İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARIŞIK KENTSEL ATIK KOMPOST TESİSİ ÜNİTELERİNDE ATIK PROFİLİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Kadir SEZER

ANABİLİM DALI: **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

PROGRAM: **ÇEVRE BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ**

TEMMUZ 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARIŞIK KENTSEL ATIK KOMPOST TESİSİ ÜNİTELERİNDE ATIK PROFİLİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Kadir SEZER
(501051731)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Temmuz 2008

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Osman Atilla ARIKAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Cumali KINACI (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Ayşen ERDİNÇLER (B.Ü.)

TEMMUZ 2008

ÖNSÖZ

Günümüzde hızlı ve plansız kentleşmenin doğal bir sonucu olarak, özellikle kentlerimizde karşılaştığımız en önemli çevresel sorunlardan biri katı atıklardır. Yapılan katı atık ana planı çerçevesinde sayısı hızla artacak olan, katı atıkların biyolojik olarak ayrışabilir kısmının çevre açısından faydalı olarak geri kazanıldığı kompostlaştırma tesislerinin tasarımına yardımcı olmaya yönelik olarak hazırlanan bu tezin hedefine ulaşması dileğiyle; tezin hazırlanması sırasında danışmanlığımı yapan, bilgi birikimini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, beni yönlendiren değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Osman Atilla ARIKAN'a, tez çalışmamda gerekli desteği veren İSTAÇ A.Ş. Genel Müdürü Sn. H. Osman AKGÜL'e, Proje Etüd Müdürü Sn. Şenol YILDIZ'a, Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesis Müdürü Sn. Alpaslan KIRİŞ'e, Tesis Şefi Sn. Çetin ÖZTÜRK'e, Sn. Şaban AKAN'a ve İSTAÇ A.Ş. personeline, tez çalışmamın büyük bölümünü yaptığım İSTAÇ A.Ş. Çevre Laboratuarı Sorumlusu Sn. Cengiz BASKE'ye ve labaratuar çalışmalarımda bana yardımcı olan labaratuar çalışanlarına, çalışmalarımda bana desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşım Mevlüt BAYSAL'a, üniversite eğitimimde üzerime hakları geçen tüm öğretim görevlilerine ve haklarını asla ödeyemeyeceğim anneme, babama ve değerli aile büyüklerime teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2008 Kadir SEZER

İÇİNDEKİLER **Sayfa No**

ÖNSÖZ ii
İÇİNDEKİLER iii
KISALTMALAR v
TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ vii
RESİM LİSTESİ ix
ÖZET x
SUMMARY xi
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi 1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 2
2. LİTERATÜR ÖZETİ 3
2.1. Kompostlaştırma Prosesi 3
2.2. Havalı(Aerobik) Kompostlaştırma Yöntemleri 5
2.2.1. Aktarmalı Yığın 6
2.2.2. Havalandırmalı Statik Yığın 7
2.2.3. Kapalı Reaktör 8
2.3. Kompostlaştırma'nın Entegre Katı Atık Yönetimindeki Yeri 8
2.4. Mevzuat 10
2.4.1. Avrupa Birliği Düzenli Depolama Direktifi 10
2.4.2. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 11
3. MATERYAL VE METOD 12
3.1. Tesis Tanıtımı 12
3.1.1. Tesis Ana Birimleri 13
3.2. Tesiste Atık Profili İncelenmesi Yapılan Üniteler 16
3.2.1. Atık Kabul 16
3.2.2. Φ80 mm Elek Altı 16
3.2.3. Φ80 mm Elek Üstü 16
3.2.4. Geri Kazanım Sonrası 17
3.2.5. Son Şartlandırma 18
3.2.6. Φ15 mm Elek (Son Elek) Üstü(Kaba Kompost) 18
3.2.7. Φ15 mm Elek(Son Elek) Altı (Nihai Ürün-İnce Kompost) 19
3.3. Atık Profili İncelenmesi 20
3.4. Nihai Ürün (Kompost) Elek Analizleri 23
3.5. Cam Analizleri 25
3.6. Diğer Analizler 26

3.6.1. Nem Muhtevası 26
3.6.2. Yanma Kaybı 27
3.6.3. pH 28
3.6.4. Elektrik İletkenliği 29
4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ 30
4.1. Atık Profili Çalışması Sonuçları 30
4.1.1 Atık Kabul Bölümü 31
4.1.2. Φ80 mm Elek Altı Bölümü 46
4.1.3. Φ80 mm Elek Üstü Bölümü 47
4.1.3.1. Açık Poşet 48
4.1.3.2. Kapalı Poşet 49
4.1.3.3. Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet Oranı 50
4.1.4. Geri Kazanım Sonrası Bölüm 51
4.1.4.1. Geri Kazanım Sonrası Kapalı Poşet Oranı 52
4.1.5. Son Şartlandırma Bölümü 53
4.1.6. Φ15 mm Elek(Son Elek) Üstü Bölümü 54
4.1.7. Φ15 mm Elek(Son Elek) Altı (Nihai Ürün-İnce Kompost) Bölümü 56
4.2. Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçları 57
4.2.1. Kompost Ürününün İnert İçeriğinin Karşılaştırılması 63
4.3. Cam Analizleri 66
4.4. Diğer Analizler 68
4.4.1. Nem Muhtevası 68
4.4.2. Yanma Kaybı 70
4.4.3. pH 72
4.4.4. Elektrik İletkenliği 73
4.4.5. Depo Sahasında Örtü Toprağı Olarak Kullanılan Kaba Kompostun Ağır Metal İçeriği 74
4.4.6. Nihai Ürün Kompost Ağır Metal Değerleri 75
4.5. Kütle Dengesi 76
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR 84
EKLER 87
ÖZGEÇMİŞ 109

KISALTMALAR

AAKY : Ambalaj Atıkları Kontrol Yönetmeliği

AB : Avrupa Birliği

ÇOB : Çevre ve Orman Bakanlığı

EKAY : Entegre Katı Atık Yönetimi

İBB : İstanbul Büyükşehir Belediyesi

KAKY : Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

KKA : Kentsel Katı Atıklar

MSW : Municipal Solid Wastes

RDF : Refuse Derived Fuel

TAKY : Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

TKKY : Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

TABLO LİSTESİ **Sayfa No**

Tablo 2.1: Havalı Kompostlaştırmada Genel Proses Tasarım Kriterleri 6
Tablo 2.2: Çeşitli Ülkelerdeki Katı Atık Yönetim Teknolojilerinin Dağılımı..... 9
Tablo 3.1: Atık Profili Çalışmasında İncelenen Katı Atık Bileşenleri..... 22
Tablo 3.2: Atık Profili Çalışmalarının Yapıldığı Tarihler 23
Tablo 4.1: Tesis Ünitelerindeki 12 Aylık Atık Profili Ortalamaları 30
Tablo 4.2: Atık Kabul Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 32
Tablo 4.3: Atık Kabul Bölümü Atık Profili 12 Aylık Değerleri 33
Tablo 4.4: Φ80 mm Elek Altı Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 47
Tablo 4.5: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları 48
Tablo 4.6: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Açık Poşet Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 49
Tablo 4.7: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Kapalı Poşet Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 50
Tablo 4.8: Φ80 mm Elek Üstü Atık Kapalı Poşet Yüzdesi..... 51
Tablo 4.9: Geri Kazanım Sonrası Bölüm Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 52
Tablo 4.10: Geri Kazanım Sonrası Atık Kapalı Poşet Yüzdesi 53
Tablo 4.11: Son Şartlandırma Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 54
Tablo 4.12: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları 55
Tablo 4.13: Φ15 mm Elek Altı Nihai Ürün(İnce Kompost) Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları..... 56
Tablo 4.14: Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçlarının 12 Aylık Ortalamaları (Yaş Olarak) 58
Tablo 4.15: Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçlarının 12 Aylık Ortalamaları (Kuru Olarak) 64
Tablo 4.16: İBB Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Kompost Ürünü İnert İçeriği 65
Tablo 4.17: ABD' deki Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma Tesislerinden Alınan Kompost Numuneleri İnert İçeriği Sonuçları..... 65
Tablo 4.18: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı Her Bir Birime Ait Cam Analiz Sonuçları 67
Tablo 4.19: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı İlk 4 Bölümün Diğer Analiz Sonuçları 12 Aylık Ortalamaları 69
Tablo 4.20: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı Son 4 Bölümün Diğer Analiz Sonuçları 12 Aylık Ortalamaları 69
Tablo 4.21: Φ15 mm Elek Üstü Malzeme Ölçüm Değerleri ve TAKY Atıkların Düzenli Depo Tesislerine Depolanabilme Kriterleri ile Karşılaştırması 74
Tablo 4.22: İBB-İSTAÇ Tesislerinde Ocak 2007-Ekim 2007 Dönemlerinde Üretilen Kompost Materyalinin Toplam Mn, Cu, Zn, B, Cd, Pb, Ni, Cr, Co ve Hg Konsantrasyonları 75
Tablo 4.23: Belirlenen Atık Profili Değerleri ile Tesise Beslenen 100 Kg Atık İçin Tesis İçi Kütlesel Akış Değerleri (Kg) 77
Tablo 4.24: Tesise Gelen ve Beslenen Atık Tesisi İçi Yüzde Akış Değerleri 78

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa No**

Şekil 2.1: Aerobik Kompostlaştırma Tesisi İçin Kütle Dengesi (Kuru Ağırlık) 4
Şekil 2.2: Kuru Anaerobik Kompost Tesisi İçin Kütle Dengesi (Yaş Ağırlık) 5
Şekil 2.3: Havalı Kompostlaştırma Metotları (a) Aktarmalı Yığın, (b) Havalandırmalı Statik Yığın, (c) Kapalı-Reaktör (Tchobanoglous vd., 1993) 6
Şekil 3.1: Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Prosesleri Akım Şeması 13
Şekil 4.1: Atık Kabul Bölümü Kağıt-Karton Bileşeni Yüzdesin 12 Aylık Değişimi 34
Şekil 4.2: Atık Kabul Bölümü Cam Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi..... 35
Şekil 4.3: Atık Kabul Bölümü Pet Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 36
Şekil 4.4: Atık Kabul Bölümü Poşet Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 37
Şekil 4.5: Atık Kabul Bölümü Plastik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 38
Şekil 4.6: Atık Kabul Bölümü Çuval Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 38
Şekil 4.7: Atık Kabul Bölümü Aluminyum Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 39
Şekil 4.8: Atık Kabul Bölümü Diğer Metaller Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 39
Şekil 4.9: Atık Kabul Bölümü Mutfak Atıkları Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 40
Şekil 4.10: Atık Kabul Bölümü Çocuk Bezi Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 41
Şekil 4.11: Atık Kabul Bölümü Tahta Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 41
Şekil 4.12: Atık Kabul Bölümü Elektik-Elektronik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 42
Şekil 4.13: Atık Kabul Bölümü Pil-Akü Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi .. 42
Şekil 4.14: Atık Kabul Bölümü Tekstil Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 43
Şekil 4.15: Atık Kabul Bölümü Tetrapak Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi . 43
Şekil 4.16: Atık Kabul Bölümü Diğer Yanabilir Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 44
Şekil 4.17: Atık Kabul Bölümü Park-Bahçe Atığı Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 44
Şekil 4.18: Atık Kabul Bölümü Taş Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 45
Şekil 4.19: Atık Kabul Bölümü Kemik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 45
Şekil 4.20: Atık Kabul Bölümü Diğer Atıklar Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi 46
Şekil 4.21: Kompost Ürünündeki Maddelerin Yüzdesel Değerleri..... 59
Şekil 4.22: Kompost Ürünündeki İnert Maddelerin Yüzdesel Değerleri 59
Şekil 4.23: Kompost Ürünündeki Camın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi..... 60
Şekil 4.24: Kompost Ürünündeki Taşın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi..... 60
Şekil 4.25: Kompost Ürünündeki Tekstilin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi 61
Şekil 4.26: Kompost Ürünündeki Plastiğin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi 61
Şekil 4.27: Kompost Ürünündeki Metalin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi 62

Şekil 4.28: Kompost Ürünündeki İnert Madde İçermeyen Kısmın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi 62
Şekil 4.29: Atık Kabul Bölümü Nem Muhtevası 12 Aylık Yüzde Değişimi 68
Şekil 4.30: Nihai Ürün(Kompost) Nem Muhtevası 12 Aylık Yüzde Değişimi..... 70
Şekil 4.31: Atık Kabul Bölümü Yanma Kaybı 12 Aylık Yüzde Değişimi..... 71
Şekil 4.32: Geri Kazanım Sonrası Yanma Kaybı 12 Aylık Yüzde Değişimi..... 71
Şekil 4.33: Nihai Ürün(Kompost) Yanma Kaybı 12 Aylık Yüzde Değişimi..... 72
Şekil 4.34: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık pH Değişimi..... 72
Şekil 4.35: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık pH Değişimi..... 73
Şekil 4.36: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi..... 73
Şekil 4.37: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi 74

RESİM LİSTESİ **Sayfa No**

Resim 3.1: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nin Görünümü 12
Resim 3.2: Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Maket Görünümü ile Atık Profili Çalışma İçin Numunelerinin Alındığı Birimlerin Görünümü 14
Resim 3.3: Atık Kabul Bölümü Genel Görünümü 16
Resim 3.4: Atık Kabul Bölümü ve Φ80 mm'lik Elekler Maket Görünümü 17
Resim 3.5: Φ80 mm'lik Elekler ve Geri Kazanım Bantları Genel Görünümü 17
Resim 3.6: Φ15 mm'lik Son Elek, Elek Üstü ve Elek Altı Malzeme Görünümü 18
Resim 3.7: Φ15 mm Elek Üstü Malzemenin Tekrar Elenmiş Hali ile Φ15 mm Elek Altı Ürünün(İnce Kompost) Karşılaştırılması 19
Resim 3.8: Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Son Elek Bölümü 19
Resim 3.9: Numune Alma İşlemi Sırasında Arka Plandaki Döküm Bölümünden Alınmış Karışık Kentsel Atığın İş Makinesinin Homojenliğini Sağlaması 21
Resim 3.10: Atık Profili Çalışması Sırasında Numune Alma Yöntemi (Son Şartlandırmaya Ait Numune – Olgunlaşmış Malzeme) 22
Resim 3.11: Elek Analizi Çalışmalarda 4 - 9,5 mm arası Kompost Ürünü 24
Resim 3.12: Cam Çalışmalarından Bir Görünüm 26
Resim 3.13: Nem Muhtevası Bakılmak Üzere Darası Alınmış Alüminyum Folyelere Konmuş Öğütülmüş Numuneler 27
Resim 3.14: Yanma Kaybı Bakılmak Üzere Sabit Tartıma Getirilmiş Porselen Krozelere Konmuş 75 °C'de Kurutulmuş Numuneler 28

KARIŞIK KENTSEL ATIK KOMPOST TESİSİ ÜNİTELERİNDE ATIK PROFİLİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizdeki karışık kentsel atıklardan kompost üreten 4 tesisten biri olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Geri Kazanım ve Kompostlaştırma Tesisi'nde 12 aylık detaylı bir atık profili çıkarılarak mevsimsel değişikliklerin tesisteki farklı ünitelerdeki akışı belirlenmiş ve bunun kompost ürününe etkisi ortaya konmuştur. Ayrıca, kompost ürününün pazarlama açısından önem taşıyan inert (cam, plastik, metal vb.) madde içeriği tespit edilmiş ve bunların azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirilmiştir.

Tesise gelen karışık kentsel atıkta en büyük yüzdeyi mutfak atıkları (% 49,5) oluşturmaktadır. Bunu kağıt-karton (% 16,4), poşet (% 8,3), çocuk bezi (% 5,1), tekstil (% 4,6), cam (% 3,5) ve plastik (% 2,7) takip etmektedir. Tesise gelen atığın beslendiği Φ80 mm elekten, elek altına geçen malzemenin gönderildiği kompostlaştırma prosesi girişinde en yüksek bileşenler mutfak atıkları (% 73,9), kağıt-karton (% 9,6), tekstil (% 3,9) ve cam (% 4,2) şeklindedir. Φ80 mm elek altında, tesise gelen atığa kıyasla mutfak atıkları değerlerinde (% 49,5'den % 73,9'a) ve sağlam camların elekteki bıçaklarla kırılması ile cam oranında (% 3,5'den % 4,21'e) ciddi artış görülmektedir. Elek altına geçen malzemede, kâğıt-karton, poşet, çocuk bezi tesise gelen atığa göre önemli ölçüde azalma gösterirken pet, plastik, tekstil değerlerinde azalma daha azdır. Yapılan analiz sonuçlarına göre kompost ürünündeki inert madde içerikleri cam % 4,2, tekstil % 0,8, plastik % 0,6 ve metal % 0,1 olmak üzere toplam ~ 5,6 civarındadır. Bu değer, TKKY'de inert madde yüzdesi limiti olan % 2 nin üzerinde olmakla birlikte ABD'deki karışık kompostlaştırma tesisleri kompost inert içeriğinden oldukça (özellikle metal, plastik ve tekstil açısından) düşüktür.

Kompost ürününde yapılan elek analizinde 2 mm altı, 2-4 mm aralığı, 4-9,5 mm aralığı ve 9,5-15 mm aralığındaki malzeme oranları sırasıyla %46,3, %24,0, %26,0 ve %3,8 olup, toplam inert madde yüzdeleri ise sırasıyla %~0, %1,3, %4,2 ve %1,5 dir.

Düzenli depolamada örtü toprağı olarak kullanılan Φ15 mm elek üstü kaba kompost ağır metal değerlerine göre, kaba kompost TAKY Ek-11A'da "Tehlikesiz atık olarak muamale görecek atıklar" olarak ifade edilen kategoriye girmektedir. Park ve bahçelerde kullanılan Φ15 mm elek altı ince kompost ağır metal seviyeleri ise, TKKY limitlerinin oldukça altındadır.

Kompost ürününde inert madde olarak en fazla oranı oluşturan cam için, tesis girişinde, kompostlaştırma prosesinden önce ve kompost ürününde yapılacak ayırma ile sırasıyla %30, %5 ve %90 lık bir cam giderme verimine ulaşılabileceği tesbit edilmiştir.

EXAMINATION OF SOLID WASTE PROFILE AT MIXED MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOSTING FACILITY'S UNITS

SUMMARY

The waste profile for the Istanbul Metropolitan Municipality Composting and Recycling Facility as one of the four composting facilities in Turkey was investigated in detail by this study. Therefore, the flow of the seasonal changes in the units of the facility and its effects on the compost product were determined through this study that has been completed in 12 month. Also, the inert content (glass, plastic, metal, etc.) which is important for marketing of the compost was determined and certain strategies were developed for the reduction of the inert materials.

Food waste has the biggest percentage in the incoming mixed municipal solid waste. The other constituents were paper-cardboard (16.4%), plastic bag (8.3%), diaper (5.1%), textile (4.6%), glass (3.5%), and plastic (2.7%). The maximum percentage of the components for the Φ80 mm undersize material, which goes into composting process, were food wastes (73.9%), paper-paperboard (9.6%), textile (3.9%), and glass (4.2%). In comparison to the incoming waste, a serious increase was determined in the food waste (from 49.5% to 73.9%) and glass for the Φ80 mm undersize material. In contrast, the percentage of the paper-cardboard, plastic bag, and diaper have significantly declined for the Φ80 mm undersize material. The decrease in the percentage of diaper, plastic bag, plastic, and textile were considerably low.

With respect to the experimental results, the inert content of compost was approximately 5.6% (glass: 4.2%, textile: 0.8%, plastic: 0.6%, and metal: 0.10%). Although this value is not proper with the SPCR (where the maximum limit is 2%), inert content in the compost is lower than of the composting facilities in USA (especially for metal, plastic, and textile components).

According to the sieve analysis for the compost product, the material percentages under 2 mm, between 2-4 mm, 4-9.5 mm, and 9.5-15 mm were 46.3%, 24%, 26%, and 3.8%, respectively. Also, the percentages of the total inert matter were 0%, 1.3%, 4.2%, and 1.5%, respectively. The heavy metals levels in the coarse compost (above 15 mm screening) used as a landfill cover is in compliance with the HWCR. The heavy metal levels in the fine screen (below 15 mm screening) used in parks/gardens have significantly lower values with respect to the limits in SPCR.

It is determined that when the sorting process was applied in the beginning of the facility, before the composting process and in the compost product, the glass (the maximum inert content in the compost product) removal efficiencies could be achieved as 30%, 5%, 90%, respectively.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Ülkemizde henüz yaygınlaşmamış olan kentsel katı atıkların organik kısmından kompost elde edilmesi işlemi İstanbul, İzmir, Antalya ve Mersin'de olmak üzere sadece 4 tesisle sınırlıdır. Bununla birlikte, özellikle aday ülke olduğumuz AB'nin Düzenli Depolama Direktifi'nin getirdiği organik atıkların düzenli depolama alanları yerine farklı alternatif teknolojilerle bertarafı hususu, Avrupa'da olduğu gibi Türkiye'de de kompostlaştırmanın gittikçe önem kazanacağını göstermektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Katı Atık Ana Planı'nda önümüzdeki yıllarda ulusal bazda 100'ün üzerinde katı atık kompostlaştırma tesisinin yapılması planlanmaktadır **(ENVEST, 2005a).**

Kompostlaştırma tesislerinde, tesise gelen atık profili ve bu atık profilinin tesis ünitelerinde nasıl bir değişikliğe uğradığı oldukça önemlidir. Bu gibi tesislerin sağlıklı işletilebilmesi için atık profilinin gerek proseste, gerekse üründeki etkileri bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra elde edilen veriler süreklilik arz etmeli, en azından mevsimsel değişiklikleri yansıtabilmelidir. Ayrıca tekrarlanabilirlik ve bilimsellik açısından çalışmalarda standart metotlar kullanılmalıdır. Tesislerin farklı kısımlarında yapılmış ve birbirinden bağımsız münferid çalışmalar olmakla birlikte, bu çalışmalar tekil çalışmalar olup süreklilik arz etmemekte ve genellikle tesisin tümü dikkate ele alınmamaktadır.

Herhangi bir proseste açığa çıkan ürünün kalitesi prosese giren hammadde ile doğrudan doğruya bağlantılıdır. Kompostlaştırma işleminde de inert içeriği düşük, yüksek kaliteli kompost elde edilebilmesi prosese giren malzemenin inert içeriğinin düşük olması ile mümkündür. Özellikle karışık kentsel katı atıklardan elde edilen kompost ürünü, önemli miktarda cam, plastik, tekstil ve taş gibi inert maddeler içermektedir. Hem estetik açıdan hem de yönetmelik açısından uygun kompost elde edilmesi için inert (istenmeyen) madde içeriğinin mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir.

Gerek ülkemizdeki, gerekse yurtdışındaki kompostlaştırma tesislerinde, tesise gelen atığın mevsimsel olarak değişimi ve ara kademelerdeki atık profili ile ürüne etkileri konusunda yeterince bilgi birikimi bulunmamaktadır. Ülkemizde yakın gelecekte 100'ün üzerinde kompostlaştırma tesisi planlandığı dikkate alındığında, bu tesislerin dizaynında ve işletilmesinde, ayrıca daha kaliteli bir ürün elde edilebilmesi için mevcut karışık kentsel atık kompostlaştırma tesislerindeki atık profili, bunun mevsimsel değişimi ve üründeki etkileri gibi önemli bilgi birikimine ihtiyaç bulunmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışmanın amacı, karışık kentsel atık kompostlaştırma tesisinde detaylı bir atık profili çıkararak mevsimsel değişikliklerin tesisteki farklı ünitelerdeki akışını belirlemek ve bunun kompost ürününe etkisini ortaya koymaktır. Ayrıca, kompost ürününün pazarlama açısından önem taşıyan inert (cam, plastik, metal vb.) madde içeriğinin tespit edilmesi ve bunların azaltılmasına yönelin stratejilerin ortaya konmasıdır.

Bu kapsamda, öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Geri Kazanım ve Kompostlaştırma Tesisinde 7 farklı ünitede (Atık Kabul Bölümü, 80 mm Elek Altı, 80 mm Elek Üstü (Açık ve Kapalı Poşet), Geri Kazanım Sonrası, Son Şartlandırma, 15 mm Elek Üstü ve 15 mm Elek Altı) 12 aylık atık profili çalışması gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra 2, 4, 9,5 mm'lik elekler kullanılarak nihai ürün olan kompost için kapsamlı elek analizi çalışması yürütülmüştür.

Atık profili çalışmaları sonuçlarına göre kompost içerisinde en yüksek inert madde olduğu belirlenen cam için herbir ünitede renk (yeşil, beyaz ve kahverengi) ve kırılma durumuna (kırılmış ve kırılmamış) göre detaylı sınıflandırma yapılmıştır.

Tesis ünitelerinde atıktaki fiziksel ve kimyasal değişimi belirlemek amacıyla nem muhtevası, yanma kaybı, pH ve elektrik iletkenliği analizleri yapılmıştır.

Son olarak, tesis ünitelerinde 2007 yılına ait atık miktarı verileri ile bu çalışmadaki atık profili sonuçları kullanılarak herbir bileşen için kütle dengesi belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Kompostlaştırma Prosesi

Kompostlaştırma, organik maddelerin kontrollü çevresel şartlar altında biyolojik olarak ayrıştırılması ve stabilizasyonu prosesidir. Kompost ise proses sonucu oluşan, stabil, humus benzeri ve toprak şartlandırıcısı olarak kullanılan üründür.

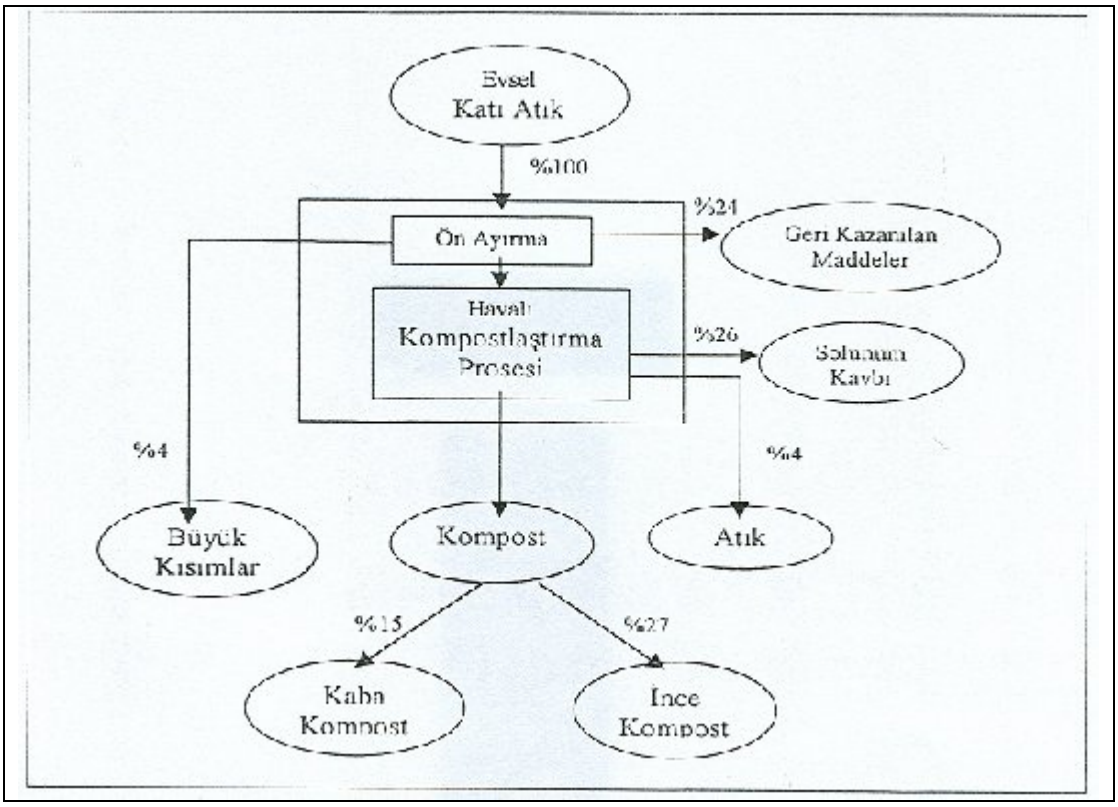
Kompostlaştırma işlemi sonucu aşağıdaki hedeflere ulaşılması beklenir;

•Biyolojik olarak ayrışabilir organik maddelerin, kararlı bir maddeye dönüştürülmesi ve atık hacminin azaltılması,

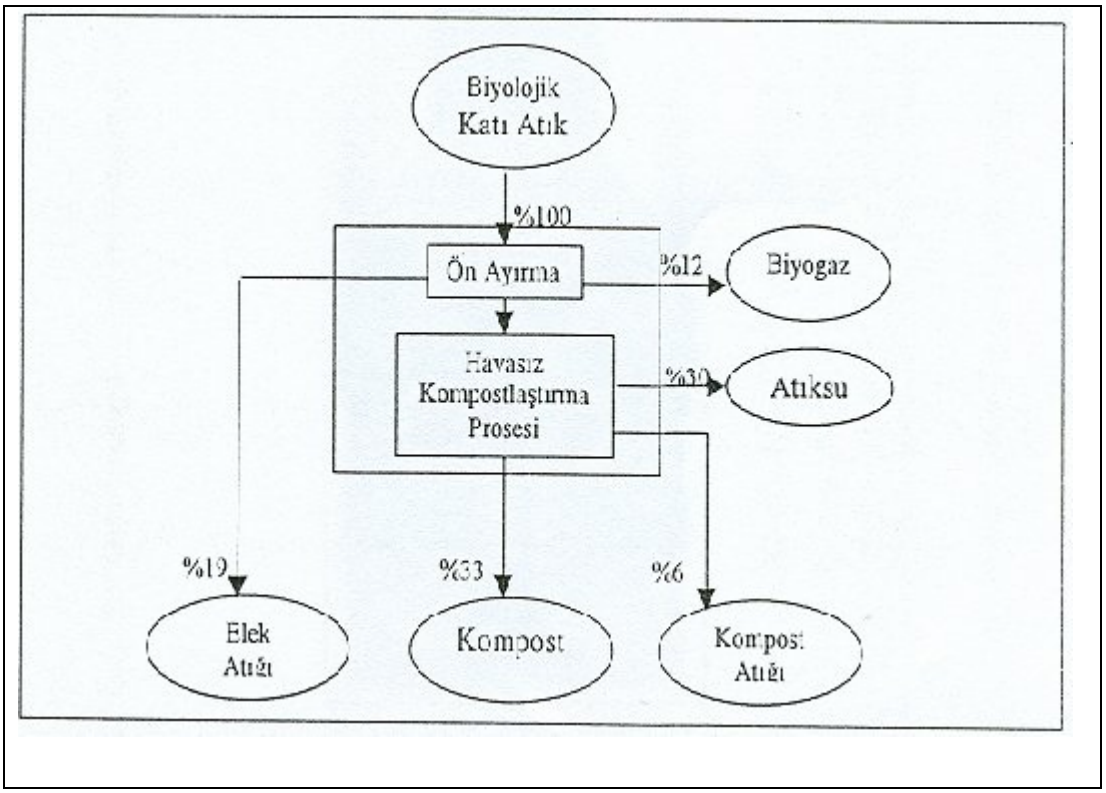
- Katı atık içindeki patojen, sinek yumurtası v.b. organizmaların yok edilmesi,
- Mevcut veya oluşabilecek koku probleminin ortadan kaldırılması,
- Maksimum nütrient (N, P, K) içeriğinin muhafaza edilmesi,
- Gübre ve toprak şartlandırıcısı olarak kullanılabilecek bir ürün elde edilmesi.

Katı atıklar içindeki organik bileşiklerin en iyi değerlendirilme şekli, atıkların kompostlaştırılmasıdır. Kompostlaştırma süreci, aerobik veya anaerobik koşullarda hacim azaltma, stabilizasyon ve patojen giderme amaçları için uygulanan katı atık dönüştürme ve uzaklaştırma teknolojisidir. Kompostlaştırma sürecinde, bazı organik maddeler karbondioksit ve suya ayrışırken, çoğunlukla humik (gübresel) maddelerden stabilize ürünler oluşur. Kompostlaştırmada, biyolojik oksidasyonla sıcaklık sadece termofilik mikroorganizmaların yaşayabileceği ve patojenik organizmalarla yabani otların tohumlarını öldürecek düzeye yükseltilir. Bunun için sıcaklığının yeterli bir süre termofilik seviyede tutulması gerekir. Daha sonraki mikrobiyal faaliyetlerle organik atıklardan, toprağın iyileştirici olarak kullanılabilen kompost oluşturulur **(Tınmaz, 2002).**

Kompostlaştırma prosesi aerobik ve anaerobik olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Bu proseslerdeki komposta dönüşüm oranları sırası ile % 42 ve % 33'tür. Anaerobik kompost prosesinde, yaş ağırlık bazında reaktöre alınan organik katı atığın yaklaşık olarak % 12'lik kısmı, % 55-60 CH_4 ihtiva eden biyogaza dönüşür. Ayrı toplanmış organik katı atıkların tonu başına 130-160 m^3 biyogaz üretilmektedir (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2.) **(Öztürk, 2001)**.



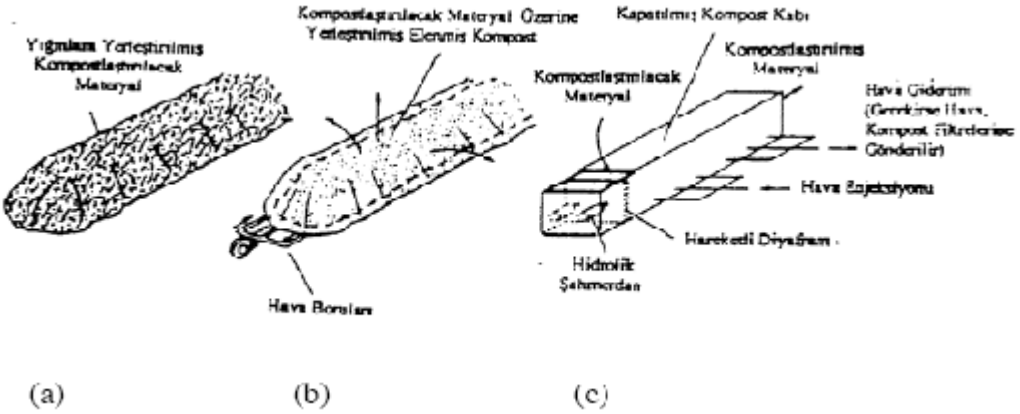
Şekil 2.1: Aerobik Kompostlaştırma Tesisi İçin Kütle Dengesi (Kuru Ağırlık Olarak) **(Öztürk, 2001)**



Şekil 2.2: Kuru Anaerobik Kompost Tesisi İçin Kütle Dengesi (Yaş Ağırlık Olarak) **(Öztürk, 2001).**

2.2. Havalı(Aerobik) Kompostlaştırma Yöntemleri

Havalı kompostlaştırma metotları, statik(açık) ve dinamik(kapalı) olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Dinamik metotta, kompostlaştırılacak madde, içeri oksijen girmesini sağlamak, sıcaklığı kontrol etmek, üniform bir ürün elde etmek için karıştırılır. Statik metotta, kompostlaştırılacak madde statik olarak kalır ve kompostlaştırılan madde arasına hava verilir. En yaygın dinamik ve statik kompostlaştırma metotları, aktarmalı yığın ve havalandırmalı statik yığın metotlarıdır. Kompostlaştırma işleminin bir reaktör içinde gerçekleştiği özel kompostlaştırma sistemleri, kapalı-reaktör(in-vessel) kompostlaştırma sistemleri olarak bilinirler. Aktarmalı yığın, havalandırmalı statik yığın ve kapalı-reaktör kompostlaştırma sistemleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Havalı kompostlaştırma prosesleri için genel tasarım kriterleri ise Tablo 2.1'de özetlenmiştir **(MİMKO, 2006).**



Şekil 2.3: Havalı Kompostlaştırma Metotları (a) Aktarmalı Yığın, (b) Havalandırmalı Statik Yığın, (c) Kapalı-Reaktör **(Tchobanoglous vd., 1993)**

Tablo 2.1: Havalı Kompostlaştırmada Genel Proses Tasarım Kriterleri

Kompost süresine etki eden faktorler	Teknoloji tipi		
	Aktarmalı Yığın	Havalandırmalı Statik Yığın	Reaktörde Kompost
Proses adımları	▪ Aktarma ▪ Havalandırma ▪ Su ekleme ▪ Sıcaklık kontrolü	▪ Aktarma yok ▪ Basınçlı havalandırma ▪ Su ekleme ▪ Sıcaklık kontrolü	▪ Aktarma ▪ Basınçlı havalandırma ▪ Su ekleme ▪ Sıcaklık kontrolü
Atık hazırlama	< 24 sa	< 24 sa	< 24 sa
Kompostlaştırma ve stabilizasyon	1,5 – 4,5 ay	1,5 – 3 ay	0,5 – 2 ay
Toplam süre	Değişken	Değişken	Değişken

2.2.1. Aktarmalı Yığın

Aktarmalı yığın, en eski kompostlaştırma metotlarından biridir. Aktarmalı yığın kompostlaştırma sistemleri, bahçe atıkları ile karışık evsel katı atıkların kompostlaştırılmasında yaygın olarak kullanılır.

Aktarmalı yığın kompostlaştırma sistemleri, genelde 3,5-5,0 m eninde, 2,0 metre yüksekliğinde, uzun bir sıra halinde dizilmiş yığınlardan oluşur. Yığının boyutları, yığının aktarılmasında kullanılacak ekipmanlara göre belirlenir. Yığınlar, düzenli olarak alt üst edilerek gerekli karıştırma ve havalandırma sağlanır. Atmosferden sürekli pasif bir havalandırma olmasına rağmen asıl havalandırmayı yığının aktarılması sağlar. Yığın boyutları, üretilen ısının korunmasını ve yığının alt kısımlarına havanın girmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Aktarmalı yığınlar yapılmadan önce, organik madde, dane boyutu 2,5-7,5 cm olacak şekilde parçalanmalı ve elenmelidir, ayrıca su muhtevası % 50-60'a ayarlanmalıdır.

Yüksek hızlı sistemlerde 55 °C sıcaklık sağlanmalı ve yığınlar, haftada iki defa aktarılmalıdır. Yığınların aktarılması ile kötü kokular açığa çıkabilmektedir. Aktif kompostlaştırma, 3-4 haftada gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte aktif periyottan sonra kompost, olgunlaşması için ilave 3-4 hafta daha bekletilmelidir. Olgunlaşma periyodunda, kalan kompostlaşamayan maddeler, mantarlar ve aktinomisetler tarafından parçalanır **(MİMKO, 2006).**

2.2.2. Havalandırmalı Statik Yığın

Havalandırmalı statik yığın kompostlaştırma, atıksu çamurlarının havalı kompostlaştırılması için geliştirilmiş olmasına rağmen bahçe atıkları veya ayrılmış evsel katı atıkları da içeren çeşitli organik atıklara da uygulanabilmektedir. Yığınların altına havalandırma şebekesi veya delikli borular yerleştirilir. Tipik yığın yüksekliği 2-2,5 m'dir. İzolasyon ve koku kontrolü için, yeni oluşturulan yığının üzerine elenmiş kompost tabaka halinde serilmektedir. Etkili havalandırma kontrolü için her yığına ayrı blower temin edilmektedir. Hava temini için ayarlanabilir, oluklu, plastik, drenaj boruları kullanılabilir. Hava, biyolojik dönüşümler için gerekli oksijenin sağlanması ve yığın sıcaklığının kontrolü için verilir. Blowerların çalışması, belirli bir sıcaklık profiline uyması için genellikle bir zaman ayarlayıcı veya bazı sistemlerde bir bilgisayar tarafından kontrol edilir.

Malzeme, 3-4 hafta kompostlaştırılır, daha sonra 4 hafta veya daha fazla bir süre olgunlaştırılır. Olgunlaştırılan kompost, ürünün kalitesini arttırmak amacıyla elenir. Geliştirilmiş proses ve koku kontrolü için, yeni dizayn edilen tesislerde, sistemin tamamı veya büyük bir kısmı örtülmekte veya kapatılmaktadır.

Susuzlaştırılmış atıksu arıtma tesisi çamuru kompostlaştırılırken, porozite sağlamak amacıyla ağaç kabukları gibi nemden genleşen maddelere ihtiyaç vardır. Bu maddeler, ayrıca aşırı nemi emmek için de kullanılırlar. Çamur ve ağaç kabuğu karışımı, havalandırma boruları üzerine yığın halinde yerleştirilir ve daha önceden kompostlaştırılmış malzeme ile örtülür. Yüksek hızlı aktarmalı yığın metodunda olduğu gibi kompostlaştırma süresi yaklaşık 3-4 haftadır. Kompostlaştırmadan sonra, porozite sağlamak amacıyla ilave edilen maddeler (ağaç kabukları vb.) elenmek suretiyle geri kazanılır ve yeniden kullanılır **(MİMKO, 2006).**

2.2.3. Kapalı Reaktör

Kapalı reaktör kompostlaştırma, kapalı bir konteynır veya kap içinde gerçekleştirilir. Bu sistemde reaktör olarak, düşey kuleleri, yatay dikdörtgen veya dairesel tankları ve dairesel dönen tankları içeren, hayal edilebilecek her tür kap kullanılabilir. Kapalı reaktör kompostlaştırma sistemleri, piston akımlı ve dinamik(karıştırmalı yatak) olmak üzere başlıca iki kategoriye ayrılır. Piston akımlı sistemlerde, kompostlaştırılan kütle içindeki birbirleri ile ilişkileri proses sırasında hep aynı kalır ve sistem bir içeri bir dışarı esasına göre çalışır.

Mekanik sistemler, hava akımı, sıcaklık, oksijen konsantrasyonu gibi ortam koşullarını kontrol ederek proses süresi ve kokuları minimize etmek için dizayn edilmektedir. Son yıllarda, proses ve koku kontrolü, düşük işçi masrafı, küçük arazi ihtiyacı nedeniyle kapalı reaktör kompostlaştırma sistemlerinin kullanımı artmıştır. Kapalı reaktörler sistemlerinde bekleme süresi, 1-2 hafta arasında değişir, bununla birlikte hemen hemen tüm sistemlerde, aktif kompostlaştırma periyodundan sonra 4-12 haftalık bir olgunlaşma adımına ihtiyaç vardır **(MİMKO, 2006).**

2.3. Kompostlaştırmanın Entegre Katı Atık Yönetimindeki Yeri

Entegre katı atık yönetimi, belirlenmiş amaçlara ulaşmayı sağlayabilecek teknik, teknoloji ve yönetim biçimlerinin seçilmesi ve uygulanması olarak tanımlanabilmektedir. Etkili bir katı atık yönetimi için atığın oluşumu, biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrılması, işlenmesi, dönüştürülmesi ve nihai bertaraf gibi konuların bir bütün halinde düşünülmesi gerekmektedir **(Tchobanoglous vd., 1993).**

Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY), belirli atık yönetim gaye ve hedeflerine ulaşmak için uygun teknik, teknoloji ve yönetim programlarının seçimi ve uygulanması olarak tarif edilmektedir. EKAY'nin öncelik sırası en genel haliyle, atık azaltma, geri döndürme, atık dönüştürme, düzenli depolama olarak verilebilir **(Öztürk vd., 1997).**

Entegre katı atık yönetim sisteminin birinci önceliği, kaynakta ayırma ile üretilen atık miktarının azaltılmasıdır. İkinci öncelik ise kompostlaştırmayı da kapsayan geri dönüşüm ve geri kazanımdır. Katı atıklar için uygulanabilecek yakma ve düzenli depolama gibi bertaraf yöntemleri kabul edilebilir teknolojiler içerisinde ve entegre atık yönetimi öncelik sıralamasında en alt sırada yer almaktadır **(Sezer, 2005).**

Kompostlaştırma, geri dönüşüm ve kaynakların yeniden kullanımının en yüksek formudur. Kompost, üretilen organik maddenin tekrar kullanıma sunulmak üzere yapılan geri dönüşüm faaliyetinin faydalı son ürünüdür. Gelişmekte olan ülkelerde katı atıklar içerisindeki organik atık bileşeni genellikle yüksek olduğundan, kompostlaştırma katı atıkların yönetiminde uygun bir alternatif olmaktadır **(Kanat vd., 2006).**

Birçok ülkede katı atık bertaraf teknolojisi olarak kompostlaştırma önceki yıllarda geri planda kalmıştır (Tablo 2.2). Bununla birlikte özellikle AB Düzenli Depolama Direktifi'nde belirtilen depolamaya gidecek organik atıkların azaltılması hedeflerine ulaşabilmek için son yıllarda Avrupa'da kaynağında ayrılmış kentsel katı atıkların kompostlaştırılması tekrar yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum topraklarının çoğu tarıma elverişli olan Türkiye için de geçerlidir.

Tablo 2.2: Çeşitli Ülkelerdeki Katı Atık Yönetim Teknolojilerinin Dağılımı **(Varank, 2006)**

Ülke	*Katı atık bertaraf teknolojisinin kullanıldığı oran (%)*			
	Düzenli depolama	Yakma	Kompostlaştırma	Geri Kazanma
Avustralya	82	2,5	-	15,5
Kanada	80	8	2	10
Fransa	45	42	10	3
Almanya	46	36	2	16
Yunanistan	100	-	-	-
İrlanda	97	-	-	3
İtalya	74	16	7	3
Hollanda	45	35	5	15
Portekiz	85	-	15	-
İspanya	64	6	17	13
İngiltere	88	6	-	6
A.B.D.	67	16	2	15

2.4. Mevzuat

Türkiye'nin katılım sürecinde planlanan katı atık yönetimi, ilgili T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) Yönetmelikleri ve AB Direktifleri ile uyumlu olacaktır. Bu çalışmaya esas teşkil eden Türk Yönetmelikleri, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY, 1991) ile Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (AAKY, 2004); AB Direktifleri ise başlıca Düzenli Depolama Direktifi(AB, 1999) ve Ambalaj Atıkları Direktifi (AB, 1994)'dir **(Öztürk vd., 2005).** Avrupa Birliği, hazırlamakta olduğu yeni direktifte, organik atıkların düzenli depolama sahalarına uzaklaştırılmasını yasaklamaktadır **(Mata Alvarez vd., 2000).**

AB Düzenli Depolama Direktifinin amacı, düzenli depolama sürecinde oluşan emisyonlardan havaya, toprağa, yüzeysel sulara, yer altı sularına, sonucunda da insan sağlığına olumsuz etkilerini önlemek veya azaltmak amacıyla düzenli depolama ihtiyacını en aza indirmektir. Direktif, düzenli depolama alanlarının yer seçimi, tasarımı, geçirimsizliği, işletilmesi, denetlenmesi ve rehabilitasyonu için çok sıkı hedefler koymaktadır. Direktif uyarınca AB ülkesi ülkeler için mevcut depolama sahaları 2009 yılına kadar ilgili düzenli depolama standartlarına uyum sağlayacak şekilde iyileştirilmeli veya kapatılmalıdır **(Öztürk vd., 2005).**

Avrupa Birliğine aday devletlerden olan Türkiye katılım gerçekleştiği taktirde AB Direktifleri ile birebir muhatap olacaktır. Bunlardan çevre ile ilgili olan Düzenli Depolama Direktifi aşağıda belirtilen birtakım ciddi şartlar koşmaktadır. Bu şartların sağlanması için kompostlaştırma işlemi kaçınılmaz olmaktadır. Bu bağlamda ciddi çalışmalar yapılmaktadır.

2.4.1. Avrupa Birliği Düzenli Depolama Direktifi

Direktifin, 1995 yılında oluşan kentsel katı atıkların %80'ini depolayan üye ülkeler için öngördüğü düzenli depolamaya kabul edilecek biyolojik olarak ayrışabilir atık kotaları aşağıdaki gibidir.

- 2010 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının % **75**'i
- 2013 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının % **50**'si
- 2020 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının % **35**'i

Bu hedefler ve uygulama takvimi on yeni AB ülkesi için de geçerlidir.**(AB, 1999)**

2.4.2. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Tesiste üretilen kompostun piyasaya sürülmesi ve ilerleyen günlerde belediyeler dışında özel firmalara da arz edilecek olması nedeniyle ilgili yönetmelik şartlarını sağlaması gerekmektedir. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde piyasaya sürülecek kompost ürünü için bir takım gereklilikler belirtilmiştir.

Kompostun Toprakta Kullanılması

Madde 14 — Kompostun toprakta kullanılabilmesi için;

a) C/N oranının 35 den daha büyük olması halinde kompost reaksiyonunun optimum şartlarda cereyan edebilmesi için reaktörde komposta azot beslemesinin yapılması,

b) Kompostun, organik madde muhtevası kuru maddenin en az % 35 i oranında olması,

c) Piyasaya sürülen kompostun su muhteva oranının % 50'yi geçmemesi,

d) Piyasaya sürülen kompost içinde, cam, cüruf, metal, plastik, lastik, deri gibi seçilebilir maddelerin toplam ağırlığın % 2 sini geçmemesi,

g) Toprak ve kompost numunelerinin usulüne ve tekniğine uygun olarak alınması ve tüm kütleyi temsil edici olması, **(TKKY, 2005)**

3. MATERYAL METOD

3.1. Tesis Tanıtımı

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi, Göktürk Beldesine ait Işıklar Köyü mevkiinde işlevini bitirmiş bir maden ocağı sahasında, 32 dönümü kapalı olmak üzere toplam 320 dönüm alan üzerinde kurulmuştur (Resim 3.1). Bu alan Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan 49 yıllığına kiralanmıştır. Tesis, en yakın yerleşim birimine 3 km, düzenli depolama sahasına 10 km, şehir merkezine ise 30 km uzaklıktadır.**(İSTAÇ, 2007)**



Resim 3.1: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nin Görünümü

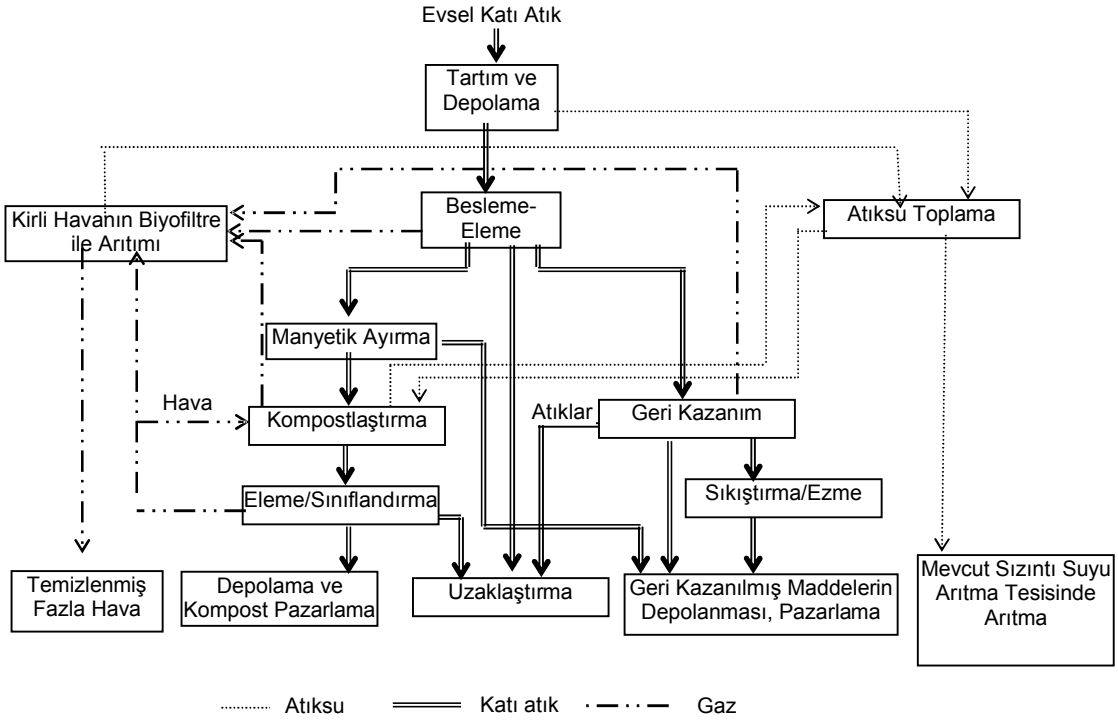
Kompostlaştırma ünitesi 3'ü kapalı ve 5'i açık olmak üzere toplam 8 alandan oluşan 2 paralel hattan oluşmaktadır. Katı atıklar bu bölümlerin herbirinde, özel nem ve ısı ortamında birer hafta bekletilerek bir üst alana aktarılmakta ve 8 hafta sonunda kompostlaştırma süreci tamamlanmaktadır. Oluşan ürün Φ15 mm'lik son elekte ince (Φ15 mm altı) ve kaba kompost (Φ15 mm üstü) olarak ayrılır ve kullanıma hazır hale getirilmektedir **(Şener, 2008).**

Tesisin 2009 yılına kadar işletme ihalesini alan İSTAÇ tarafından, Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde günde 700 ton karışık kentsel katı atık işlenerek bir yönüyle katı atıkları bertaraf edilirken, diğer yönüyle üreticilerinin kurtulmak istedikleri bu atıklardan yeni bir ekonomik değer olarak 200 ton kompost ürünü elde edilmektedir.

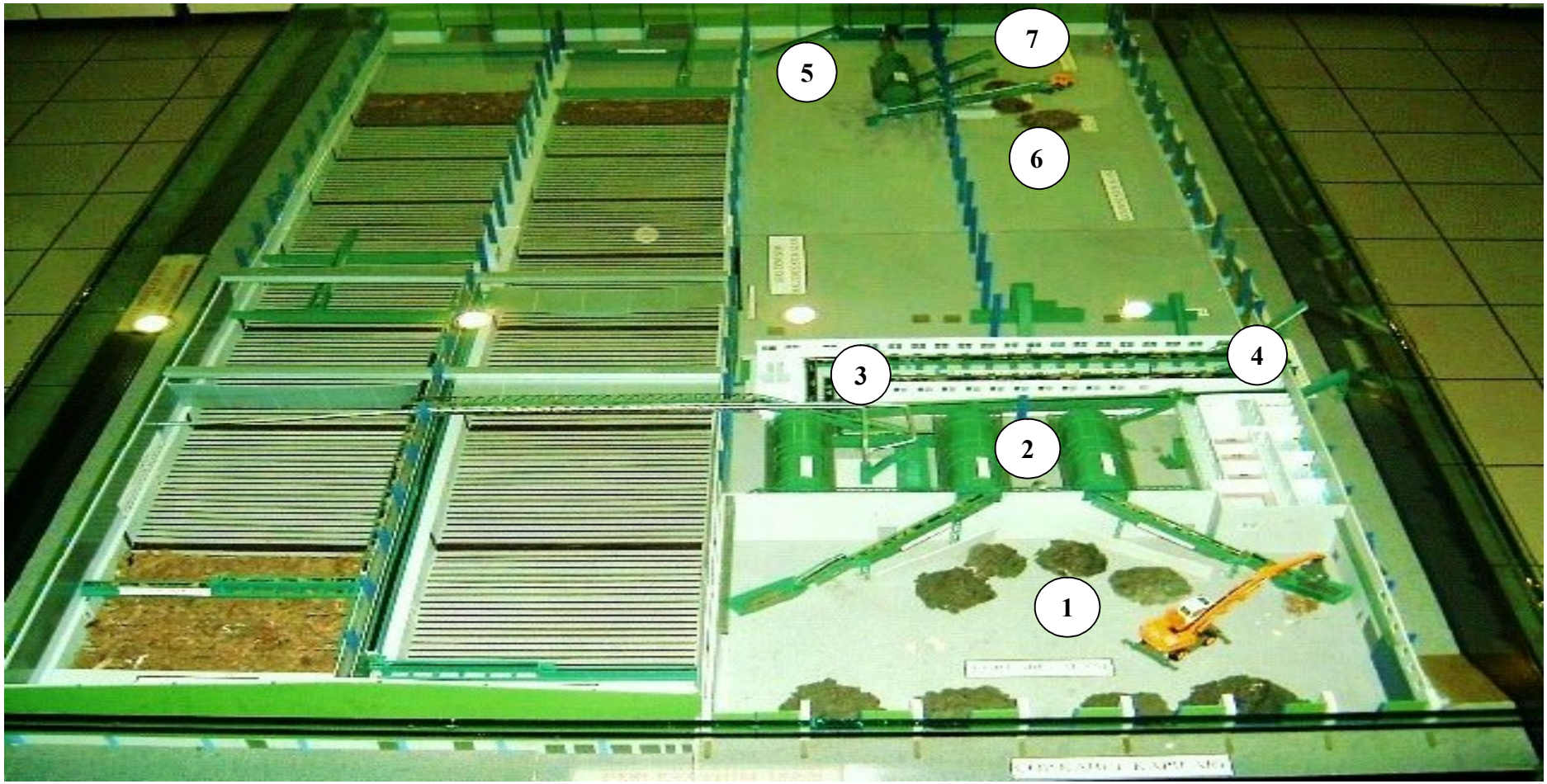
Eleklerden gelen Φ80 mm üzeri katı atıklar geri kazanım bantlarına alınarak içerisindeki plastik, metal, kâğıt ve bunların türevi malzemeler ayıklanmakta ve preslenerek ekonomiye kazandırılmaktadır. Geri kazanım miktarı ise yaklaşık 25 ton/gün'dür.

3.1.1. Tesis Ana Birimleri

İ.B.B. Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi havalı kompostlaştırma temeline dayalı bir tesistir. 8 haftalık süre sonunda beslenen atık ürüne dönüşmektedir. Tesiste 5 Ana Proses bulunmaktadır (Şekil 3.1 ve Resim 3.2).



Şekil 3.1: Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Prosesleri Akım Şeması **(Öztürk vd, 2005)**



Resim 3.2: Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Maket Görünümü ile Çalışma İçin Numunelerinin Alındığı Birimlerin Görünümü

- Ön Şartlandırma Prosesi

Tesise gelen katı atıklar, iş makineleri vasıtası ile bantlara beslenerek Φ80 mm' lik eleklerde elenmektedir. Φ80 mm elek üstünde kalan kısım elle ayırma, Φ80 mm elek altı kısım ise kompostlaştırma ünitesine gitmektedir.

- Kompostlaştırma Prosesi

Φ80 mm elek altı katı atık manyetik ayırma sonrasında kompostlaştırma alanlarına serilerek kompostlaştırma prosesi başlatılmaktadır. Gerekli laboratuar incelemeleri sonucunda her alan için optimum nem ve ısı tayini yapılmaktadır. Kompostlaştırma alanları 2 adet hol ve her holde 8'er alan olmak üzere toplam 16 alandan oluşmaktadır. Katı atık bir alanda 1 hafta, bir holde 8 hafta durmaktadır. Bu süreçler takip edilerek toplam 8 haftada ürün elde edilmektedir. 8 haftalık proses sonrasında sıcaklığı 40 °C'nin altında ve nemi ortalama % 35 olan ürün elde edilmektedir.

- Son Şartlandırma Prosesi

8 hafta sonunda olgunlaşmış katı atık aktarma makinesi yardımı ile son şartlandırma ünitesine gönderilmektedir. Φ15 mm lik elekte elenen malzeme ince kompost (Φ15 mm elek altı) ve kaba kompost (Φ15 mm elek üstü) olarak ayrılmaktadır. İnce kompost belediye tarafından park ve bahçelerde değerlendirilmekte, kaba kompost ise düzenli depolama sahasında örtü toprağı olarak kullanılmaktadır.

- Geri Kazanım Prosesi

Φ80 mm elek üstü katı atık, geri kazanım ünitelerine gönderilmektedir. Geri kazanım ünitelerinde ekonomik değeri olan atıklar (Teneke, pet, plastikler, alüminyum vb.) elle ayrıldıktan sonra preslenerek piyasaya satılmaktadır.

- Hava ve Su Prosesi

Kompostlaştırma alanlarındaki kirli ve temiz hava akışı havalandırma sistemleri ile kontrol edilmektedir. Kompostlşatırma prosesinde kullanılan suyun % 80'i 32.000 m²'lik çatıdan elde edilen yağmur suyundan tedarik edilmektedir. Tesiste organik maddelerin ayrışması sonucu oluşan sızıntı suyu sızıntı suyu toplama havuzunda toplanarak, vidanjörlerle Odayeri Düzenli Depolama Tesisi'nde bulunan Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi'ne taşınmaktadır. Tesiste çalışan personelden oluşan evsel atıksu evsel atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır.

3.2. Tesiste Atık Profili İncelenmesi Yapılan Üniteler

Atık profili incelenmesi, Kemerburgaz Işıklar Köyü mevkiinde bulunan Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi ünitelerinde yapılmıştır. Çalışma Resim 3.2'de gösterilen 7 birimde 8 atık profili incelenmesi çalışması gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Atık Kabul

Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisine yakın civardaki belediyelerden ve Avrupa yakasındaki aktarma istasyonlarından karışık kentsel atık gelmektedir. Gelen atıklar boşaltma rampasından boşaltılıp, iş makineleri ile bantlara yüklenemeyecek kaba malzemeler(yatak, koltuk) ayrıldıktan sonra besleme bandının dönme hızına uygun olarak beslenmektedir (Resim 3.3).



Resim 3.3: Atık Kabul Bölümü Genel Görünümü

3.2.2. Φ80 mm Elek Altı

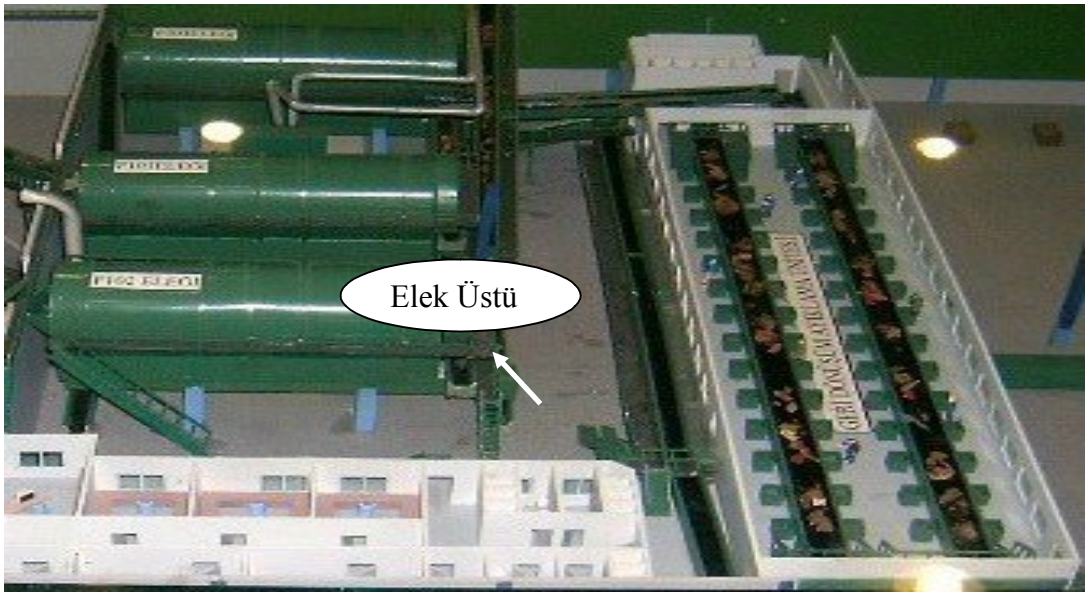
İş makineleri ile bantlara beslenen atıklar paralel çalışan iki Φ80 mm çaplı eleklerden elenmektedir. Elek altına geçen kısım manyetik ayırma ile metallerin ayrılması ile kompostlaştırma prosesine gönderilmektedir (Resim 3.4).

3.2.3. Φ80 mm Elek Üstü

Eleklere giren atıktan Φ80 mm'den büyük çapta olanlar elek üstünde kalarak bantlara aktarılmakta ve oradan aktarma bantlarıyla geri kazanım bölümüne gitmektedir. Bu bölümdeki çalışmada 2 ayrı atık profili çalışması yapılmıştır. Bu iki çalışma alınan numunenin açık ve kapalı poşet olmak üzere ayrılması ile gerçekleştirilmiştir. Kapalı poşetlerin ayrı olarak incelenmesinin amacı, kapalı poşetlerden dolayı kompostlaştırma prosesine giremeyen malzeme kaybını ortaya koymaktır (Resim 3.5).



Resim 3.4: Atık Kabul Bölümü ve Φ80 mm'lik Eleklerin Maket Görünümü



Resim 3.5: Φ80 mm'lik Elekler ve Geri Kazanım Bantları Maket Görünümü

3.2.4 Geri Kazanım Sonrası

Bu bölüm eleklerden geçemeyip geri kazanım bölümüne gelen atıkların elle ayırmadan sonraki kısımdır. Bu atıklar hâlihazırda depolanmak üzere düzenli depolama sahasına gönderilmektedir. Bununla birlikte yeni yapılan Atıktan Yakıt (RDF) Tesisi ile birlikte bu malzemenin çimento fabrikalarında yardımcı yakıt olarak kullanılması planlanmaktadır.

3.2.5. Son Şartlandırma

8 hafta sonunda kompostlaştırma sürecini tamamlamış olan Φ80 mm elek altı malzeme, aktarma makinesi yardımı ile son şartlandırma ünitesine gönderilmektedir. Buradan sonra Φ15 mm'lik son eleme işlemine tabi tutulmaktadır.

Bu bölümde olgunlaşmış malzeme son eleğe gönderilmeden önce numune alınmıştır. Son şartlandırmada atık profili çalışması yapılırken Φ15 mm elekten eleme işlemi yapılmış ve elek altı kısma bakılmıştır. Böylece son şartlandırmaya gelen malzemenin ne oranda Φ15 mm elek altı malzeme içerdiği ve elek verimi hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.

3.2.6. Φ15 mm Elek(Son Elek) Üstü (Kaba Kompost)

8 hafta sonrasında olgunlaşmış malzeme son şartlandırma sonrası Φ15 mm delik çaplı son eleğe gönderilerek eleme işlemi yapılmaktadır (Resim 3.6).



Resim 3.6: Φ15 mm'lik Son Elek, Elek Üstü ve Elek Altı Malzeme Görünümü

Son şartlandırmadaki malzemeden Φ15 mm'den büyük çapa sahip malzemeler elek üzerinde kalarak depolama sahasına örtü toprağı olarak kullanılmak üzere gönderilmektedir. Son şartlandırma kısmında yapılan Φ15 mm elek ile eleme çalışması, bu bölümde de yapılarak eleme verimi hakkında bilgi edinilmiştir. Böylece elek üstü malzemede ne kadar Φ15 mm çapından küçük malzeme olduğu bulunmuştur. Bu bölümde elek altında kalan malzeme biraz daha kaba malzemedir. Resim 3.7'de bu iki ürün karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.



Resim 3.7: Φ15 mm Elek Üstü Malzemenin Tekrar Elenmiş Hali ile Φ15 mm Elek Altı Ürünün(İnce Kompost) Karşılaştırılması

3.2.7. 15 mm Elek(Son Elek) Altı (Nihai Ürün - İnce Kompost)

Φ15 mm son eleğe gönderilen malzemeden elek altında kalan kısımdır. Resim 3.8'de son elek altı malzeme(nihai ürün-ince kompost) görülmektedir. Φ15 mm elek altı, kompost ürünü olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve diğer belediyeler tarafından park ve bahçelerde kullanılmaktadır.



Resim 3.8: Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Φ15 mm Son Elek Bölümü Görünümü

3.3. Atık Profili İncelenmesi

Katı atık analiz ve test çalışması yeterli ve temsil edici miktarda numune gerektirmektedir. Analizi yapılacak katı atıklar farklı ortamlarda ve fiziksel şartlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte her bir alınan numune, bu fiziksel şartlar ve karakterize edilecek atık ile uyumlu olmalıdır. Katı atıklar genellikle homojen olmayan karışımlar ve farklı formlarda bulunmaktadır. Bu durumda temsil edici numune almak dikkat gerektiren ve iyi planlanmış bir çalışmayı gerektirmektedir**(ASTM, 2003).**

Katı atık miktar ve profili yerel koşullara, mevsimlere ve tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu değişim toplumların sosyo-ekonomik yapısı, gelir seviyesi ve tüketim alışkanlıkları ile de ilgilidir. Bu bileşenlere bağlı olarak değişim gösteren katı atık yapısının izlenebilmesi için sürekli olarak örnekleme yapılması gerekmektedir**(Buenrostro vd., 2001).**

Beslenen atıktaki mevsimsel değişimler, kompostlaştırma prosesi için birtakım ayarlamaların yapılmasını gerektiren ve tesis operatörleri tarafından dikkate alınması gereken bir durumdur **(The Composting Council of Canada, 2000).**

Atık profili incelenmesi, tesise gelen kentsel katı atığın mevsimsel değişimini ve bunun kompost ürününe yansımasını belirlemek için 12 aylık periyotta yapılmıştır. Yapılan çalışmada, katı atığın tesiste akışı sırasındaki muhteva değişimini ortaya koymak amacıyla Atık Kabul Bölümü, Φ80 mm Elek Altı, Φ80 mm Elek Üstü (Açık ve Kapalı Poşet), Geri Kazanım Sonrası, Son Şartlandırma, Φ15 mm Elek Üstü ve Φ15 mm Elek Altı olmak üzere toplam 7 ünitede 8 ayrı atık profili incelenmesi çalışması gerçekleştirilmiştir.

Atık profili çalışmalarında en önemli nokta, alınacak numunenin temsil edici olmasıdır. Temsil edici numune almak amacıyla tesisin başlangıç noktası olan Atık Kabul Bölümünde bulunan 14 farklı atık döküm rampalarından yarımşar kepçe almak suretiyle yaklaşık 7-10 kepçelik (yaklaşık 20 m^3) bir yığın oluşturulmuştur (Resim 3.9). Bu yığın, homojenliğin sağlanması amacıyla kepçeyle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra atık profili çalışması için numune alımı esnasında tesise atık besleme işlemi durdurularak yalnızca bu atık yığını beslenmiş olmakla diğer birimlerden alınan numunelerin de beslenen aynı atığı temsil etmesi sağlanmıştır.

Çalışmada beslenen atık için Atık Kabul Bölümü, Φ80 mm Elek Altı, Φ80 mm Elek Üstü (Açık ve Kapalı Poşet), Geri Kazanım Sonrası birimlerinin atık profili belirlenmiş, son üç birim (Son Şartlandırma, Φ15 mm Elek Üstü ve Φ15 mm Elek Altı) için ise beslenen atık takip edilerek kompostlaştırma işlemi tamamlanmış (yaklaşık 8 hafta sonra) numune kullanılmak suretiyle atık profili belirlenmiştir. Beslenen atık takip edilerek yaklaşık 2 ay sonra Son Şartlandırma, Φ15 mm Elek Üstü ve Φ15 mm Elek Altı için yapılan atık profili çalışması sayesinde atığın temsil edicilik özelliği sağlanmıştır. Resim 3.10'da olgunlaşmış malzemenin bulunduğu son şartlandırma bölümünde numune alış yöntemi görülmektedir.



Resim 3.9: Numune Alma İşlemi Sırasında Arka Plandaki Döküm Bölümünden Alınmış Karışık Kentsel Atığın İş Makinesi ile Homojenliğinin Sağlaması



Resim 3.10: Atık Profili Çalışması Sırasında Numune Alma Yöntemi (Son Şartlandırmaya Ait Numune – Olgunlaşmış Malzeme)

Toplumun tüketim özelliklerine bağlı olarak, atık profili çalışmalarında kullanılan atık bileşenleri değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada, Tablo 3.1'de görüldüğü üzere atıklar 20 bileşene ayrılmıştır. Bu bileşenler, İstanbul'da yapılan atık profili çalışmalarında kullanılan 20 bileşen olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Tablo 3.1: Atık Profili Çalışmasında İncelenen Katı Atık Bileşenleri

1	Kağıt – Karton	11	Tahta
2	Cam	12	Elek.- Elektronik Atıkları
3	Pet	13	Pil-Akü
4	Poşet	14	Tekstil
5	Plastik	15	Tetrapak
6	Çuval	16	Diğer Yanabilir
7	Alüminyum	17	Park ve Bahçe Atıkları
8	Diğer Metaller	18	Taş
9	Mutfak Atıkları	19	Kemik
10	Çocuk Bezi	20	Diğer

Atık profili çalışması 12 aylık periyotta yapılmış olup, Aralık 2006'da başlamış ve Kasım 2007'de bitmiştir (Tablo 3.2). Bununla birlikte, beslenen malzeme 8 haftalık periyotta ürüne dönüştüğü için kompost ürününden son numune Ocak 2008'de alınmıştır.

Tablo 3.2: Atık Profili Çalışmalarının Yapıldığı Tarihler

Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Aralık 06	Mart 07	Haziran 07	Eylül 07
Ocak 07	Nisan 07	Temmuz 07	Ekim 07
Şubat 07	Mayıs 07	Ağustos 07	Kasım 07

3.4. Nihai Ürün (Kompost) Elek Analizleri

Kompost içerisindeki inert madde miktarı ürünün pazarlanması açısından önem taşımaktadır **(Barth, 1999).** Bu nedenle bu çalışmada, nihai ürün olan Φ15 mm Elek Altı kısımdaki istenmeyen madde tespiti için 2, 4 ve 9,5 mm'lik elekler kullanılarak nihai ürün kompost elek analizleri yapılmıştır (Resim 3.11).

Elek analizleri TMECC 2002 standart metodu takip edilerek yapılmış olup, prosedür şu şekildedir: Bir alüminyum kap içerisine kurutulmuş 250 cm^3 numune alınarak 2, 4 ve 9,5 mm lik elek boyutları için istenmeyen maddeler olan cam, plastik, tekstil ve metal ayrılmış ve tartılarak toplam ağırlık içindeki yüzdeleri belirlenmiştir **(TMECC, 2002)**. Bunun yanında, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilmemesine rağmen estetik açıdan iyi bir görüntü oluşturmadığı için taş da elek analizine dâhil edilmiştir.

Ülkemizde Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde kompostun inert içeriği için, sonuçların yaş veya kuru numune bazında değerlendirileceği belirtilmediğinden ve tesisin diğer birimlerindeki atık profil değerlerinin hepsi yaş numunede verildiğinden, bu çalışmada elde edilen sonuçlar yaş numune bazına çevrilmiştir.

Elek Analizleri iki seri olarak yapılmış olup, aylık değer olarak bu iki serinin ortalamaları alınmıştır.



Resim 3.11: Elek Analizi Çalışmalarda 4 - 9,5 mm arası Kompost Ürünü

Kompost numunelerinde 0-2 mm, 2-4 mm, 4-9,5 mm ve 9.5-15 mm 'lik fraksiyonlar için inert cam, taş, plastik, tekstil ve metal ağırlığının toplam numune ağırlığına oranı;

$$\% C_i = (C_i / N)*100 \quad (3.1)$$

$$\% T_i = (T_i / N)*100 \quad (3.2)$$

$$\% P_i = (P_i / N)*100 \quad (3.3)$$

$$\% Te_i = (Te_i / N)*100 \quad (3.4)$$

$$\% M_i = (M_i / N)*100 \quad (3.5)$$

denklemleriyle hesaplanmıştır.

Denklemde;

i = Kısmın elek boyut fraksiyonu

C_i = Numunenin "i" elek boyutundaki cam kütlesi, gr

T_i = Numunenin "i" elek boyutundaki taş kütlesi, gr

P_i = Numunenin "i" elek boyutundaki plastik kütlesi, gr

Te_i = Numunenin "i" elek boyutundaki tekstil kütlesi, gr

M_i = Numunenin "i" elek boyutundaki metal kütlesi, gr

dir.

Boyut fraksiyonuna göre toplam inertler;

$TI_i = [\ \%\ C_i + \%\ T_i + \%\ P_i + \%\ Te_i + \%\ M_i]$ (3.6)

formülüyle hesaplanmıştır.

TI_i = "i" ilgili kısmın boyut fraksiyonu ile toplam inertler, % (kütlesel yüzde)

Herbir "i" ilgili elek boyut fraksiyonu için hesaplamalar tekrar edilir.

Herbir boyut fraksiyonlarındaki inert cam, taş, plastik, tekstil ve metallerin toplamının toplam numune ağırlığına oranı,

$$\sum \%\ C = (\sum C\ /\ N)*100 \quad (3.7)$$

$$\sum\ \%\ T = (\sum T\ /\ N)*100 \quad (3.8)$$

$$\sum \%\ P = (\sum P\ /\ N)*100 \quad (3.9)$$

$$\sum \%\ Te = (\sum Te\ /\ N)*100 \quad (3.10)$$

$$\sum \%\ M = (\sum M\ /\ N)*100 \quad (3.11)$$

şeklinde hesaplanır.

Denklemde;

$\sum C$ = Numunedeki toplam inert cam kütlesi, gr

$\sum T$ = Numunedeki toplam inert taş kütlesi, gr

$\sum P$ = Numunedeki toplam inert plastik kütlesi, gr

$\sum Te$ = Numunedeki toplam inert tekstil kütlesi, gr

$\sum M$ = Numunedeki toplam inert metal kütlesi, gr

N = Numune kütlesi, fırın veya havalı-kurutulmuş, gr

3.5. Cam Analizleri

Işıklar Köyü mevkiinde bulunan İstanbul Büyükşehir Belediyesi kentsel katı atıklardan kompostlaştırma tesisinde yapılan atık profili çalışmalarında nihai ürün olan kompost içerisinde cam en önemli sorun teşkil ettiği için camla ilgili olarak daha detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Toplam 8 ayrı birimde yapılan atık profili çalışmalarından elde edilen camlar öncelikle beyaz, yeşil ve kahverengi olmak üzere 3 ayrı renk kategorisine, daha sonra ise kırılmış ve kırılmamış olarak ayrılmıştır (Resim 3.12). Bu çalışmayla tesise gelen camın kaynaklarının tespit edilmesi amaçlanmış, ayrıca tesisin farklı ünitelerinde kırılmış/kırılmamış cam oranları hususunda (elle ayırmanın mümkün olup olmadığını anlamak maksadıyla) bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.



Resim 3.12: Cam Çalışmalarından Bir Görünüm

3.6. Diğer Analizler

Bir yıllık periyotta aylık bazda tesis birimlerinde yapılan atık profili çalışmalarından alınan numunelerden yaklaşık 5 kg temsil edici numuneler alınmış ve laboratuvarda bu numunelerde nem muhtevası, yanma kaybı, pH, elektrik iletkenliği parametreleri izlenmiştir.

Laboratuar çalışması için alınan numuneler öğütücü yardımıyla öğütülerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Öğütme işlemleri mümkün mertebe atık profili çalışmasının yapıldığı gün yapılmış ve numuneler 1-2 kg mertebesine kadar azaltılıp buzdolabında 4 ^{o}C'de saklanmıştır.

3.6.1. Nem Muhtevası

Katı atık parçalama makinesinde parçalanan numunelerden yaklaşık 300 – 600 gr alınarak nem tayini yapılmıştır (Resim 3.13).

Nem muhtevası, numunenin suyunu buharlaştırdıktan sonra kalan kuru numuneyi tartmak suretiyle belirlenmektedir. Nem muhtevası analizi için aşağıdaki sıra takip edilmiştir;

- Numunenin konacağı alüminyum folye tartılır,
- Numune ve numune kabı beraber tartılır,
- Numune 24 saat 75 °C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulur,
- Kuru numune ve numune kabı tartılır,
- Nem muhtevası hesapla belirlenir.

$$\text{Nem muhtevası } \% = \frac{\text{Islak Numune - Kuru Numune}}{\text{Islak Numune - Dara}} \times 100 \qquad (3.12)$$

denklemi kullanılarak hesaplanır.

Numuneyi kurutmanın amacı amonyak ve organik asitler gibi uçucu kuru madde bileşiklerinin kaybını azaltırken suyu gidermektir. Numuneler düşük sıcaklıklarda kurutulurlar. Çünkü yüksek sıcaklıklar kuru madde kaybını arttırır. Düşük sıcaklıklar ve daha büyük numuneler analizlerde doğruluğu sağlarken kuruma süresini arttırır. Numuneleri kurutma; havayla kurutma, konvansiyonel ısıtma veya mikrodalga fırında kurutma ile yapılabilmektedir (**Kocasoy, 1996).**



Resim 3.13: Nem Muhtevası Bakılmak Üzere Darası Alınmış Alüminyum Folyelere Konmuş Öğütülmüş Numuneler

3.6.2. Yanma Kaybı

Katı atıklarda yanma kaybı atığın organik madde muhtevasına, yanmayan kısmını oluşturan su ve kül ise inorganik madde muhtevasına eşdeğerdir. Öğütme makinesinde öğütülmüş numune 103-105 °C'de etüvde 24 saat kurutulduktan sonra elde edilen numuneden 5-10 gr tartılarak darası alınmış ve sabit tartıma getirilmiş porselen krozeye konulur (Resim 3.14). 550 °C'de kül fırınında 3 saat yakılır. Yakma işlemi sonrasında krozeler desikatöre alınır ve sabit tartıma gelmesi için beklenilir. Krozeler sabit tartıma geldikten sonra (yaklaşık 30 dakika) porselen krozeler tekrar tartılır ve hesaplama yapılır.

Yanma Kaybı (%);

$$\text{Yanma Kaybı (\%)} = \frac{A - B}{A - C} \qquad (3.13)$$

denklemiyle hesaplanmıştır.

A = Yakmadan önce numunenin kapla birlikte ağırlığı (gr)

B = Yakmadan sonra numunenin kapla birlikte ağırlığı (gr)

C = Kabın ağırlığı (gr) dır. **(Methodenbuch Zur Analyse Von Kompost, 1994).**



Resim 3.14: Yanma Kaybı Bakılmak Üzere Sabit Tartıma Getirilmiş Porselen Krozelere Konmuş 105 °C'de Kurutulmuş Numuneler

3.6.3. pH

pH parametresi elektrometrik metot olup hazırlanan eluatların 24 saat çalkalanması akabinde derhal bakılması gereken bir parametredir. Beklediği takdirde değişiklik göstermektedir.

Atığın bozunma sürecinde faaliyet gösteren mikroorganizmaların aktivitelerini sürdürebilmeleri için gerekli olan pH değeri 6 ile 9 arasında olmakla beraber optimum pH değeri 6,5-7,5'tir. pH'ın 4,5'in altında veya 9'un üstünde olması durumlarında zayıf asit ve bazların bozunmamış molekülleri hücre yapısına hidrojen ve hidroksit iyonlarına göre kolaylıkla girer ve böylelikle ortamın pH'ını değiştirerek, hücreye zarar verebilir ve biyolojik faaliyetlerin durmasına neden olabilir **(Tchbanoglous vd, 1993).**

Aerobik ve anaerobik bozunma süreçleri karşılaştırıldığında, aerobik bozunma anaerobik bozunmaya göre daha yüksek pH değerlerinde gerçekleşmektedir. **(Kim, 2005).**

Evsel katı atığın organik fraksiyonun başlangıç pH'sı tipik olarak 5-7 arasındadır. Kompostlaştırmanın ilk birkaç gününde pH = 5 ve daha aşağıya düşmektedir. Bu durumda organik kütle çevre (ortam) sıcaklığındadır. Bu başlangıç safhasının ürünleri arasında pH'da düşüşe sebep olan basit organik asitlerdir. Yaklaşık üç gün sonra sıcaklık termofilik safhaya ulaşmakta ve pH aerobik prosesin kalıntısında yaklaşık 8 veya 8,5'a yükselmeye başlamaktadır. pH değeri soğuma safhası süresince tam manasıyla düşmekte ve olgun kompostta 7-8 aralığında bir değere ulaşmaktadır. Eğer havalandırma derecesi yeterli değilse, anaerobik şartlar meydana gelecek, pH yaklaşık 4,5'a düşecek ve kompostlaştırma prosesi gecikecektir **(Tchobanoglous vd., 1993).**

3.6.4. Elektrik İletkenliği

İletkenlik sızıntı suyundaki iyonların toplam konsantrasyonlarının ve bu iyonların elektrik iletkenliklerinin bir göstergesidir. İletkenliğin azalmasının nedeni metaller, klorür ve sülfat gibi bazı kolay taşınabilir iyonların yıkanması, artan indirgen koşullarda sülfatın sülfite indirgenmesi ve sülfitin ağır metal-sülfit kompleksi oluşturarak çökelmesidir **(Erses vd., 2007).**

Elektrik İletkenliği elektrometrik metot olup hazırlanan eluatların 24 saat çalkalanması akabinde derhal bakılması gereken bir parametredir. Beklediği takdirde değişiklik göstermektedir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Atık Profili Çalışması Sonuçları

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde 7 farklı ünitede yapılan 8 atık profili çalışması sonuçları herbir birim için mevsimsel olarak ortaya konmuş, aylık değişimler ise ekler kısmında verilmiştir. Tablo 4.1'de tesisin ilk beş birimine ait atık profili değerleri verilmiş olup, beslenen malzemenin tesiste akışı hakkında bilgi vermektedir.

Tablo 4.1: Tesis Ünitelerindeki 12 Aylık Atık Profili Ortalamaları

	Atık Kabul Bölümü		**Φ80 mm Elek Altı**		**Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet**		**Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet**		**Φ80 mm Elek Üstü Toplam**		**Geri Kazanım Sonrası**	
Bileşenler	Ort.	Std.S.	Ort.	Std.S.	Ort.	Std.S.	Ort.	Std.S.	Ort.	Std.S.	Ort.	Std.S.
	(%)		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
Kağıt – Karton	16,35	4,03	9,35	3,21	25,85	5,07	12,00	6,41	23,82	4,52	24,78	9,25
Cam	3,49	1,98	4,21	1,69	0,91	1,25	2,59	2,21	1,18	1,17	0,97	0,93
Pet	0,90	0,50	0,10	0,17	2,02	0,93	0,83	0,79	1,85	0,84	0,60	0,47
Poşet	8,25	1,41	1,08	0,70	15,99	4,46	13,71	3,39	15,43	3,82	15,59	3,47
Plastik	2,74	0,98	1,54	0,77	4,38	1,53	2,28	2,35	4,08	1,51	2,69	1,06
Çuval	0,11	0,21	0,00	0,00	1,05	1,43	1,63	2,85	1,13	1,23	0,34	0,59
Aluminyum	0,24	0,25	0,29	0,54	0,72	0,55	0,31	0,72	0,68	0,52	0,37	0,33
Diğer Metaller	1,04	0,96	0,40	0,54	2,29	2,29	1,34	3,51	2,20	2,24	0,66	0,46
Mutfak Atıkları	49,54	7,78	73,85	7,93	10,63	4,90	50,20	15,12	16,88	5,27	19,67	6,47
Çocuk Bezi	5,07	2,41	0,43	0,59	4,57	2,33	4,15	5,48	4,49	1,39	7,79	2,98
Tahta	1,01	0,86	0,68	0,69	2,15	1,73	0,51	1,19	1,92	1,61	1,82	1,25
Elk.-Elektronik A.	0,18	0,39	0,00	0,00	0,18	0,50	0,12	0,41	0,18	0,47	0,07	0,25
Pil-Akü	0,01	0,03	0,17	0,55	0,00	0,00	0,12	0,23	0,02	0,03	0,00	0,00
Tekstil	4,63	1,74	3,93	2,34	18,30	5,26	2,25	2,54	15,72	4,13	16,86	4,39
Tetrapak	0,61	0,28	0,05	0,08	1,26	0,88	0,73	1,27	1,14	0,64	1,27	0,68
Diğer Yanabilir	2,30	1,04	1,82	1,80	5,55	4,86	4,93	5,31	5,35	4,25	3,77	2,13
Park ve Bahçe A.	0,67	1,21	0,00	0,00	0,60	1,30	0,00	0,00	0,53	1,14	0,78	1,65
Taş	1,37	1,64	1,57	1,07	2,51	3,53	1,15	3,79	2,30	2,99	1,45	1,82
Kemik	0,85	1,44	0,53	0,93	1,05	1,64	1,15	3,49	1,11	1,77	0,54	0,69
Diğer	0,65	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0

4.1.1. Atık Kabul Bölümü

Atık Kabul Bölümü tesise gelen atıkların boşaltıldığı bölümdür. Burada çok kaba malzemeler iş makineleri ile ayrılıp kalan kısım bantlara beslenmektedir. Tablo 4.2'de atık kabul bölümüne ait mevsimsel ortalama değerleri verilmiştir. Mevsimsel değerler 3 aylık verinin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Atık kabul bölümüne ait 12 aylık değerler de Tablo 4.3'de verilmiştir.

Atık kabul bölümü ürün elde etmek için tesise beslenen malzeme olduğundan atık profilini oluşturan 20 bileşen üzerinde ayrı ayrı durulmuş ve her bir atık bileşeni için 12 aylık değerler grafikler halinde verilmiştir. Çünkü herhangi bir proseste çıkan ürün kalitesine, prosese giren malzeme doğrudan etki etmektedir. Atık profili çalışması farklı aylarda ve mevsimlerde yapıldığından, zamansal olarak değişimleri de göstermektedir. Bunun yanı sıra karşılaştırma imkânı bulabilmek açısından atık kabul bölümüne ait tüm atık bileşenlerinin 12 aylık değişimi verilmiştir.

Tesise gelen karışık kentsel atıkta bakılan atık bileşenlerine bakıldığında en büyük yüzdeyi mutfak atıkları (% 49,5) oluşturmaktadır. Bunu kağıt-karton (% 16,4), poşet ((% 8,3), çocuk bezi (% 5,1), tekstil (% 4,6), cam (% 3,5) ve plastik (% 2,7) takip etmektedir.

Tablo 4.2: Atık Kabul Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

	Mevsimler					
Bileşen	**Kış**	**İlkbahar**	**Yaz**	**Sonbahar**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	Ortalama (%)				**(%)**	
Kağıt - Karton	15,74	14,33	19,19	16,16	**16,35**	2,05
Cam	2,04	2,38	5,90	3,62	**3,49**	1,75
Pet	0,94	0,63	0,80	1,25	**0,90**	0,26
Poşet	8,82	7,87	7,83	8,46	**8,25**	0,48
Plastik	3,17	2,20	3,35	2,23	**2,74**	0,61
Çuval	0,00	0,10	0,00	0,33	**0,11**	0,16
Aluminyum	0,12	0,17	0,25	0,41	**0,24**	0,13
Diğer Metaller	1,17	0,68	1,20	1,13	**1,04**	0,25
Mutfak Atıkları	52,90	52,67	42,35	50,23	**49,54**	4,94
Çocuk Bezi	4,57	4,54	5,32	5,85	**5,07**	0,63
Tahta	0,29	0,91	1,95	0,88	**1,01**	0,69
Elk.-Elektronik A.	0,02	0,37	0,33	0,00	**0,18**	0,20
Pil-Akü	0,00	0,00	0,03	0,00	**0,01**	0,02
Tekstil	3,85	5,88	4,58	4,21	**4,63**	0,88
Tetrapak	0,86	0,56	0,50	0,52	**0,61**	0,17
Diğer Yanabilir	1,57	2,08	2,86	2,70	**2,30**	0,59
Park ve Bahçe A.	1,86	0,54	0,27	0,00	**0,67**	0,83
Taş	0,52	1,49	2,69	0,77	**1,37**	0,97
Kemik	1,55	0,36	0,23	1,25	**0,85**	0,65
Diğer	0,00	2,24	0,34	0,00	**0,65**	1,08
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

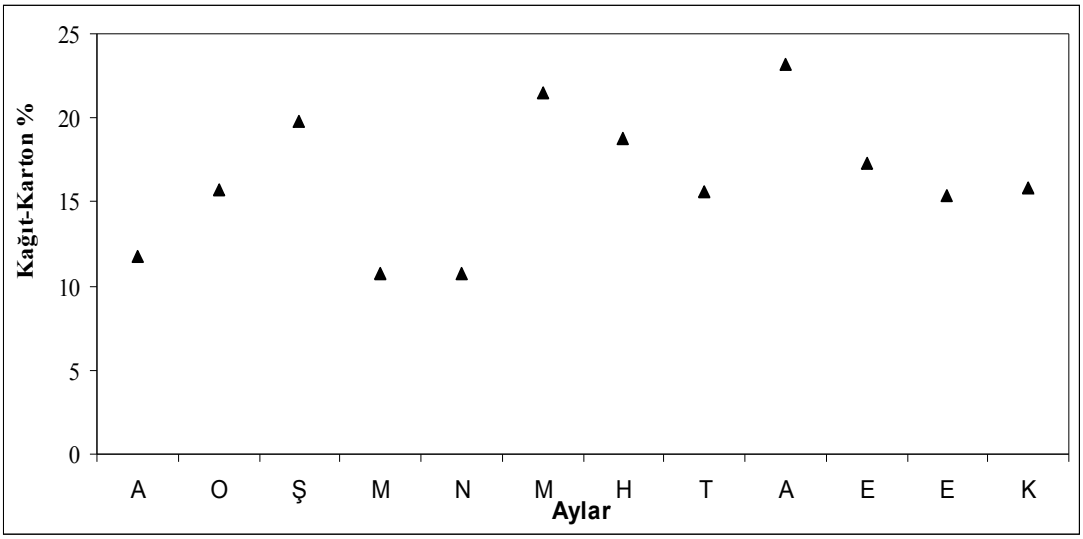
Tablo 4.3: Atık Kabul Bölümü Atık Profili 12 Aylık Değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşen	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	11,73	15,74	19,76	10,72	10,74	21,53	18,83	15,59	23,16	17,34	15,34	15,79	**16,35**	4,03
Cam	1,56	2,74	1,81	2,01	2,28	2,86	8,68	4,27	4,76	2,25	4,55	4,07	**3,49**	1,98
Pet	0,65	0,60	1,57	0,56	0,51	0,82	0,67	0,49	1,24	1,80	1,57	0,37	**0,90**	0,50
Poşet	6,69	10,26	9,50	6,67	6,85	10,10	6,14	8,04	9,31	8,33	8,83	8,22	**8,25**	1,41
Plastik	2,70	3,78	3,03	1,51	2,45	2,65	2,80	2,30	4,96	1,13	2,87	2,68	**2,74**	0,98
Çuval	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,65	**0,11**	0,21
Aluminyum	0,00	0,00	0,35	0,12	0,08	0,31	0,27	0,08	0,41	0,11	0,92	0,19	**0,24**	0,25
Diğer Metaller	0,08	3,06	0,35	0,97	0,34	0,71	2,54	0,66	0,41	0,68	2,04	0,67	**1,04**	0,96
Mutfak Atıkları	56,72	53,44	48,54	55,12	64,41	38,47	40,59	46,76	39,71	47,97	47,53	55,19	**49,54**	7,78
Çocuk Bezi	5,13	4,03	4,55	5,49	3,55	4,59	8,14	4,10	3,72	11,26	2,13	4,17	**5,07**	2,41
Tahta	0,00	0,00	0,87	0,74	0,25	1,73	1,60	1,15	3,10	0,68	1,20	0,78	**1,01**	0,86
Elk.-Elektronik A.	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	1,02	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,18**	0,39
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	**0,01**	0,03
Tekstil	5,02	3,16	3,38	4,49	3,55	9,59	3,74	5,25	4,76	5,18	3,25	4,21	**4,63**	1,74
Tetrapak	0,89	1,00	0,70	0,77	0,59	0,31	0,40	0,49	0,62	0,23	1,05	0,29	**0,61**	0,28
Diğer Yanabilir	1,35	1,97	1,40	2,33	2,28	1,63	3,20	3,94	1,45	2,48	4,36	1,25	**2,30**	1,04
Park ve Bahçe A.	1,39	0,00	4,20	0,92	0,08	0,61	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,67**	1,21
Taş	1,35	0,22	0,00	0,41	1,10	2,96	1,34	5,91	0,83	0,23	1,57	0,52	**1,37**	1,64
Kemik	4,66	0,00	0,00	0,15	0,85	0,10	0,27	0,00	0,41	0,00	2,79	0,95	**0,85**	1,44
Diğer	0,00	0,00	0,00	6,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	**0,65**	1,94
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0,00

Kâğıdın evsel katı atıklarla karışması sonucunda kirlenip ıslanmasından dolayı geri kazanılması ve kendisinden faydalanılması imkânsız hale gelmektedir. Atık kâğıdın kaynakta ayrılması, evsel katı atıklar ile karıştırılmadan ayrı bir paket halinde verilmesi ile geri kazanma ve değerlendirme daha kolay olmaktadır **(Ergun, 2002)**.

Kağıt-karton bileşeni geri kazanım açısından önemli bir bileşendir. Karışık toplanmış kentsel atık için bu değer geri kazanım açısından son derece anlamlıdır. Son yıllarda belediyelerin kaynağında ayırma çalışmalarını yoğunlaştırmaları nedeniyle kentsel katı atık içeridindek kağıt-karton oranının azalacağı tahmin edilmektedir.

Çalışma sonuçları ağırlıkça yüzde olarak verildiğinden, malzemenin ıslanmış olması sebebiyle kağıt-karton içeriği, gerçek değerlerinden bir miktar yüksek olmaktadır. Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde, tesise gelen atıktaki 12 aylık ortalama kağıt-karton yüzdesi % 16,4 olup, genelde yaz aylarında daha yüksektir (Şekil 4.1). Kağıt-Karton malzemenin ıslanmadığı takdirde Φ80 mm'lik eleklerde, elek üstünde kaldığı ve geri kazanım bantına iletildiği görülmektedir.

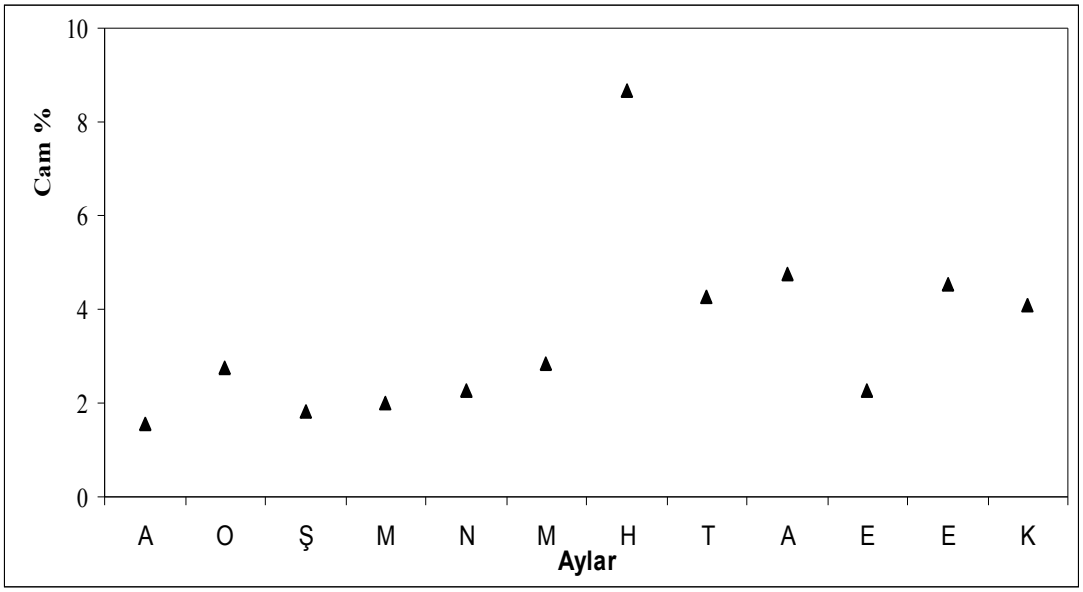


Şekil 4.1: Atık Kabul Bölümü Kağıt-Karton Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Her ne kadar cam malzemelerin kullanım açısından uzun yıllara dayanan bir geçmişi olsa da köklü olarak bir geri dönüşüm politikası uygulanamamıştır. Hazırlanan mastır planlar çok kapsamlı olmasına rağmen esas sorumluluk düşen üretici firmalar bu çalışma içine çekilememiştir. Zaman zaman uygulanan depozito uygulamaları da tüketiciyi cezalandırma gibi bir görünüm arz etmektedir. Son zamanlarda tüketimde talebin artmasıyla depozito uygulaması lojistik-taşınım açısından üretici firmalar için önemli bir gider olarak görülmekte ve maddi kayıp olarak görüldüğünden depozitodan kaçınılmaktadır.

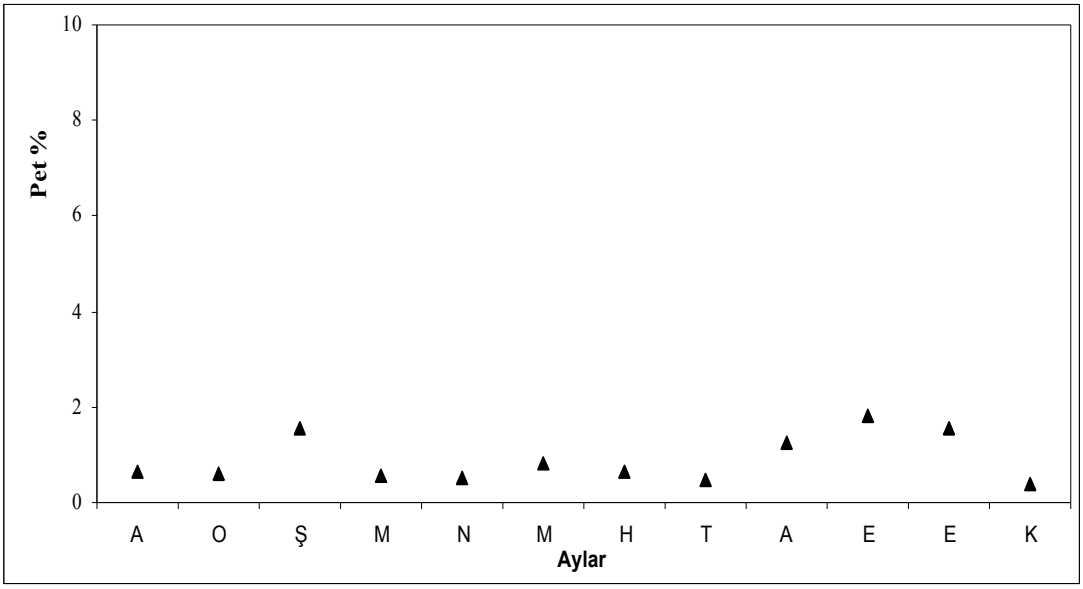
Evsel atıklar arasında cam şişe ve kavanozların geri dönüşümü ülkemizde oldukça uzun yıllara uzanmaktadır. Renklerine göre ayrılan cam atıklar kırılarak cam tozu haline getirilir. Cam tozu kum, kireçtaşı ve soda külü karıştırılır ve yüksek sıcaklıkta şekillendirilerek yeni ürünlere dönüştürülür. Ayrıca cam atıkları yol inşaatında cam asfalt yani üst örtü tabakası olarak da kullanmak mümkündür **(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).**

Yapılan çalışmada cam oranının mevsimsel farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Tesise gelen atıktaki cam oranı ortalama % 3,5'dir (Şekil 4.2). Yaz aylarında özellikle meşrubat tüketiminin artması sebebiyle, tesise gelen atıktaki cam içeriğinde önemli artış görülmektedir. Tesiste cam giderimi ile ilgili bir çalışma olmadığından atık kabulü takip eden birimlerde cam iyice kırılarak küçük parçalara ayrıldığından nihai ürün açısından sorun teşkil etmektedir.



Şekil 4.2: Atık Kabul Bölümü Cam Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

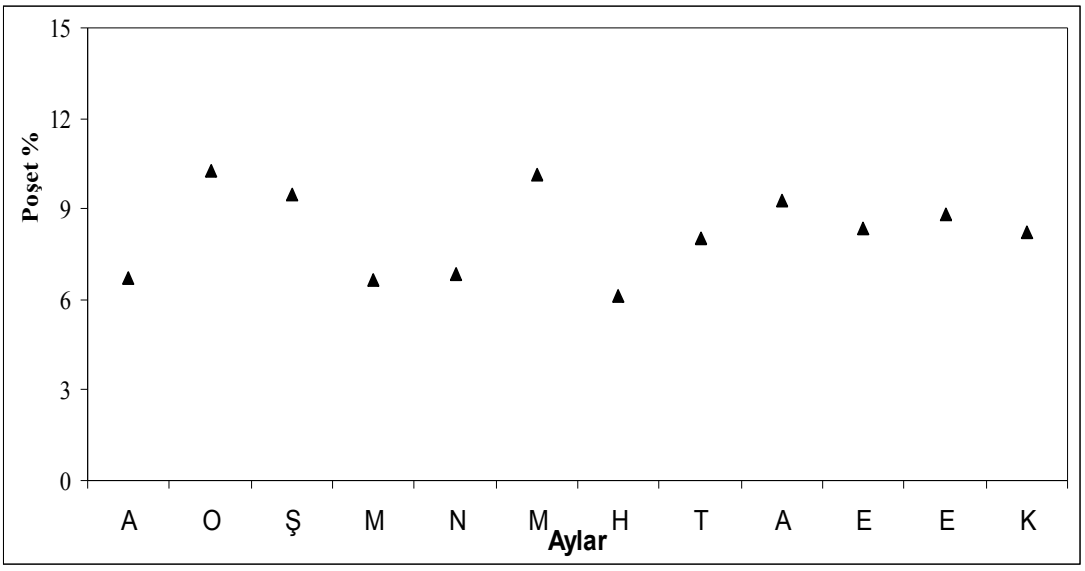
Kentsel katı atıklarla ilgili çalışmaların çoğunda, pet malzemesi plastik başlığı altında incelenmiştir. Pet tüketiminin zamanla artış göstermesi ile bu bileşen ayrı bir kategori olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Tesise gelen atıktaki 12 aylık ortalama pet yüzdesi % 0,9'dur(Şekil 4.3). Bu değerin yaz aylarında yüksek olması beklenirken, pet oranındaki artış özellikle sonbaharda gözlenmiştir.



Şekil 4.3: Atık Kabul Bölümü Pet Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Poşet tüketimi halkımız tarafından bilinçsiz bir şekilde yapılmaktadır. Atık profili çalışması esnasında atıkların 3-4 kere poşetlendiği görülmüştür. Tesise gelen atıktaki poşet içeriği 12 aylık ortalaması % 8,3 olup, % 6-10 aralığında değişmektedir (Şekil 4.4). Biyolojik olarak parçalanamayan bir malzeme olduğundan kompostlaştırma tesisleri için bir sorun teşkil etmektedir. Tesise gelen poşetlerde ağzı sıkıca bağlı olanlar çoğunluğu teşkil etmektedir ve muhteva olarak ciddi oranlarda mutfak atıkları içermektedirler. Her ne kadar Φ80 mm'lik eleklerde bıçaklar bulunmasına rağmen sıkı bağlı poşetler yırtılamayarak düzenli depolama sahasına gönderilmekte ve malzeme kaybına sebep olmaktadır. Aynı şekilde düzenli depolama sahalarında metan oluşumunu engellediği için ayrıca problem teşkil etmektedir.

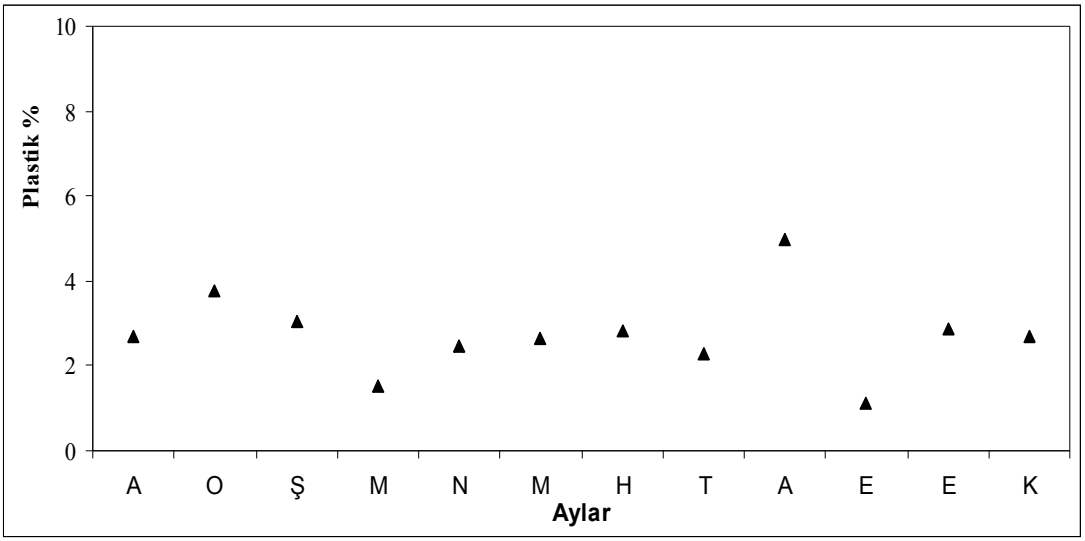
Poşetlerin önemli bir kısmı Φ80 mm'lik ve Φ15 mm'lik eleklerde, elek üstünde tutularak kompostlaştırma prosesine girmesi önlenmektedir. Katı atıklar içerisindeki poşet içeriği, mevsimsel olarak önemli bir değişim göstermemektedir.



Şekil 4.4: Atık Kabul Bölümü Poşet Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

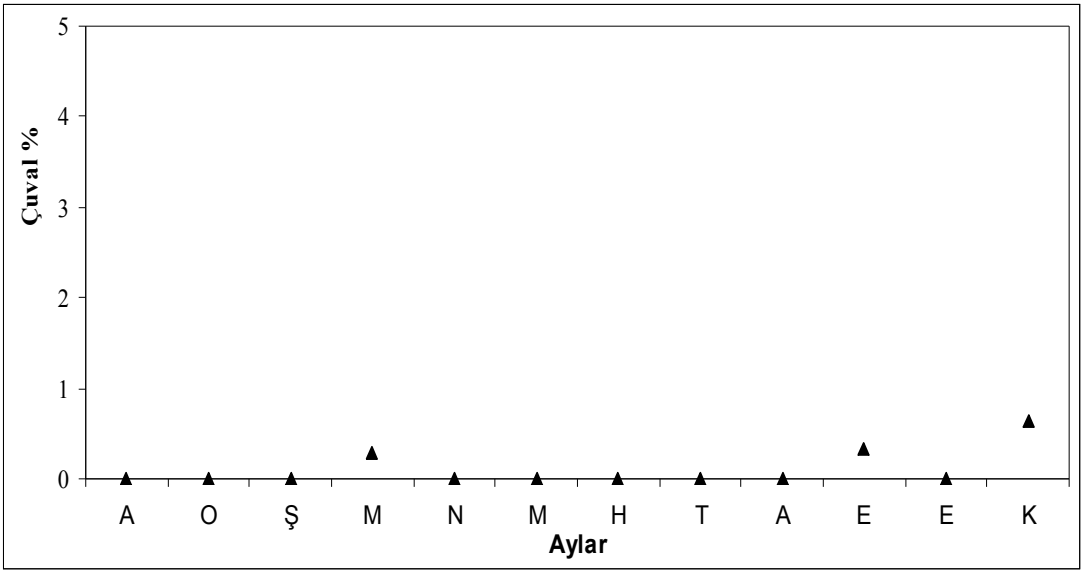
Plastikler, petrol veya petrol türevlerinden elde edilmektedir. Plastik ambalajlar son derece hafif ve kolay şekil verilebilme özelliklerinden ötürü giderek daha yaygın şekilde kullanılmaktadır. Plastik ambalajların PET (Polietilentetraftalat), PVC (Polivinilklorür), PP (Polipropilen), PS (Polistren) ve PE (Polietilen) gibi türleri vardır **(Hakimoğlu, 2006).**

Plastik gündelik yaşamımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Her türlü ambalajlarda ve birçok evsel tüketim ürünlerinde plastik kullanılmaktadır. Tesise gelen atıktaki plastik içeriği 12 aylık ortalaması % 2,7 olup, en yüksek değer % 4,9 ile Ağustos ayında görülmüştür (Şekil 4.5). Plastik oranının ambalajlı ürünlerin daha çok kullanıldığı yaz aylarında artışı beklenen bir durumdur. Tesiste ayıklama kırılma-parçalanma gibi sebeplerle boyut değişimi olmadığından poşetlerin büyük kısmı Φ80 mm lik eleklerde, elek üstünde kalarak geri kazanım ünitesine gönderilmektedir.



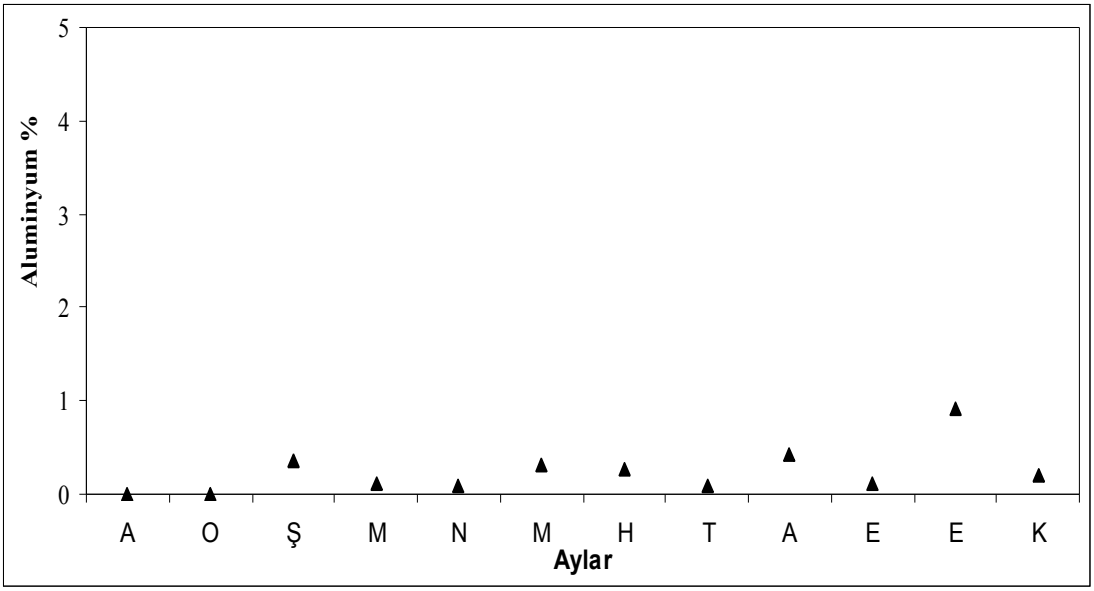
Şekil 4.5: Atık Kabul Bölümü Plastik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Tesise gelen atıkta önemli miktarda çuval malzemesi görülmemiş olup, süreklilik arz etmemektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Atık Kabul Bölümü Çuval Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

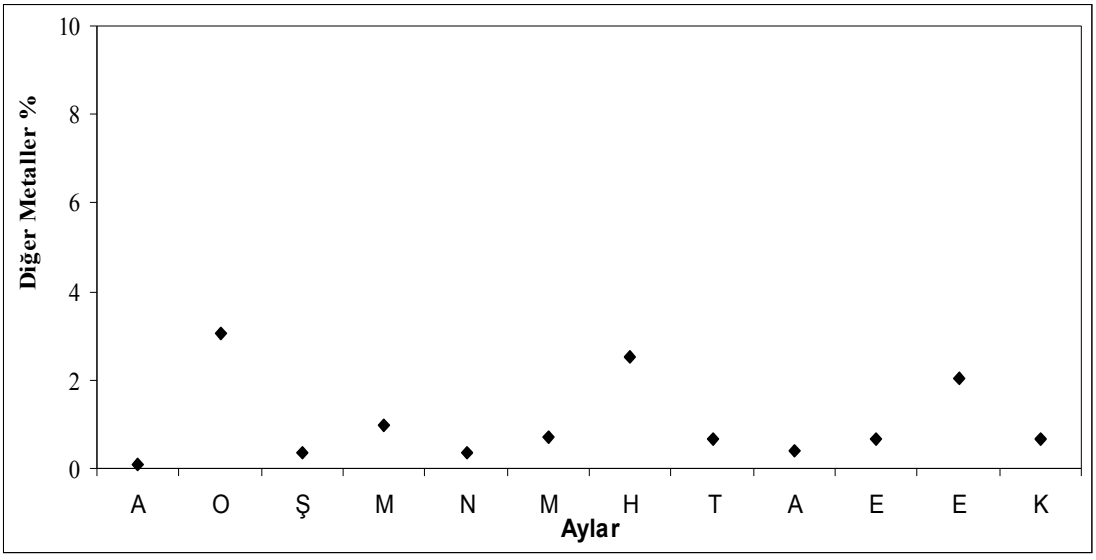
Alüminyum, geri kazanım açısından önem arz eden ve geri kazanımda ekonomik değeri yüksek olan bir malzemedir. Tesise gelen atıktaki 12 aylık alüminyum ortalaması % 0,24 dür (Şekil 4.7). Bundan dolayı, nihai bertaraf tesislerine ulaşmadan büyük ölçüde sokak toplayıcıları tarafından geri kazanılmaktadır.



Şekil 4.7: Atık Kabul Bölümü Alüminyum Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

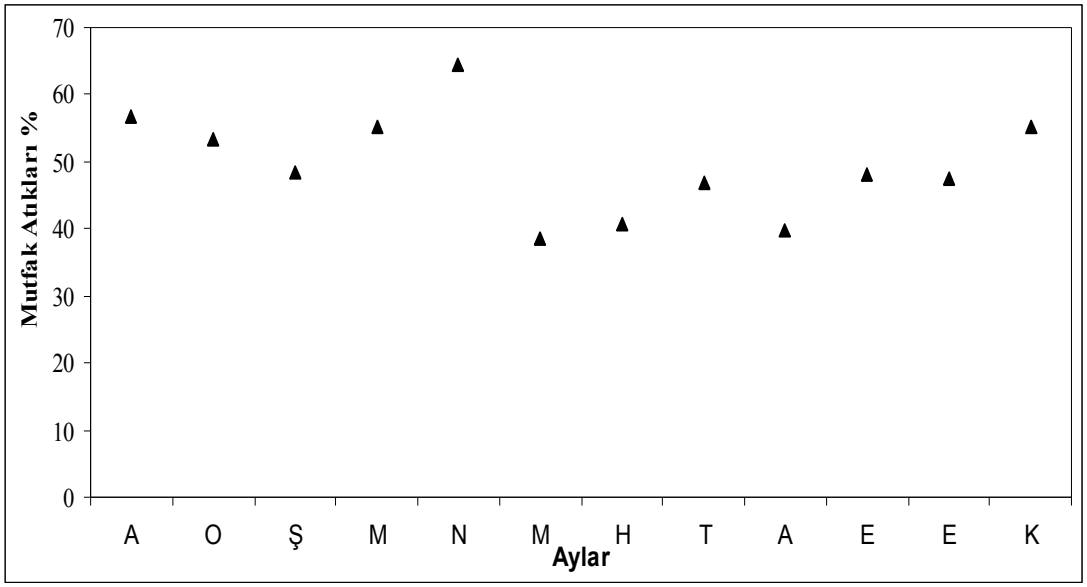
Atık profili çalışmasında diğer metaller kategorisinde, alüminyum dışındaki metaller incelenmiştir. Atık kabul bölümünde diğer metallerin 12 aylık ortalama yüzdesi % 1,04 dür (Şekil 4.8). Diğer metaller, ekonomik değeri olduğundan tesise gelene kadar birkaç aşamada özellikle sokak toplayıcılar tarafından toplanmaktadır.

Tesiste Φ80 mm'lik eleklerden elenip kompostlaştırmaya giden malzeme içerisindeki metaller manyetik ayırma ile ayrıldığından kompost ürünü için sorun teşkil etmemektedir. Φ80 mm elek üstünde kalan metaller ise geri kazanılmaktadır.



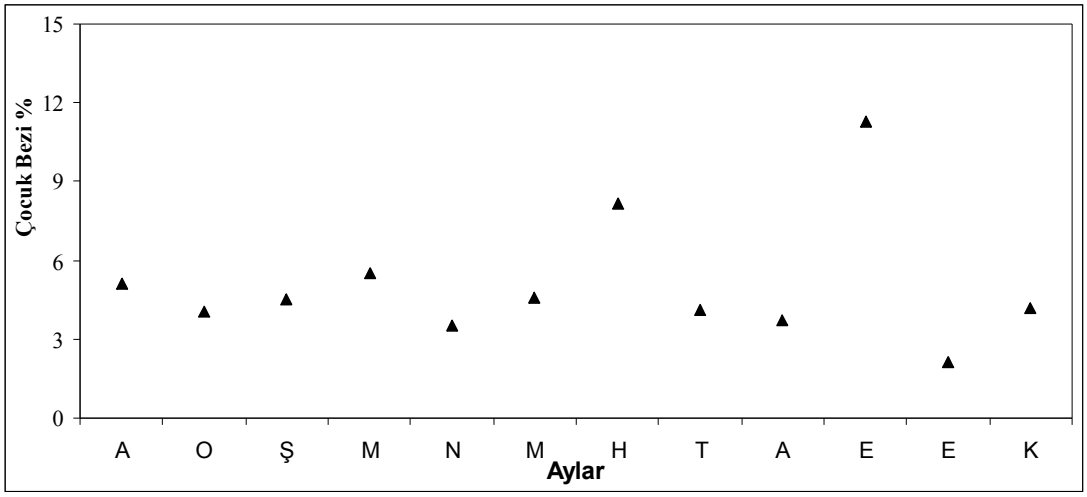
Şekil 4.8: Atık Kabul Bölümü Diğer Metaller Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Gelişmiş ülkelerde, artan hazır tüketimden dolayı kentsel katı atıklar içindeki mutfak atıkları içeriği nispeten düşükken, ülkemizde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde mutfak atıkları yüzdesi yüksektir. Mutfak atıkları içeriği, tesise gelen atıklar içerisinde büyük önem arz etmektedir. Çünkü, kompostlaştırma tesisine ne kadar fazla mutfak atıkları gelirse, üretilen kompost miktarı ve tesisin verimi o kadar artmaktadır. Tesise gelen atıktaki mutfak atıkları içeriği 12 aylık periyotta ortalama % 49,5 olup, yaz aylarında daha düşüktür (Şekil 4.9).



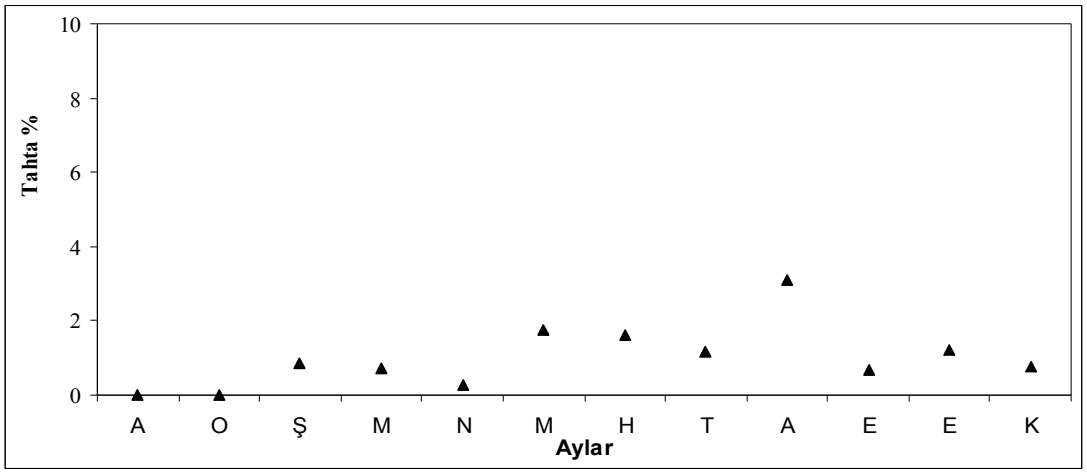
Şekil 4.9: Atık Kabul Bölümü Mutfak Atıkları Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Çocuk bezi, son yıllarda katı atık muhtevasında önemli yer teşkil etmektedir. Ülkemizde de ekonmik gelişmeyle birlikte çocuk bezi kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Tesiste yapılan atık profili çalışmasında, tesise gelen atıktaki çocuk bezinin 12 aylık ortalama değerinin % 5,1 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10). Çocuk bezi, mevsimsel olarak önemli bir değişiklik göstermeyip, Haziran ve Eylül aylarında pik değerlere ulaşmıştır. Kompostlaştırma tesisi açısından çocuk bezi hijyen açısından önemlidir, ayrıca kompostlaştırma prosesinde bir ayrışmaya uğramaz. Bununla birlikte tesiste, çocuk bezinin büyük bir kısmı Φ80 mm lik elek üstünde kalarak, ayrılmakta ve düzenli depolamaya gönderilmektedir.



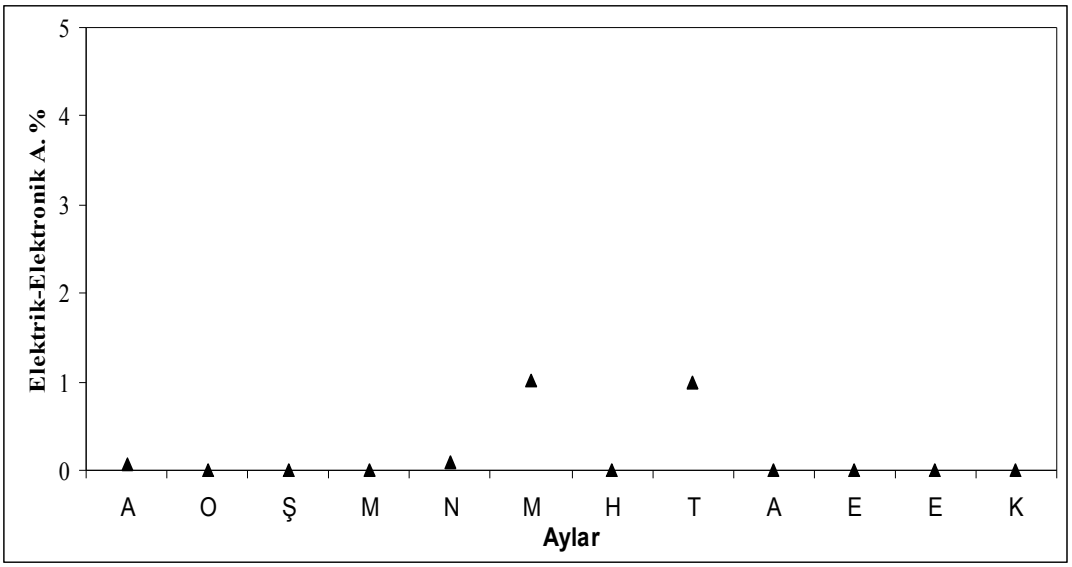
Şekil 4.10: Atık Kabul Bölümü Çocuk Bezi Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Tahta genellikle meyve-sebze kasalarından kaynaklanmaktadır. Meyve-sebze üretiminin arttığı yaz aylarında tesise gelen atıktaki tahta içeriği yüksektir. Kış aylarında ise tahta ısınma için kullanıldığından katı atıklar içindeki oranı düşüktür. Tahta muhtevası % 1,01 yıllık ortalamaya sahipken en yüksek değere % 3,10 ile Ağustos ayında ulaşmıştır (Şekil 4.11).



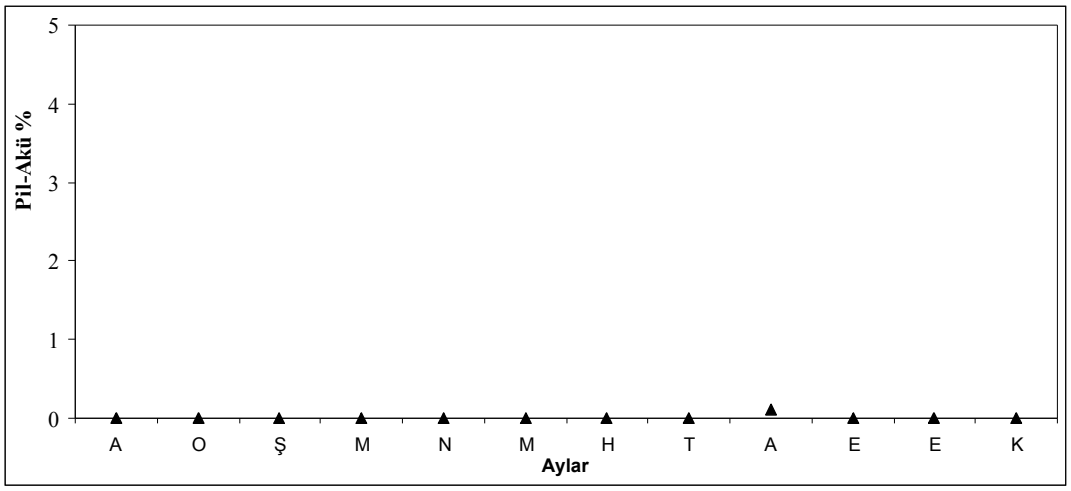
Şekil 4.11: Atık Kabul Bölümü Tahta Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Gelişmiş ülkelerle elektrik-elektronik atıklar, kentsel katı atıklar içerisinde nispeten önemli bir orana sahipken, bu değer ülkemizde oldukça düşüktür. Günümüzde geri kazanımı olan parametrelerin başında gelmektedir. Elektrik-elektronik atıklarının bir kısmı tehlikeli atık içerdiğinden kentsel atıktan ayrı toplanması gerekmektedir. Yapılan atık profili çalışmasında elektrik-elektronik atıklara, sadece Mayıs ve Temmuz aylarında rastlanmıştır (Şekil 4.12.).



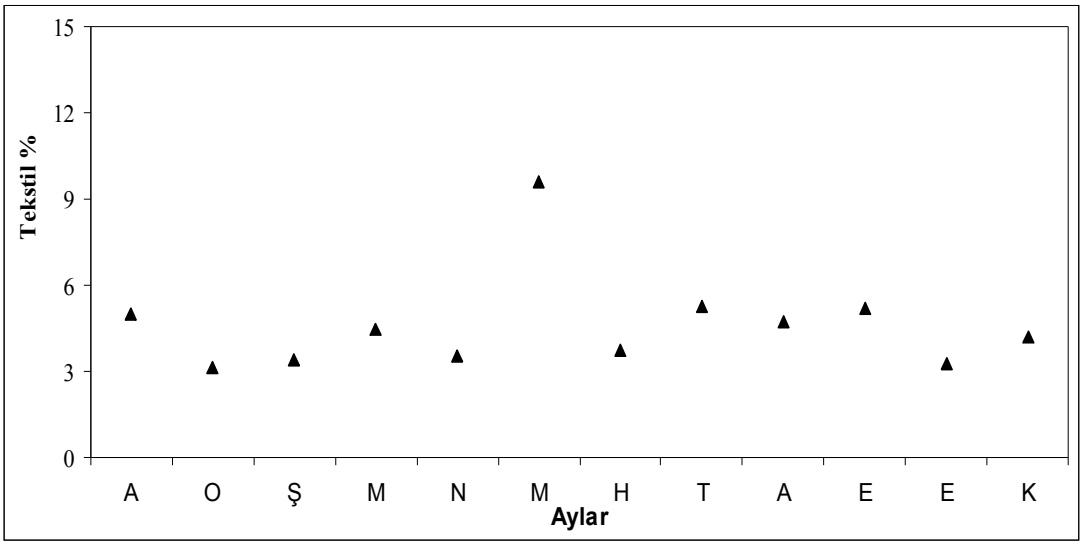
Şekil 4.12: Atık Kabul Bölümü Elektik-Elektronik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Pil-akü muhtevası halkın bilinçlenmesi ile birlikte ayrı toplanmakta olup, yapılan atık profili çalışmasında sadece Aralık ayında görülmüştür (Şekil 4.13). Ayrı toplanan piller, İstanbul'da düzenli depolama alanında özel bir sahada depolanmaktadır.



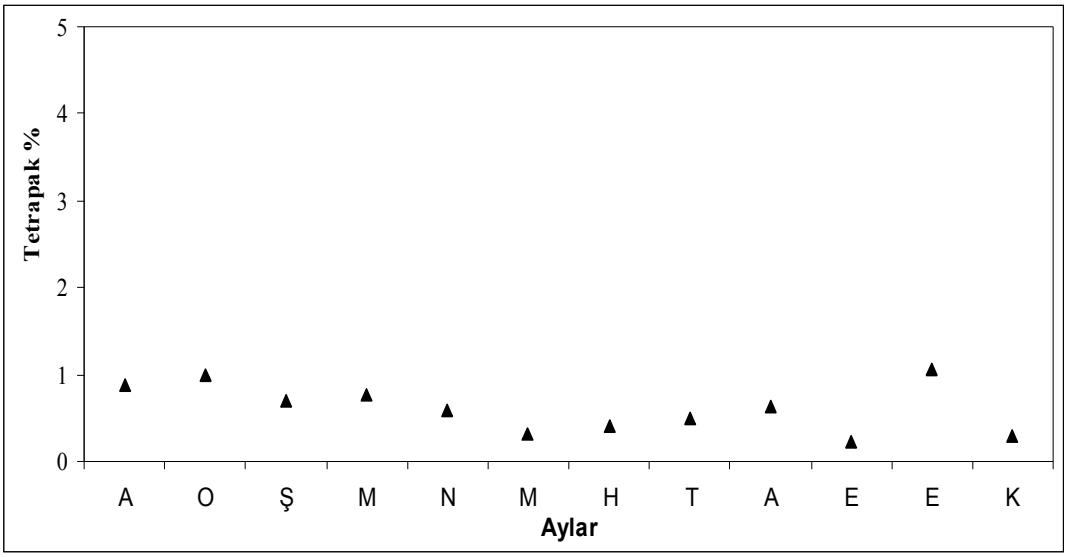
Şekil 4.13: Atık Kabul Bölümü Pil-Akü Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Ülkemizin bir tekstil kenti olmasının doğal sonucu olarak kentsel katı atıklarda tekstil parametresi önemli yer tutmaktadır. Tesise gelen atıktaki tekstil içeriği 12 aylık ortalaması % 4,63 dür. Atıktaki tekstil yüzdesi, mevsimsel olarak fazla değişkenlik göstermemekle birlikte, en yüksek değere % 9,6 ile Mayıs ayında ulaşmıştır (Şekil 4.14). Tekstil atıkları, tesis açısından bant, elek vb. makine ve ekipmanlara dolanarak sistemi durdurması açısından sorun oluşturmaktadır. Ayrıca tekstil, kompostlaştırma prosesinde aynen kalmakta ve kompot ürünü kalitesini düşürmektedir.



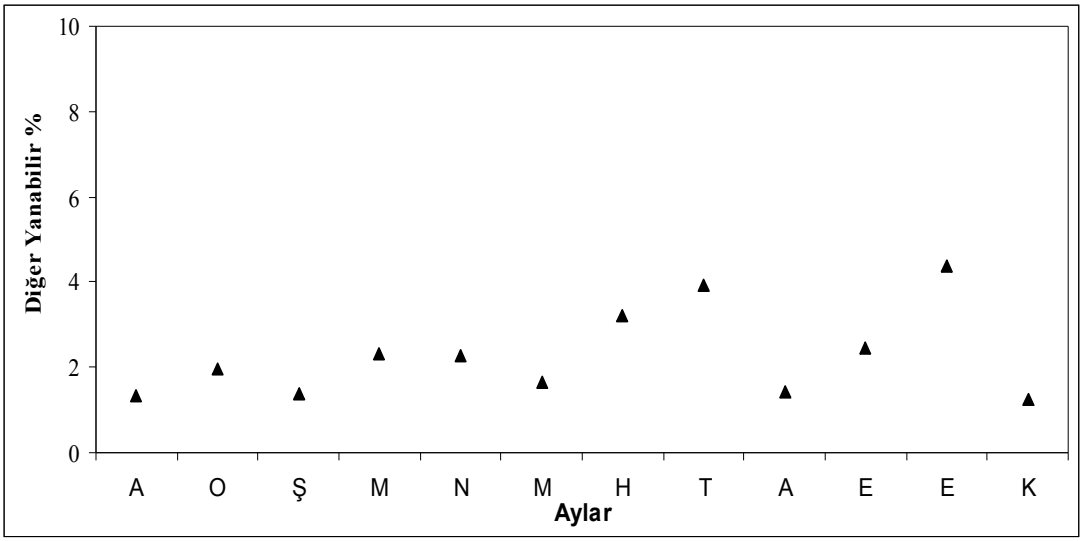
Şekil 4.14: Atık Kabul Bölümü Tekstil Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Önceki çalışmalarda genellikle kağıt-karton başlığı altında incelenen Tetrapak, bu çalışmada ayrı bir kategoride değerlendirilmiş olup, 12 aylık ortalama değeri % 0,6 dır (Şekil 4.15).



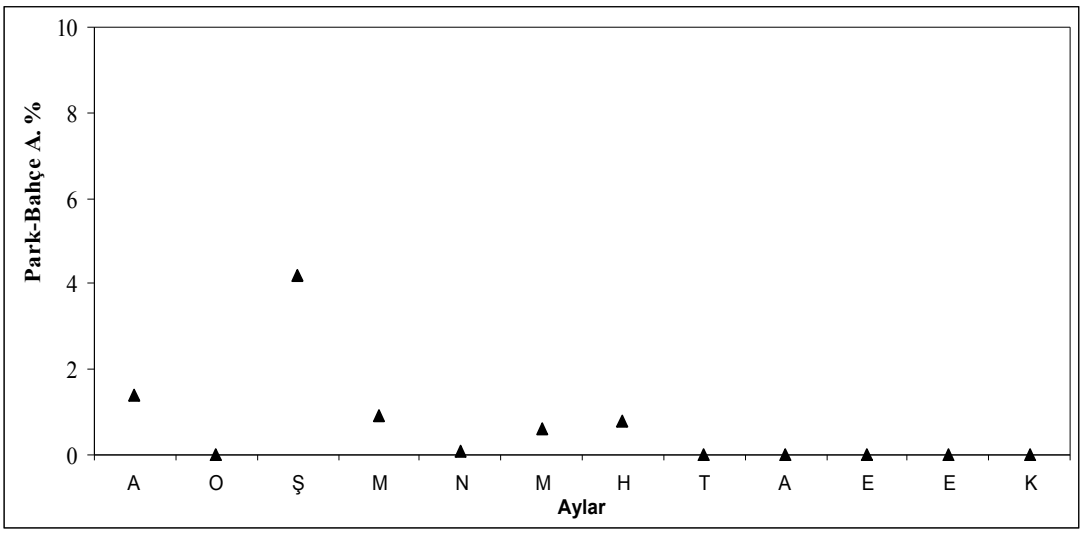
Şekil 4.15: Atık Kabul Bölümü Tetrapak Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Diğer yanabilir kategorisi, poşet parametresinden farklı olarak tüm ambalaj, gıdalar ve çeşitli farklı alanlarda kullanılan köpüğü içermektedir. Hazır tüketimin artması böyle bir kategori oluşturulmasını gerektirmiştir. Tesise gelen atıktaki diğer yanabilir içeriği 12 aylık ortalaması % 2,30 değerine sahip olup, yaz ve sonbaharda daha yüksektir (Şekil 4.16).



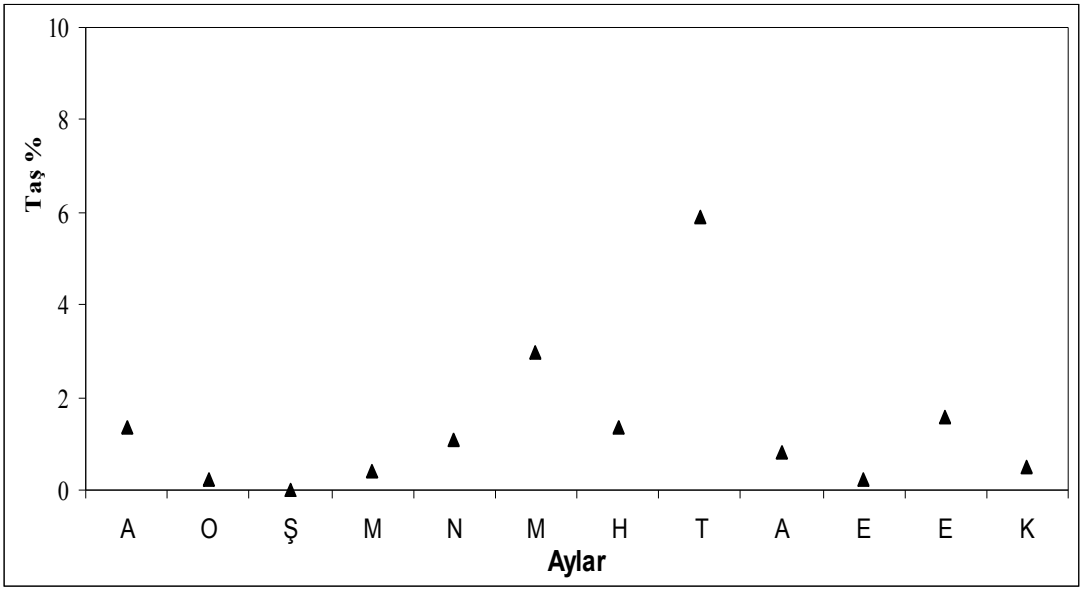
Şekil 4.16: Atık Kabul Bölümü Diğer Yanabilir Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Park-bahçe atıkları belediye tarafından ayrı toplanıp, tesiste yongalanarak kompostlaştırma prosesine eklenmektedir. Dolayısıyla tesise gelen katı atık içerisindeki yüzdesi düşüktür (Şekil 4.17) ve sadece Şubat ayında maksimuma ulaşmıştır. Bu atıklar genellikle Φ80 mm lik elekte, elek üstünde kalarak prosese girmeden düzenli depolamaya gönderilmektedir.



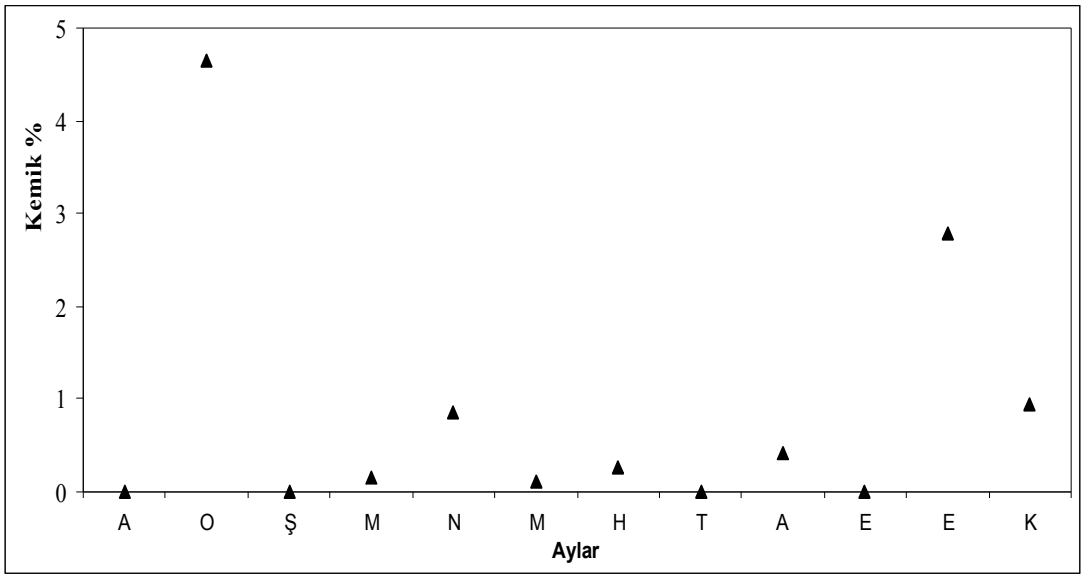
Şekil 4.17: Atık Kabul Bölümü Park-Bahçe Atığı Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Taş, kompostlaştırma prosesinde ayrışmadığı için istenmeyen bir parametredir. Tesise gelen atıkta 12 aylık ortalama taş yüzdesi % 1,37'lik değere sahiptir ve özellikle inşaat ve tadilat işlerinin yoğun olduğu yaz aylarında artış göstermektedir (Şekil 4.18). Küçük boyutta olanlar eleklerde tutulamayıp kompost ürününe yansımaktadır.



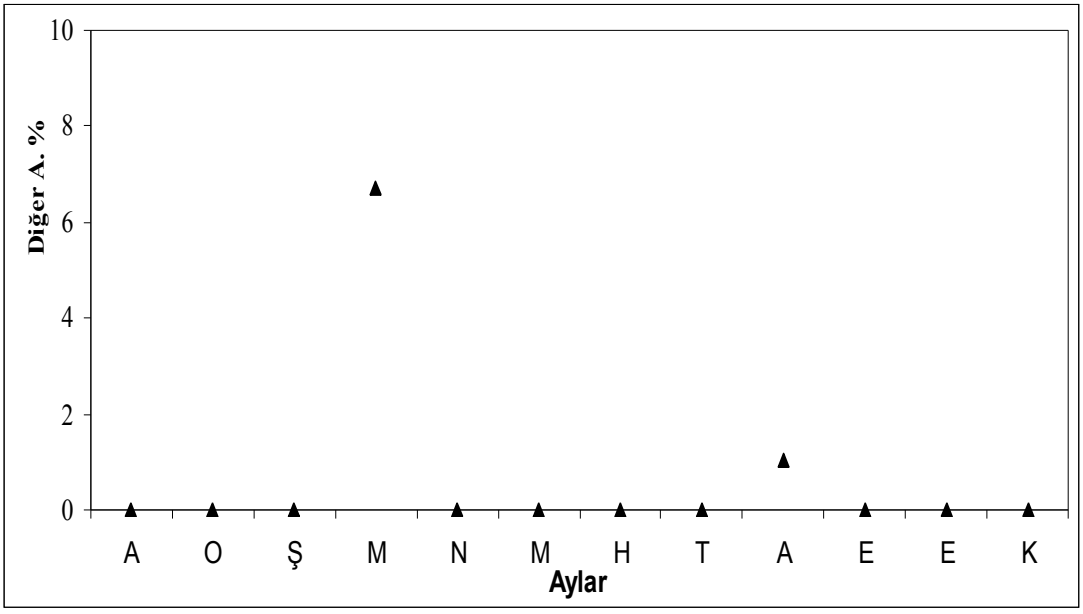
Şekil 4.18: Atık Kabul Bölümü Taş Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Tesise gelen atıktaki kemik yüzdesi 12 aylık ortalama değeri % 0,85 dir(Şekil 4.19). En yüksek değere % 4,7 ile Ocak ayında ulaşmış olup, bu artışın Kurban Bayramından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.19: Atık Kabul Bölümü Kemik Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

Kül, sokak süprüntüleri, vb. malzemeler diğer atıklar adı altında incelenmiştir. İstanbul genelinde yakıt olarak doğalgaz yaygınlaştığı için kül miktarında önemli bir azalma görülmektedir (Şekil 4.20). Görülen iki değer, tekil değerler olup süreklilik arz etmemektedir.



Şekil 4.20: Atık Kabul Bölümü Diğer Atıklar Bileşeni Yüzdesinin 12 Aylık Değişimi

4.1.2. Φ80 mm Elek Altı Bölümü

Atık kabulden bantlara beslenen atıklar Φ80 mm lik eleklere iletilmekte ve burada büyüklüğüne ayrılmaktadır Φ80 mm elek altı bölüme ait atık profili sonuçları incelendiğinde, malzemenin yaklaşık % 73,9' unun mutfak atıkları olduğu görülmektedir. Mutfak atıklarını, kağıt-karton (% 9,6), tekstil (% 3,9) ve cam (% 4,2) takip etmektedir (Tablo 4.4). Elek altına geçen malzeme, tesise gelen atıkla karşılaştırıldığında kâğıt-karton, poşet, çocuk bezi önemli ölçüde azalma gösterirken pet, plastik, tekstil değerlerinde daha düşük bir azalma görülmektedir.

Φ80 mm elek altında, mutfak atıkları değerlerinde (% 49,5'den % 73,9'a) ciddi artış ve tesise gelen sağlam camların elekteki bıçaklarla kırılması ile cam değerlerinde de (% 3,5'den % 4,21'e) artış görülmektedir. Tesise gelen camların önemli bir miktarı kırılmamış olup, elekler ve bunu takip eden süreçlerde parçalanarak küçük boyutlara inmektedir.

Tablo 4.4: Φ80 mm Elek Altı Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

Bileşenler	Mevsimler					
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama	Std. Sapma
	Ortalama (%)				(%)	
Kağıt - Karton	7,37	9,77	10,88	9,38	**9,35**	1,46
Cam	2,94	3,43	5,56	4,91	**4,21**	1,23
Pet	0,20	0,03	0,17	0,00	**0,10**	0,10
Poşet	0,79	0,61	1,33	1,59	**1,08**	0,46
Plastik	1,66	1,03	1,47	2,02	**1,54**	0,41
Çuval	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Aluminyum	0,24	0,07	0,05	0,81	**0,29**	0,36
Diğer Metaller	0,13	0,37	0,33	0,78	**0,40**	0,27
Mutfak Atıkları	78,51	79,25	69,63	68,02	**73,85**	5,85
Çocuk Bezi	0,33	0,08	0,39	0,90	**0,43**	0,34
Tahta	0,01	0,43	0,87	1,40	**0,68**	0,60
Elk.-Elektronik A.	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Pil-Akü	0,02	0,00	0,03	0,63	**0,17**	0,31
Tekstil	2,83	2,32	5,63	4,94	**3,93**	1,60
Tetrapak	0,01	0,09	0,11	0,00	**0,05**	0,05
Diğer Yanabilir	3,18	0,93	1,21	1,97	**1,82**	1,00
Park ve Bahçe A.	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Taş	0,82	1,52	2,18	1,74	**1,57**	0,57
Kemik	0,96	0,07	0,19	0,90	**0,53**	0,47
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.3. Φ80 mm Elek Üstü Bölümü

Φ80 mm lik eleklerde, elek üstünde kalan kısım geri kazanım bantlarına gönderilmektedir Buraya gelen atık genellikle Φ80 mm'de büyük çapa sahip atıklardır. Bu bölümdeki çalışmada alınan aynı numunenin açık poşet, kapalı poşet olmak üzere ayrılması ile 2 ayrı atık profili çalışması yapılmıştır. Bu şekilde eleklerde kapalı poşetlerin yırtılma durumu incelenerek, kapalı poşetle beraber malzeme kaybı ortaya konmuştur. Φ80 mm elek üstü açık ve kapalı poşet atık profili sonuçları birlikte Tablo 4.5.'de, ayrı ayrı olarak ise Tablo 4.6. ve Tablo 4.7'de verilmiştir.

Φ80 mm elek üstünde, dikkat çeken bileşenler kâğıt-karton (% 23,8), mutfak atıkları (% 16,9), tekstil atıkları (% 15,7) ve poşettir (% 15,4). Bunları plastik, çocuk bezi, diğer yanabilir ile taş izlemektedir. Kâğıt-karton, poşet ve tekstil büyük hacimli olması nedeniyle Φ80 mm lik elek üstünde, tesise gelen atığa nazaran artmış, cam ve mutfak atıkları ise azalmıştır.

Tablo 4.5: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

	Mevsimler					
Bileşenler	**Kış**	**İlkbahar**	**Yaz**	**Sonbahar**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	Ortalama (%)				**(%)**	
Kağıt - Karton	25,02	22,81	27,15	20,29	**23,82**	2,94
Cam	1,21	0,29	0,63	2,61	**1,18**	1,02
Pet	1,40	1,55	2,07	2,37	**1,85**	0,45
Poşet	14,87	16,57	12,91	17,38	**15,43**	1,98
Plastik	3,77	3,19	5,72	3,65	**4,08**	1,12
Çuval	1,44	0,48	0,36	2,23	**1,13**	0,88
Aluminyum	0,82	0,59	0,60	0,71	**0,68**	0,11
Diğer Metaller	2,82	1,15	3,94	0,88	**2,20**	1,44
Mutfak Atıkları	22,68	15,54	12,03	17,28	**16,88**	4,44
Çocuk Bezi	6,11	3,45	3,57	4,81	**4,49**	1,25
Tahta	0,69	0,84	4,05	2,12	**1,92**	1,55
Elk.-Elektronik A.	0,07	0,55	0,00	0,11	**0,18**	0,25
Pil-Akü	0,03	0,00	0,01	0,03	**0,02**	0,01
Tekstil	11,66	17,06	17,57	16,58	**15,72**	2,74
Tetrapak	1,16	0,69	1,07	1,63	**1,14**	0,38
Diğer Yanabilir	2,63	6,73	6,16	5,88	**5,35**	1,85
Park ve Bahçe A.	0,06	0,73	1,32	0,00	**0,53**	0,62
Taş	3,07	4,44	0,58	1,10	**2,30**	1,79
Kemik	0,49	3,34	0,26	0,36	**1,11**	1,49
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.3.1. Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet

Φ80 mm elek üstü açık poşet kısmında kağıt-karton (% 25,9), tekstil (% 18,3) ve poşet (% 16,0) ön plana çıkmaktadır. Elek üstü toplama göre, açık poşette mutfak atıkları yüzdesinde önemli bir fark olup, mutfak atıkları büyük oranda kapalı poşetlerden gelmektedir.

Tablo 4.6: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Açık Poşet Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

Bileşenler	Mevsimler					
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama	Std. Sapma
	Ortalama (%)				(%)	
Kağıt – Karton	28,19	24,19	28,89	22,13	**25,85**	3,23
Cam	0,52	0,07	0,69	2,34	**0,91**	0,99
Pet	1,48	1,67	2,31	2,60	**2,02**	0,53
Poşet	15,75	17,17	12,48	18,56	**15,99**	2,61
Plastik	4,00	3,33	6,06	4,13	**4,38**	1,17
Çuval	1,32	0,51	0,00	2,38	**1,05**	1,04
Aluminyum	0,90	0,64	0,67	0,69	**0,72**	0,12
Diğer Metaller	2,54	1,38	4,25	1,00	**2,29**	1,46
Mutfak Atıkları	14,56	9,16	8,35	10,44	**10,63**	2,76
Çocuk Bezi	6,60	2,76	3,55	5,38	**4,57**	1,74
Tahta	0,83	1,01	4,37	2,39	**2,15**	1,64
Elk.-Elektronik A.	0,00	0,58	0,00	0,13	**0,18**	0,27
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Tekstil	14,02	20,50	19,30	19,38	**18,30**	2,91
Tetrapak	1,49	0,73	1,03	1,78	**1,26**	0,47
Diğer Yanabilir	3,06	7,68	5,62	5,86	**5,55**	1,90
Park ve Bahçe A.	0,07	0,82	1,51	0,00	**0,60**	0,71
Taş	4,02	4,98	0,63	0,41	**2,51**	2,33
Kemik	0,67	2,83	0,29	0,40	**1,05**	1,20
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.3.2. Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet

Kapalı poşette, en yüksek kategori % 50,2 ile mutfak atıklarıdır (Tablo 4.7). Bu durum, kapalı poşetler nedeniyle mutfak atıklarında ciddi bir kaybın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Kapalı Poşet Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

Bileşenler	Mevsimler					
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama	Std. Sapma
	Ortalama (%)				(%)	
Kağıt - Karton	12,84	11,28	11,41	12,46	**12,00**	0,77
Cam	4,22	2,41	0,00	3,74	**2,59**	1,89
Pet	1,07	0,82	0,00	1,44	**0,83**	0,61
Poşet	10,78	14,93	17,20	11,94	**13,71**	2,91
Plastik	2,53	2,17	2,89	1,55	**2,28**	0,57
Çuval	1,99	0,00	2,82	1,70	**1,63**	1,18
Aluminyum	0,24	0,19	0,00	0,82	**0,31**	0,36
Diğer Metaller	4,37	0,00	0,72	0,27	**1,34**	2,04
Mutfak Atıkları	52,19	55,46	47,51	45,61	**50,20**	4,47
Çocuk Bezi	5,63	5,47	2,82	2,70	**4,15**	1,61
Tahta	0,00	0,00	0,94	1,10	**0,51**	0,59
Elk.-Elektronik A.	0,47	0,00	0,00	0,00	**0,12**	0,23
Pil-Akü	0,20	0,00	0,14	0,15	**0,12**	0,09
Tekstil	1,94	0,00	2,64	4,41	**2,25**	1,82
Tetrapak	0,00	0,37	1,44	1,12	**0,73**	0,66
Diğer Yanabilir	1,33	2,48	9,47	6,44	**4,93**	3,73
Park ve Bahçe A.	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Taş	0,20	0,00	0,00	4,39	**1,15**	2,16
Kemik	0,00	4,43	0,00	0,16	**1,15**	2,19
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.3.3. Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet Oranı

Atık besleme bölümünden Φ80 mm'lik eleklere iletilen atıklardaki kapalı (bağlı) poşetlerin içindeki malzemenin çıkarılması amacıyla elekler içine bıçaklar yerleştirilmiştir. Bu bıçaklara rağmen Tablo 4.8'den de görüldüğü üzere elek üstünde, 12 aylık ortalama olarak % 16 civarında kapalı poşet kalmaktadır (Tablo 4.8). Elek üstünde kalan kapalı poşetlerin genellikle üst üste birkaç tane poşet

kullanılmasından kaynaklandığı görülmüştür. Elek üstünde kalan kapalı poşetler, düzenli depolamaya gönderilmektedir. Kapalı poşetlerde yapılan atık profili sonuçları incelendiğinde (Tablo 4.7) mutfak atıkları içeriğinin % 50 civarında olduğu ve elek üstünde kalan malzemenin % 16 sının kapalı poşet olması dikkate alındığında, tesise gelen atıktaki kompostlaştırma prosesine uygun yaklaşık % 8 civarındaki mutfak atıklarının, kapalı poşetler içinde kullanılamadan düzenli depolamaya gönderildiğini göstermektedir. Ayrıca, Φ80 mm çapından büyük açık poşetlerdeki malzeme ile birlikte mutfak atıklarında yaklaşık % 17 oranında bir kayıp vardır.

Tablo 4.8: Φ80 mm Elek Üstü Atık Kapalı Poşet Yüzdesi

Aylar													
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	Ortalama	Std. Sapma
(%)												(%)	
26,6	17,6	4,6	22,6	12,7	9,8	8,0	17,5	24,1	17,8	15,9	15,0	**16,0**	6,6

4.1.4. Geri Kazanım Sonrası Bölüm

Φ80 mm eleklerde, elek üstü malzeme geri kazanım (elle ayırma) bantlarına gönderilmektedir. Bu çalışması çerçevesinde, geri kazanım sonrası malzemede de atık profili çalışması yapılmıştır. Elle ayırma bantlarında özellikle plastik, metal, alüminyum vb. ekonomik değeri olan malzemeler ayrılmaktadır. Yapılan çalışmada ayırmadan sonra kâğıt-karton (% 24,8), mutfak atıkları (% 19,7), tekstil (% 16,9), poşet (% 15,6), çocuk bezi (% 7,8) ve diğer yanabilir (% 3,8) malzemelerin ağırlıkta olduğu görülmektedir (Tablo 4.9).

Geri kazanım sonrası çıkan malzeme halihazırda düzenli depolamaya gönderilmektedir. Bununla birlikte buradan çıkan malzemeleri, çimento fabrikalarında yardımcı yakıt olarak kullanılmak amacıyla yeni bir Atıktan Yakıt Tesisi (RDF) yapılmış olup, halen tesisin işletmeye alma çalışmaları devam etmektedir.

Tablo 4.9: Geri Kazanım Sonrası Bölüm Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

Bileşenler	Mevsimler					
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama	Std. Sapma
	Ortalama (%)				(%)	
Kağıt - Karton	29,19	25,33	20,72	23,88	**24,78**	3,51
Cam	1,15	0,99	0,66	1,09	**0,97**	0,22
Pet	0,87	0,25	0,66	0,61	**0,60**	0,26
Poşet	16,43	14,89	14,80	16,25	**15,59**	0,87
Plastik	3,34	1,98	3,09	2,35	**2,69**	0,63
Çuval	0,00	0,35	1,02	0,00	**0,34**	0,48
Aluminyum	0,66	0,16	0,30	0,36	**0,37**	0,21
Diğer Metaller	0,63	0,61	0,93	0,45	**0,66**	0,20
Mutfak Atıkları	14,46	27,45	18,95	17,80	**19,67**	5,53
Çocuk Bezi	6,31	8,18	7,47	9,20	**7,79**	1,22
Tahta	1,76	1,80	1,70	2,01	**1,82**	0,13
Elk.-Elektronik A.	0,29	0,00	0,00	0,00	**0,07**	0,15
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Tekstil	16,24	14,47	20,37	16,34	**16,86**	2,50
Tetrapak	1,42	0,89	1,50	1,27	**1,27**	0,27
Diğer Yanabilir	4,16	1,49	3,94	5,48	**3,77**	1,66
Park ve Bahçe A.	0,39	0,04	2,51	0,17	**0,78**	1,16
Taş	1,97	1,06	1,10	1,66	**1,45**	0,44
Kemik	0,73	0,05	0,30	1,08	**0,54**	0,46
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.4.1. Geri Kazanım Sonrası Kapalı Poşet Oranı

Geri Kazanım sonrası kapalı poşet oranını belirlemek için ayrı bir çalışma yapılmış, ancak kapalı poşetler için ayrı bir atık profili çalışması yapılmamıştır. Bu bölümde, alınan numuneden kapalı poşet yüzdesi tesbit edilmiş ve kapalı poşetler içeriği geri kazanım sonrası bölüm atık profili sonuçlarına dâhil edilmiştir. Yapılan çalışmada geri kazanım sonrasında kapalı poşet yüzdesi 12 aylık ortalama değeri % 25,4 'dür (Tablo 4.10). Atıklar elek üstüne, yani ayıklama bantlarına % 16 ile gelirken, bu değer geri kazanım sonrasında % 25,4 e çıkmaktadır. Burada geri kazanımdan dolayı bir artış beklenmektedir, ancak değerler incelendiğinde geri kazanım sonrası kapalı poşet yüzdesinde büyük salınımlar olduğu da görülmektedir.

Tablo: 4.10: Geri Kazanım Sonrası Atık Kapalı Poşet Yüzdesi

Aylar													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ortalama	Std. Sapma
(%)												(%)	
34,7	28,5	25,1	24,1	48,0	19,0	31,5	25,0	19,2	13,4	23,4	13,2	**25,4**	9,6

4.1.5. Son Şartlandırma Bölümü

8 haftalık kompostlaştırma prosesi sonunda, malzeme son şartlandırma bölümüne aktarılmaktadır. Buradan da Φ15 mm lik eleklere gönderilip, son eleme işleminden sonra Φ15 mm elek altında kalan malzeme, ince kompost ürünü olarak park ve bahçelerde kullanılmaktadır. Elek üstü malzeme ise kaba kompost olarak düzenli depolamada günlük örtü toprağı olarak değerlendirilir. Son şartlandırma ünitesinde yapılan atık profili çalışması sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir. Bu ünitede 12 aylık ortalama değerler incelendiğinde, ufak malzemeler % 51,8 ile en büyük paya sahiptir. olduğu, bunun yanında kâğıt (% 9.7), cam (% 11.6), taş (% 8.0) ve tekstilin (% 6.5) de bulunduğu görülmektedir. Kompostlaştırma süresince yüksek sıcaklıklara rağmen, kâğıtların bir kısmının prosesten parçalanmadan çıkması dikkat çekmektedir. Ayrıca, tesise gelen atıkta % 3,5 olan cam, kompostlaştırma prosesi sonunda (son şartlandırma) % 11,6 mertebesine yükselmektedir.

Son şartlandırmada atık profili çalışması yapılırken, son şartlandırmaya gelen malzemenin ne oranda elek altı malzeme içerdiği ve elek verimi hakkında bilgi edinilmesi amacıyla atık profili sırasında Φ15 mm elekten eleme işlemi yapılmıştır. Çalışmada Φ15 mm elek altı malzemenin 12 aylık ortalama değerini % 56,9 olduğu tesbit edilmiştir. Eleme işleminde alta geçen malzemedeki atık parametreleri ayrılıp, edilip diğer bileşenlere eklenmiştir. Tablo 4.11'de verilen ufak malzemeler bileşeni, son şartlandırma bölümünün inert madde içermeyen kısmını oluşturmaktadır.

Tablo: 4.11: Son Şartlandırma Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

Bileşenler	Mevsimler					
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama	Std. Sapma
	Ortalama (%)				(%)	
Poşet	1,24	2,34	3,18	0,73	**1,87**	1,10
Kağıt	9,31	7,32	7,05	15,02	**9,67**	3,70
Plastik	2,90	3,92	2,58	3,10	**3,13**	0,57
Cam	13,84	9,19	12,59	10,82	**11,61**	2,04
Taş	8,26	8,52	7,10	8,11	**8,00**	0,62
Tahta	2,24	1,50	2,15	1,99	**1,97**	0,33
Tekstil	2,70	5,94	8,61	8,87	**6,53**	2,88
Demir	0,00	0,14	0,00	0,11	**0,06**	0,07
Diğer Metaller	0,11	0,59	3,12	1,08	**1,22**	1,32
Kemik	2,82	2,27	0,09	0,05	**1,31**	1,45
Diğer	0,00	0,33	0,51	0,00	**0,21**	0,25
Ufak Malzemeler	54,04	56,07	49,14	47,88	**51,78**	3,90
< Φ15 mm Malzeme	59,46	61,20	53,88	52,88	**56,86**	4,10
Pil	0,00	0,33	0,00	0,00	**0,08**	0,17
Yanabilir Malzeme	2,55	0,83	2,29	1,34	**1,75**	0,80
Çocuk Bezi	0,00	0,26	1,60	0,47	**0,58**	0,70
Tetrapak	0,00	0,45	0,00	0,43	**0,22**	0,25
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.6. Φ15 mm Elek Üstü (Son Elek) Bölümü

Son şartlandırmadan sonra Φ15 mm elek üstünde kalan malzeme kaba kompost olarak isimlendirilmekte ve örtü toprağı olarak kullanılmak amacıyla düzenli depolama sahasına gönderilmektedir. Φ15 mm elek üstü malzemenin atık profili sonuçları mevsimsel olarak Tablo 4. 12' de verilmiştir.

Φ15 mm elek üstünde, materyalin tekrar elenmesiyle elde edilen Φ15 mm den küçük malzeme (% 23,4), cam (% 19,0), taş (% 16,5), kâğıt (% 14,6) ve tekstil (% 12,1) dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra poşet, plastik, tahta ve yanabilir malzemeler % 3-5 civarındadır.

Son şartlandırma kısmında yapılan eleme çalışması bu bölümde de yapılarak eleme verimi hakkında bilgi edinilmiştir. Bununla birlikte, bu bölümde elek altında kalan malzeme son şartlandırmadaki malzemeye göre biraz daha kaba bir malzemedir. Φ15 mm elek üstü kısmın tekrar elenmesiyle elde edilen malzeme % 23,4'lük kısmı oluştursa da kaba malzeme içerdiğinden son şartlandırmanın yaklaşık % 15'lik kısmı kullanılabilir malzemedir. Bu sonuç % 23 oranında Φ15 mm'den küçük çaplı malzemenin, Φ15 mm lik eleklerden elenemeyip depolama sahasına gittiğini göstermektedir.

Tablo: 4.12: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

	Mevsimler					
Bileşenler	**Kış**	**İlkbahar**	**Yaz**	**Sonbahar**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	Ortalama (%)				**(%)**	
Poşet	2,22	5,28	4,38	2,00	**3,47**	1,61
Kağıt	16,17	11,40	13,08	17,64	**14,57**	2,85
Plastik	4,16	3,57	5,25	4,48	**4,37**	0,70
Cam	18,09	22,93	16,14	18,66	**18,95**	2,86
Taş	20,43	13,44	16,59	15,50	**16,49**	2,93
Tahta	3,03	6,29	3,54	5,22	**4,52**	1,50
Tekstil	8,44	16,79	13,80	9,53	**12,14**	3,87
Demir	0,52	0,43	0,08	0,03	**0,27**	0,25
Diğer Metaller	0,88	0,78	0,52	1,01	**0,80**	0,21
Kemik	4,08	0,51	1,71	1,11	**1,85**	1,56
Diğer	0,00	2,96	0,00	2,16	**1,28**	1,51
Ufak Malzemeler	17,04	13,31	20,24	19,03	**17,40**	3,03
< Φ15 mm Malzeme	24,86	19,50	26,48	22,90	**23,43**	3,00
Pil	0,71	0,00	0,00	0,00	**0,18**	0,36
Yanabilir Malzeme	4,22	1,69	4,09	2,68	**3,17**	1,21
Çocuk Bezi	0,00	0,21	0,21	0,31	**0,18**	0,13
Tetrapak	0,00	0,40	0,38	0,64	**0,35**	0,26
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.1.7. Φ15 mm Elek Altı (Nihai Ürün-İnce Kompost) Bölümü

Φ15 mm elekle eleme işlemi sonucunda elek altında kalan malzemenin atık profili verileri Tablo 4.13'de verilmiştir. Φ15 mm elek altı malzeme içerisinde en önemli kısım % 88,5 ile komposttur. İnert malzemelerden taş oranı %5,8, cam oranı ise % 4,2 dür. Tekstil (% 0,8), plastik (% 0,6) ve metal (% 0,1) ise nispeten düşük seviyelerdedir. Cam, bahar ve yaz mevsimlerinde dikkate değer bir artış göstermiştir. Φ15 mm altı malzemeyi iyice inceleyebilmek için elek analizleri yapılmıştır. Ürün farklı elek çaplarına göre incelenip inert madde muhtevası farklı elek çaplarına göre tespit edilmiş olup, bu çalışma sonuçları bir sonraki bölümde verilmiştir.

Tablo: 4.13: Φ15 mm Elek Altı Nihai Ürün(İnce Kompost) Bölümü Atık Profili Mevsimsel Ortalamaları

	Mevsimler					
Bileşenler	**Kış**	**İlkbahar**	**Yaz**	**Sonbahar**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	Ortalama (%)				**(%)**	
Cam	3,00	4,26	6,28	3,57	**4,20**	1,43
Taş	5,55	5,32	6,79	5,55	**5,84**	0,67
Tekstil	0,49	0,76	1,09	0,77	**0,75**	0,25
Plastik	0,33	0,51	0,84	0,61	**0,58**	0,21
Metal	0,10	0,12	0,07	0,04	**0,08**	0,04
Kompost	90,53	89,03	84,92	89,47	**88,54**	2,46
Toplam	100,00	100,00	100,00	100,00	**100,00**	0,00

4.2. Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçları

Kompost içersindeki inert (istenmeyen) malzemeler, plastik, cam, taş, metal gibi inorganik veya kolay ayrışabilir olmayan maddelerden oluşmaktadır. Bu maddeler estetik açıdan kompostun kalitesini düşürmekte ve pazarlanmasını zorlaştırmaktadır **(US Composting Council, 2003).** Özellikle tarım sektörü üretilen bitkiye zarar verecek ve besin zincirine girmesi muhtemel zararlı maddeler içermeyen kompostu tercih etmektedir.

Kompost içerisindeki inert madde muhtevası, kompostlaştırmaya giren malzeme ve uğradığı biyolojik prosese bağlı olarak değişmektedir. Eğer gelen atıkta inert madde içeriği yüksekse, bunlar eleme prosesinde prosese yeterince giderilemeyip nihai ürün olan kompost ürününde yerini almakta ve düşük kaliteli bir ürüne neden olmaktadır **(Fricke and Vogtmann, 1992).**

Bu çalışmada nihai ürün olan Φ15 mm Elek Altı kısımdaki inert (istenmeyen madde) madde tespiti için 2, 4, 9,5 mm'lik elek analizleri yapılmıştır. Kuru numunede yapılan çalışmanın yaş numuneye çevrilmesi ile kompostun madde muhtevası 12 aylık ortalama değerleri Tablo 4.14'de verilmiştir. Buna göre kompost ürünündeki inert madde içerikleri cam % 4,20, tekstil % 0,75, plastik % 0,58 ve metal % 0,08 olmak üzere toplam ortalama % 5,6 civarındadır. Bu değere taş dâhil değildir. Estetik açıdan çok kaliteli bir ürün elde etmek istenildiğinde taş dâhil % 11,5 oranında malzemenin giderilmesi gerekmektedir.

Elek analizinde 2 mm'lik elek altında kalan kısmın inert madde içeriği yok denecek kadar azdır. Toplam kompost ürününün % 47,61'i 2 mm'lik elek altında kalmaktadır. 2-4 mm'lik elek boyutunda ise toplam numunenin % 24,05'lik kısmı kalmakta olup, bunun % 1,20'lik kısmını inert madde oluşturmaktadır. Bu değere taş ilave edildiğinde istenmeyen madde yüzdesi 2,89 olmaktadır.

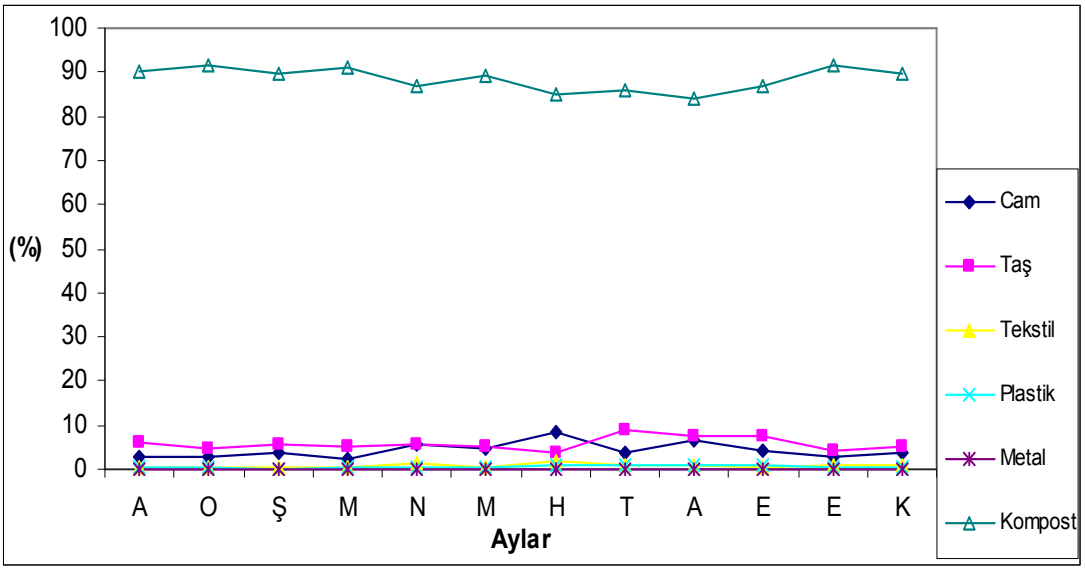
Toplam ürünün % 24,81'i 4 – 9,5 mm'lik elek aralığındadır. Bu elek aralığındaki inert madde içeriği % 3,34'ü olup, taş dahil edilmesi halinde % 7,20 değerine yükselmektedir.

9,5-15 mm arası malzemeler ise kompost ürününde diğer boyutlara nazaran % 3,53 ile düşük oranda bulunmaktadır. Bu elek aralığında inert madde içeriği ise % 1,26 iken, taş ilavesiyle % 1,55 olmaktadır.

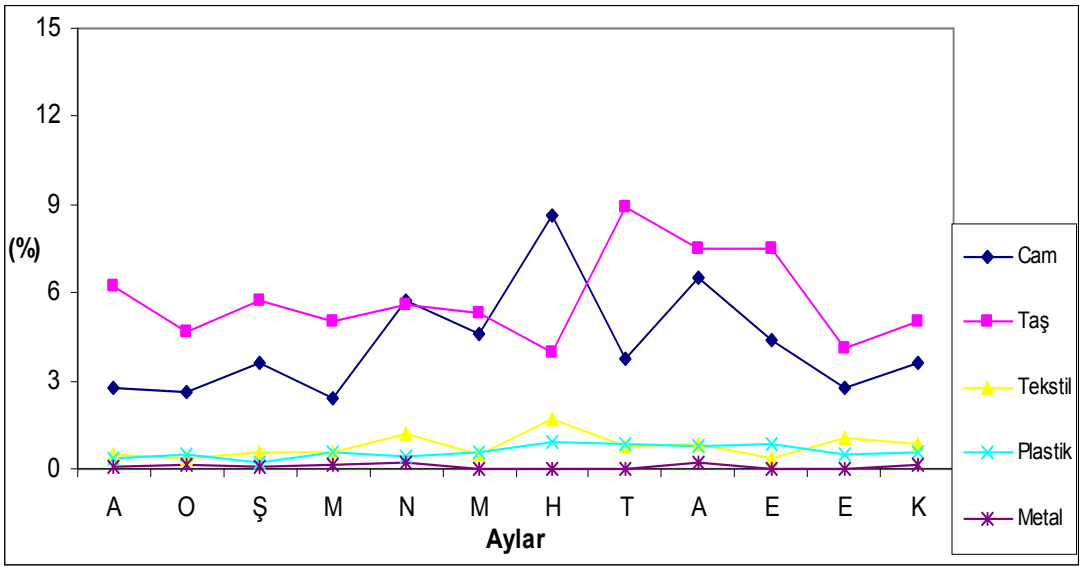
Tablo: 4.14: Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçlarının 12 Aylık Ortalamaları (Yaş Olarak)

12 Aylık Ortalama	CAM	TAŞ	TEKSTİL	PLASTİK	METAL	KOMPOST	TOPLAM
--- < 2mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,60	**47,61**
2mm < --- < 4 mm	0,86	1,69	0,01	0,13	0,02	21,34	**24,05**
4mm < --- < 9,5 mm	2,62	3,86	0,29	0,38	0,05	17,61	**24,81**
9,5 mm < --- < 15 mm	0,71	0,29	0,45	0,08	0,02	1,98	**3,53**
TOPLAM	**4,20**	**5,84**	**0,75**	**0,58**	**0,08**	**88,54**	**100,00**

İnce kompost ürünü içeriğini oluşturan maddelerin aylara göre değişimi Şekil 4.21'de verilmiştir. Şekil 4.22'de bir önceki tablodan farklı olarak sadece inert maddelerin 12 aylık değişimi verilmiştir. Herbir bileşene ait değerlendirmeler aşağıda yapılmıştır.

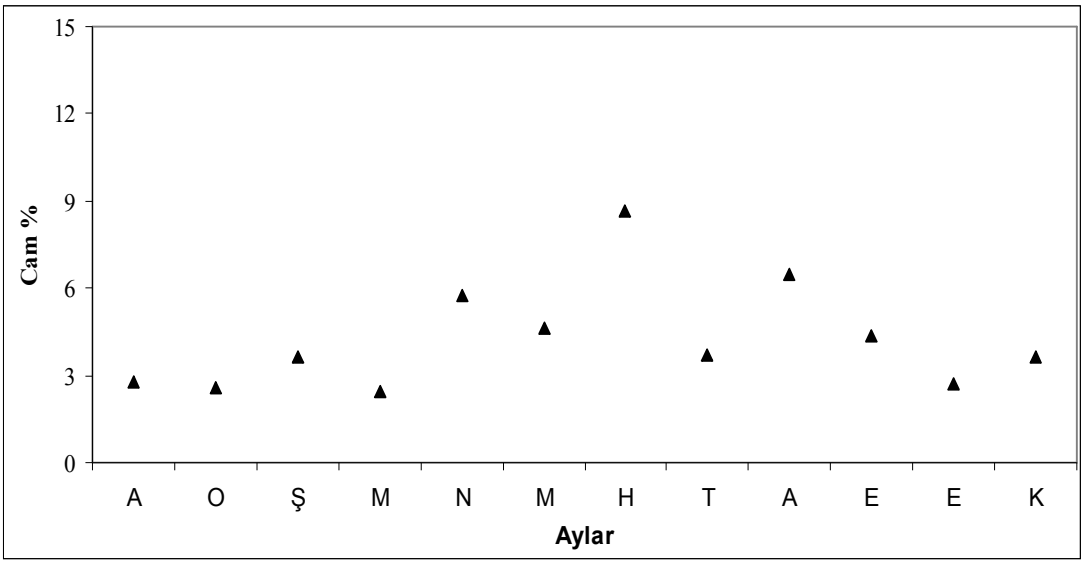


Şekil 4.21: Kompost Ürünündeki Bileşenlerin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi



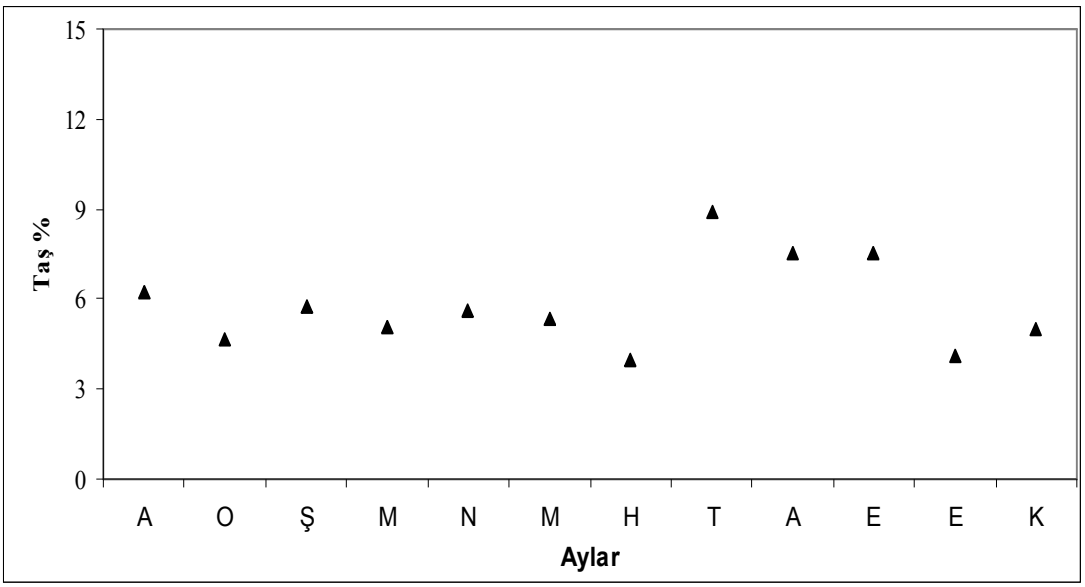
Şekil 4.22: Kompost Ürünündeki İnert Maddelerin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Atık kabul bölümündeki cam içeriği (Şekil 4.2) ile kompost ürünündeki cam oranı karşılaştırıldığında (Şekil 4.23), gelen atık cam içeriğindeki mevsimsel değişimlerin kompost ürününe yansıdığı görülmektedir. Kompost ürünü cam içeriği 12 aylık ortalaması % 4,20 olup, sıcak aylar olan ilkbahar-yaz aylarında artış görülmektedir.



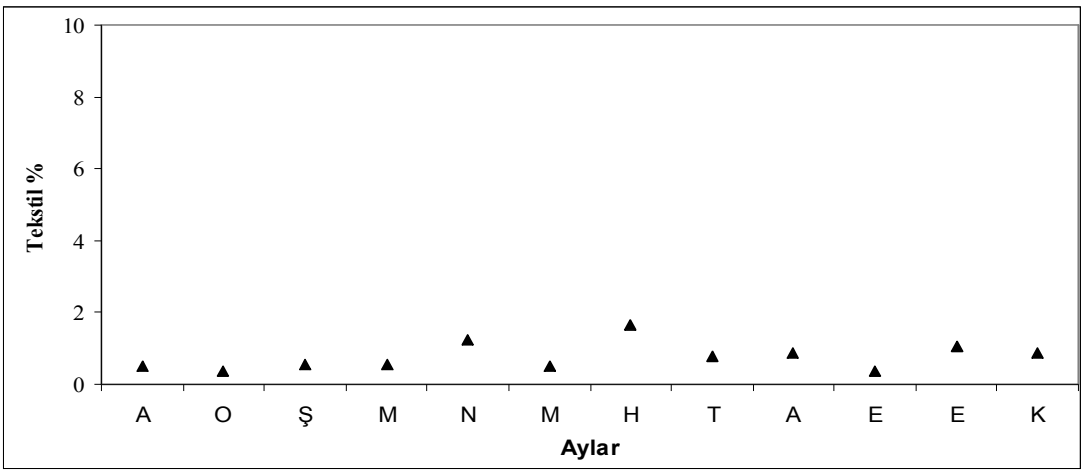
Şekil 4.23: Kompost Ürünündeki Camın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Kompost ürününde taş için yönetmeliklerde bir limit değer olmamasına rağmen kompost ürünü için estetik açıdan hoş olmayan bir durum teşkil etmektedir. Kompost ürünündeki taş tesise gelen atığa paralel olarak yaz aylarında artış göstermektedir(Şekil 4.24).



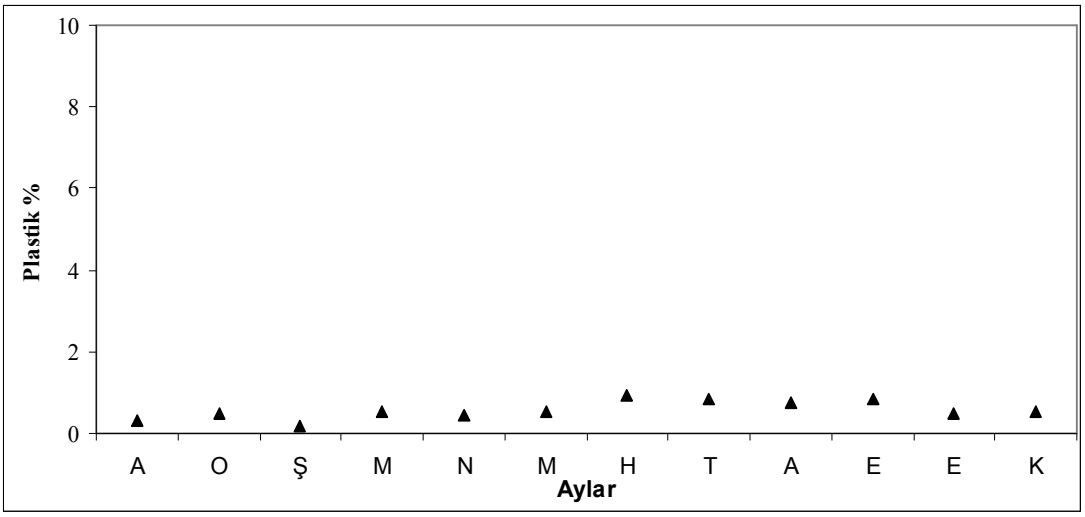
Şekil 4.24: Kompost Ürünündeki Taşın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Tekstil, kompostlaştırma tesisleri için problem oluşturan bir maddedir. Bununla birlikte çok farklı boyutlarda bulunduğundan eleklerden geçerek kompost ürününe yansımaktadır. Kompost içeriğindeki tekstilin 12 aylık ortalaması % 0,75'dir (Şekil 4.25). Özellikle ilkbahar-yaz mevsimi geçişinde üretime paralel olarak, tesise gelen katı atıkta buna bağlı olarak da kompost ürününde artış göstermektedir.



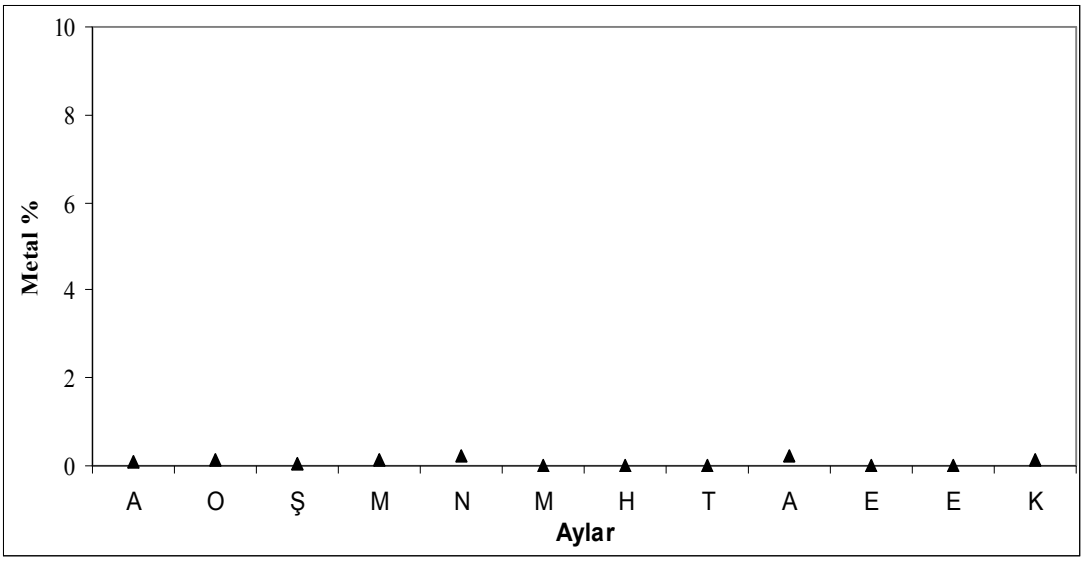
Şekil 4.25: Kompost Ürünündeki Tekstilin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Katı atık bileşenleri içinde plastik, önemli bir geri kazanım pazarına sahiptir. İstanbul'da kaynağında ayırma uygulamasının yaygınlaşması ile karışık kentsel atıktan üretilen kompost ürünü plastik muhtevasında önemli azalma olması muhtemeldir. Kompost içindeki plastik oranı 12 aylık ortalaması % 0,58'dir (Şekil 4.26). Tesiste Φ80 mm elek üstü malzemede plastik geri kazanımı olmakla birlikte, Φ80 mm eleklerden geçen plastikler kompostlaştırma prosesinde bozunmaya uğramadan elenmemiş olgun kompostta yerini almaktadır. Φ15 mm elekte de tutulamayanlar ince kompost ürününe yansımaktadır.



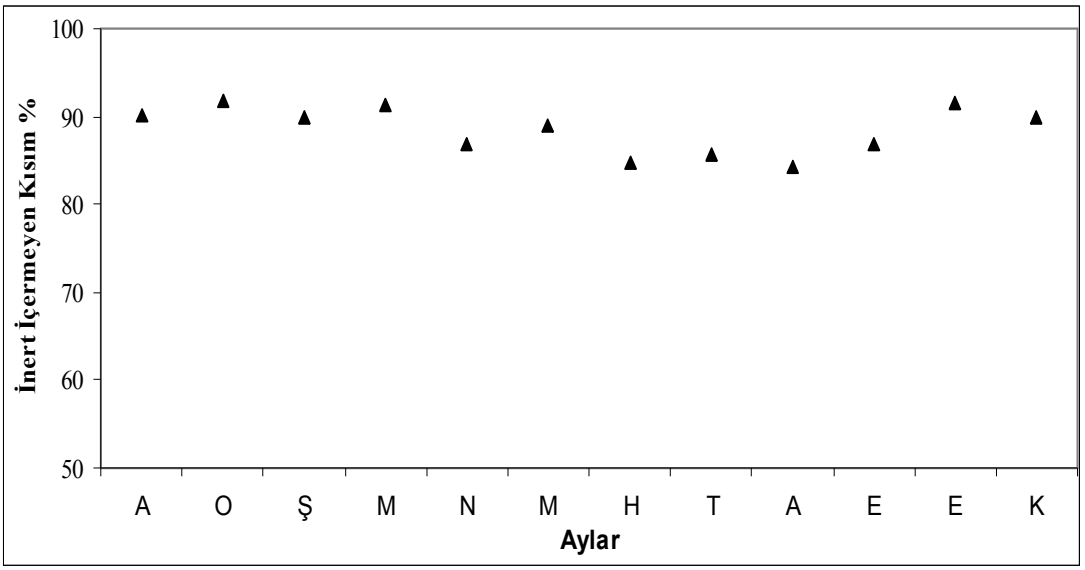
Şekil 4.26: Kompost Ürünündeki Plastiğin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Kompost ürünü metal içeriği oldukça düşük (12 aylık ortalaması % 0,08) olup, sorun teşkil etmemektedir (Şekil 4.27). Tesise gelen atıktaki metal içeriğinin düşük (% 1.3) olması ve Φ80 mm elek sonrasında manyetik ayırma ile metallerin kompostlaştırma prosesi öncesinde ayrılması kompost ürünündeki düşük metal seviyelerinin nedenidir.



Şekil 4.27: Kompost Ürünündeki Metalin 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

Elek analizleri sonucunda inert maddeler haricindeki kompost muhtevası Şekil 4.28'de verilmiştir. Bu değer ağırlıkça % 90 civarında olup karışık kentsel atık için iyi bir değerdir. Kaynağında ayırma ile bu değerin % 95'ler mertebesini geçeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.28: Kompost Ürünündeki İnert Madde İçermeyen Kısmın 12 Aylık Yüzdesel Değişimi

4.2.1. Kompost Ürününün İnert İçeriğinin Karşılaştırılması

İnert madde çalışmaları, TMECC-2002 standart metoduyla yapıldığından kuru numune üzerinden yapılmıştır. Çalışmalar sonunda elde edilen değerler Tablo 4.15'te verilmiştir. Bu değerler yaş ağırlığa çevrildiğinde, kompost ürünündeki inert madde oranı azalmakla birlikte hala yüksektir. Kuru ağırlık bazında kompost ürünündeki inert madde içerikleri cam % 5,40, tekstil % 0,75, plastik % 0,74 ve metal % 0,10 olmak üzere toplam ortalama ~% 7,0 civarında olup TKKY'de inert madde yüzdesi limiti olan % 2 nin üzerindedir.

İBB Kompostlaştırma Tesisi'nde üretilen kompost inert içeriği (Tablo 4.16), ABD deki karışık kentsel atık kompostlaştırma tesislerinden alınan 20 numunede yapılan inert analizleriyle (Tablo 4.17) **(William vd., 2005)** karşılaştırılmış olup, İBB Kompostlaştırma Tesisi kompost ürününün inert madde açısından oldukça iyi durumda olduğu söylenebilir. İBB kompost tesisi ürünü, ABD'deki karışık kompostlaştırma tesisleri ürününden daha düşük seviyede metal, plastik ve tekstil bileşenleri içerirken, cam bileşeni değerleri aynı seviyededir.

Tablo: 4.15: Nihai Ürün (Kompost) Elek Analiz Sonuçlarının 12 Aylık Ortalamaları (Kuru Olarak)

12 Aylık Ortalama	CAM	TAŞ	TEKSTİL	PLASTİK	METAL	KOMPOST	TOPLAM
< 2mm	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	46,28	**46,28**
2mm < --- < 4 mm	1,09	2,13	0,01	0,16	0,02	20,53	**23,95**
4mm < --- < 9,5 mm	3,34	4,89	0,29	0,47	0,06	16,93	**25,99**
9,5 mm < --- < 15 mm	0,96	0,33	0,45	0,11	0,02	1,93	**3,78**
TOPLAM	**5,40**	**7,34**	**0,75**	**0,74**	**0,10**	**85,67**	**100,00**

Tablo: 4.16: İBB Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi Kompost Ürünü İnert İçeriği

		Cam	Plastik	Metal	Tekstil	Toplam İnertler
-- < 15 mm	Min	2,98	0,25	0,00	0,37	4,38
	Max	10,64	1,23	0,27	1,56	5,15
	Ortalama	5,40	0,74	0,10	0,75	7,18
4 mm < - < 9,5 mm	Min	1,96	0,15	0,00	0,14	3,15
	Max	5,82	0,77	0,25	0,52	2,76
	Ortalama	3,34	0,47	0,06	0,29	4,17
< - < 4 mm	Min	1,05	0,03	0,00	0,00	0,90
	Max	0,77	0,38	0,10	0,05	1,2
	Ortalama	1,09	0,16	0,02	0,01	1,29
N (numune sayısı) : 12						

Tablo: 4.17: ABD' deki Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma Tesislerinden Alınan Kompost Numuneleri İnert İçeriği Sonuçları **(William vd., 2005)**

		Cam	Sert Plastik	Film Plastik	Toplam Plastik	Metal	Tekstil	Toplam İnertler
-- < 25 mm	Min	0,53	0,51	0,45	0,96	0,00	0,10	4,13
	Max	12,87	3,45	4,38	7,83	0,79	5,53	17,07
	Ortalama	5,20	1,84	2,05	3,89	0,18	1,70	10,96
4 mm < - < 10 mm	Min	0,38	0,59	0,30	0,89	0,00	0,07	2,59
	Max	6,95	1,30	2,11	3,41	0,15	4,33	9,43
	Ortalama	2,70	0,93	1,16	2,09	0,03	1,42	6,22
1 mm < - < 4 mm	Min	1,05	0,84	0,31	1,15	0,00	0,41	3,26
	Max	3,05	1,22	0,32	1,54	0,21	0,84	4,29
	Ortalama	2,05	1,03	0,32	1,35	0,11	0,63	3,78
N(numune Sayısı) : 20								

4.3. Cam Analizleri

Tesiste üretilen kompost ürünü içerisinde en yüksek inert madde % 5.4 ile camdır. Bu nedenle cam için rengine, kırılıp kırılmadığına göre ilave sınıflandırmalar yapılmıştır. Öncelikle, herbir atık profili çalışmasında numunelerden elde edilen cam renklerine göre analiz edilip hangi renk camın hangi yüzdeye sahip olduğu tesisin her bir farklı birimi için tespit edilmiş olup sonuçlar Tablo 4.18'de özetlenmiştir. Kompostlaştırma tesisine giren atık % 3,5 civarında cam içermekte, camın ~% 80'i Φ80 mm'lik elekten geçerek kompostlaştırmaya girmekte, % 20'si ise elek üstünde kalarak geri kazanma ünitesine gitmektedir. Tesise giren atıktaki camın % 30,9'u yeşil cam (genellikle maden suyu şişeleri), % 60,3'ü beyaz cam ve % 8,9'u ise kahverengi camdır. Tesise giren camın ~%60'ı, kompostlaştırmaya giren camın ise yaklaşık % 7'si kırılmamış formdadır.

Cam akışı incelendiğinde, tesise % 3,5 ile giren camın yaklaşık % 60 ının kırılmamış olduğu, elekler ve diğer süreçlerde bunların % 80'inin kırılarak eleklerden geçmek suretiyle kompostlaştırma prosesine gittiği görülmektedir. Kompostlaştırmaya tesise beslenen toplam atığın yaklaşık % 50'sinin eleklerden geçerek gittiği düşünüldüğünde, elek altındaki cam oranı % 4,21'e artmıştır.

Kompostlaştırmaya giren atıkta kırılmamış cam % 7 seviyelerinde olup, büyük bir kısmı (% 90'dan fazlası) kırılmış formda bulunmaktadır. Tesise giren camın % 80'inin Φ80 mm' lik elekten geçerek kompostlaştırmaya girmesi, ayrışabilir malzemede proseste yaklaşık % 50 civarında ağırlık azalması olması, camda ise biyolojik parçalanma olmamasından dolayı, kompost ürününde (Φ15 mm elek altı ve Φ15 mm elek üstü toplamı) cam muhtevasında artış görülmektedir. Cam içeriği son şartlandırma ünitesinde % 11,6 iken Φ15 mm elek üstünde % 19,0 ve nihai ürün olan ince kompost içerisinde % 5,4 seviyelerindedir.

Tablo 4.18: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı Her Bir Birime Ait Cam Analiz Sonuçları

Numune Alınan Bölüm	Atık Kabul Bölümü	Φ80 mm Elek Altı	Φ80 mm Elek Üstü Toplam	Geri Kazanım Sonrası	Son Şartlandırma	Φ15 mm Elek Üstü	Φ15 mm Elek Altı
	Toplam Cam İçindeki Yüzdelik						
Kırılmamış Yeşil Cam	27,84	3,79	33,55	14,12	33,55	0,00	0,00
Kırılmış Yeşil Cam	3,01	27,55	18,65	25,42	18,65	23,37	30,58
Yeşil Cam Toplam	**30,85**	**31,33**	**52,20**	**39,54**	**52,20**	**23,37**	30,58
Kırılmamış Kahverengi Cam	6,54	0,44	12,16	14,22	12,16	0,00	0,00
Kırılmış Kahverengi Cam	2,35	7,63	1,57	4,25	1,57	13,23	6,39
Kahverengi Cam Toplam	**8,89**	**8,07**	**13,73**	**18,47**	**13,73**	**13,23**	6,39
Kırılmamış Beyaz Cam	24,47	2,32	9,46	15,38	9,46	0,56	0,00
Kırılmış Beyaz Cam	35,79	58,28	24,62	26,61	24,62	62,83	63,04
Beyaz Cam Toplam	**60,26**	**60,60**	**34,08**	**41,99**	**34,08**	**63,40**	**63,04**
Toplam	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
Numune Cam İçeriği (%)	3,49	4,21	1,18	0,97	11,61	18,95	5,40

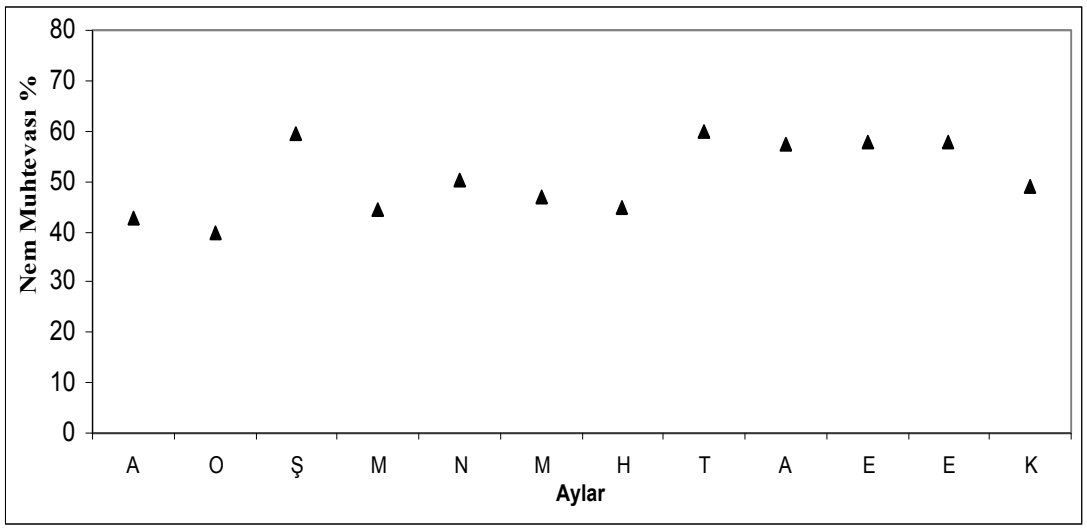
4.4. Diğer Analizler

Atık profili, elek analizi ve camda yapılan çalışmalara ilave olarak tesis ünitelerinde atıktaki fiziksel ve kimyasal değişimi belirlemek amacıyla nem muhtevası, yanma kaybı, pH ve elektrik iletkenliği analizleri yapılmıştır. Atık profili yapılan çalışmalarda temsil edici numuneler alınmış ve bu numunelerde yukarıda belirtilen analizler yapılarak, elde edilen sonuçlar Tablo 4.19 ve Tablo 4.20'de verilmiştir. Herbir parametreye ilişkin değerlendirmeler aşağıda açıklanmıştır.

4.4.1. Nem Muhtevası

Tesise gelen atığı temsil ettiğinden dolayı atık kabul bölümü ve tesiste üretilen nihai ürünü temsil ettiği için kompost numunelerine ait nem muhtevaları 12 aylık verileri grafikler halinde Şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir. Diğer ünitelere ait nem muhtevası grafikleri eklerde verilmiştir.

Atık kabul bölümünde nem muhtevası yıllık ortalama % 50,9'dur. Mevsime bağlı olarak, tesise gelen atıkların nem muhtevasında farklılıklar görülmektedir. Bununla birlikte nem muhtevasının yüksek olması beklenen kış aylarında, nem muhtevası nispeten düşük, düşük olması beklenen yaz aylarında ise yüksek nem muhtevası değerleri elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak atık profili çalışmasının yapıldığı 2007 yılı boyunca kış aylarında ciddi yağış görülmemesi, konteynır toplama sisteminin yaygınlaşması ve kapalı poşetlerin içine yağmurun girememesi ile yaz aylarında kavun, karpuz gibi su içeriği yüksek tüketimlerin fazla olması görülmektedir.



Şekil 4.29: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi

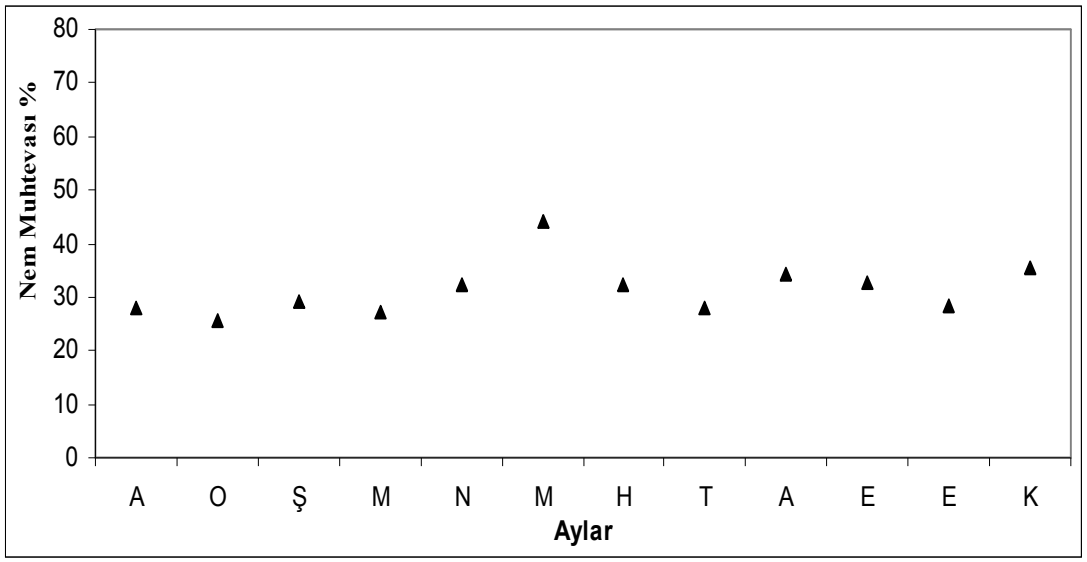
Tablo 4.19: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı İlk 4 Bölümün Diğer Analiz Sonuçları 12 Aylık Ortalamaları

	Atık Kabul Bölümü		**Φ80 mm Elek Altı**		**Φ80 mm Üstü Açık Poşet**		**Φ80 mm Üstü Kapalı Poşet**	
Parametreler	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.
Su Muhtevası	50,91	7,33	54,86	5,34	39,93	10,77	54,06	7,35
Yanma Kaybı	72,91	9,41	57,59	9,60	82,97	5,75	82,10	10,19
pH	6,58	0,50	6,61	0,48	6,80	0,33	6,10	0,88
E. İletkenliği	2912	593	3014	575	1897	477	2362	651

Tablo 4.20: Atık Profili Çalışmasının Yapıldığı Son 4 Bölümün Diğer Analiz Sonuçları 12 Aylık Ortalamaları

	Geri Kazanım Sonrası		**Son Şartlandırma**		**Φ15 mm Elek Üstü**		**Φ15 mm Elek Altı (Kompost)**	
Parametreler	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.	Ort.	Std Sap.
Su Muhtevası	46,93	7,62	29,13	3,23	27,37	6,23	31,48	5,01
Yanma Kaybı	86,05	3,40	50,89	4,55	58,60	8,04	44,89	4,59
pH	6,77	0,43	7,30	0,27	7,27	0,27	7,38	0,23
E. İletkenliği	2190	310	3297	317	3054	349	3313	447

Kompost numunelerinin nem muhtevası 12 aylık ortalama ile % 31,5'dir (Şekil 4.30.). Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde piyasaya sürülen kompostta bu değerin % 50'den düşük olması istenmektedir. Nem muhtevasının çok düşük değerlerde olması ise tozlaşmaya neden olmaktadır. Tesiste üretilen kompost ürünü nem muhtevası istenilene sevieyelerde olup, bir problem teşkil etmemektedir.

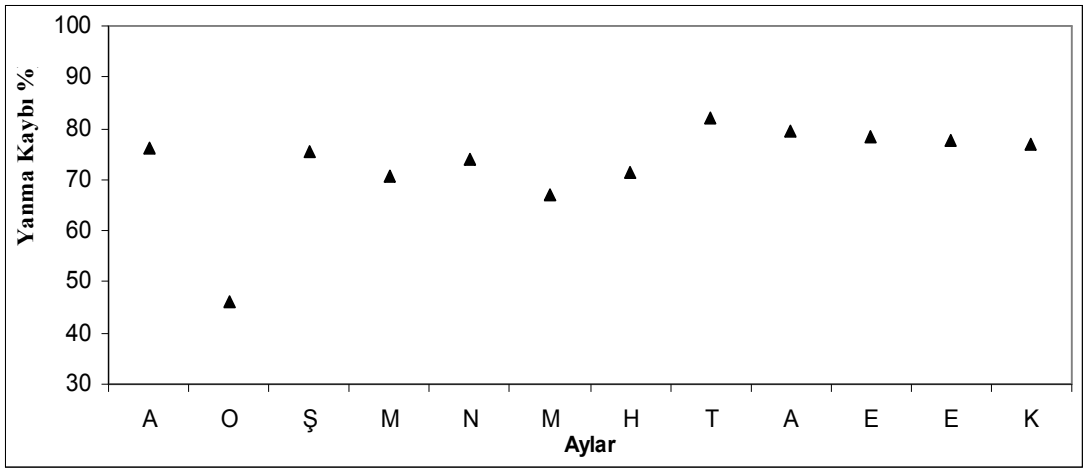


Şekil 4.30: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi

4.4.2. Yanma Kaybı

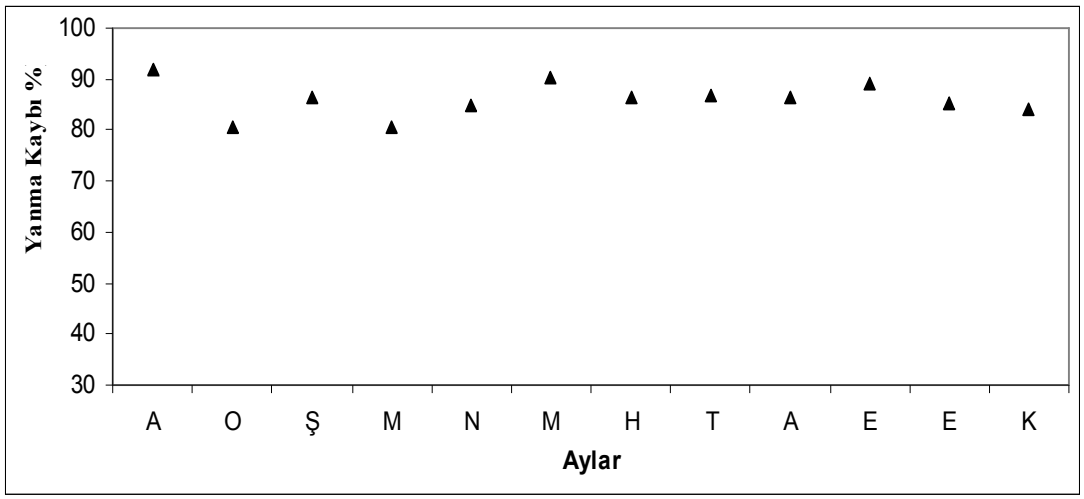
Tesise gelen atıktaki, kompost ürünündeki ve atıktan yakıt üretimi için düşünüldüğünden geri kazanma sonrasındaki numunelere ait yanma kaybı 12 aylık verileri sırasıyla Şekil 4.31, 4.32 ve 4.33'de gösterilmiş, diğer bölümlere ait grafikler ise eklerde verilmiştir.

Atık kabul bölümünde yanma kaybı ortalaması % 72,9 dur. Bu oran, yüksek olmamakla birlikte, tesise karışık kentsel atık geldiğinden beklenen bir değerdir. Ocak ayı numunesi yanma kaybı yaklaşık %45 civarında olup, diğer aylara göre oldukça düşüktür. Bu durumun, temsil edilci numune alınamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



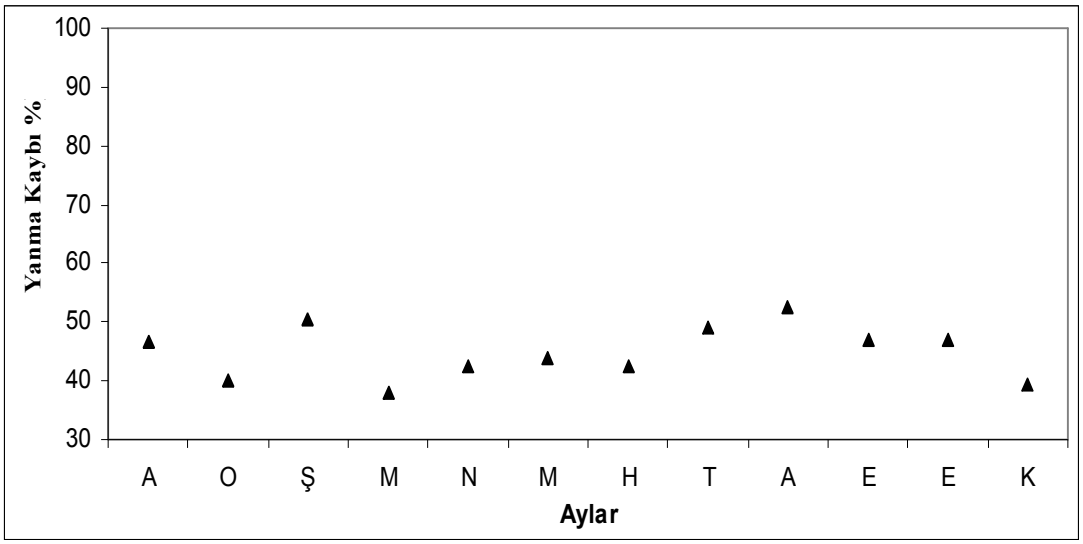
Şekil 4.31: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

Tesiste, geri kazanım sonrasında atıktaki yanma kaybı ortalaması % 86,1 olup, diğer ünitelerle karşılaştırıldığında bu bölümde en yüksektir (Şekil 4.32.). Yanma kaybı analizi 550 °C'de yapıldığından, atık yakma tesislerinde bu değerin % 90'ın üstüne çıkacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.32: Geri Kazanım Sonrası 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

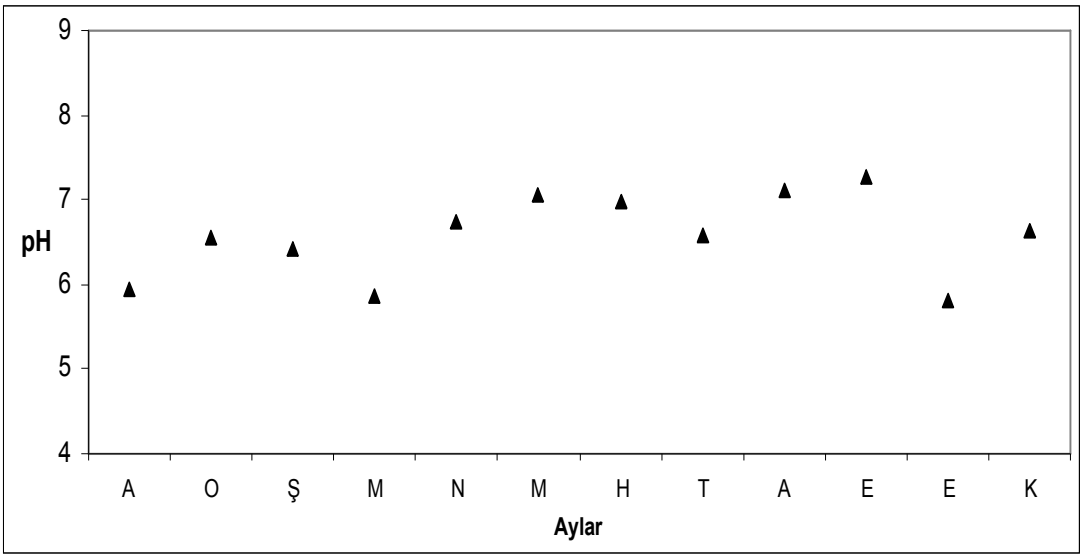
Tesise gelen atıktaki % 72.9 yanma kaybı, kompostlaştırma prosesine girişte % 60 seviyelerine azalmakta, kompost ürününde ise % 45 mertebesine düşmektedir (Şekil 4.33). Kompostlaştırma prosesinde, yanma kaybı yüksek organik atıkların, mikroroganizmalar vasıtaysıyla CO_2 ve suya dönüşmesi sonucu yanma kaybında yaklaşık % 25-30 civarında azalması gerçekleşmektedir. Toprak Kirliği Kontrolü Yönetmeliği'nde kompostun organik madde muhtevasının kuru maddenin en az % 35'i oranında olması istenmekte olup, tesiste elde edilen ürün için sözkonusu limitin sağlandığı görülmektedir. Kompost ürününde yanma kaybı yüksek kağıt, plastik gibi istenmeyen maddelerin artmasıyla yanma kaybı değeri de artış göstermektedir.



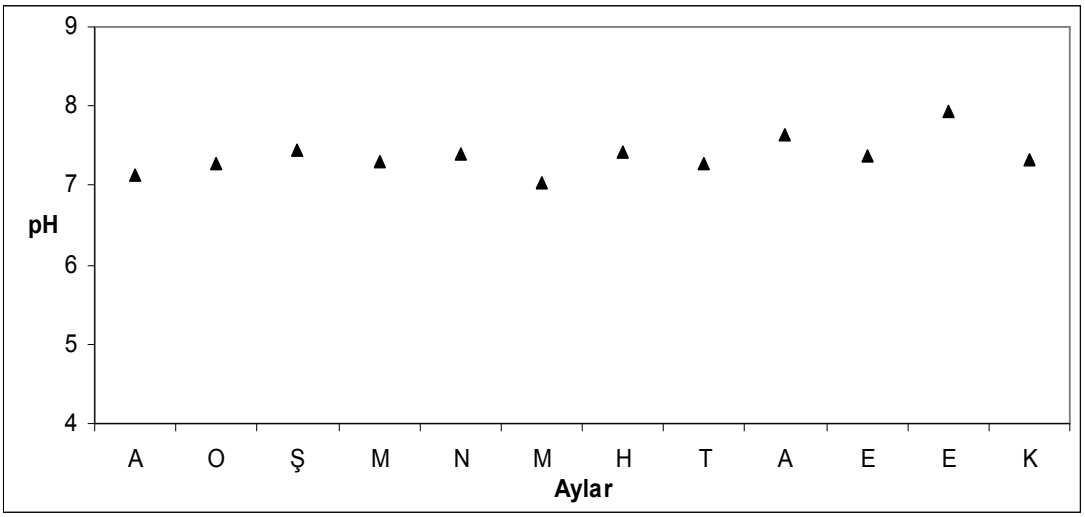
Şekil 4.33: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

4.4.3. pH

Tesise gelen atık, Φ80 mm elek altı (kompostlaştırmaya giren) ile kompost ürününe ait 12 aylık pH verileri sonuçları Şekil 4.34 ve 4.35'de diğer bölümlere ait grafikler ise eklerde verilmiştir. Tesiste, atık kabül bölümünde pH değeri 6-7 civarında olup, karışık evsel katı atıklar için literatürde verilen aralıktadır **(Tchobanoglous vd., 1993)**. Kompostlaştırma prosesinde pH değerleri, ilk birkaç günde asit oluşumu nedeniyle azalmakta, soğuma safhası süresince ise yükselerek ve kompost ürününde 7-8 seviyelerine ulaşmaktadır.



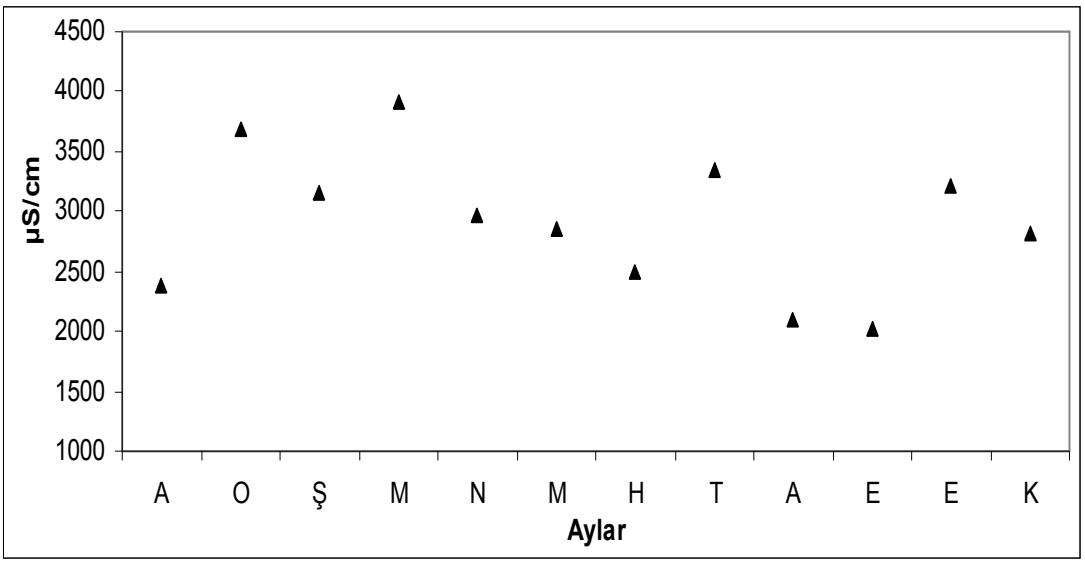
Şekil 4.34: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık pH Değişimi



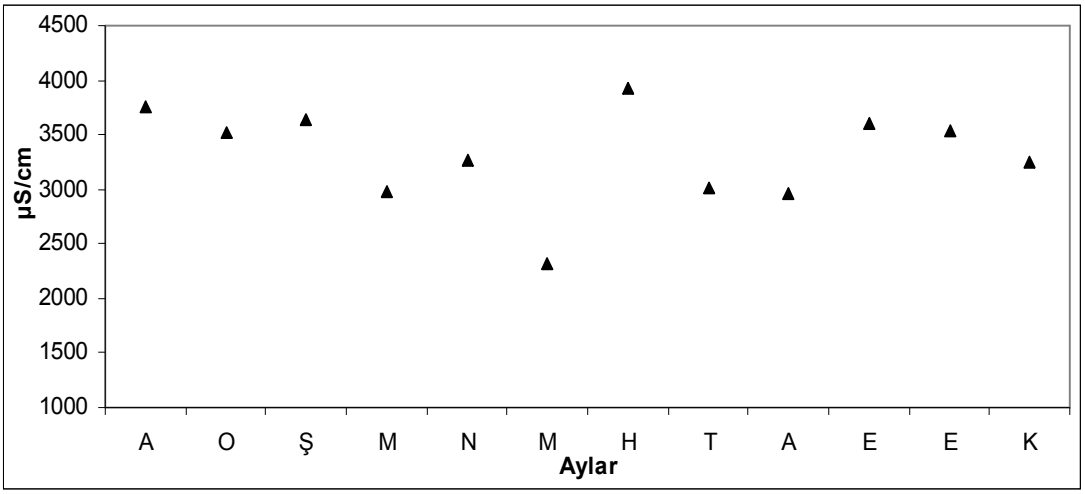
Şekil 4.35: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık pH Değişimi

4.4.4. Elektrik İletkenliği

Atık kabul bölümünde elektrik iletkenliği 2000 – 4000 µS/cm gibi geniş bir aralıkta değişirken, kompost ürününde (Mayıs ayı numunesi hariç) daha dar bir aralıkta (3000-4000 µS/cm) değişim göstermektedir (Şekil 4.36 ve Şekil 4.37.). Tesise gelen atıkta Ocak ila Mayıs ayları arasındaki kademeli azalma, kompost ürününde de paralellik göstermektedir.



Şekil 4.36: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



Şekil 4.37: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi

4.4.5. Depo Sahasında Örtü Toprağı Olarak Kullanılan Kaba Kompostun Ağır Metal İçeriği

Kompost tesisinde üretilen Φ15 mm elek üstü kaba kompost, İstanbul Odayeri Düzenli Depolama sahasında günlük örtü toprağı olarak kullanılmaktadır. Kaba komposta ait 2 numunede Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Ek 11-A'da belirtilen ağır metal parametreleri İSTAÇ AŞ. Çevre Laboratuvarı'nda ölçülmüş ve elde edilen sonuçların ortalamaları Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21: Φ15 mm Elek Üstü Malzeme Ölçüm Değerleri ve **TAKY** Atıkların Düzenli Depo Tesislerine Depolanabilme Kriterleri ile Karşılaştırması **(Ek 11-A., TAKY, 2005)**

Eluat Kriterleri L/S = 10 lt/kg	**Φ15 mm Elek Üstü Ağır Metal İçeriği (n=2) (mg/lt)**	**İnert Atık Olarak Muamele Görecek Atıklar (mg/lt)**	**Tehlikesiz Atık Olarak Muamele Görecek Atıklar (mg/lt)**	**Tehlikeli Atık Olarak Muamele Görecek Atıklar (mg/lt)**
As (Arsenik)	0,027	≤ 0.05	0,05–0,2	< 0,2–2,5
Ba (Baryum)	1,299	≤ 2	2–10	< 10–30
Cd (Kadmiyum)	0,002	≤ 0,004	0,004 – 0,1	< 0,1–0,5
Cr (Krom) Toplam	0,355	≤ 0,05	0,05–1	< 1 – 7
Cu (Bakır)	0,600	≤ 0,2	0,2 – 5	< 5 – 10
Hg (Civa)	< 0,001	≤ 0,001	0,001– 0,02	< 0,02– 0,2
Mo (molibden)	0,150	≤ 0,05	0,05 - 1	< 1 – 3
Ni (Nikel)	0,225	≤ 0,04	0,04 – 1	< 1 – 4
Pb(Kurşun)	0,185	≤ 0,05	0,05 – 1	< 1 – 5
Sb (Antimon)	0,015	≤ 0,006	0,006 -0,07	< 0,07 -0,5
Se(Selenyum)	< 0,01	≤ 0,01	0,01 – 0,05	< 0,05 – 0,7
Zn (Çinko)	2,955	≤ 0,4	0,4 -5	< 5 -20

Düzenli depolamada örtü toprağı olarak kullanılan Φ15 mm elek üstü kaba kompostta ölçülen ağır metallerin değelendirilmesinde, TKKY Ek 11-A "Atıkların Düzenli Depo Tesislerine Depolanabilme Kriterleri" açısından "Tehlikesiz atık olarak muamale görecek atıklar" olarak ifade edilen kategoriye girmektedir..

4.4.6. Nihai Ürün Kompost Ağır Metal Değerleri

İBB. Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde atık profili çalışması çerçevesinde kompost ürünü numuneleri Mart 2007-Şubat 2008 tarihleri arasında alınmıştır. Tesis park ve bahçelerde kullanılan kompost ürününde ağır metal değerleri Sabancı Üniversitesi (SÜ tarafından 3 aylık periyotlarla izlenmektedir. Atık profili çalışmasının yapıldığı Mart 2007-Şubat 2008 tarihleri arasında, SÜ tarafından 4 ayda (Nisan, Temmuz ve Ekim 2007 ve Ocak 2008) kompost ağır metal analizleri yapılmıştır. Sözkonusu tarihlerdeki kompost ürünü ağır metal sonuçları, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği "Arıtma çamurunda müsaade edilen limitleri" ile karşılaştırmalı olarak Tablo 4.22'de verilmiştir. Sonuç olarak, park ve bahçelerde kullanılan ince kompost ürünü metal içeriklerinde bir miktar mevsimsel salınım olmakla birlikte, ağır metal konsantrasyonları Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen limitlerin oldukça altındadır.

Tablo 4.22: İBB-İSTAÇ Tesislerinde Ocak 2007-Ekim 2007 Dönemlerinde Üretilen Kompost Materyalinin Toplam Mn, Cu, Zn, B, Cd, Pb, Ni, Cr, Co ve Hg Konsantrasyonları**(Öztürk vd., 2008)**

Ağır Metaller	Kompost Üretim Zamanı						TKKY Arıtma çamurunda müsaade edilen Sınır Değerler
	Nisan 2007	Temmuz 2007	Ekim 2007	Ocak 2008	Ortalama	Std Sapma	
	(mg / kg)						(mg/kg) Fırın Kuru Materyal
Mn	506,0	466,0	490,0	414,0	469,0	40,2	*
Cu	348,0	372,0	430,0	369,0	379,8	35,2	1750
Zn	780,0	715,0	757,0	557,0	702,3	100,5	4000
B	126,0	65,0	65,0	67,0	80,8	30,2	*
Cd	1,7	1,5	1,7	1,5	1,6	0,1	40
Pb	174,0	115,0	160,0	172,0	155,3	27,5	1200
Ni	71,0	60,0	72,0	58,0	65,3	7,3	400
Cr	161,0	120,0	186,0	298,0	191,3	76,2	1200
Co	12,4	10,7	9,7	9,5	10,6	1,3	*
Hg	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,1	25

*: İşaretli metaller için ilgili yönetmelikte toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek limitler bulunmamaktadır.

4.5. Kütle Dengesi

İBB Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde herbir ünitedeki 2007 yılına ait atık miktarları İSTAÇ A.Ş.'den temin edilerek kütle bazında ve yüzde olarak Tablo 4.23'de özetlenmiştir. 2007 yılında tesise 160159,4 ton atık gelmiş olup, bu atığın 27929,0 tonu olan % 17,4'ü kaba atıktan oluşmaktadır. Kaba atık, atık kabul bölümünde iş makineleriyle ayrılarak (tesiste prosese girmeden), doğrudan Odayeri Düzenli Depolama Sahası'na gönderilerek burada depolanmaktadır.

Kütle dengesi, hem tesise gelen atık hem de prosese beslenen atık (kaba atık başlangıçta ayrıldığından prosese girmemektedir) miktarları baz alınarak yapılmıştır. Tesise 2007 yılında beslenen atık miktarı 132230,4 ton olup, bu değer tesise gelen atığın % 82,6'sını oluşturmaktadır. Beslenen bu atığın 82243,1 tonu Φ80 mm elek altına geçmiş olup, bu değer beslenen atığın % 62,2'si iken tesise gelen atığın % 51,4'ünü oluşturmaktadır. Φ80 mm elek üstünde ise 49987,3 ton atık (tesise beslenen atığın % 37,8'i ve gelen atığın % 31,2'si) kalarak geri kazanım bölümüne aktarılmıştır.

Geri kazanım bölümünde geri kazanılan malzeme miktarı toplamı 5590,3 ton olup, bu değer beslenen atığın % 4,2 si ve tesise gelen atığın % 3,5'idir. Geri kazanılamayan 44397,0 ton atık (beslenen atığın 33,6'sı ve tesise gelen atığın 27,7'si) ise depolanmak üzere halihazırda Odayeri Düzenli Depolama Sahası'na gönderilmektedir. Bununla birlikte, yeni kurulan Atıktan Yakıt Tesisi'nin (RDF) işletmeye alınmasıyla bu atıklar çimento fabrikalarında yardımcı yakıt olarak kullanılacaktır.

Kompostlaştırma prosesine giden ve tesise beslenen atığın % 62,2'sini (beslenen atığın % 31,9'u) teşkil eden 82243,1 ton atık, biyolojik ayrışma sonucunda 42 196 650 tona düşerek tesise beslenen atığın % 31,9'una (gelen atığın % 26,4'üne) karşılık gelmektedir. Bu atığın Φ15 mm son eleğe tabi tutulmasıyla 16904,3 tonluk kısmı elek üstünde kalmakta (tesise beslenen atığın % 12,8'i ve gelen atığın % 10,6'sı) 25292,4 ton atık ise elek altına geçmektedir. Φ15 mm elek altı, kaliteli (ince) kompost olarak isimlendirilmekte olup, tesise beslenen atığın % 19,1'ini ve tesise gelen atığın % 15,8'ini oluşturmaktadır. Buna göre tesise beslenen her 100 kg atıktan yaklaşık 19.1 kg ince kompost ve 12.8 kg kaba kompost olmak üzere toplam 31.9 kg kompost elde edilmektedir.

Tablo 4.23: Tesise Gelen ve Beslenen Atık Tesis İçi Yüzde Akış Değerleri

	2007 Yılı Tesise Gelen Atık	Depolamaya Giden Kaba Atık	Tesise Beslenen Atık	Φ80 mm Elek Altı	Φ80 mm Elek Üstü	Geri Kazanım	Geri Kazanım Sonrası	Son Şartlandırma	Φ15 mm Elek Üstü	Φ15 mm Elek Altı
Ton	**160.159,3**	**27.929,0**	**132.230,4**	**82.243,1**	**49.987,3**	**5.590,3**	**44.397,0**	**42.196,7**	**16.904,3**	**25.292,4**
Tesise Beslenen Bazda (%)			100,00	62,20	37,80	4,23	33,58	31,91	12,78	19,13
Tesise Gelen Bazda (%)	100,00	17,44	82,56	51,35	31,21	3,49	27,72	26,35	10,55	15,79

Tesis ünitelerinde 2007 yılı atık miktarlarına ait kütle dengesi ve bu çalışma kapsamında yapılan 12 aylık atık profili verileri kullanılarak, tesise beslenen 100 kg atıkta herbir bileşen için kütle dengesi yapılmıştır (Tablo 4.24). Tablo 4.24 incelendiğinde kütle dengesinin bazı bileşenlerde tam olarak sağlanamadığı görülmekle birlikte, sonuçlar herbir bileşenin tesisteki akışını göstermesi açısından önemlidir. Atık profili çalışmasındaki numune sayısının artması halinde, kütle dengesi açısından daha iyi sonuçlar elde edilmesi mümkün olacaktır.

Tablo 4.24: Atık Profili Değerleri ile Tesise Beslenen 100 Kg Atık İçin Tesis İçi Kütlesel Akış Değerleri(Kg)

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Numune Alınan Bölüm	**Atık Kabul**	**Φ80 mm Elek Altı**	**Φ80 mm Elek Üstü**	**Geri Kazanım Sonrası**	**Son Şartlandırma**	**Φ15 mm Elek Üstü**	**Φ15 mm Elek Altı**
Malzemeler	**Birim**						
	Kg						
Kağıt - Karton	16,35	5,82	9,00	8,32	3,09	1,86	0,70
Cam	3,49	2,62	0,45	0,33	3,71	2,42	0,80
Pet	0,90	0,06	0,70	0,20			
Poşet	8,25	0,67	5,83	5,23	0,60	0,44	
Plastik	2,74	0,96	1,54	0,90	1,00	0,56	0,11
Çuval	0,11	0,00	0,43	0,12			
Alüminyum	0,24	0,18	0,26	0,12	0,02	0,03	
Diğer Metaller	1,04	0,25	0,83	0,22	0,39	0,10	0,02
Mutfak Atıkları	49,54	45,93	6,38	6,60	16,52	2,22	16,24
Çocuk Bezi	5,07	0,26	1,70	2,62	0,19	0,02	
Tahta	1,01	0,42	0,73	0,61	0,63	0,58	
Elk.-Elektro A.	0,18	0,00	0,07	0,02			
Pil-Akü	0,01	0,11	0,01	0,00	0,03	0,02	
Tekstil	4,63	2,44	5,94	5,66	2,08	1,55	0,14
Tetrapak	0,61	0,03	0,43	0,43	0,07	0,05	
Diğer Yanabilr	2,30	1,13	2,02	1,27	0,56	0,41	
Park-Bhç Atık.	0,67	0,00	0,20	0,26			
Taş	1,37	0,97	0,87	0,49	2,55	2,11	1,12
Kemik	0,85	0,33	0,42	0,18	0,42	0,24	
Diğer	0,65	0,00	0,00	0,00	0,07	0,16	

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'de bir karışık kentsel atık kompostlaştırma tesisinde ilk defa 12 aylık detaylı bir atık profili çıkarılarak mevsimsel değişikliklerin tesisteki farklı ünitelerdeki akışı belirlenmiş ve bunun kompost ürününe etkisi ortaya konmuştur. Çalışmanın sonuçları ve geliştirilen öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Tesise gelen karışık kentsel atıkta en büyük yüzdeyi mutfak atıkları (% 49,5) oluşturmaktadır. Bunu kağıt-karton (% 16,4), poşet ((% 8,3), çocuk bezi (% 5,1), tekstil (% 4,6), cam (% 3,5) ve plastik (% 2,7) takip etmektedir.

Tesise gelen atığın beslendiği Φ80 mm elekten, elek altına geçen kısımda en yüksek bileşenler mutfak atıkları (% 73,9), kağıt-karton (% 9,6), tekstil (% 3,9) ve cam (% 4,2) şeklindedir. Φ80 mm elek altında, tesise gelen atığa kıyasla mutfak atıkları değerlerinde (% 49,5'den % 73,9'a) ve sağlam camların elekteki bıçaklarla kırılması ile cam oranında (% 3,5'den % 4,21'e) ciddi artış görülmektedir. Elek altına geçen malzemede, kâğıt-karton, poşet, çocuk bezi tesise gelen atığa göre önemli ölçüde azalma gösterirken pet, plastik, tekstil değerlerinde azalma daha azdır.

Φ80 mm elek üstünde, dikkat çeken bileşenler kâğıt-karton (% 23,8), mutfak atıkları (% 16,9), tekstil atıkları (% 15,7) ve poşettir (% 15,4). Bunları plastik, çocuk bezi, diğer yanabilir ile taş izlemektedir. Kâğıt-karton, poşet ve tekstil büyük hacimli olması nedeniyle Φ80 mm lik elek üstünde, tesise gelen atığa nazaran artmış, cam ve mutfak atıkları ise azalmıştır.

Elek üstünde % 16 civarında kapalı poşet açılmadan kalmaktadır. Buna göre kompostlaştırma prosesine uygun, yaklaşık % 8 civarındaki mutfak atıkları, kapalı poşetler içinde kalarak proseste kullanılamadan düzenli depolamaya gönderilmektedir. Φ80 mm elek üstü açık poşetlerdeki malzeme ile birlikte mutfak atıklarında kayıp % 17'ye ulaşmaktadır.

Φ80 mm elek üstü malzeme içerisindeki plastik, metal, alüminyum vb. ekonomik değeri olan malzemeler geri kazanım ünitesinde ayrılmaktadır. Ayırmadan sonra

kalan ve halihazırda düzenli depolamaya gönderilen bu malzeme kâğıt-karton (% 24,8), mutfak atıkları (% 19,7), tekstil (% 16,9), poşet (% 15,6), çocuk bezi (% 7,8) ve diğer yanabilir (% 3,8) bileşenleri içermekte olup, yeni kurulan Atıktan Yakıt Tesisi'nin (RDF) işletmeye alınmasıyla çimento fabrikalarında yakıt olarak kullanılacaktır.

Φ80 mm elek altının beslendiği kompostlaştırma prosesinin nihai adımı olan son şartlandırma ünitesinde Φ15 mm den küçük malzemeler % 51,8 ile en büyük paya sahiptir. Bunun yanında kâğıt (% 9.7), cam (% 11.6), taş (% 8.0) ve tekstilin (% 6.5) de bulunduğu görülmektedir. Kompostlaştırma süresince yüksek sıcaklıklara rağmen, kâğıtların bir kısmının prosesten parçalanmadan çıkması dikkat çekmektedir. Ayrıca, tesise gelen atıkta % 3,5 olan cam, kompostlaştırma prosesinde organik atıklardaki ağırlık kaybından dolayı, proses sonunda (son şartlandırma) % 11,6 mertebesine yükselmektedir.

Son şartlandırma ünitesinden sonra Φ15 mm elekle eleme işlemi sonucunda elek üstünde kalan malzemede (kaba kompost) en yüksek bileşenler, materyalin tekrar elenmesiyle elde edilen Φ15 mm den küçük malzeme (% 23,4), cam (% 19,0), taş (% 16,5), kâğıt (% 14,6) ve tekstil (% 12,1) dir. Bunun yanı sıra poşet, plastik, tahta ve yanabilir malzemeler % 3-5 civarındadır.

Φ15 mm elek altında kalan malzemede (ince kompost), kompost bileşeni yaş ağırlık bazında % 88,5 ile en fazla orana sahiptir. İnert malzemelerden taş oranı %5,8, cam oranı % 4,2 olup, tekstil (% 0,8), plastik (% 0,6) ve metal (% 0,1) ise nispeten düşük seviyelerdedir. Cam, bahar ve yaz mevsimlerinde dikkate değer bir artış göstermiştir.

Kompost ürününde yapılan elek analizinde 2 mm altı, 2-4 mm aralığı, 4-9,5 mm aralığı ve 9,5-15 mm aralığındaki malzeme oranları sırasıyla % 47,61, % 24,05, % 24,81 ve % 3,53 olup, toplam inert madde yüzdeleri ise sırasıyla % ~0, % 1,02, % 3,34 ve % 1,26'dır.

Atık profili çalışmalarında nihai ürün olan kompost içerisinde en yüksek inert madde yüzdesine sahip olan cam için detaylı çalışmalar yapılmıştır. Buna göre kompostlaştırma tesisine giren atık % 3,5 civarında cam içermekte, camın ~% 80'i Φ80 mm'lik elekten geçerek kompostlaştırmaya girmekte, % 20'si ise elek üstünde kalarak geri kazanma ünitesine gitmektedir. Tesise giren atıktaki camın % 30,9'u yeşil cam (genellikle maden suyu şişeleri), % 60,3'ü beyaz cam ve % 8,9'u ise

kahverengi camdır. Tesise giren camın ~% 60' ı kırılmamış formda iken, Φ80 mm eleklerde bunun % 80'i kırılmakta ve kompostlaştırmaya giren camın sadece ~% 7'si kırılmamış formda kalmaktadır.

Tesis ünitelerinde nem muhtevası atık kabul bölümünde %50,9 ve kompost ürünününde %31,5 dir. Tesise gelen atıktaki % 72.9 yanma kaybı, kompostlaştırma prosesine girişte % 60 seviyelerine azalmakta, kompost ürününde ise % 45 mertebesine düşmektedir. Tesiste, atık kabül bölümünde pH seviyeleri 6-7 civarında iken, kompostlaştırma prosesine girişte önemli bir değişiklik olmamakta, proses esnasında ise yükselerek kompost ürününde 7-8 seviyelerine ulaşmaktadır. Atık kabul bölümünde elektrik iletkenliği 2000-4000 μS/cm gibi geniş bir aralıkta değişirken, kompost ürününde daha dar bir aralıkta (3000-4000 μS/cm) değişim göstermektedir.

Düzenli depolamada örtü toprağı olarak kullanılan Φ15 mm elek üstü kaba kompost ağır metal değerlerine göre, kaba kompost TAKY Ek-11A'da "Tehlikesiz atık olarak muamale görecek atıklar" olarak ifade edilen kategoriye girmektedir. Park ve bahçelerde kullanılan Φ15 mm kompost ürünü ağır metal seviyeleri ise, TKKY limitlerinin oldukça altındadır.

İBB Kompostlaştırma ve Geri Kazanım Tesisi'nde herbir ünitedeki 2007 yılına ait atık miktarları incelenmiş olup, tesise gelen atığın % 17,4'ünün kaba atık olduğu ve bu atığın doğrudan Odayeri Düzenli Depolama Sahası'na gönderildiği belirlenmiştir. Bu nedenle tesise beslenen atık miktarı, gelen atığın % 82,6'sıdır. Tesise beslenen atığın % 62,2'si Φ80 mm elek altına geçmekte, % 37,8'i ise Φ80 mm elek üstünde kalmaktadır. Geri kazanım bölümünde ayrılan madde miktarı beslenen atığın % 4,2'si olup, geri kazanılamayan kısım %33,6'sını oluşturmaktadır. Kompostlaştırma prosesine giden % 62,2 atık oranı, biyolojik ayrışma sonucunda % 31,9'a düşerek kompostlaştırma prosesinde yaklaşık % 50 civarında ağırlık kaybı olmaktadır. Φ15 mm elek üstü kaba kompost ve elek altı kaliteli (ince) kompost oranları beslenen atığın sırasıyla % 12,8 ve % 19,1'ini oluşturmaktadır. Buna göre tesise beslenen her 100 kg atıktan yaklaşık 19.1 kg ince kompost ve 12.8 kg kaba kompost olmak üzere toplam 31.9 kg kompost elde edilmektedir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre kompost ürünündeki inert madde içerikleri yaş ağırlık bazında cam % 4,2, tekstil % 0,8, plastik % 0,6 ve metal % 0,1 olmak üzere toplam ~% 5,6 civarındadır. Bu değer, TKKY'de inert madde yüzdesi limiti olan % 2 nin üzerinde olmakla birlikte ABD'deki karışık kompostlaştırma tesisleri kompost inert içeriğinden oldukça (özellikle metal, plastik ve tekstil açısından) düşüktür.

Kompost ürünündeki inert maddelerin uzaklaştırılması ile ilgili olarak gerek tesis girişinde ve/veya proses sonunda bazı giderim teknikleri olmasına rağmen, söz konusu maddelerin kolay ve verimli bir şekilde komposttan ayrılması oldukça zordur.

Kaliteli ve cam vb. yabancı madde içeriği çok düşük bir kompost ürünü elde etmek için, kompostlaştırmaya gelen atığın kalitesini yükseltmek (özellikle de kaynağında ayırma) gerekmektedir. Günümüzde ikili toplamaya henüz geçilememiş olması ile yönetmelikte belirtilen %2 lik değere ulaşmak oldukça zordur. İyi çalışan bir ikili toplama sistemiyle beraber bu limit değerlerin sağlanılacağı tahmin edilmektedir.

Üretilen kompost inert içeriği açısından en önemli sorun teşkil eden camın azaltılması ile ilgili olarak, mevcut durumda 3 farklı noktada camın ayrılması (elle veya mekanik olarak) gerçekleştirilebilir.

Tesis Girişinde (Atık Kabul Bölümü): Kırılmamış cam elle kolaylıkla ayrılabilmekte, kırılmış cam ise elle ayırmayı güçleştirmektedir. Tesise giren camın %60'ı kırılmamış formda olduğundan cam en verimli şekilde tesis girişinde ayrılabilir. Bu kısımda % 90 verimle (kırılmamış cam için) yapılacak bir ayırma ile üründeki cam oranı yaklaşık % 30 azaltılabilecektir. Bununla birlikte, tesis girişinde Φ80 mm'lik elekten önce ayırma yapmak için yeterli yer bulunmamaktadır.

Kompostlaştırmaya Girmeden Önce: Atıklar, Φ80 mm'lik elekten geçtikten sonrada camların ayrılması mümkündür. Tesiste bu kısımda bir ayırma için yer olmamakla birlikte, tesis yetkilileri cam miktarının yüksek olduğu yaz aylarında, Φ80 mm'lik elek altına geçen malzemeleri taşıyan bantta camların elle ayrılma işleminin yapıldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, Φ80 mm elek altındaki camın yaklaşık % 10'u kırılmamış cam olup, burada yapılacak % 50 verimli bir ayırma kompost ürünündeki cam oranını yaklaşık % 5 azaltabilecektir.

Kompost Ürününde: Mevcut teknolojiler incelendiğinde, kompost ürünündeki camın verimli bir şekilde ayrılmasının mümkün olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte komposttan, farklı çaplarda eleme ile farklı kalitede ürünler elde edilmesi mümkündür. Kompost ürünü içerisindeki yabancı maddelerin önemli bir kısmı Φ4 mm den büyüktür. Dolayısıyla kompost ürünü (<Φ15 mm elek altı) tekrar Φ4 mm'lik bir elekten elenebilirse, elenen ve kompost ürününün %70'lik kısmını oluşturabilecek çok kaliteli bir kompost (cam oranı, % 1.1) elde etmek mümkün olabilecektir. Elek üstü (4 mm ila Φ15 mm arası) ise farklı amaçlar için kullanılabilir.

Tesiste yapılabilecek cam ayırma ile ilgili olarak yukarıda belirtilen tekniklere ilaveten tesis girişinde yaklaşık % 30 oranına ulaşan maden suyu şişelerine depozito uygulaması getirilmesi de bir diğer seçenektir. Bu yolla kompost ürünündeki cam oranının yaklaşık % 20-25 civarında azaltılması mümkündür.

KAYNAKLAR

AB, 1999. Avrupa Birliği Komisyonu. *Düzenli Depolama Direktifi*, 99/31/EC.

ASTM, 2003. Standards Test Methods for Determination of The Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste, D 5231-92.

Barth J., 1999. An Estimation of European Compost Production-Sources, Quantities and Qualities and Use. In Compost Workshop Proceedings, Federal Ministry fort he Environment, Vienna, Austria.

Buenrostro O., Bocco G., Cram S., 2001. "Classification of Sources of Municipal Solid Wastes in Developing Countries", Resources, Conservation and Recycling, **32,** 29-34

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007. İnternet Sitesi "Katı Atıklar", ***http:// www.cevreorman.gov.tr/atik01.htm***

ENVEST, 2005a. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması için Teknik Yardım Projesi - EHCIP. *Düzenli Depolama Direktifi Direktife Özgü Yatırım Planı*.

Ergun O.N., 2002, "Katı Atık Yönetimi", Ders Notları, Ondokuzmayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Samsun

Erses S., Onay T.T., 2003. In Situ Heavy Metal Attenuation in Landfills Under Methanogenic Conditions, *Journal Of Hazardous Materials,* **B 99,** 159–175

Fricke, K., and H., Vogtmann, 1994, Compost Quality: Physical Characteristics. Nutrient Content, Heavy Metals and Organic Chemicals, *Toxicological and Environmental Chemistry*, **Vol 43,** 95-114.

Hakimoğlu B.M., 2006. Katı Atıkların Manyetik Alan Etkisi ile Ayrıştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi

Hristovski K., Olson L., Hild, N., Peterson D., Burge S., 2006, The Municipal Solid Waste System and solid waste characterization at the Municipality of Veles, *Solid Waste Management* **34,** 1-10

İSTAÇ A.Ş., 2007, İnternet Sitesi, "http://www.istac.com.tr"

Kanat, G., Demir A., Özkaya B., Bilgili M.S., 2006. Addressing the operational problems in a composting and recycling plant. *Waste Management* **26,** 1384-1391.

Kim H., 2005. Comparative Studies of Aerobic and Anaerobic Landfills Using Simulated Landfill Lysimeters, *Ph.D. Thesis*, University of Florida, USA.

Kocasoy G., 1996. Atıksu Arıtma Çamuru ve Katı Atık ve Kompost Örneklerinin Analiz Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi**,** İstanbul

Mata Alvarez, J. Mace S. ve Llabres P., 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, **74,** 1, 3-16.

Methodenbuch zur Analyse von Kompost, 1994, "Bundesgütegemeinschaft Kompost", e.v., (Murat KUBATOĞLU Tarafından Tercüme, İSTAÇ A.Ş.).

MİMKO, 2006a Mimko Mühendislik İmalat Müşavirlik Koordinasyon ve Ticaret A.Ş. (2006). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. *Katı Atık Ana Planı Projesi 1. Ara Rapor*.

Öztürk, İ. 2001. Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul

Öztürk, İ. vd., 2005. Türkiye'nin AB ile Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Master Planı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Öztürk İ,. vd., 2008. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Kompost Tesisinde Üretilen Kompostun Bitki Yetiştiriciliğinde ve Çim Sahalarda Gübre Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Tübitak Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (1007), Proje Gelişme Raporu, İstanbul, Türkiye

Öztürk, İ., Arıkan, O.A., Baştürk, A., Tüylüoğlu, B.S. ve Öztürk, M., (1997). İstanbul'un Katı Atık Yönetimi, *Çevre ve Toplum Sempozyumu*, 12-13 Nisan, İstanbul.

Sezer, K., 2005. AB Direktifleri Doğrultusunda Adapazarı Büyük Şehir Belediyesi İçin Entegre Katı Atık Yönetimi, *Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Şener, İ., 2008. Kişisel Görüşme.

Tchobanoglous G., Theısen H., Vıgıl S.A., 1993, Integrated Solid Waste Management, Mc-Graw-Hıll, International Editions, Civil Engineering Series.

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005. 14.03.2005 Tarih ve 25755 Sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara

The Composting Council of Canada, 2002. *The Composting Process: Fundamental Processes*

Tınmaz, E., 2002. Çorlu İlçesi İçin Entegre Katı Atık Yönetim Araştırması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi

TMECC., 2002. Laboratory Sample Preparation. "*Man Made Inert Removal and Classification"* US Composting Council & USDA

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2005. 31.05.2005 Tarih ve 25831 Sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

US Composting Council, 2003, *STA Test Parameters*, available at: http://tmecc.org/sta/compost_attributes.html.

Varank G., 2006. Aerobik Olarak Stabilize Edilmiş Katı Atıklar ile Kompost Ürününün Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi

William F., Brinton Jr., 2005. Characterization of Man-made Foreign Matter And Its Presence in Multiple Size Fractions From Mixed Waste Composting. *Compost Science&Utilization, **Vol. 13, No:4,** 274-280*

EKLER

İlgili bölümlere ait ekler aşağıda verilmiştir.

Tablo A.1: Atık Kabul Bölümü Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt – Karton	11,73	15,74	19,76	10,72	10,74	21,53	18,83	15,59	23,16	17,34	15,34	15,79	**16,35**	4,03
Cam	1,56	2,74	1,81	2,01	2,28	2,86	8,68	4,27	4,76	2,25	4,55	4,07	**3,49**	1,98
Pet	0,65	0,60	1,57	0,56	0,51	0,82	0,67	0,49	1,24	1,80	1,57	0,37	**0,90**	0,50
Poşet	6,69	10,26	9,50	6,67	6,85	10,10	6,14	8,04	9,31	8,33	8,83	8,22	**8,25**	1,41
Plastik	2,70	3,78	3,03	1,51	2,45	2,65	2,80	2,30	4,96	1,13	2,87	2,68	**2,74**	0,98
Çuval	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,65	**0,11**	0,21
Aluminyum	0,00	0,00	0,35	0,12	0,08	0,31	0,27	0,08	0,41	0,11	0,92	0,19	**0,24**	0,25
Diğer Metaller	0,08	3,06	0,35	0,97	0,34	0,71	2,54	0,66	0,41	0,68	2,04	0,67	**1,04**	0,96
Mutfak Atıkları	56,72	53,44	48,54	55,12	64,41	38,47	40,59	46,76	39,71	47,97	47,53	55,19	**49,54**	7,78
Çocuk Bezi	5,13	4,03	4,55	5,49	3,55	4,59	8,14	4,10	3,72	11,26	2,13	4,17	**5,07**	2,41
Tahta	0,00	0,00	0,87	0,74	0,25	1,73	1,60	1,15	3,10	0,68	1,20	0,78	**1,01**	0,86
Elk.-Elektronik A.	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	1,02	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,18**	0,39
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	**0,01**	0,03
Tekstil	5,02	3,16	3,38	4,49	3,55	9,59	3,74	5,25	4,76	5,18	3,25	4,21	**4,63**	1,74
Tetrapak	0,89	1,00	0,70	0,77	0,59	0,31	0,40	0,49	0,62	0,23	1,05	0,29	**0,61**	0,28
Diğer Yanabilir	1,35	1,97	1,40	2,33	2,28	1,63	3,20	3,94	1,45	2,48	4,36	1,25	**2,30**	1,04
Park ve Bahçe A.	1,39	0,00	4,20	0,92	0,08	0,61	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,67**	1,21
Taş	1,35	0,22	0,00	0,41	1,10	2,96	1,34	5,91	0,83	0,23	1,57	0,52	**1,37**	1,64
Kemik	4,66	0,00	0,00	0,15	0,85	0,10	0,27	0,00	0,41	0,00	2,79	0,95	**0,85**	1,44
Diğer	0,00	0,00	0,00	6,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	**0,65**	1,94
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0,00

Tablo A.2: Φ80 mm Elek Altı Bölümü Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	6,65	9,52	5,94	6,98	9,11	13,24	8,66	14,44	9,53	4,17	10,23	13,75	**9,35**	3,21
Cam	3,71	3,78	1,33	2,28	2,98	5,02	6,27	6,30	4,11	6,78	4,81	3,13	**4,21**	1,69
Pet	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,19	0,16	0,00	0,00	0,00	**0,10**	0,17
Poşet	0,58	1,03	0,75	0,56	0,08	1,20	0,75	1,11	2,14	1,81	2,41	0,55	**1,08**	0,70
Plastik	1,46	2,98	0,53	0,56	0,83	1,71	1,64	1,11	1,64	2,09	2,71	1,27	**1,54**	0,77
Çuval	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Aluminyum	0,64	0,00	0,09	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,16	1,83	0,00	0,61	**0,29**	0,54
Diğer Metaller	0,18	0,00	0,22	0,12	0,08	0,90	0,30	0,19	0,49	1,91	0,00	0,42	**0,40**	0,54
Mutfak Atıkları	76,96	69,37	89,19	85,40	81,13	71,21	71,49	64,44	72,94	66,53	64,66	72,86	**73,85**	7,93
Çocuk Bezi	0,24	0,75	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,19	0,99	1,90	0,00	0,79	**0,43**	0,59
Tahta	0,00	0,00	0,04	0,03	0,66	0,60	0,30	1,48	0,82	1,86	1,80	0,55	**0,68**	0,69
Elk.-Elektronik A.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Pil-Akü	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	1,90	0,00	0,00	**0,17**	0,55
Tekstil	2,74	4,96	0,80	2,28	1,66	3,01	6,27	7,41	3,20	2,96	8,42	3,45	**3,93**	2,34
Tetrapak	0,00	0,00	0,04	0,06	0,00	0,20	0,15	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,05**	0,08
Diğer Yanabilir	1,20	7,31	1,02	1,17	0,83	0,80	1,49	1,48	0,66	1,90	2,41	1,58	**1,82**	1,80
Park ve Bahçe A.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Taş	2,12	0,30	0,04	0,31	2,65	1,60	2,09	1,48	2,96	2,44	2,56	0,24	**1,57**	1,07
Kemik	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,45	0,00	0,11	1,90	0,00	0,79	**0,53**	0,93
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

Tablo A.3: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Açık Poşet Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	28,48	24,67	31,42	17,03	25,11	30,42	34,13	25,32	27,22	26,26	21,83	18,30	**25,85**	5,07
Cam	0,00	0,89	0,67	0,00	0,22	0,00	0,08	0,47	1,51	2,78	3,93	0,32	**0,91**	1,25
Pet	1,92	1,99	0,53	1,65	1,08	2,29	2,88	1,41	2,65	3,48	3,30	1,03	**2,02**	0,93
Poşet	14,00	20,33	12,91	20,33	13,85	17,34	13,57	17,82	6,05	18,09	14,75	22,84	**15,99**	4,46
Plastik	3,24	6,09	2,66	4,12	1,95	3,93	5,76	7,50	4,91	3,83	3,93	4,64	**4,38**	1,53
Çuval	0,00	3,95	0,00	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	2,78	1,64	2,73	**1,05**	1,43
Aluminyum	1,39	1,28	0,01	0,55	0,65	0,72	0,82	0,23	0,95	1,74	0,00	0,32	**0,72**	0,55
Diğer Metaller	3,27	3,67	0,67	1,65	0,87	1,64	1,23	2,81	8,70	1,04	0,00	1,96	**2,29**	2,29
Mutfak Atıkları	18,40	15,56	9,72	4,40	17,53	5,56	4,52	10,32	10,21	8,87	14,75	7,69	**10,63**	4,90
Çocuk Bezi	3,69	6,27	9,85	2,20	4,11	1,96	2,47	3,28	4,91	3,48	7,26	5,40	**4,57**	2,33
Tahta	2,14	0,21	0,13	2,47	0,22	0,33	3,70	5,63	3,78	2,78	1,84	2,53	**2,15**	1,73
Elk.-Elektronik A.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	**0,18**	0,50
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Tekstil	18,85	10,43	12,78	20,60	13,42	27,48	19,33	21,57	17,01	15,83	15,59	26,72	**18,30**	5,26
Tetrapak	1,43	0,39	2,66	1,65	0,22	0,33	1,23	0,35	1,51	1,91	2,68	0,76	**1,26**	0,88
Diğer Yanabilir	1,66	3,13	4,39	18,96	1,30	2,78	5,35	2,81	8,70	5,91	8,51	3,17	**5,55**	4,86
Park ve Bahçe A.	0,00	0,21	0,00	0,82	1,30	0,33	4,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,60**	1,30
Taş	1,54	0,93	9,59	0,82	9,52	4,58	0,00	0,00	1,89	1,22	0,00	0,00	**2,51**	3,53
Kemik	0,00	0,00	2,00	2,75	5,41	0,33	0,41	0,47	0,00	0,00	0,00	1,20	**1,05**	1,64
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

Tablo A.4: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Kapalı Poşet Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	6,76	21,13	10,64	8,11	2,26	23,46	16,90	12,99	4,35	9,87	15,02	12,49	**12,00**	6,41
Cam	5,96	3,02	3,67	2,70	4,52	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64	4,69	4,88	**2,59**	2,21
Pet	1,39	1,81	0,00	1,35	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	1,64	1,88	0,79	**0,83**	0,79
Poşet	8,95	13,48	9,91	12,16	18,10	14,53	16,90	17,32	17,39	8,22	14,08	13,51	**13,71**	3,39
Plastik	1,79	3,22	2,57	2,70	0,45	3,35	0,00	8,66	0,00	0,82	2,82	1,02	**2,28**	2,35
Çuval	5,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,45	0,00	0,00	3,29	0,00	1,82	**1,63**	2,85
Aluminyum	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	2,47	0,00	0,00	**0,31**	0,72
Diğer Metaller	12,33	0,60	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	0,00	0,00	0,47	0,34	**1,34**	3,51
Mutfak Atıkları	34,79	49,50	72,29	45,95	72,40	48,04	25,35	47,62	69,57	36,18	44,13	56,53	**50,20**	15,12
Çocuk Bezi	16,90	0,00	0,00	10,81	0,00	5,59	8,45	0,00	0,00	4,93	2,82	0,34	**4,15**	5,48
Tahta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	0,00	0,00	3,29	0,00	0,00	**0,51**	1,19
Elk.-Elektronik A.	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,12**	0,41
Pil-Akü	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,45	**0,12**	0,23
Tekstil	1,39	4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	1,41	2,16	4,35	3,29	8,45	1,48	**2,25**	2,54
Tetrapak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	4,33	0,00	0,82	0,94	1,59	**0,73**	1,27
Diğer Yanabilir	3,18	0,80	0,00	4,05	2,26	1,12	19,72	4,33	4,35	9,87	4,69	4,77	**4,93**	5,31
Park ve Bahçe A.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Taş	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,16	0,00	0,00	**1,15**	3,79
Kemik	0,00	0,00	0,00	12,16	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	**1,15**	3,49
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

Tablo A.5: Φ80 mm Elek Üstü Bölümü Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	25,02	24,14	25,89	15,53	24,07	28,85	31,93	24,12	25,39	23,40	20,19	17,26	**23,82**	4,52
Cam	0,95	1,21	1,47	0,46	0,41	0,00	0,07	0,42	1,39	2,58	4,11	1,13	**1,18**	1,17
Pet	1,83	1,97	0,39	1,60	1,03	2,02	2,51	1,27	2,43	3,16	2,96	0,99	**1,85**	0,84
Poşet	13,19	19,30	12,11	18,95	14,05	16,70	13,99	17,77	6,96	16,37	14,59	21,18	**15,43**	3,82
Plastik	3,01	5,66	2,64	3,88	1,88	3,80	5,02	7,62	4,52	3,30	3,66	4,00	**4,08**	1,51
Çuval	0,95	3,36	0,00	0,00	1,45	0,00	1,08	0,00	0,00	2,87	1,24	2,56	**1,13**	1,23
Aluminyum	1,17	1,09	0,21	0,46	0,62	0,68	0,72	0,21	0,87	1,87	0,00	0,26	**0,68**	0,52
Diğer Metaller	4,71	3,21	0,54	1,37	0,83	1,27	1,08	2,75	8,00	0,86	0,11	1,68	**2,20**	2,24
Mutfak Atıkları	21,01	20,66	26,38	11,42	20,04	15,18	7,18	13,96	14,96	13,64	21,82	16,37	**16,88**	5,27
Çocuk Bezi	5,79	5,32	7,23	3,65	3,92	2,78	3,23	2,96	4,52	3,73	6,19	4,50	**4,49**	1,39
Tahta	1,80	0,18	0,10	2,05	0,21	0,25	3,59	5,08	3,48	2,87	1,40	2,08	**1,92**	1,61
Elk.-Elektronik A.	0,00	0,21	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	**0,18**	0,47
Pil-Akü	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	**0,02**	0,03
Tekstil	16,07	9,53	9,38	17,12	12,81	21,26	17,04	19,67	16,00	13,64	13,87	22,23	**15,72**	4,13
Tetrapak	1,20	0,33	1,95	1,37	0,21	0,51	1,08	0,74	1,39	1,72	2,26	0,91	**1,14**	0,64
Diğer Yanabilir	1,90	2,78	3,22	16,44	1,34	2,40	7,18	2,96	8,35	6,60	7,59	3,45	**5,35**	4,25
Park ve Bahçe A.	0,00	0,18	0,00	0,68	1,24	0,25	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,53**	1,14
Taş	1,30	0,88	7,03	0,68	9,09	3,54	0,00	0,00	1,74	3,30	0,00	0,00	**2,30**	2,99
Kemik	0,00	0,00	1,47	4,34	5,16	0,51	0,36	0,42	0,00	0,09	0,00	0,99	**1,11**	1,77
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

Tablo A.6: Geri Kazanım Sonrası Bölüm Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Kağıt - Karton	20,66	28,88	38,03	22,34	22,78	30,88	26,02	34,99	1,15	27,04	23,68	20,90	**24,78**	9,25
Cam	0,75	2,34	0,35	0,51	2,16	0,29	0,00	0,43	1,54	0,16	2,63	0,49	**0,97**	0,93
Pet	0,83	0,73	1,06	0,00	0,46	0,29	0,00	0,43	1,54	0,26	1,13	0,44	**0,60**	0,47
Poşet	14,91	17,12	17,25	15,52	17,08	12,06	13,78	9,07	21,54	15,60	12,78	20,36	**15,59**	3,47
Plastik	1,85	3,26	4,93	2,22	1,82	1,91	3,06	3,89	2,31	1,04	3,01	3,00	**2,69**	1,06
Çuval	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,59	1,53	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	**0,34**	0,59
Aluminyum	1,04	0,23	0,70	0,09	0,11	0,29	0,51	0,00	0,38	0,78	0,00	0,31	**0,37**	0,33
Diğer Metaller	1,15	0,38	0,35	0,34	0,91	0,59	1,53	0,86	0,38	0,00	1,13	0,23	**0,66**	0,46
Mutfak Atıkları	21,41	11,41	10,56	33,25	29,38	19,71	20,41	20,30	16,15	19,24	17,29	16,85	**19,67**	6,47
Çocuk Bezi	8,73	8,81	1,41	7,16	5,92	11,47	6,12	4,75	11,54	7,28	9,77	10,55	**7,79**	2,98
Tahta	1,02	0,38	3,87	0,00	2,16	3,24	1,02	2,16	1,92	0,52	2,26	3,25	**1,82**	1,25
Elk.-Elektronik A.	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,07**	0,25
Pil-Akü	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Tekstil	17,26	18,08	13,38	17,22	12,07	14,12	16,33	15,55	29,23	18,72	13,91	16,39	**16,86**	4,39
Tetrapak	1,31	1,53	1,41	1,19	0,00	1,47	2,04	1,30	1,15	1,56	2,26	0,00	**1,27**	0,68
Diğer Yanabilir	1,42	4,37	6,69	0,17	1,37	2,94	5,61	3,89	2,31	6,24	5,83	4,38	**3,77**	2,13
Park ve Bahçe A.	1,18	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	1,53	0,22	5,77	0,52	0,00	0,00	**0,78**	1,65
Taş	5,59	0,31	0,00	0,00	3,19	0,00	0,00	2,16	1,15	0,00	3,38	1,59	**1,45**	1,82
Kemik	0,00	2,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,51	0,00	0,38	1,04	0,94	1,26	**0,54**	0,69
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**	0,00
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

Tablo A.7: Son Şartlandırma Bölümü Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Poşet	1,58	0,55	1,59	1,60	1,61	3,80	1,24	5,41	2,89	0,57	1,00	0,61	**1,87**	1,47
Kağıt	12,44	12,80	2,67	6,94	6,73	8,30	5,96	10,40	4,78	10,06	14,92	20,08	**9,67**	4,85
Plastik	4,93	2,04	1,74	4,38	2,53	4,86	2,83	0,74	4,17	2,34	5,21	1,74	**3,13**	1,51
Cam	10,71	13,15	17,67	13,24	8,45	5,88	12,19	10,22	15,37	15,38	9,26	7,84	**11,61**	3,51
Taş	10,88	7,86	6,03	5,36	6,37	13,82	16,37	2,73	2,21	7,26	8,77	8,29	**8,00**	4,14
Tahta	4,76	0,98	0,97	3,20	0,85	0,45	1,79	2,82	1,83	3,30	1,65	1,02	**1,97**	1,29
Tekstil	3,41	2,67	2,03	2,28	4,43	11,10	4,52	12,96	8,35	9,03	9,49	8,09	**6,53**	3,75
Demir	0,00	0,00	0,00	0,37	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,16	0,00	**0,06**	0,12
Diğer Metaller	0,33	0,00	0,00	0,50	0,08	1,18	2,01	0,04	7,31	1,38	0,73	1,14	**1,22**	2,02
Kemik	6,17	2,29	0,00	6,54	0,07	0,18	0,10	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00	**1,31**	2,44
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,21**	0,51
Ufak Malzemeler	42,12	56,91	63,08	54,58	67,41	46,20	48,38	47,64	51,41	49,98	45,25	48,41	**51,78**	7,49
< Φ15 mm Malzeme	45,44	64,89	68,05	56,69	73,47	53,45	53,30	51,81	56,54	59,48	47,56	51,59	**56,86**	8,35
Pil	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,08**	0,29
Yanabilir Malzeme	2,68	0,75	4,21	0,00	0,13	2,36	2,71	3,14	1,01	0,51	2,18	1,31	**1,75**	1,32
Çocuk Bezi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,50	0,37	3,74	0,68	0,00	1,21	0,19	**0,58**	1,06
Tetrapak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	**0,22**	0,52
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

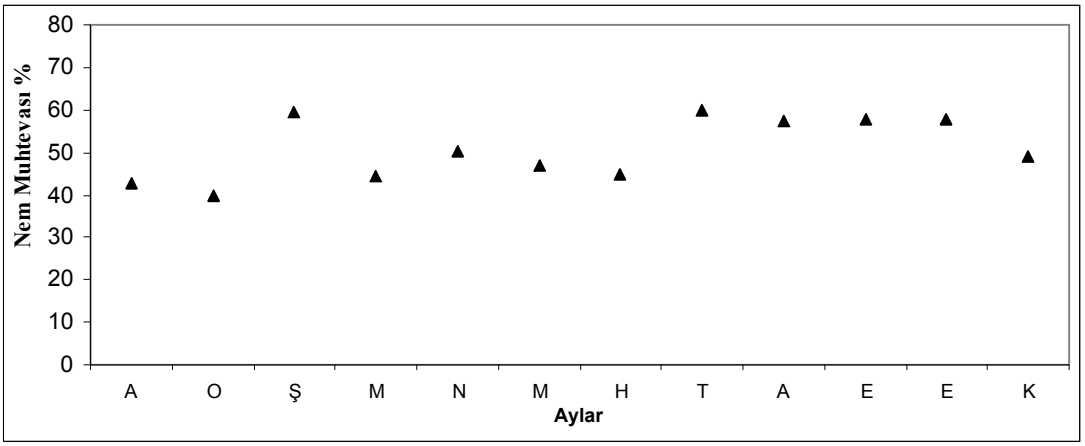
Tablo A.8: Φ15 mm Elek Üstü Bölüm Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Poşet	1,90	1,29	3,47	6,18	1,17	8,48	2,31	6,52	4,32	3,04	1,97	1,00	**3,47**	2,43
Kağıt	19,21	16,66	12,65	19,08	7,43	7,69	7,95	16,24	15,03	12,86	19,51	20,56	**14,57**	4,85
Plastik	4,42	4,81	3,25	5,37	3,74	1,61	2,16	4,48	9,10	6,56	4,27	2,59	**4,37**	2,04
Cam	14,37	18,19	21,71	12,28	26,25	30,27	20,62	11,98	15,81	18,78	19,18	18,00	**18,95**	5,37
Taş	17,02	18,13	26,14	10,03	17,79	12,52	16,30	16,70	16,78	11,44	19,57	15,49	**16,49**	4,17
Tahta	4,17	2,95	1,98	2,80	0,59	15,48	2,43	4,74	3,44	11,04	3,87	0,74	**4,52**	4,37
Tekstil	12,81	7,21	5,30	31,00	12,40	6,96	14,35	11,87	15,18	14,59	5,28	8,72	**12,14**	6,96
Demir	0,14	0,00	1,43	0,00	0,39	0,91	0,18	0,07	0,00	0,03	0,05	0,00	**0,27**	0,45
Diğer Metaller	0,21	0,37	2,08	0,36	0,95	1,04	1,47	0,01	0,08	1,24	0,22	1,58	**0,80**	0,69
Kemik	6,91	2,23	3,08	0,10	1,15	0,29	0,35	4,62	0,15	1,36	0,58	1,41	**1,85**	2,09
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	8,87	0,00	0,00	0,00	0,00	6,47	0,00	0,00	**1,28**	3,03
Ufak Malzemeler	15,65	26,14	9,32	12,81	17,25	9,87	24,30	20,04	16,39	9,15	21,26	26,66	**17,40**	6,37
< Φ15 mm Malzeme	22,42	32,53	19,62	18,04	23,34	17,13	31,64	24,72	23,09	12,21	24,64	31,84	**23,43**	6,29
Pil	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,18**	0,62
Yanabilir Malzeme	1,06	2,01	9,60	0,00	1,40	3,68	5,81	2,73	3,73	3,43	1,62	3,01	**3,17**	2,53
Çocuk Bezi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,70	0,24	**0,18**	0,29
Tetrapak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,13	0,00	0,00	0,00	1,91	0,00	**0,35**	0,67
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

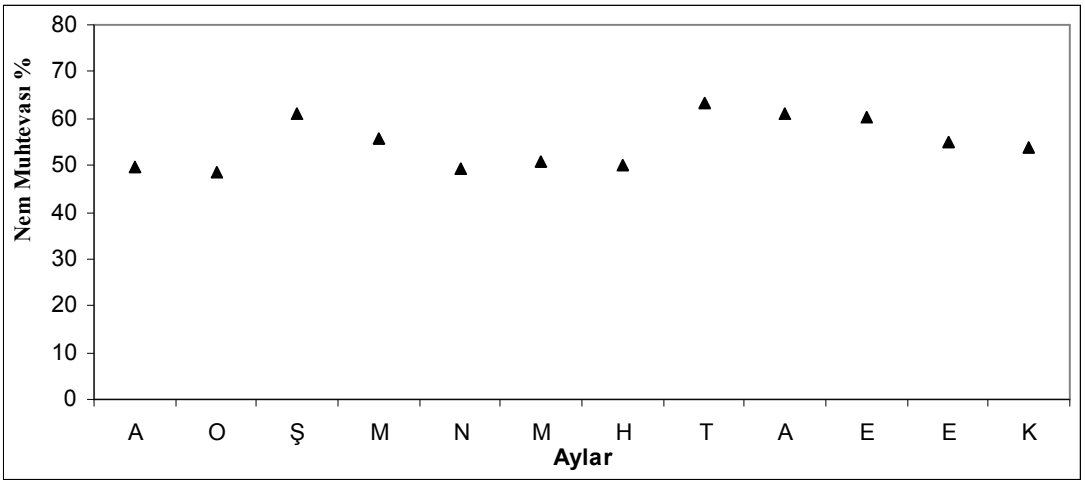
Tablo A.9: Φ15 mm Elek Altı Nihai Ürün Atık Profili Değerleri 12 Aylık Ortalamaları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Bileşenler	**Aralık**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Ortalama**	**Std. Sapma**
	(%)												**(%)**	
Cam	3,50	3,45	4,50	2,98	7,13	5,72	10,64	5,07	8,16	5,39	3,58	4,65	**5,40**	2,26
Taş	7,84	6,16	7,15	6,21	7,00	6,58	4,50	12,10	9,47	9,31	5,38	6,45	**7,34**	2,08
Tekstil	0,51	0,38	0,55	0,55	1,19	0,48	1,56	0,71	0,82	0,37	1,03	0,84	**0,75**	0,36
Plastik	0,40	0,64	0,25	0,67	0,56	0,66	1,23	1,14	0,95	1,02	0,62	0,69	**0,74**	0,29
Metaller	0,12	0,20	0,07	0,19	0,25	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,01	0,14	**0,10**	0,10
Kağıt	4,91	9,67	0,00	0,84	1,52	1,43	1,39	1,08	2,41	4,11	4,86	7,97	**3,35**	3,03
Kompost	82,72	79,50	87,48	88,56	82,35	85,13	80,68	79,89	77,92	79,81	84,53	79,25	**82,32**	3,44
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	0

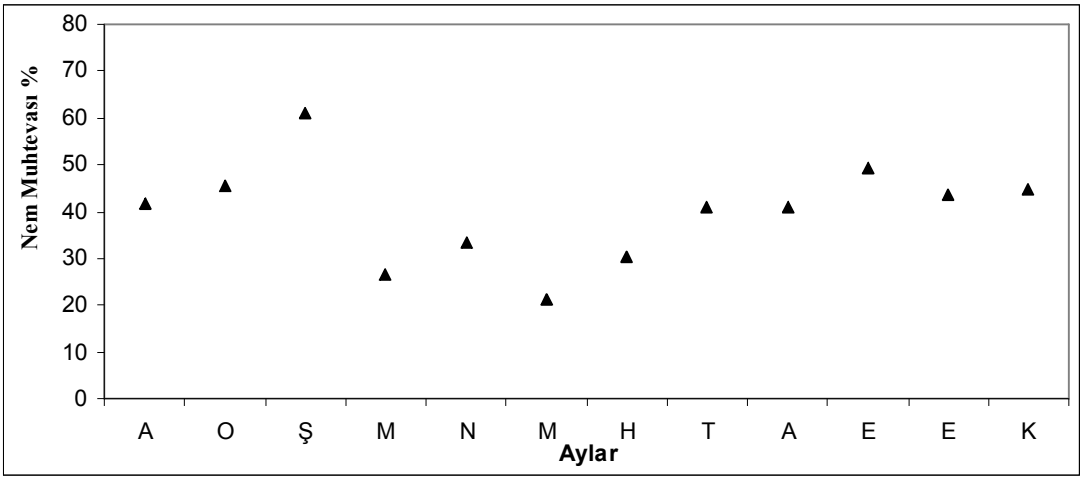
B. Nem Muhtevası



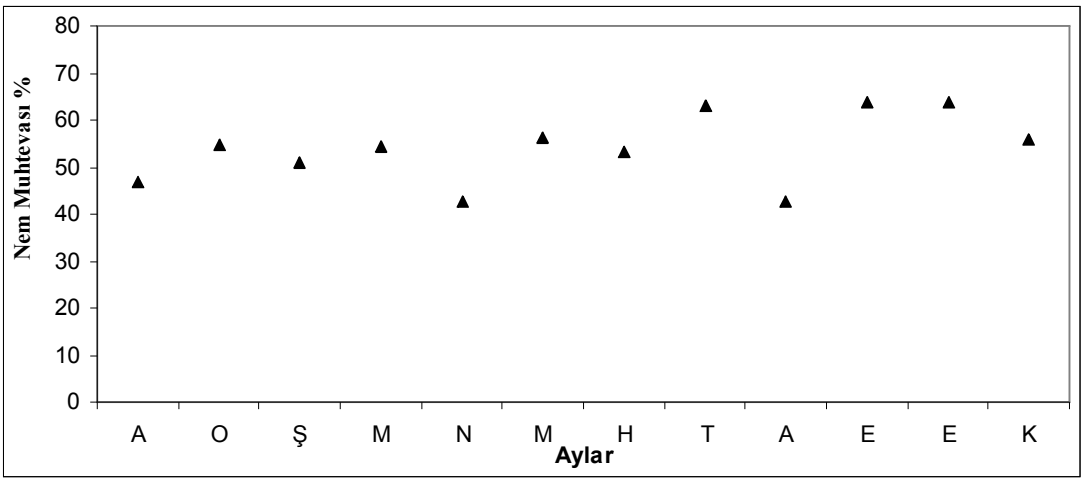
Şekil B.1: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi



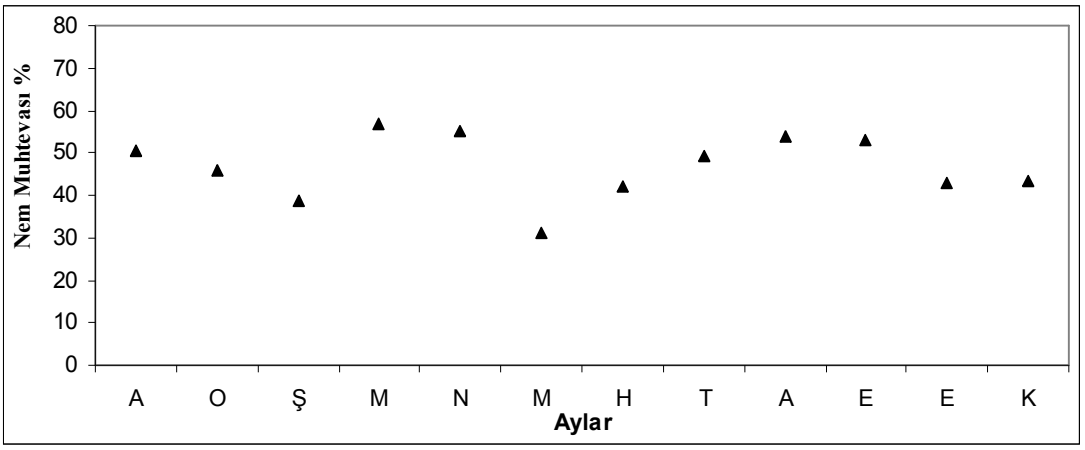
Şekil B.2: Φ80 mm Elek Altı Bölümü 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi



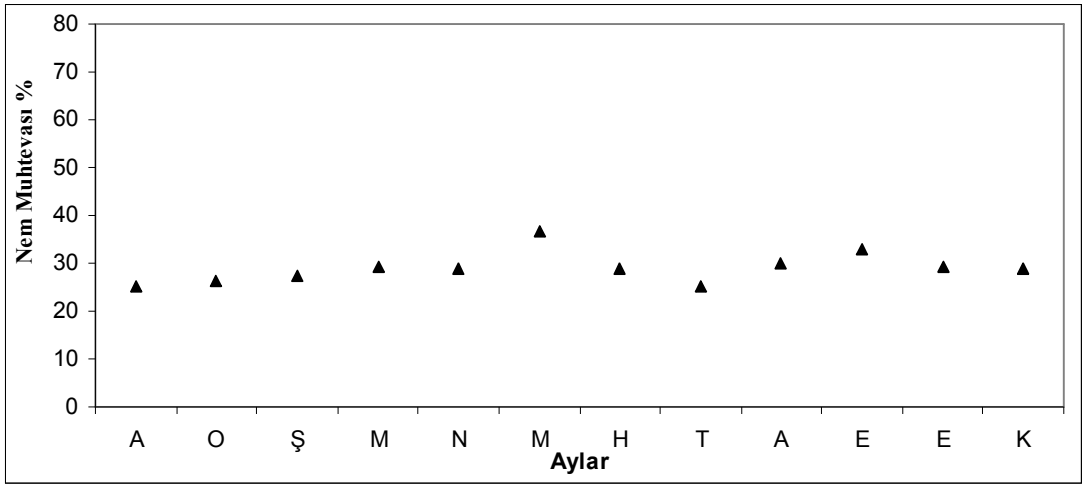
Şekil B.3: Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi



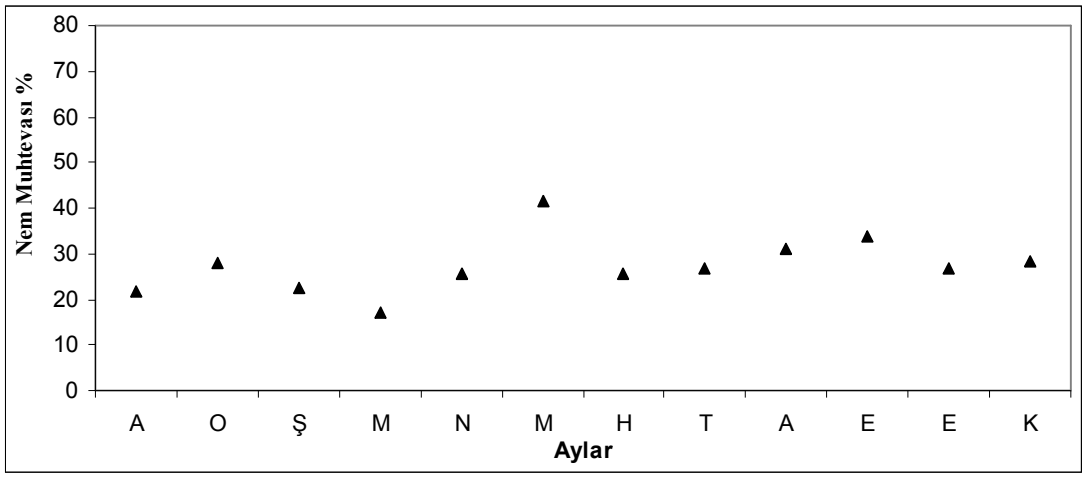
Şekil B.4: Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi



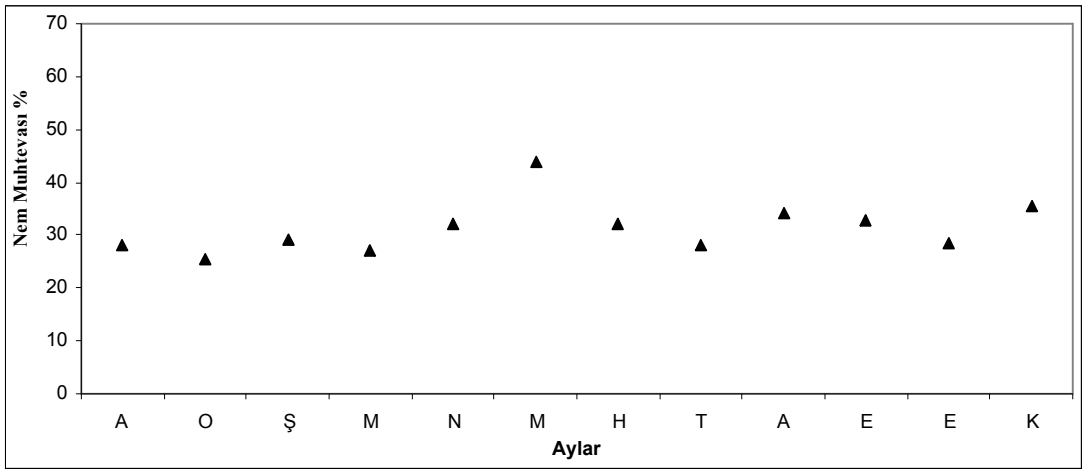
Şekil B.5: Geri Kazanım Bölümü Sonrası 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi



Şekil B.6: Son Şartlandırma 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi

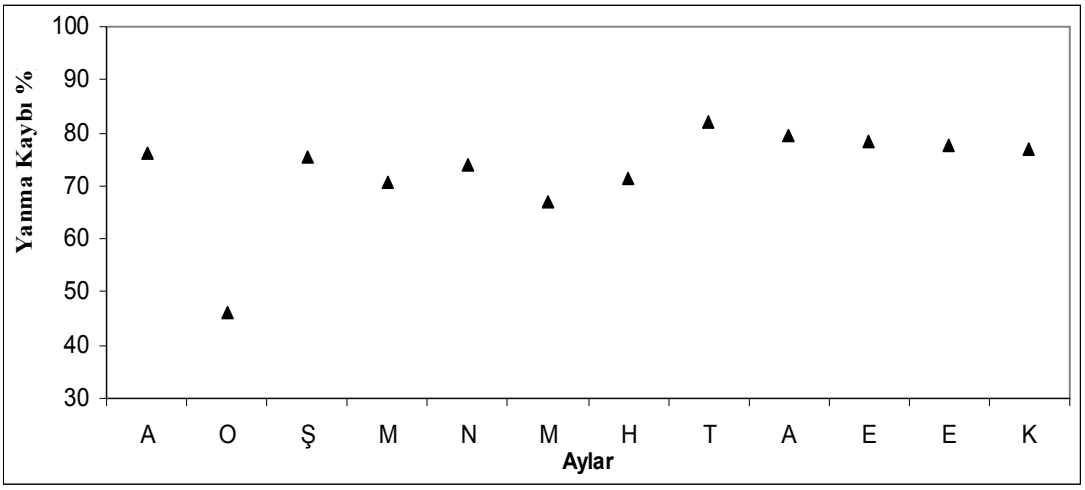


Şekil B.7: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi

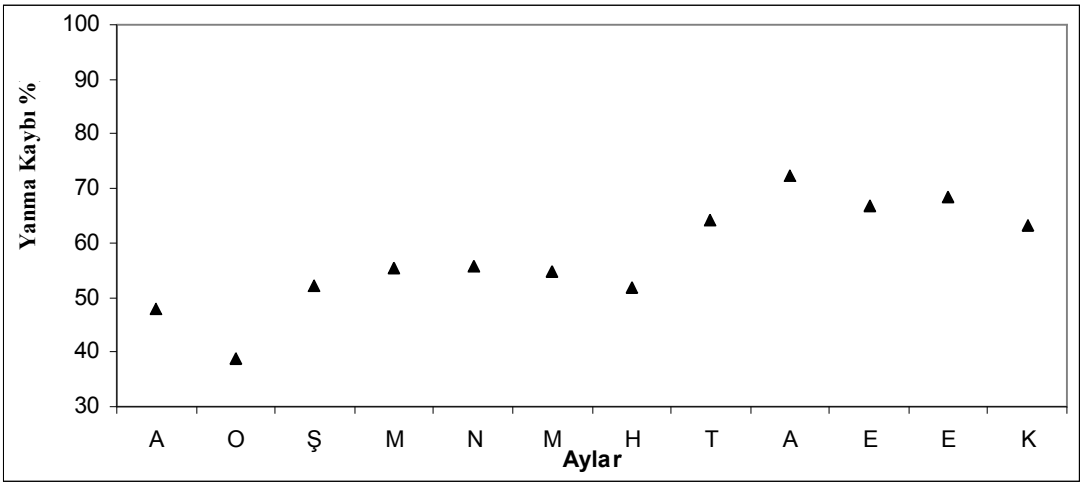


Şekil B.8: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Nem Muhtevası Yüzde Değişimi

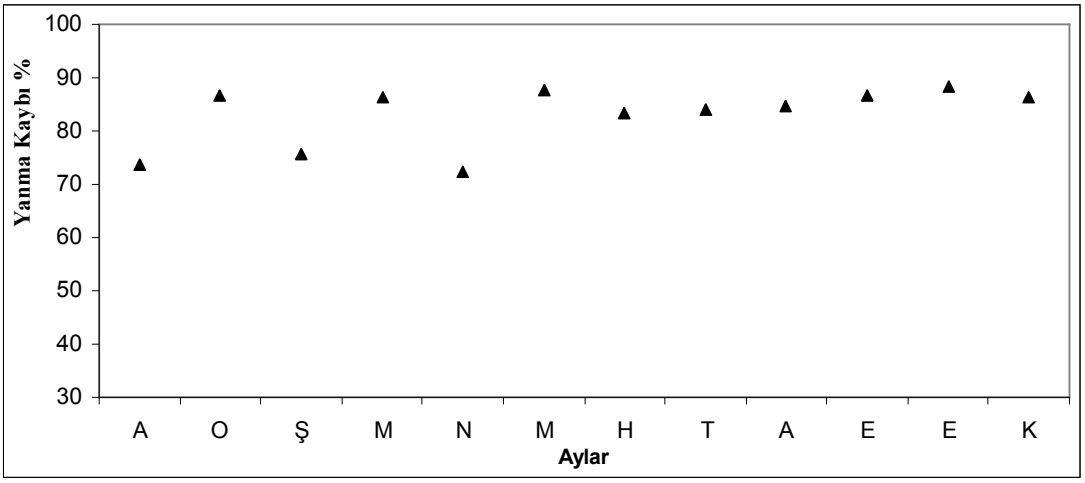
C. Yanma Kaybı



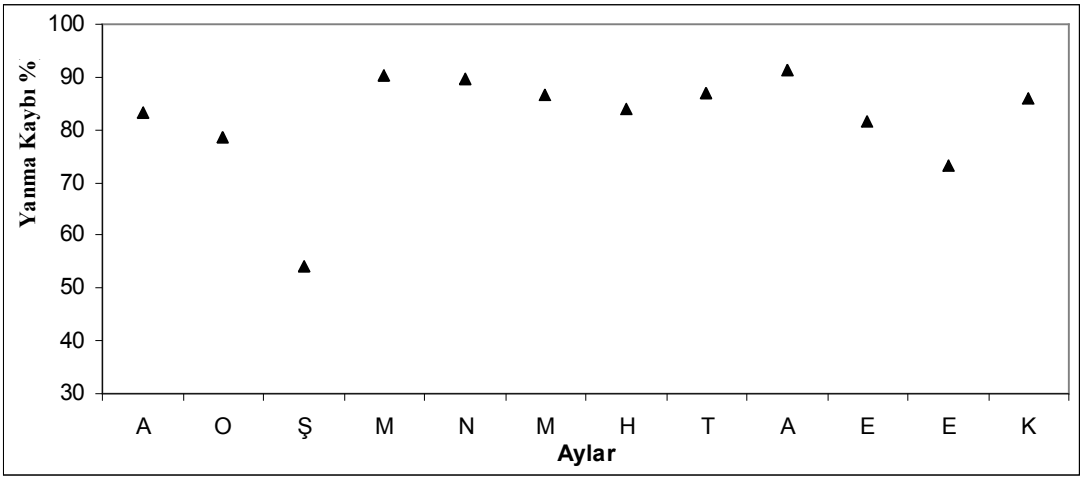
Şekil C.1: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi



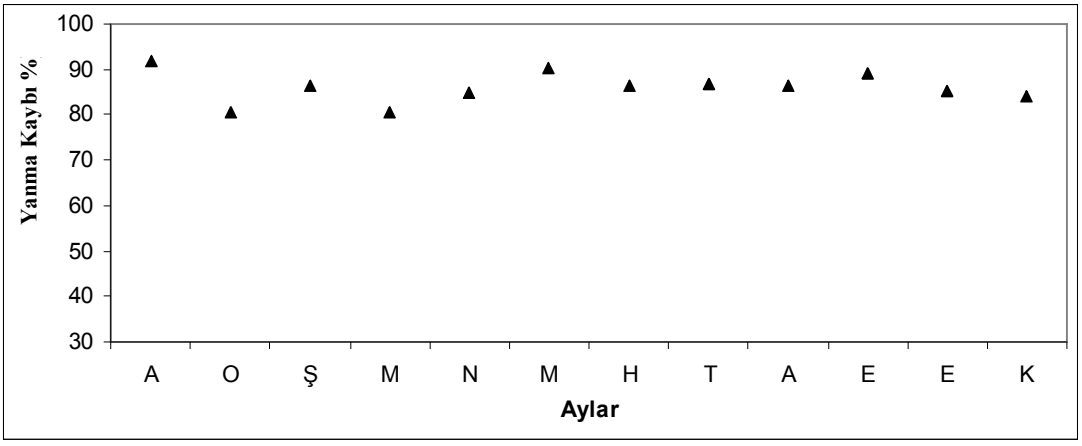
Şekil C.2: Φ80 mm Elek Altı Bölümü 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi



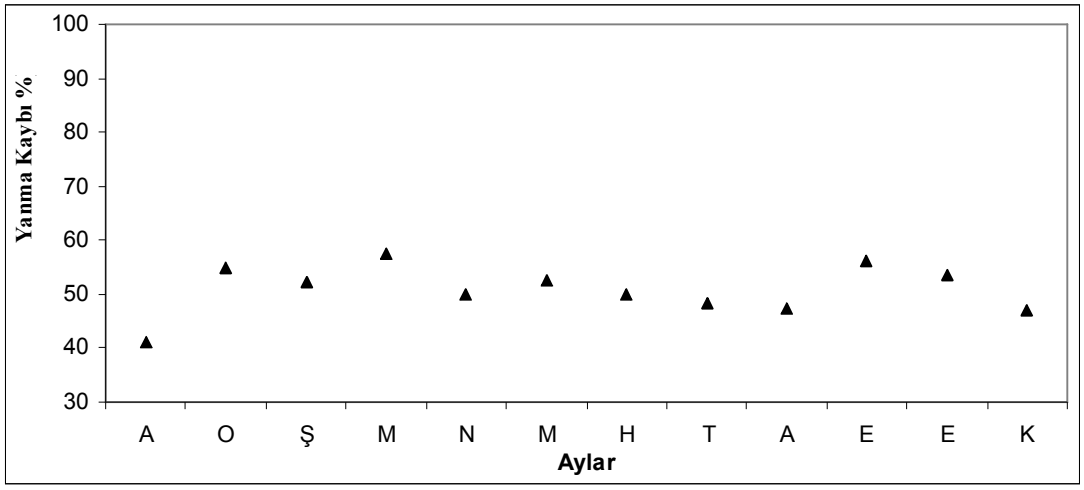
Şekil C.3: Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi



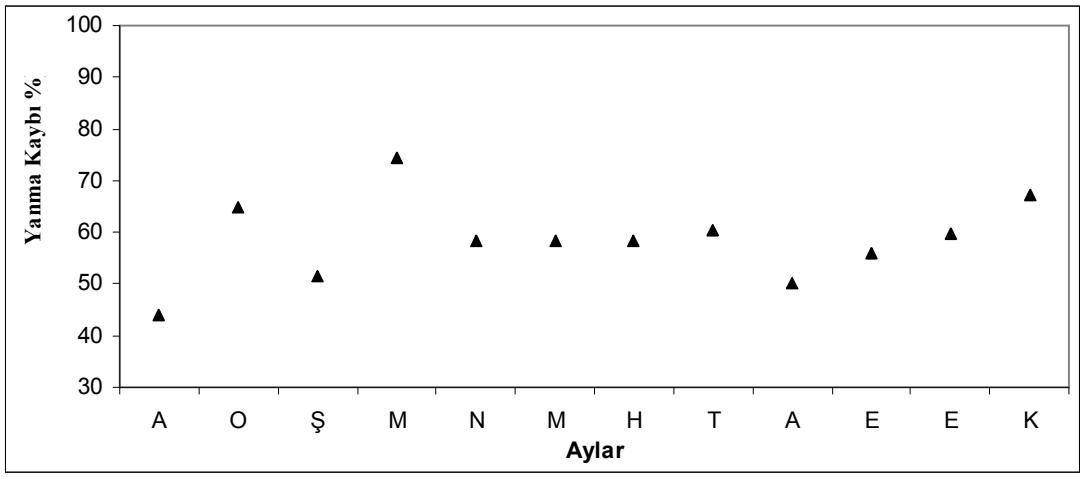
Şekil C.4: Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi



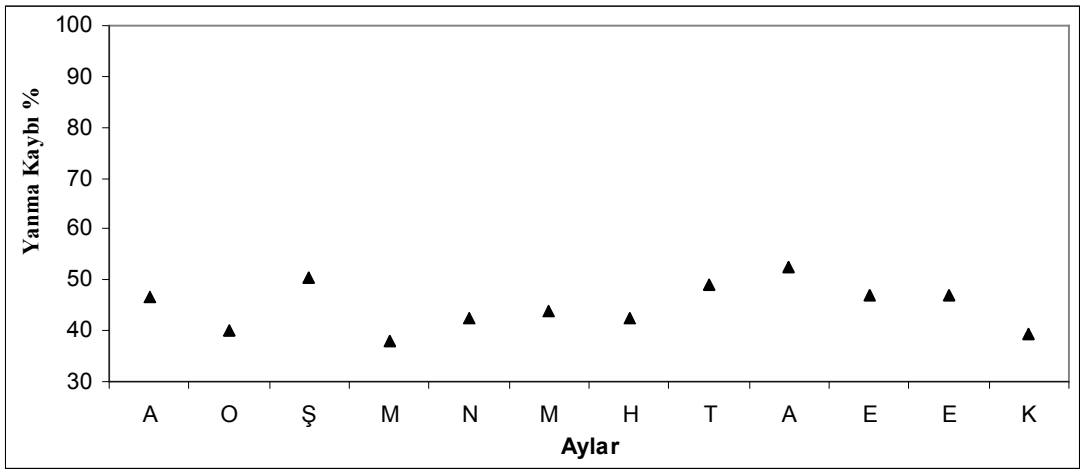
Şekil C.5: Geri Kazanım Bölümü Sonrası 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi



Şekil C.6: Son Şartlandırma Bölümü 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

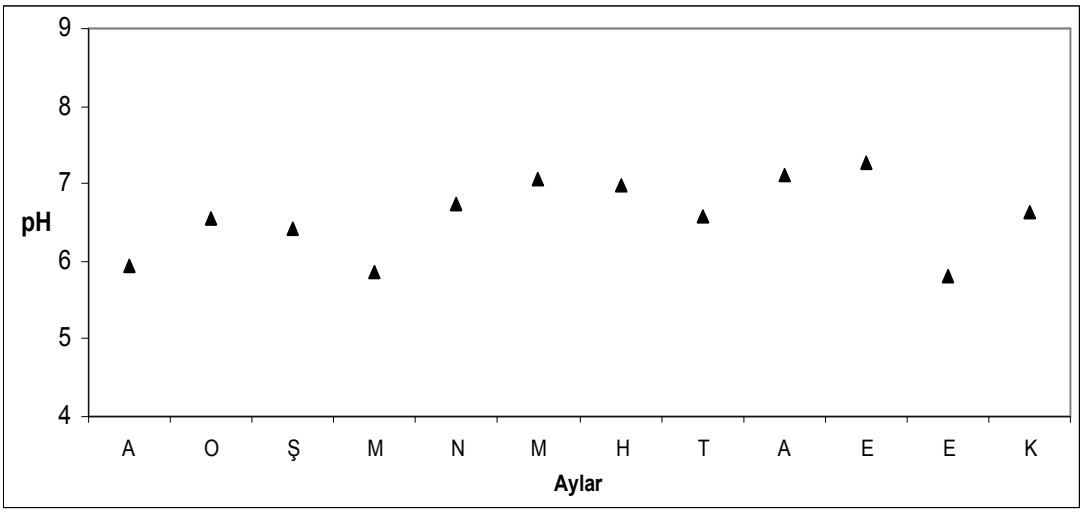


Şekil C.7: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

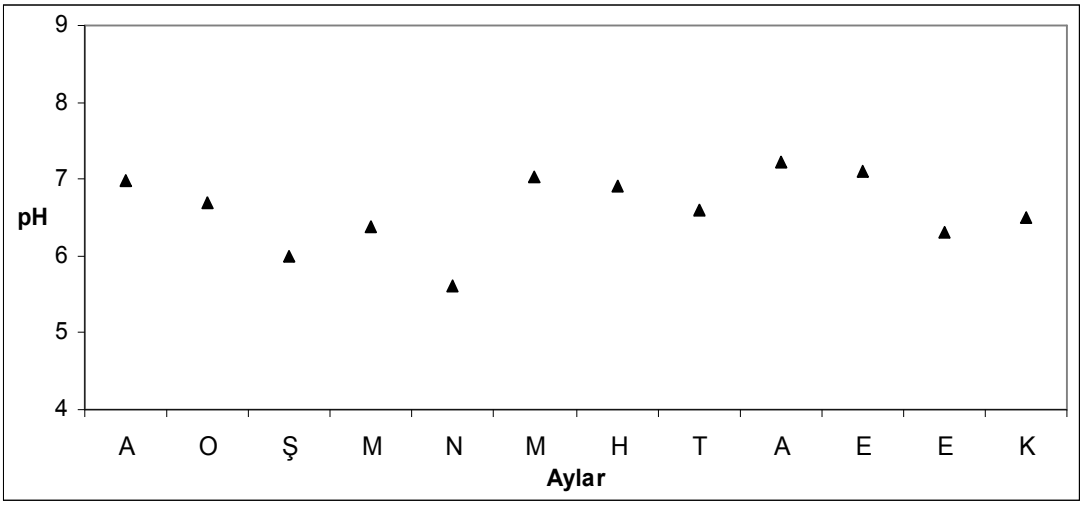


Şekil C.8: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Yanma Kaybı Yüzde Değişimi

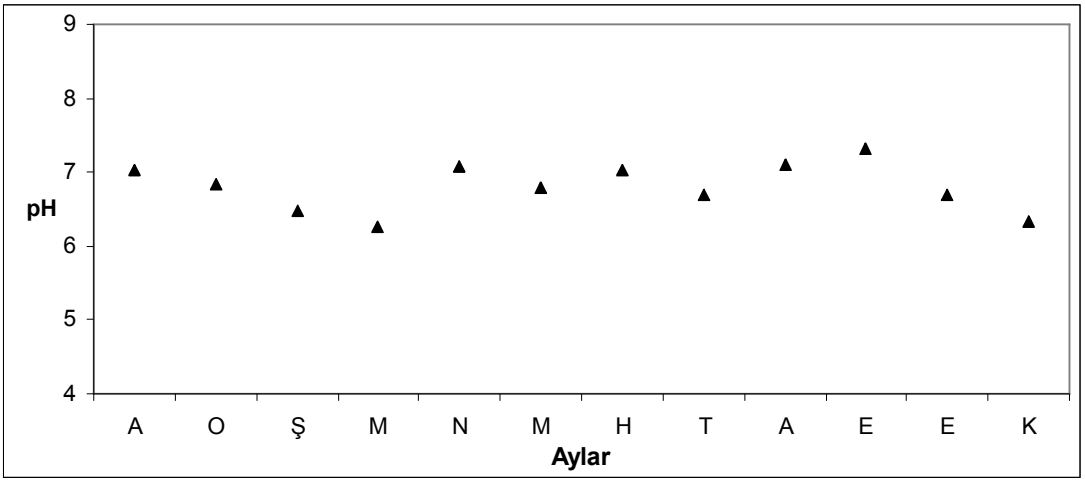
D. pH



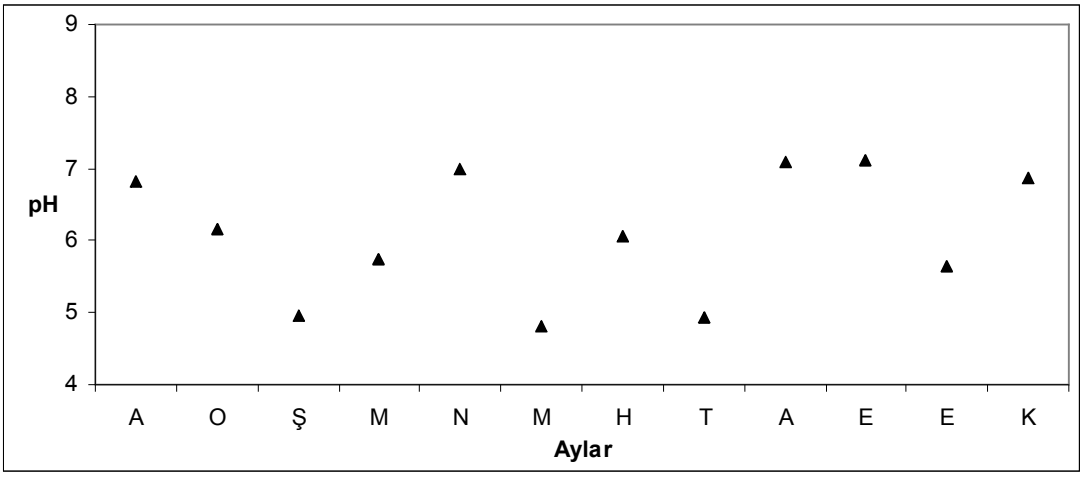
Şekil D.1: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık pH Değişimi



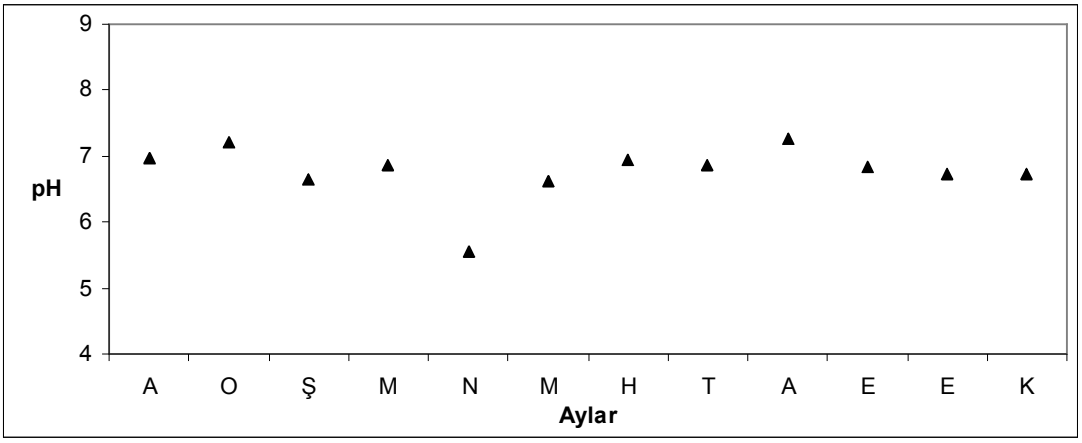
Şekil D.2: Φ80 mm Elek Altı 12 Aylık pH Değişimi



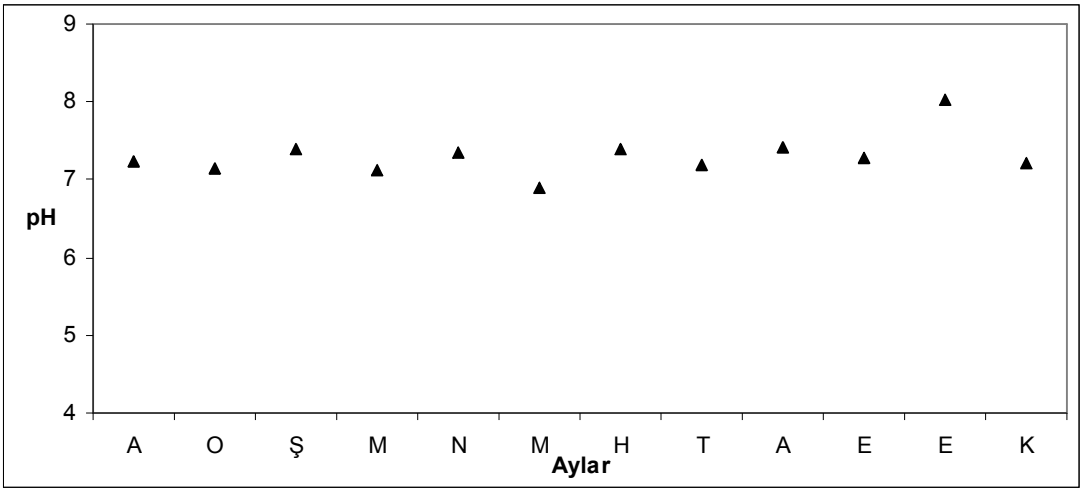
Şekil D.3: Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet 12 Aylık pH Değişimi



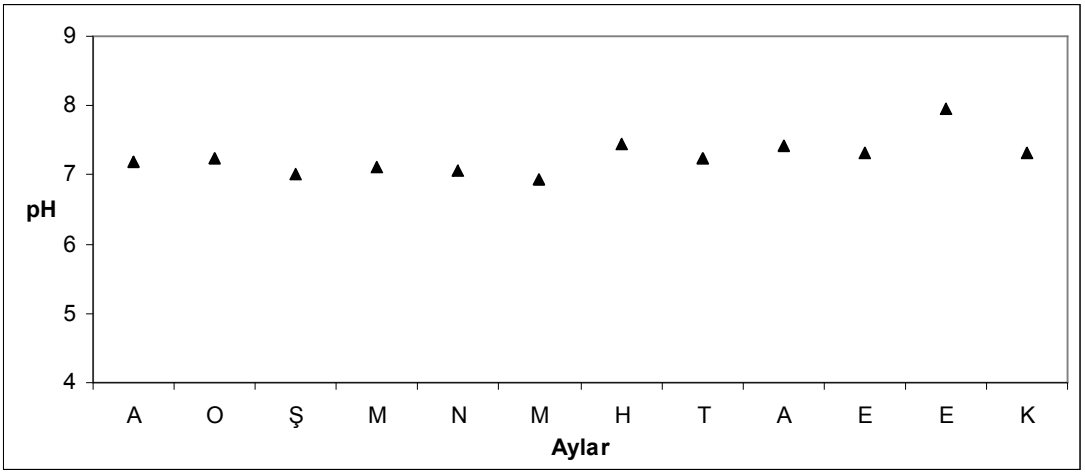
Şekil D.4: Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet 12 Aylık pH Değişimi



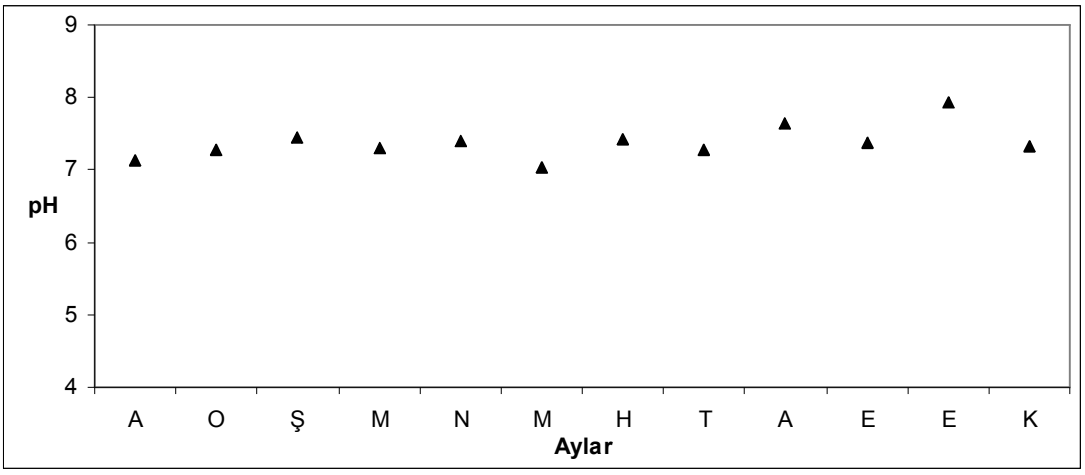
Şekil D.5: Geri Kazanım Bölümü Sonrası 12 Aylık pH Değişimi



Şekil D.6: Son Şartlandırma Bölümü 12 Aylık pH Değişimi

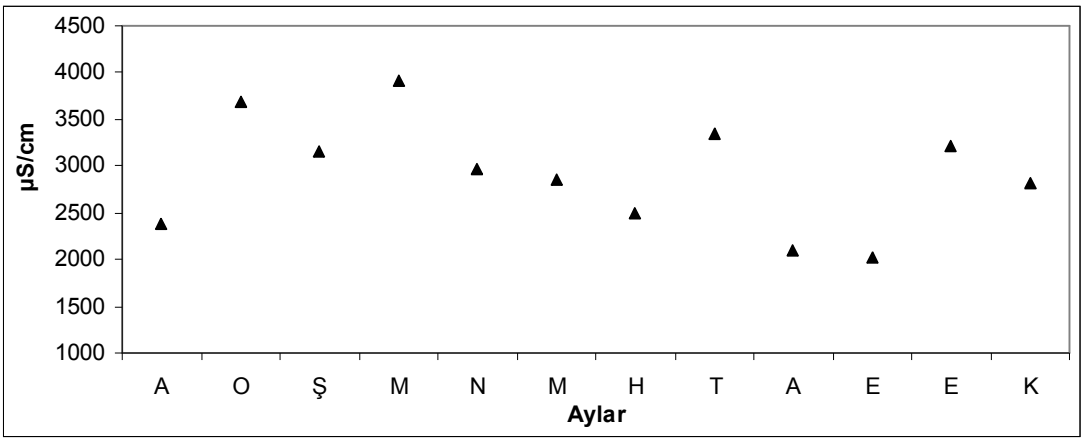


Şekil D.7: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü 12 Aylık pH Değişimi

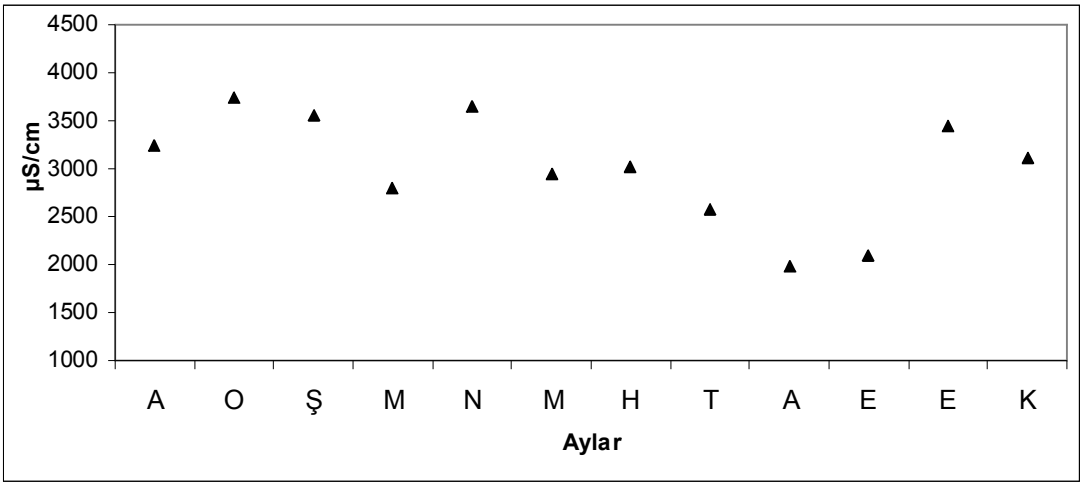


Şekil D.8: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık pH Değişimi

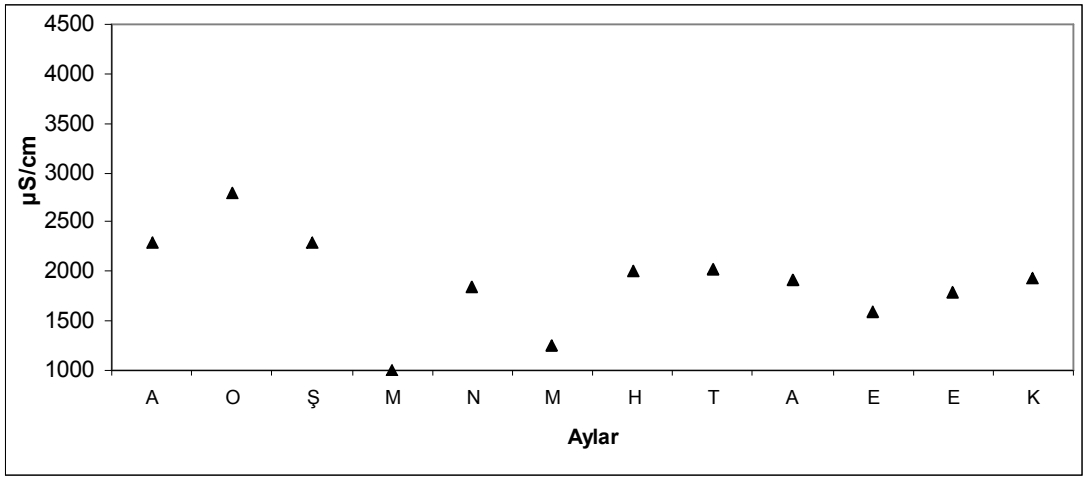
E. Elektrik İletkenliği



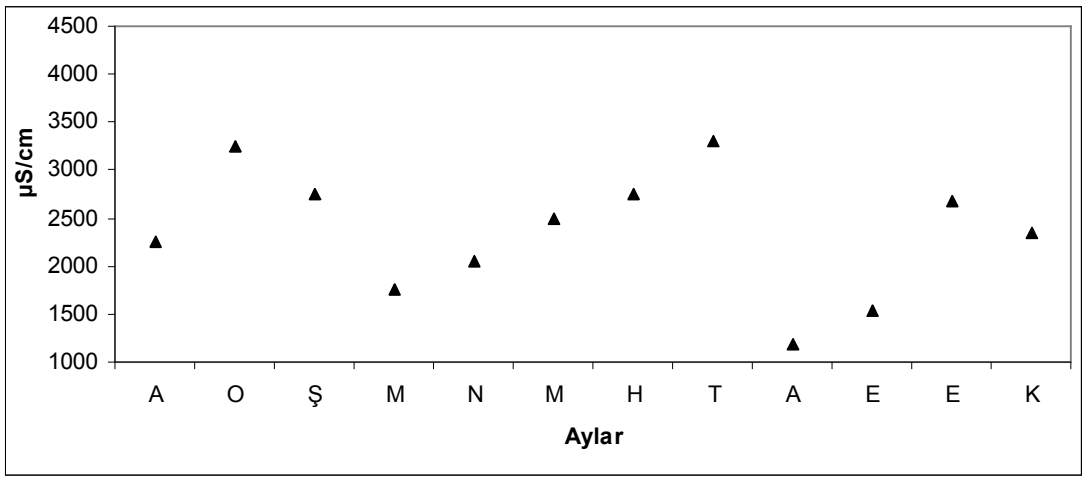
Şekil E.1: Atık Kabul Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



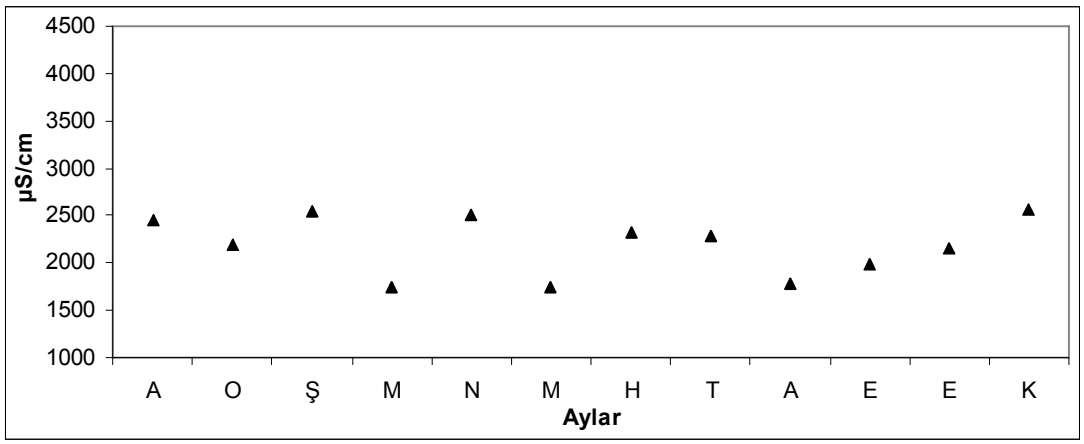
Şekil E.2: Φ80 mm Elek Altı Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



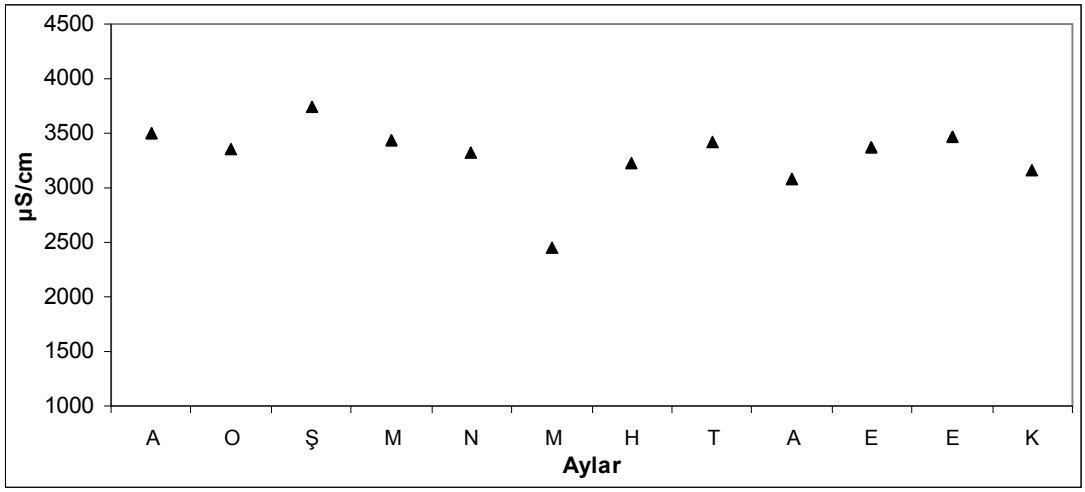
Şekil E.3: Φ80 mm Elek Üstü Açık Poşet 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



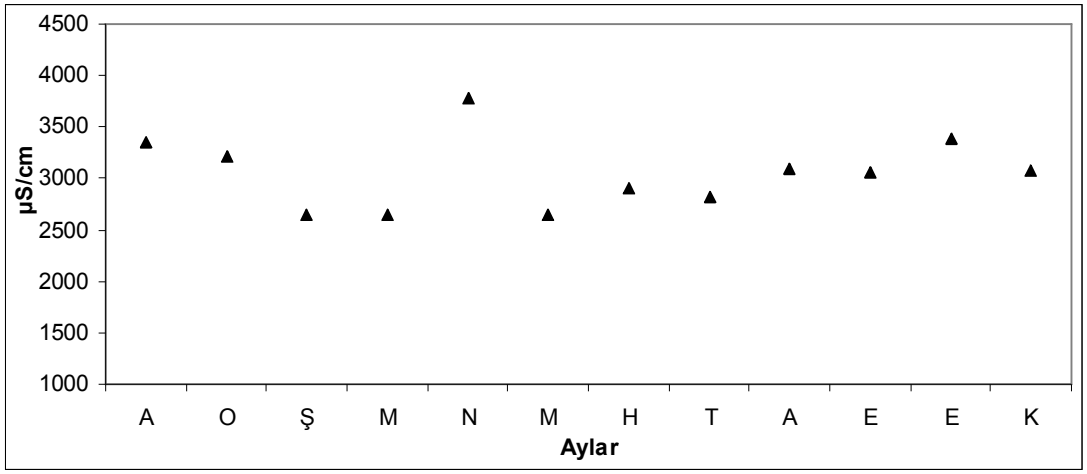
Şekil E.4: Φ80 mm Elek Üstü Kapalı Poşet 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



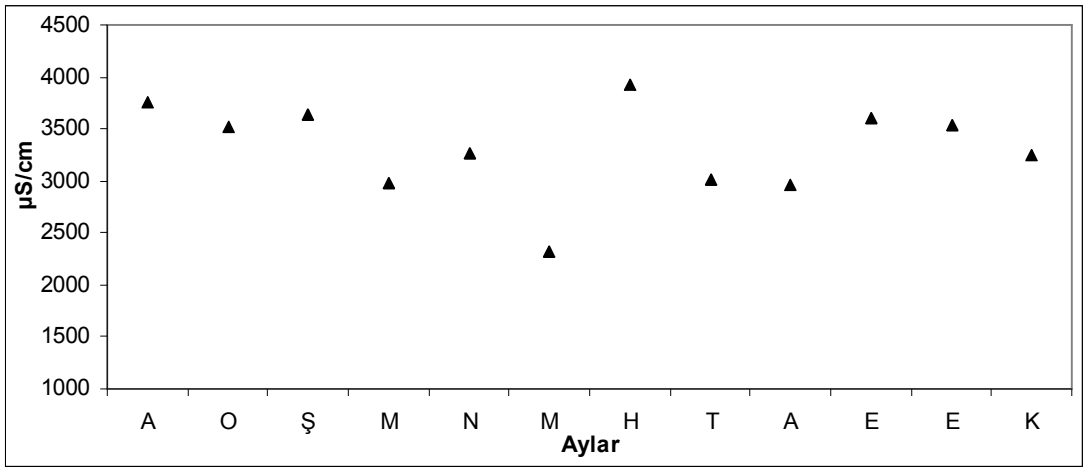
Şekil E.5: Geri Kazanım Bölümü Sonrası 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



Şekil E.6: Son Şartlandırma Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



Şekil E.7: Φ15 mm Elek Üstü Bölümü 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi



Şekil E.8: Nihai Ürün(Kompost) 12 Aylık Elektrik İletkenliği Değişimi

ÖZGEÇMİŞ

25.12.1981 Şile İstanbul doğumlu Kadir SEZER ilk ve orta öğrenimini Şile'de tamamladı. Lise eğitimini İngilizce Ağırlıklı Ümraniye Süper Lisesinde tamamladı. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2005 yılında lisans eğitimini tamamlayıp 1 yıllık iş tecrübesinden sonra 2006 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans programına başladı.

Kadir SEZER