan ve Ayrıştırılan Tüm Ambalaj Atıklarının Miktarı (Ton/Yıl)	Ton Başına Gelir (TL/Ton)
1.226.792	64.635	1.291.427	6.150	210

Elde edilen gelirlerin ambalaj atığı türüne göre değerlendirilmesi neticesinde gelirlerin çok büyük bir bölümünü %83,73 ile kağıt/karton ambalaj atıklarının oluşturduğu, bunu %12,53 ile plastik, %3,53 ile metal ve %0,21 ile cam ambalaj atıklarının takip ettiği tespit edilmiştir(Şekil 4.5).



**Şekil 4.5:** 2015 yılında satışı yapılan ambalaj atıklarından elde edilen gelirlerin yüzdesel dağılımı.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında; Kartal Belediyesi sınırları içerisinde oluşan ambalaj atıklarının, AAYP' ye uygun olarak kaynağında diğer atıklardan ayrı toplama sistemi ile toplanması sonucunda oluşan miktarları ve türlerine göre dağılımları incelenmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde ve elde edilen veriler doğrultusunda Kartal ilçesinde toplanan ve ayrıştırılan ambalaj atıklarının toplama-ayırma maliyetleri ve bu işlemler sonucunda elde edilen gelirlerin analizleri yapılmıştır. Bunun yanında çalışma alanı sınırları içerisinde oluşan evsel katı atık üzerinde karakterizasyon çalışmaları yapılarak madde grup analizi gerçekleştirilmiş ve katı atık içerisindeki ambalaj atığı oranları incelenmiştir.

Kentlerde katı atık yönetiminin gittikçe önem kazanması üzerine, verimliliğin nasıl arttırılacağına yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Katı atık yönetim hiyerarşisi içerisinde önemli basamaklardan biri olan bertaraf işlemlerinin uygulanma oranını azaltarak kaynakların daha verimli kullanılabilmesi, bertaraf edilmesi muhtemel atıkların miktarının azaltılması ile enerji ve alan tasarrufunun sağlanması, ekonomik bir girdi sağlamak ve bertaraf maliyetlerin düşürülmesinin hedeflenmesi amacıyla kaynağında atık oluşumunu azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım gibi yöntemler ağırlık kazanmıştır. Bu tip yöntemlerin sağlıklı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ise o kente ait katı atığın içeriğinin tam olarak bilinmesi ve bu yönde çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada öncelikle Kartal İlçesi'nin katı atık karakterizasyon analizi yapılmış ve katı atık bileşenleri tespit edilmiştir. Katı atık karakterizasyon analizi yaz ve kış dönemlerinde olmak üzere 2 farklı mevsimde 4 farklı bölgede (düşük, orta, yüksek gelir seviyesi ve çarşı bölgesi) gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda mutfak atıklarının %57,69, ambalaj atıklarının %26,53, diğer yanabilir atıkların (kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta) %8,01, park ve bahçe atıklarının %2,93, atık elektrikli ve elektronik ekipmanların %1,23 ve tehlikeli atıkların %0,19 oranında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Elde edilen sonuçlar İstanbul ve Türkiye genelinde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında mutfak atıklarının İstanbul genelini temsil

eden %54,09 oranına çok yakın olduğu, Türkiye genelini temsil eden %34 oranının ise çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı olan Kartal İlçesi'nin İstanbul sınırları içerisinde olması ve bulunduğu ilin katı atık muhteviyatına benzerlik göstermesi beklenen bir durumdur. Türkiye geneli mutfak atıklarının oranının daha düşük olmasını ise organik atık dışındaki diğer atıkların, özellikle ambalaj atıklarının, diğer yanabilir atıkların (kumaş, çocuk bezi, ayakkabı, terlik, yastık, halı, kilim, çanta) ve diğer yanmayan atıkların( moloz vb.) çöp konteynırlarına atılmasına bağlayabiliriz. Bunun sonucunda diğer atıkların katı atık içerisindeki oranı arttıkça mutfak atıklarının oranının azalması kaçınılmaz olmaktadır. Ülkemiz genelinde bu oranın yükselmesi için katı atık içerisinde, yukarıda bahsi geçen atıkların yüksek oranlarda kaynağında ayrı toplanması gerekmektedir.

Karakterizasyonu yapılan katı atık örneklerinde nem içeriği ve kalorifik değer analizleri incelendiğinde; yaz ve kış dönemi ortalaması %71,17 olarak hesaplanmıştır. Katı atık bileşiminde bulunan yüksek organik madde içeriğinin nem içeriğini yükselten önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Bu değer katı atıkların teorik nem içeriği ile kıyaslandığında yüksek gibi görünse de, literatürle kıyaslandığında, daha önce yapılan benzer çalışmalarla (Yıldız ve diğ., 2012; Hui ve diğ., 2006) uyumlu olduğu görülmektedir. Nem içeriği ve kalorifik değer, katı atıkların yönetiminde ve bertarafında seçilecek yöntemin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada elde edilen yaz ve kış dönemine ait kalorifik değerlerin ortalaması 2581,5 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Bu değer katı atıkların yakma prosesi ile bertaraf edilebilmesi için gerekli olan 2000-2500 kcal/kg değerinin üstündedir. Ancak kış aylarında artan nem içeriği ile birlikte kalorifik değer düşüğü ve 1557 kcal/kg seviyesinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.10). Yaz ve kış dönemine ait kalorifik değerler birlikte değerlendirildiğinde, mevsimsel koşullara bağlı olarak belirli dönemlerde atığın kalorifik değerinin, ekstra yakıt gerektirmeyecek şekilde yakılabilmesi için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca kaynağında ayrı toplama uygulamalarının artmasıyla, atık kompozisyonu içerisindeki ambalaj atıkları gibi yanabilen bileşenlerin oranının azalacağı ve bununda kalorifik değerde azalmaya yol açacağı düşünülmektedir.

Kartal İlçesi için elde edilen %26,53'lük ambalaj atıklarının oranı İstanbul geneli (%34,27) ile kıyaslandığında %8'lik bir fark olduğu görülmekte olup Kartal İlçesi'nde uygulanan ambalaj atıklarının yönetimi çalışmaları İstanbul'a kıyasla daha pozitif ve

verimli olduğu anlaşılmaktadır. Kartal İlçesi'nin ambalaj atık oranının Türkiye genelini temsil eden %25'lik orana ise çok yakın olduğu sonucu elde edilmiştir. Kartal'da 2015 yılında 166.722 ton katı atık oluşmakta ve bu atığın % 26,53'ünün ambalaj atığı olduğu tespit edildiğinden dolayı 1 yılda 44.231 ton ambalaj atığının katı atıklarla beraber çöp konteynırlarına atıldığı sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu miktar 2015 yılında kaynağında ayrı toplanan-ayrıştırılan 6.150 ton ambalaj atığının yaklaşık 7 katı kadar olduğu tespit edilmiş olup, ilçe genelinde oluşan toplam katı atık içerisinde geri dönüştürülen ambalaj atıklarının oranı %12,21 olarak tespit edilmiştir. Bu oran oldukça düşük olduğu düşünülmekte ve arttırılmasına yönelik yapılacak çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kartal İlçesi için yapılan ambalaj atığı miktar ve karakterizasyon çalışmaları sonucunda 6.150 ton ambalaj atığının kaynağında ayrı şekilde toplanıp ayrıştırıldığı, bu atıkların %74,64'ünün kağıt/karton, %21,12'sinin cam, %3,53'ünün plastik, %0,71'inin metal ambalaj atıklarından oluştuğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm ambalaj atıkları içerisinde kağıt/karton ambalaj atıklarının çok büyük bir paya sahip olduğu, bunu cam ambalaj atıklarının takip ettiği, plastik ve metal ambalaj atıklarının oranının ise çok düşük olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında açığa çıkan toplam katı atığın içerisinde bulunan %26,53 oranındaki 44.231 ton ambalaj atığının çöp konteynırlarına girmeden kaynağında ayrı toplanabilmesi için Kartal Belediyesi tarafından Ambalaj Atıkları Yönetim Planı'nın revize edilmesi, mahallelerde bilgilendirme çalışmalarına ve işyeri denetimlerine ağırlık verilmesi, kutu ve konteynır gibi biriktirme ekipmanlarının sayısının arttırılması, biriktirme ekipmanı tedarik etmekle yükümlü olan YK' ların yeterli desteği vermesi ve İlçe'de toplama yapan sokak toplayıcıların önlenmesi gerekmektedir. İlçe genelinde sokak ve caddelere ambalaj atığı biriktirme konteynır/kumbaraları, sokak toplayıcılarının müdahale etmesi ve biriktirme ekipmanlarına zarar vermesi nedeniyle konulamamakta, bu durumda, toplanan ambalaj atıklarının miktarının düşmesine neden olmaktadır.

Ambalaj atığı ekonomik analiz hesaplamalarında, Kartal Belediyesi adına toplama-ayırma işlemlerini gerçekleştiren lisanslı TAT model olarak alınıp, maliyet ve gelir analizleri gerçekleştirilmiştir. Maliyet analizleri genel olarak araç, personel ve tesis içi

maliyetler başlığı altında incelenmiş olup sırasıyla %31, %46 ve %23 oranında maliyetlere etki etmiştir. Yapılan analizler sonucunda 1 ton ambalaj atığının toplama-ayırma maliyeti 186 TL, elde edilen gelir ise 210 TL olarak bulunmuştur. Km başına günlük ambalaj atığı toplama-ayırma maliyeti incelendiğinde ise 0,057 TL/km-gün olduğu tespit edilmiştir. Ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirlerin ise %83,73 ile kağıt/karton, %12,53 ile plastik, %0,21 ile metal ambalaj atıklarından elde edildiği hesaplanmıştır. Ekonomik olarak en değerli geri dönüşebilir bileşen olan metallerden elde edilen gelirin, toplam gelire oranla %0,21 oranında kalması dikkat çekicidir. Bunun nedeninin metallerin sokak toplayıcıları tarafından daha yoğun şekilde toplanması olarak gösterilebilir. Metal ambalaj atıklarıyla ilgili yaşanan bu sorun, daha düşük oranda olmak üzere plastik ambalaj atıkları içinde geçerli olabilmektedir. Bu durum lisanslı firmaların kar marjlarını düşürmekte ve atık yönetiminde kurumsallaşmayı engellemektedir.

Toplama-ayırma maliyetlerini etkileyen en önemli faktörler arasında yakıt maliyetleri, atık toplama araçlarında görev yapan personellerin ve toplama-ayırma tesisinin kira giderleri bulunduğu tespit edilmiştir. Toplama-ayırma işlemlerini gerçekleştiren lisanslı firma bu işlemler esnasında maksimum verim alabilme ve maliyetleri düşürme adına bir takım önlemler almaktadır. Ambalaj atıklarının geri dönüşümünden elde edilen gelirler incelendiğinde; gelirlerin, maliyetten %13 fazla olduğu hesaplanmıştır. Elde edilen gelirlerin düşük olmasına; toplanan ambalaj atıklarının miktarının düşük olması, özellikle plastik ve metal gibi kağıt/kartona göre daha değerli olan ambalaj atıklarının daha az toplanması, TAT' a gelen ambalaj atıkları içerisinde %4,3 oranında fire verilmesi, YK' lara üye olan piyasaya sürenlerin sayısının düşük olması nedeniyle YK' lar tarafından yapılan mali desteklerin yetersiz olması, piyasada lisanssız olarak çalışan toplama-ayırma tesislerinin ve hurdacıların sektörde haksız rekabete yol açmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ışığında; katı atıkların ve özellikle katı atık bileşiminde bulunan ambalaj atıklarının verimli ve etkin bir atık yönetimi planlamasıyla ekonomiye tekrar kazandırılabilceği ortaya konulmuştur. Çalışma alanı olarak seçilen bölgede uygulanan yöntemler değerlendirildiğinde, Çalışma alanı olarak seçilen bölgede uygulanan yöntemler değerlendirildiğinde, ambalaj atığı geri dönüşüm oranının %12,21'de kalmasına rağmen, lisanslı firmaların atık geri dönüşümünden %13 gibi bir



kar marjı elde ettiği görülmektedir. Kaynağında ayrı toplama uygulamalarının yaygınlaştırılması ile hem ayrı toplanan ambalaj atığı miktarı ve lisanslı firmaların kar marjı artacak hem de berterafa giden toplam katı atık yükü azaltılacaktır. Bu sayede atıklardan ikincil hammadde olarak yararlanılmasının imkanı artarken, toplam atık berteraf maliyetleri de düşecektir.

## KAYNAKLAR

- Aarnio T.V.D., 2007, Challenges in packaging waste management in the fast food industry, *Resources, conservation and recycling*, 612–621.
- Acun, S., 2014, *Entegre katı atık yönetiminde biyoreaktör depolama alanı yaklaşımı-İstanbul örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi.
- AİA, 2010, *Ambalaj sanayii*, Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde sektör rehberleri, İstanbul Sanayi Odası yayınları no: 2010/12, ISBN 978-9944-60-723-0, İstanbul.
- Ak, N., 2009, Ambalaj atıklarının geri kazanımında uygulama stratejilerini ivedi bir şekilde hayata geçirip Türkiye' de yaygınlaştırma üzerine genel bir bakış, *Türkiye' de katı atık yönetimi sempozyumu*, 15-17 Haziran 2009, İstanbul, 531.
- Alpakın, L.F., Arıkan, A., 2007, *Sıvı likit ürünler ve ambalajları*, Ambalaj Sanayicileri Derneği ambalaj bülteni bölüm 9.
- Altın, S., Kaptan H.Y., 2006, *Radyoaktif atıkların oluşumu, etkileri ve yönetimi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Anadolu Cam Sanayi, 2014, *Cam üretimi*, [http://www.anadolucam.com.tr/camvecevre/tr- TR/cam\\_uretimi.php](http://www.anadolucam.com.tr/camvecevre/tr-TR/cam_uretimi.php), [Ziyaret tarihi: 17 Aralık 2014].
- Apaydın, Ö., Yağcı, A., Civelek, A., 2011, The investigation of householders' tendencies on separate at source point of recyclable solid wastes in Beşiktaş and Üsküdar districts, *Journal of engineering and natural sciences*, Sigma 3, Pages 17-26.
- Armağan, B., Demir, İ., Demir, Ö., Gök, N., 2006. Katı atıkların ekonomide değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Odası*, Yayın no: 2006-23, İstanbul.
- ASTM, 2003, *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*, D5231, American Society for Testing and Materials.
- Aydar, C., 2010, *Bir ürün olarak ambalaj ile tüketici odaklı pazarlamanın ambalaj tasarımı sürecindeki belirleyiciliğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Ayrılmış, N., Candan, Z., Hiziroglu, S., 2008, Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay, *Materials and design*, Volume 29, Issue 10, Pages 1897–1903.
- Bagchi, A., 2004, *Design of landfills and integrated solid waste management*, John Wiley and Sons, Hoboken, (2004), 126.

- Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., 2009, Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey, *Waste management*, 29, 54–62.
- Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., 2009, Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey, *Waste management*, 29 (2009) 54–62.
- Battal E.R., 2011, *Entegre Katı Atık Yönetimi Türkiye Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Bayraktar, F., 2004, *Kağıda dayalı ambalaj malzemeleri sektör araştırması*, SA-04-7-22, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Ankara.
- Bekçi, H., Beltan, N., 2005, Cam ambalajda tasarım ve dekorlama, *IV. Uluslararası Ambalaj Kongresi ve Sergisi*, Bildiriler, Cilt 2, İzmir, s.630.
- Berger, K.R., 2009, *A brief history of packaging*, [http://www.bagmanofcandle.y.co.uk/html/history\\_of\\_packaging.html](http://www.bagmanofcandle.y.co.uk/html/history_of_packaging.html), [Ziyaret tarihi: 24 Kasım 2014]
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2011, *Cam sektörü raporu 2011-3*.
- Binbaşaran, B., 2001, Kazandığımız çöp, *TÜBİTAK bilim ve teknik dergisi*, s.72-77.
- Bozkurt, S., 2012, *Atıkların geri dönüşüm olasılıkları ve bertaraf yöntemlerinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Brentin, R., Sarnacke, P., 2011, *Rubber Compounds*, A market opportunity study, United Soybean Board.
- Buenrostro, O., Bocco, G., 2001, Cram, S., Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries, *Resources, conservation and recycling*, 32 (2001) 29–41.
- Buenrostro, O., Bocco, G., Cram, S., 2011, Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries, *Resources, conservation and recycling*, 32 (2001) 29–41.
- Calver, G., 2007, *What is packaging design*, RotoVision Sa, Switzerland, ISBN: 978-2-940361-88-5.
- Chang, N.B., Davila, E., 2008, Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas, *Waste management*, 28 (2008) 776–794.
- Charlotte & Peter F., 2000, *Industrial design A-Z*, S: 513.
- Cheng, H., Hu, Y., 2010, Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China, *Bioresource technology*, 101 (2010) 3816–3824.
- CPIV ve GAE, 2011, *Cam üretimi, ihracat ve ithalatı*, Standing Committee of the European Glass Industries, Glass Alliance Europe 2011 yılı verileri.

- Curi, K., 1990, *Katı atık ayıklama transfer istasyonları, katı atık tanımı, toplanması ve uzaklaştırılması kurs notları*, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, ss.1.1-1.4.
- Çakıcı, L., 1987, İşletmelerde ambalaj sorunları ve ambalajlama alanındaki gelişmeler, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları*, No:559, Ankara.
- ÇEVKO, 2014, *Ambalaj ve çevre*, [http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=269&Itemid=251](http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=269&Itemid=251), [Ziyaret tarihi: 22 Kasım 2014]
- ÇEVKO, 2015, [http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=249&Itemid=231](http://www.cevko.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=249&Itemid=231), [Ziyaret tarihi: 09.09.2015].
- Çiçek, A., 2013, Ambalaj atıkları yönetim planı ve toplama sistemi, *Atık yönetimi sempozyumu*, 14 Nisan 2013, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Antalya.
- ÇOB, 2004, *Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye, Resmi Gazete No: 25406.
- ÇOB, 2006, *Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye, Resmi Gazete No: 26357
- ÇOB, 2011, *Türkiye katı atık kompozisyonu ve yüzdesel dağılımı*, Atık sektörü mevcut durum değerlendirmesi raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- ÇŞB, 2008, *Atık Yönetim Eylem Planı 2008-2012*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/EylemPlan/atikeylemlani.pdf>
- ÇŞB, 2011, *Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye, Resmi Gazete No: 28035.
- ÇŞB, 2012, *Ambalaj ve ambalaj atıkları istatistikleri 2012 yılı ambalaj bülteni*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- ÇŞB, 2013, *Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye, Resmi Gazete No: 28582
- ÇŞB, 2015, *Atık Yönetimi Yönetmeliği*, Türkiye, Resmi Gazete No: 29314.
- ÇŞB, 2015, *Ambalaj Atıkları Yönetimi Usul ve Esasları*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/MKMOLRAmbalajAtikUsulEsas.docx>, [Ziyaret tarihi: 09.09.2015].
- ÇŞB, 2015, *Atıkların geri kazanımı*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, [http://www.csb.gov.tr/db%82%C2%A6klar%C3%82%C2%A6n\\_Kazan%C3%82%C2%A6-m%C3%82%C2%A6-\\_Brosur.pdf](http://www.csb.gov.tr/db%82%C2%A6klar%C3%82%C2%A6n_Kazan%C3%82%C2%A6-m%C3%82%C2%A6-_Brosur.pdf), [Ziyaret Tarihi: 29.08.2015].
- Dabak, C., 2009, *Türkiye ' de ambalaj atıklarının kontrolü ve Avrupa Birliğine uyum*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.

- Daskalopoulos, E., Badr, O ., Probert S.D., 1998, Municipal solid waste a prediction methodology for the generation rate composition in the European Union countries and the United States of America, *Resource, conversation and recycling*, v.24, ss.155-166.
- Davis, G., Song, J.H., 2006, Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management, *Industrial crops and products*, 23 147–161.
- Delibaş, D., 2010, *Tüketimde ambalajın önemi, ambalaj tercihinde tüketicinin tutumu ve çevre bilincinin satın almadaki etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi.
- Demirci, Y., Dere T., Gönüllü M.T., 2014, Adıyaman İlinde Piroliz Teknolojisini Kullanarak Ömrünü Tamamlamış Lastiklerden Aktif Karbon Üretimi: Fizibilite Çalışması, *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2014) 1 (1) 31-41, Adıyaman.
- Demircioğlu, İ., 2003, *Ambalaj sektör profili*, İstanbul Ticaret Odası Araştırma ve Etüt Bölümü, s.3, İstanbul.
- Denafasa, G., Ruzgasb, T., Martuzevičius, D., Shmarinc, S., Hoffmann, M., Mykhaylenko, V., Ogorodnik, S., Romanov, M., Neguliaev, E., Chusov, A., Turkadze, T., Bocheidze, I., Ludwig, C., 2014, Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities, *Resources, conservation and recycling*, 89 (2014) 22–30.
- DHV-R&R, 2000, *Evsel katı atıkların toplanması ve taşınmasında ve tehlikeli atıkların taşınması için uygun teknolojiler*, Çevre Bakanlığı, Ankara.
- Durmaz, B., 2004, *Avrupa Birliğinde çevre politikası alanında muhtemel müzakere sürecine yönelik gerekli hazırlıkların örneklerle çalışılması*, Uzmanlık Tezi, Avrupa Birliği Genel Sekreterliği, Sektörel ve Bölgesel Politikalar Dairesi, Ankara, Türkiye, 14-15.
- E. Metin, A. Eröztürk, C. Neyim, 2003, Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey, *Waste management*, 23 (2003) 425–432.
- EC, 2006, *Atıklar Konusunda 05/04/2006 tarih ve 2006/12/EEC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi*.
- EEA, 2013, *Managing municipal solid waste; a review of achievements in 32 European countries*, Report no 2/2013.
- Ekonomi Bakanlığı, 2014, *Türkiye Ambalaj Sektörü 2014 İhracat ve İthalat Raporu*.
- Enç, V., Uzun, S.E., Hoşoğlu, F., 2012, *Atık kompozit içecek kartonları geri dönüşüm yöntemleri*, İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul.

- Eraslan, İ.H., Karataş, A., Kaya, H., 2007, Türk plastik sektörünün rekabetçilik analizi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl:6 Sayı:11 Bahar 2007/2 s.203-219.
- EUROSTAT, 2010, *Environmental statistics and accounts in Europe*, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-15701-1, Luxembourg.
- Fakihoğlu, E., 2011, *İstanbul'da ambalaj atıkları geri dönüşüm uygulamalarının maliyet analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Ferreira, S., Cabral, M., Cruz, N.F., Simões, P., Marques R.C., 2014, Life cycle assessment of a packaging waste recycling system in Portugal, *Waste management*, Volume 34, Issue 9, Pages 1725–1735.
- Franklin, P., 2002, Can the downward trend of pet recycling be reversed, *APR Meeting February*, Container Recycling Institute.
- Geng, Y., Tsuyoshi F., Chen, X., 2010, Evaluation of innovative municipal solid waste management through urban symbiosis: a case study of Kawasaki, *Journal of cleaner production*, 18, 993-1000.
- Gua, B., Wanga, H., Zun Chena, Z., Jianga, S., Zhua, W., Liua, M., Chena, Y., Wua, Y., Heb, S., Chengb, R., Yangc, J., Bia, J., 2015, Characterization, quantification and management of household solidwaste: A case study in China, *Resources, conservation and recycling*, 98, 67–75.
- Gul, S., Han, A., Bektas, N., Oncel, M.S., 2010, Separate collection practice of packaging waste as an example of Küçükçekmece, Istanbul, Turkey, *Resources, conservation and recycling*, 54, 1317–1321.
- Güleç, S., 2004, *Belediyelerde katı atık yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi.
- Haggar, S. E., 2010, Sustainability of municipal solid waste management, *Sustainable industrial design and waste management*, Chapter 5.
- Han, G.S.A., 2008, *Ambalaj atıklarının yeniden değerlendirilebilirliği ve Küçükçekmece örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Hui, Y., Li'ao, W., Fenwei, S., Gang, H., 2006, Urban solid waste management in Chongqing: Challenges and opportunities, *Waste management*, 26, 1052–1062.
- ISO 1928:2009, *Solid mineral fuels-Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value*.
- İSTAÇ A.Ş., 2007, İstanbul için ambalaj atıkları yönetim planı.
- İZAYDAŞ, 2006, Atık Geri Kazanımı ve Geri Kazanılabilen Atıkların Ayrı Toplanması, *İzaydaş yerel yönetimlerin çalışmasına yardımcı olacak kılavuz kitapçıklar*, İstanbul.

- Jadoon, A., Batool, S.A., Chaudhry, M.N., 2014, Assessment of factors affecting household solid waste generation and its composition in Gulberg Town, Lahore, Pakistan, *Journal of material cycles and waste management*, 16:73–81.
- Ji-Fei, Z., Da-hai, Y., Zhong-he, L., 2009, *The Recycling of the tetra-pak packages: Research on the wet process separation conditions of aluminum and polythene in the tetra-pak packages*, Res. Inst. of Solid Waste Management, Beijing, China.
- Kanat, G., 2010, Municipal solidwaste management in Istanbul, *Waste management*, Volume 30, Issues 8–9, 1737–1745.
- Karagözoğlu, M.B., Özyonar, F., Yılmaz, A., Atmaca, E., 2009, Katı atıkların yeniden kazanımı ve önemi, *Türkiye’ de katı atık yönetimi sempozyumu*, 15-17 Haziran 2009, İstanbul.
- Karamangil, N.P., 2008, *Türkiye’de ambalaj atıklarının karakterizasyonu, geri kazanımı ve bertarafı*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Kaya, S., 2010, *Antalya İli evsel katı atıkların geri kazanabilirliğinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi.
- Kaya, Y., 2011, Kentsel Atık Yönetimi: Bursa Üzerine Bir Değerlendirme, *Cumhuriyet Döneminde Bursa’da Kentleşme Sempozyumu*, 22-23 Eylül 2011, Bursa.
- Kocasoy, G., 1990, Katı atıkların toplanması ve geri kazanılması, katı atık tanımı, toplanması ve uzaklaştırılması kurs notları, *Katı Atık Kirlenmesi, Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi*, İstanbul.
- Kocasoy, G., Curi, K., 1995, The Umraniye-Hekimbasi open dump accident, *Waste management and research*, 13, 305–314.
- Küçük, Y., 2010, *Beyoğlu İlçesi ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplama çalışmasının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Lacqueline, 1994, *Industry and Environment*, Volume 17, No:2, April-June 1994.
- Lundie, S., Peters, G.M., 2005, Life cycle assessment of food waste management options, *Journal of cleaner production*, 13, 3, 275-286.
- Lüy, E., Varınca, K.B., Kemirtlek, A., 2007, Katı atık geri kazanım çalışmaları; İstanbul örneği, *Türkiye’ de katı atık yönetimi sempozyumu*, 28-31 Mayıs 2007, İstanbul.
- Mcbean, E.A. Rovers F.A. Farquhar, G.J., 1995, *Solid waste landfill engineering and design*, Prentice Hall PTR, ISBN 0130791873, New Jersey.
- Metin, E., Eröztürk, A., Neyim, C., 2003, Solids waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey, *Waste management*, v.23 pp 425-432.

- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kadar, Z., Bernard Fei-Baffoe B, Mensah M.Y., 2015, Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana, *Waste management*, Volume 46, Pages 15–27.
- Mor, S., Ravindra, K., Visscher, A.D., Dahiya, R.P., Chandra A., 2006, Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methane generation: A case study, *Science of the total environment*, 371, 1–10.
- Nas, S.S., Bayram, A., 2008, Municipal solid waste characteristics and management in Gumushane, Turkey, *Waste management*, 28, 2435–2442.
- Neyim, C., 2003, *Türkiye’ de evsel nitelikli katı atıklar*, Çevre Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, 2003 Ankara, [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/vizyon2023/csk/CSK\\_son\\_surum.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/CSK_son_surum.pdf), [Ziyaret tarihi: 15.11.2014]
- Ojeda-Bení, S., Beraud-Lozano, J.L., 2003, The municipal solid waste cycle in Mexico final disposal, *Resources, conservation and recycling*, v.39, pp.239-250.
- Ozbas, E.E., Ozcan, H.K., Ongen, A., 2014, Efficiency of WSW compost for reducing uptake of heavy metals by plant. *2<sup>nd</sup> International conference on recycling and reuse*, RR2014, 4-6 2014 Istanbul, Türkiye.
- Ozcan, H.K., Ozbas, E.E., Balkaya, N., 2007, Energy recovery from landfill gas in Istanbul, *International conference on environment: Survival and sustainability*, 19-24 February 2007, Nicosia Northern Cyprus.
- Ökten, H.E., Özcan, H.K., Özdemir, Ö., Yalçın, İ.E., Demir, G., 2012, Katı atık bertarafında alternatif bir yöntem: Yakma teknolojisi, *III. İleri teknoloji çalıştay*, 4-6 Ekim 2012, İstanbul.
- Ölmez, E., YILDIZ, Ş., İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi ve planlanan istanbul modeli, *Kent yönetimi, insan ve çevre sorunları sempozyumu ‘08*, 02-06 Kasım 2008, İstanbul.
- Özcan, H.K., Borat, M., Bayat, C., 2005, Katı atık depo sahası gazları ve çevresel etkileri, *Mühendislik bilimleri genç araştırmacılar kongresi*, 17-19 Kasım 2005, İstanbul.
- Özcan, H.K., Öngen, A., Elmaslar Özbaş E., Sivri N., Pangaliyev Y., 2015, Atık lastiklerden termokimyasal yöntemlerle katı ve sıvı ürün eldesi, *7. Ulusal katı atık yönetimi kongresi*, 14-16 Ekim 2015, Gaziantep.
- Özdal, B., 2013, *Türkiye'nin Avrupa Birliği’ ne giriş sürecinde ambalaj atıkları yönetimi: Bursa örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi.
- Öztürk, İ., 2014, Katı atık yönetimi ve AB uyumlu uygulamaları, ISBN:978-605-6326-936, İstanbul.



- Öztürk, İ., Demir İ., Akgül, O., Yıldız, S., Özabalı, A., Tezer H., 2007, İstanbul için AB ile Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejisi Planı, *AB sürecinde Türkiye'de katı atık yönetimi ve çevre sorunları sempozyumu*, 28-31 Mayıs 2007, İstanbul, ss.240-256.
- Öztürk, M., 2005, *Daha iyi bir çevre için plastikleri geri kazanalım*, Çevre ve Orman Bakanlığı, İstanbul, 5-8.
- PAGÇEV, 2015, <http://www.pagcev.org/hakkimizda>, [Ziyaret tarihi: 09.09.2015].
- PAGEV, 2012, *Türkiye Plastik Sektörü 2012 yılı 3 aylık izleme raporu*, İstanbul.
- Palabıyık, H., Altunbaş, D., 2004, *Kentsel katı atıklar ve yönetimi*, Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar: ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler, C. Marin, U. Yıldırım (Ed.), Beta, İstanbul, 103-124.
- Peavy, H.S. Rowe, D.R., Tchbanoglous, G., 1985, *Solid waste*, Environmental Engineering, McHill Book Company, pp.573-652.
- Philippe, F., Culot, M., 2009, Household solid waste generation and characteristics in Cape Haitian city, Republic of Haiti, *Resources, conservation and recycling*, 54 (2009) 73-78.
- Pır, A., Apaydın, Ö., 2015, Waste glass management for Bakırköy Municipality: a case study, *Journal of engineering and natural sciences*, Sigma 33, Pages 273-285.
- Pietikainen, V., 2008, Collection and recycling of beverage cartons at AIT Project report, *Asian Institute of Technology School of Resources and Development*, Thailand.
- PLASFED, 2013, *Türkiye plastik ambalaj mamulleri sektör izleme raporu*, İstanbul.
- Plastics Europa, 2012, *Plastics the Facts; an Analysis of European plastics production, demond and waste data for 2011*.
- Psomopoulos, C.S., Bourka, A., Themelis, N.J., 2009, Waste-to-energy: A review of the status and benefits in USA, *Waste management* 29 (2009) 1718-1724.
- Rahman, S., Açıık, Y., Gülbayrak, C., Erhan, D., Nazlıer, K., Devic S.E., 2009, Sağlık kuruluşlarının tıbbi atıkları toplama, depolama ve bertaraf etme yöntemleri, *Firat Sağlık Hizmetleri Dergisi*, Cilt:4, Sayı:11.
- Resmi Gazete, 1983, *2872 sayılı Çevre Kanunu*, Resmi Gazete no: 18132
- Rigamonti, L., Ferreira, S., Grosso, M., Cunha, R., 2015, Marques R.C., economic-financial analysis of the Italian packaging waste management system from a local authority's perspective, *Journal of cleaner production*, Volume 87, Pages 533-541.

- Rosendorfova, M., Vybochova, I., Beukering, P., 1998, *Waste management and recycling of tyres in Europe*, Institute for Environmental Studies IVM/VU, ISBN:90-5383-643-8, Amsterdam.
- Sakarya, S., Canlı, Ş., 2011, *Kağıt-karton sektör raporu*, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, <http://www.turkishpaper.org/TR,79/kagit-karton-sektor-raporu.html>, [Ziyaret tarihi: 22 Kasım 2014]
- Saltabaş, F., Soysal, Y., Yıldız, Ş., Balahorli, V., 2011, Evsel katı atık termal bertaraf yöntemleri ve İstanbul'a uygulanabilirliği, *Mühendislik ve fen bilimleri dergisi*, 109-116.
- Sayar, Ş., 2012, *Sakarya ili entegre atık yönetimi ve ambalaj atıklarının geri dönüşümü*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Sevecan F., Vaizoğlu S., 2007, PET ve geri dönüşümü, *Türk silahlı kuvvetleri koruyucu hekimlik bülteni*, 2007: 6 (4).
- Shekdar, V.A., 2009, Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries, *Waste management*, Volume: 29, Issue: 4.
- Sonsino, S., 1990, *Packaging design : graphics materials technology*, Thames and Hudson Ltd., London.
- Stevens, M.P., 1999, *Polymer Chemistry*, Oxford University Press Inc. 3rd Ed., ISBN10 0195392094.
- Suttibak, S., Ninivattanon, V., 2008, Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs, *Resources, conservation and recycling*, Volume: 53, Issue: 1-2.
- Şen, M., Kestioğlu, K., 2007, Kırsal belediyelerde evsel katı atıkların geri kazanımı ve ekonomik analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa örneği, *Ekoloji*, No: 65.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1993, *Integrated solid waste management-engineering principles and management issues*, McGraw-Hill Inc.
- Thanh, N.P., Matsui, Y., Fujiwara, T., 2010, Household solid waste generation and characteristic in a Mekong Delta city, Vietnam, *Journal of environmental management*, 91, 2307-2321.
- TOBB, 2012, *Türkiye cam ve cam ürünleri sanayi meclisi sektör raporu*, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, ISBN :978-605-137-299-0.
- Toprak, A.O., Hobikoğlu, E.H., Eğri, T., Özdemir Z., 2013, Elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşümünde tüketici davranışları: İstanbul örneği, *International conference on eurasian economies*, 17-18 September 2013 St. Petersburg.
- Toprak, H., 1998, Katı atıkların toplama, taşıma ve bertaraf sistemlerinin eniyilenmesi ve ekonomisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, No: 265, 96s.

- TS 10459/1992 *Katı atıklarda rutubet tayini*, Türk Standartları.
- Tulun, Ş., 2013, *Katı atıkların biodrying (biyo-kurutma) yöntemiyle hacimlerinin azaltılması*, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi.
- Tuncel, A., 2007, *Plastik geri kazanımları ve plastik atıklardan plastik üretim teknolojileri*, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Turan, T., Eren, Z., Katı atık mevzuatı ve Avrupa Birliği' ne uyum sürecinde katı atık yönetimi, *Türkiye'de katı atık yönetimi sempozyumu*, 28-31 Mayıs 2007, İstanbul.
- TÜİK, 2012, *Belediye atık istatistikleri*, Türkiye İstatistik Kurumu.
- TÜİK, 2014, *Nüfus verileri*, Türkiye İstatistik Kurumu.
- UNEP IE, April-June 1994, Volume 17, No:2.
- BM, 2010, *Dünya Şehirlerindeki Katı Atık Yönetimi*(United Nations Human Settlements Programme).
- UKAK, 2003, Farklı ülkelere ait atık kompozisyonu bilgileri, *Ulusal katı atık kongresi*, 7-9 Mayıs 2003, İzmir.
- Ünver, D., 2010, *Antalya kentinde uygulanmakta olan katı atık yönetim sistemlerinin çevresel ve ekonomik açıdan incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.
- Walsh, P.W., O'Leary, P.R., 1995, *Decision Maker's Guide to Solid Waste Management Volume II*. Office of Solid Waste (5306), Municipal and Industrial Solid Waste Division, U.S. Environmental Protection Agency.
- Wilson, D.C., Rodic, L., Scheinberg, A., Alabaster, G., 2010, Comparative analysis of solid waste management in cities around the world. In: *Proceedings Waste: Waste and resource management-putting strategy into practice. Stratford-upon-avon, warwickshire*, 28-29 September 2010, England.
- Yalçın, Ç., 2011, *Ambalajın tarihçesi ve parfümlerin şişe ve ambalaj tasarımları*, Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi.
- Yaman, T., 2007, *İstanbul'da kentsel katı atık yönetimi ve geri kazanım potansiyelinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü.
- Yay, S.E., 2015, Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya, Turkey, *Journal of cleaner production*, 94 (2015) 284-293.
- Yılmaz A., Bozkurt, Y., 2010, Türkiye'de kentsel katı atık yönetimi uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi dergisi*, C.15, S.1 s.11-28.

- Yildiz, Ş., Yaman, C., Demir, G., Ozcan, H.K., Coban, A., Okten, H.E., Sezer, K., Gorene, S., 2012, Characterization of Municipal Solid Waste in Istanbul, Turkey, *Environmental progress & sustainable energy* (Vol.32, No.3) DOI 10.1002/ep.
- Yudoko, G., 2000, *Exploring the potential of integrated municipal solid waste planning and management in developing countries: A case study in the municipality of Bandung, Indonesia with a focus on households*, Thesis (PhD), University of Waterloo.
- Zhang, R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C., Gamble, P., 2007, Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion, *Bioresource technology*, 98, 4, 929-935.

## ÖZGEÇMİŞ



### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Lokman GÜVENÇ
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	12.05.1986, Giresun
Telefon	0536 400 81 40
E-mail	lokmanguvenc@gmail.com

### Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Lisans	Trakya Üniversitesi/Çevre Mühendisliği	2009
Lise	Prof. Faik Sömer Süper Lisesi/Fen Bilimleri Programı	2004

### Makaleler / Bildiriler

<p>Yildiz Tore, G., Celik, S.O., Guvenc, L., 2009, Assesment of sludge production potential arise from chemical treatment of the aluminum anodising effluent: Case study, <i>International scientific conference</i>, Kasım 2009, Gabrovo, Bulgaria, Volume 3, pp. 540-547.</p>
---