

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**KOMPOSTUN SEÇİLMİŞ BAZI SEBZELERİN  
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YUNUS KOÇ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İSTANBUL, 2014**



**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL SİSTEMLER ve ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**KOMPOSTUN SEÇİLMİŞ BAZI SEBZELERİN  
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**YUNUS KOÇ**

**Tez Danışmanı: PROF. DR. GÖKSEL DEMİR**

**İSTANBUL, 2014**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER ve ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

Tezin Adı: Kompostun seçilmiş bazı sebzelerin gelişimi üzerine etkisinin incelenmesi

Öğrencinin Adı Soyadı:YUNUS KOÇ

Tez Savunma Tarihi: 02.06.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç.Dr. F.Tunç BOZBURA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI  
Program Koordinatörü

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**İmzalar**

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Göksel DEMİR

Üye

Doç. Dr. Kurtuluş ÖZCAN

Üye

Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

.....

.....

.....

## ÖZET

### KOMPOSTUN SEÇİLMİŞ BAZI SEBZELERİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus KOÇ

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Göksel DEMİR

Haziran 2014, 92 sayfa

İstanbul'da günlük ortalama 16.000 ton evsel atık oluşmaktadır. Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nin günlük kapasitesinin 1.000 ton olduğu, tesiste bu atıklardan organik içeriğe sahip olanların mikroorganizmalar aracılığıyla ayrıştırılarak toprak şartlandırıcısı olarak da isimlendirilen kompost malzemesi elde edildiği bilinmektedir. Yapılan birçok bilimsel çalışma, kompost uygulamalarında en önemli sınırlayıcı faktörün kompostun ağır metal muhtevası olduğunu göstermiştir.

Bu tez çalışmasında iki farklı bölgede buğday ve marul bitkileriyle yapılan ekimlerde kontrol (0) ve çalışma gruplarına farklı konsantrasyonlarda (2 ve 6 ton da<sup>-1</sup>) kompost uygulanmış elde edilen bitkilerden alınan numuneler laboratuarda analiz edilmiştir. Buğday ile yapılan deneylerde artan kompost uygulamaları ile birlikte bitki yeşil kısımlarına önemli miktarda Cd geçebildiği belirlenmiştir. Vinas katkılı kompostla yetişen bitkilerin dokularına geçen Cd miktarının, daha fazla olduğu görülmüştür. Zeolit ve vinas uygulamaları Co, Mo, ve Ni için kayda değer bir etki yapmamış, yüksek standart sapmalar nedeni ile Cr ve Pb'deki değişimlerin bitki büyümesini olumsuz yönde etkilemeyecek kadar düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çim bitkilerinden alınan klorofil numuneleri, mikro element ve ağır metaller bakımından incelendiğinde kompost uygulamalarından sonra alınan yeşil kısım örneklerinde kompost uygulamasından kaynaklanan anlamlı bir değişim olmamıştır. İlave mineral N gübrelemesi ile Fe, Mn, B, Al, Cd, Cr ve Pb de gözlenen azalmanın bitki biyokütlesindeki artışın bir sonucu olan seyrelme etkisinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Katı Atıklar, Ağır Metal, Kompost,

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF EFFECTS OF COMPOST ON DEVELOPMENT OF VEGETABLES

Yunus KOÇ

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Urban Systems and Transportation Management

Master Program

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Göksel DEMİR

June 2014, 92 pages

In Istanbul, 16.000 tons of domestic waste is produced per day. It is known that the daily capacity of Kemerburgaz Recycling and Composting Facility is 1.000 tons and wastes with organic content are decomposed by microorganisms and compost material called as 'soil conditioner' is obtained daily. Many scientific studies have showed that the most important limiting factor in the application of compost is the heavy metal content of the compost.

In this study, wheat and lettuce were planted in two different regions and different concentrations of compost (2 and 6 tons/da) were applied to study(1) and control (0) groups and samples were analyzed in the laboratory. It is found in experiments conducted with wheat plants that significant amounts of Cd was transported to the green parts of the plants with increased compost applications. It is observed that Cd amount was higher in plants that vinasse compost was applied. Zeolite and vinasse applications did not make any significant differences in terms of Co, Mo, and Ni amounts and differences in Cr and Pb amounts were too low to adversely affect the plant growth. When chlorophyll samples taken from grass plants were analyzed in terms of micro-elements and heavy metals it was seen that there was no significant difference resulting from compost application in the green parts of the plant samples. It is found that the decrease observed in Fe, Mn, B, Al, Cd, Cr and Pb amounts after additional mineral N-fertilization was resulting from 'the dilution effect' caused by increase in plant biomass.

**Keywords:** Solid Waste, Heavy Metal, Compost

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>4</b>
<b>TABLolar</b> .....	<b>6</b>
<b>ŞEKİLLER</b> .....	<b>8</b>
<b>SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>12</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>13</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>14</b>
<b>2. KATI ATIKLAR</b> .....	<b>16</b>
2.1 ATIK TANIMI.....	16
2.2 KATI ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	18
2.2.1 Bertaraf Yöntemi Dikkate Alınarak Sınıflandırma .....	19
2.2.2 Birlikte İşlem Görmesine Göre Sınıflandırma.....	20
2.2.3 Dane Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma .....	20
2.2.4 Ayrışabilirlik Derecesine Göre Sınıflandırılma.....	20
2.3 EVSEL KATI ATIKLAR .....	21
<b>3. KOMPOST</b> .....	<b>22</b>
3.1 KOMPOST TANIMI VE KOMPOST ÜRETİMİ .....	22
3.1.1 Kompost Tesisinde Kütle Dengesi .....	24
3.1.2 Fermentasyon Öncesi ve Sonrası Kompost Numunelerinin Karakterizasyonu .....	26
3.1.3 pH .....	27
3.1.4 Elektriksel İletkenlik.....	28
3.1.5 Su Muhtevası .....	28
3.1.6 Organik Madde (OM).....	28
3.1.7 TKN ve Amonyak Azotu.....	29
3.1.8 C/N Oranı .....	31
3.1.9 KOİ.....	32
3.1.10 Gözenek Boşluk Yüzdesi/Su Tutma Kapasitesi ve Hacimsel Yoğunluk.....	32
3.1.11 Mikrobiyolojik Analizler.....	34
3.2 EVSEL KATI ATIGIN ORGANİK KISMININ KOMPOSTLAŞTIRILMASI.....	35
3.2.1 Organik Eysel Katı Atık Reaktörleri İçerikleri ve Karakterizasyonu.....	35
3.2.2 Organik Eysel Katı Atık Reaktörlerin Proses Değerlendirilmesi.....	36
3.2.3 Organik Eysel Katı Atık Reaktörlerinde Elde Edilen Ürünün Kalitesi.....	36
3.2.4 Organik Eysel Katı Atık Reaktörleri Sızıntı Suyunun Analiz Sonuçları.....	37

3.3	ORGANİK KENTSEL KATI ATIK KOMPOSTLAŞTIRMA TEKRAR UYGULAMALARI .....	38
3.3.1	Organik Kentsel Katı Atık Kompostlaştırma Tekrar Reaktörlerinin Atık İçerikleri ve Karakterizasyonu .....	38
3.3.2	Organik Kentsel Katı Atık Kompostlaştırma Tekrar Uygulamaları Reaktörlerinin Proses Değerlendirmesi .....	40
3.3.3	Organik Eysel Katı Atık Reaktörlerinde Elde Edilen Ürün Kalitesi ..	43
3.4	AKTARMALI YIĞIN KOMPOSTLAŞTIRMA .....	44
3.4.1	Aktarmalı Yığın Kompostlaştırma Denemelerinin Atık Karakterizasyonu .....	44
3.4.2	Aktarmalı Yığın Kompostlaştırma Denemelerinin Proses Değerlendirmesi .....	45
3.4.3	Aktarmalı Yığın Denemelerinde Elde Edilen Ürün Kalitesi .....	49
3.5	FİTOREMEDİASYON .....	50
3.6	FİTOREMEDİASYON MEKANİZMALARI.....	51
<b>4.</b>	<b>DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>53</b>
4.1	KOMPOSTTAKİ AĞIR METALLERİN ABSORBSİYON YOLUYLA BİTKİLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	53
4.2	ÇALIŞILAN BİTKİLERDE MAKRO VE MİKRO BESİN ELEMENTLERİ İLE AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONU .....	62
4.3	MİKROORGANİZMA KATKILI OLARAK ÜRETİLEN KOMPOSTLARIN BUĞDAYDA KURU MADDE VERİMİ, BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL DEĞERLERİNE ETKİSİ.....	67
4.4	YEŞİL KISIMLARDA MAKRO VE MİKRO BESİN ELEMENTLERİ İLE AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONU .....	68
4.5	FARKLI TEMEL GÜBRE VE KOMPOST UYGULAMALARININ BUĞDAYDA YEŞİL KISIM VE TANE VERİMİ, YEŞİL KISIM VE TANEDE BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL DEĞERLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI.....	73
4.5.1	Yeşil Kısımların Kuru Madde Verimi, Besin Elementleri ve Ağır Metaller .....	73
4.5.2	Tane Verimi, Tanede Besin Elementleri ve Ağır Metaller.....	77
4.6	KISIRMANDIRA KÖYÜ VE AHİMEHMET KÖYÜ ÇİM ALANLARDA KOMPOST DENEMELERİ .....	81
4.7	İSTANBUL GAZİOSMANPAŞA İLÇESİ KARAYOLU KENARI FARKLI ÇİM ALANLARINDA KOMPOST DOZ DENEMELERİ.....	86
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>92</b>
	<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>95</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>100</b>



## TABLolar

Tablo 2.1 : Katı atıkların genel olarak sınıflandırılması .....	18
Tablo 2.2 : Bir toplumda meydana gelen katı atıkların kaynakları .....	19
Tablo 2-3 : Katı atıkların organik madde grubuna göre sınıflandırılması.....	21
Tablo 3-1 : Türkiye’deki kompost tesisleri .....	22
Tablo 3-2 : Fermentasyona giren, fermentasyondan çıkan ve fermentasyon sonrası (kompost) elek üstü atıkları üzerinde yapılan karakterizasyona ait ortalama değerler .....	27
Tablo 3-3 : Organik evsel katı atık reaktörlerinin başlangıç atık ve elde edilen ürün karakterizasyonları.....	35
Tablo 3-4 : Karışık kentsel atık (kontrol) ve organik kentsel katı atık reaktörlerindeki sızıntı suyu pH, Eİ ve KOİ Değerleri .....	38
Tablo 3-5 : Organik kentsel katı atık kompostlaştırma tekrar uygulamaları reaktörlerinin başlangıç atık karakterizasyonu.....	39
Tablo 3-6 : Organik evsel katı atık tekrarlı uygulamaları reaktörlerinden elde edilen ürün (ince kompost) karakterizasyonu .....	43
Tablo 3-7 : Aktarmalı yığın uygulamalarında beslenen atık karakterizasyonu .....	45
Tablo 3-8 : Aktarmalı yığın denemelerinde elde edilen ürün karakterizasyonu .....	50
Tablo 4-1 : Şubat – Haziran 2013 döneminde elde edilen kompostun konsantrasyonları ve 2013 Nisan ayı için (pH>6) Kısırmandıra Köyü toprakta ağır metal konsantrasyonları.....	53
Tablo 4-2 : İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi’nde Şubat- Haziran 2013 döneminde üretilen kompost materyalinin Bazı Yasal Limitlerle Mukayesesi .....	54
Tablo 4-3 : Kompost Tesisi’nde Şubat – Haziran 2013 döneminde üretilen kompost ürününün Ph, nem, C/N vb. Parametreleri.....	55
Tablo 4-4 : Kompost tesisinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin total N, Ca, K, P, S, Mg, Na, Fe ve Al konsantrasyonları. ..	57
Tablo 4-5 : İSTAÇ A.Ş. tesislerinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin total Mn, Cu, Zn, B, Cd, Pb, Ni, Cr, Co ve Hg konsantrasyonları.....	58
Tablo 4-6:TMECC’e(2001) göre kompostun tarımsal kullanım uygunluk indeksi .....	59
Tablo 4-7 : İSTAÇ A.Ş. tesislerinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin organik madde, karbon (C), C/N, pH, EC, suda çözünür Cl ve tuzluluk indeksi değerleri.....	59
Tablo 4-8 : Evsel katı atıktan üretilen kompostun ağır metal sınır değerleri için Türkiye ve AB’de yayınlanmış regülasyonların İSTAÇ A.Ş. kompostu ve AB ölçekli kompost sörvey çalışması (Amlinger vd., 2004) ile karşılaştırılması. ....	61
Tablo 4-9: Farklı ülkelere ait komposttaki kabul edilebilir ağır metal sınır değerlerinin İSTAÇ A.Ş. kompostu ile karşılaştırması. ....	61
Tablo 4-10: Mikro organizma katkılı ( <i>Trichoderma</i> , <i>Bacillus</i> , <i>W. Fungus</i> ) ve katkısız (- MO) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün sürede yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum</i> cv.) çeşidine kuru madde verimine etkisi.....	68
Tablo 4-11 : Farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) test edildiği çim bitkilerinde ekimden sekiz ay sonra yeşil kısım numunelerinin mineral madde konsantrasyonları.....	85

Tablo 4-12 : Farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) test edildiği çim bitkilerinde ekimden sekiz ay sonra alınan yeşil kısım numuneleri mineral madde konsantrasyonları.....	85
Tablo 4-13 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem- Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da <sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarından alınan çim yeşil kısım numunelerinin mineral besin elementi ve ağır metal analiz değerleri.....	91
Tablo 4-144 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem- Esenler Otogarı Bağlantısı lokasyonunda karayolu çim yetiştirme alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da <sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarından alınan çim yeşil kısım numunelerinin mineral besin elementi ve ağır metal analiz değerleri.....	91

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1 : Katı atık kapsamına giren maddeler .....	17
Şekil 2.2 : Katı atıkların birlikte işlem görmesine göre sınıflandırılması .....	20
Şekil 3-1 : Katı atık işleme-geri kazanma ve kompostlaştırma tesisi akım diyagramı ..	23
Şekil 3-2 : Bir aerobik kompostlaştırma tesisi ve b) İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi için kütle dengesi (kuru ağırlık) .....	25
Şekil 3-3 : Kompost tesisi kütle dengesi çubuk diyagramı (2013 yılı) .....	25
Şekil 3-4 : a) İki serinin alanlara ait ortalama OM miktarları ve atık bileşenleri.....	29
Şekil 3-5 : Başlangıçtaki kuru maddeye göre iki serinin alanlara göre TKN ve $NH_4^+-N$ değişimi .....	30
Şekil 3-6 : İki seride C/N oranları ve KOİ değişimi .....	32
Şekil 3-7 : İki seride ortalama gözenek boşluk yüzdeleri, serbest hava boşlukları, su tutma kapasiteleri ve hacimsel yoğunlukları değişimi .....	34
Şekil 3-8 : İki seride küf ve maya değerleri .....	34
Şekil 3-9 : Karışık Kentsel Atık (kontrol) ve Organik Kentsel Katı Atık reaktörlerindeki Sıcaklık, OM, pH, Eİ ve Suda Çözünen Karbon (KOİ) değerlerinin değişimi .....	37
Şekil 3-10 : Organik evsel katı atık tekrar denemeleri reaktörlerinin proses sıcaklık değerleri .....	40
Şekil 3-11 : Organik evsel katı atık tekrar denemeleri reaktörlerinin Sıcaklık, OM, Su Muhtevası, pH, Eİ ve Suda Çözünen Karbon (KOİ) değerlerinin değişimi.....	42
Şekil 3-12 : Aktarmalı yığın ve aktarmalı yığında karıştırma işlemi .....	44
Şekil 3-13 : Elde edilen sıcaklık değerleri a) Aktarmalı yığma ait sıcaklık değerleri b) Yığın ile birlikte aynı dönemde izlenen tesise ait sıcaklık değerleri c) Daha önceki karakterizasyon çalışmasında tesiste gözlenen sıcaklık değerleri .....	46
Şekil 3-14 : Aktarmalardaki gözenek boşluk yüzdesi, serbest hava boşluğu yüzdesi, su tutma kapasitesi ve hacimsel yoğunluk değerleri değişimi .....	48
Şekil 4-1 : 35 günde yetiştirilen marul ( <i>Lactuca sativa cv.</i> ) ve buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının (yüzde 0, 1, 2, 5,10) yeşil kısımlarda makro element konsantrasyonuna etkisi .....	63
Şekil 4-2 : 35 gün yetiştirilen marul ( <i>Lactuca sativa cv.</i> ) ve buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının (yüzde 0, 1, 2, 5, 10) yeşil kısım mikro element konsantrasyonuna etkisi.....	65
Şekil 4-3 : 35 günde yetiştirilen marul ( <i>Lactuca sativa cv.</i> ) ve buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının yüzde 0, 1, 2, 5, 10) yeşil kısım ağır metal konsantrasyonuna etkisi .....	66
Şekil 4-4 : 51 gün süreyle yetiştirilen buğday bitkisinde farklı kompost ve zeolit/vinas kombinasyonlarının ağır metallerin konsantrasyonuna etkisi. ....	67
Şekil 4-5 : Mikro organizma katkılı ( <i>Trichoderma, Bacillus, W. Fungus</i> ) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün süreyle yetiştirilen makarnalık buğday çeşidinde yeşil kısımların makro element konsantrasyonuna etkisi.....	70
Şekil 4-6 : Mikro organizma katkılı ( <i>Trichoderma, Bacillus, W. Fungus</i> ) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün süreyle yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) çeşidinde yeşil kısımlar mikro element konsantrasyonuna etkisi .....	71
Şekil 4-7 : Mikro organizma katkılı ( <i>Trichoderma, Bacillus, W. Fungus</i> ) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre 40 gün süreyle	

yetiştirilen makarnalık buğday çeşidinde yeşil kısımlar ağır metal konsantrasyonuna etkisi.....	72
Şekil 4-8 : Ahimehmet Köyü'nde farklı temel gübre ve kompost uygulamalarının buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde yeşil kısım kuru madde verimine etkisi. ....	74
Şekil 4-9 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım makro element konsantrasyonuna etkisi.....	74
Şekil 4-10 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım mikro element konsantrasyonuna etkisi. ....	76
Şekil 4-11 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım ağır metal konsantrasyonuna etkisi.....	77
Şekil 4-12 : Farklı temel gübre, Zn ve kompost uygulamalarının buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde tane verimine etkisi.....	79
Şekil 4-13 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) bitkisinde farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane makro element konsantrasyonuna etkisi.....	79
Şekil 4-14 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday bitkisinde ( <i>Triticum aestivum cv.</i> ) farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane mikro element konsantrasyonuna etkisi. ....	80
Şekil 4-15 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü'nde yetiştirilen buğday bitkisinde farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane ağır metal konsantrasyonuna etkisi.....	81
Şekil 4-16 : İki farklı lokasyonda farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) ekimden iki ay sonra alınan yeşil kısım numunelerinin klorofil konsantrasyonları.	83
Şekil 4-17 : İki farklı lokasyonda farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) ekimden iki ay sonra alınan yeşil kısımların numunelerinin azot (N) konsantrasyonları.....	83
Şekil 4-18 : Çalışma alanlarından Kısırmandıra Köyü'ne ait kısım (Kapalı kısım:6 m <sup>2</sup> yedek alan 4m <sup>2</sup> ) .....	84
Şekil 4-19 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da <sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak total analiz değerleri.....	88
Şekil 4-20 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da <sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak Mehlich-III analiz değerleri. ....	89
Şekil 4-21 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da <sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak DTPA analiz değerleri.....	90

## KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AKÜDER	:	Akümülatör ve Geri Kazanım Sanayicileri Derneği
ALBİYOBİR	:	Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği Derneği
BAYTED	:	Bitkisel Atık Yağ Toplayıcıları ve Elektrik Üreticileri Derneği
BERS	:	Building Energy Rating Scheme Bina Enerji Sınıflama Şeması
BFR	:	Brominated Flame Retardant (Bromlu Alev Geciktiriciler)
ÇEVKO	:	Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı
Eİ	:	Elektrik İletkenliği
EKA	:	Evsel Katı Atık
EOKA	:	Evsel Organik Katı Atık
HK-BEAM	:	(Building Environmental Assessment Method) Hong Kong Bina Çevresel Değerlendirme Metodu
IEQ	:	Inside Environment Quality (Yapı İçi Ortam Kalitesi)
JSBC	:	Japanese Sustainable Building Consortium (Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu)
LCA	:	Life Cycle Analysis (Yaşam Çevrimi Analizi)
LASDER	:	Lastik Sanayicileri Derneği
LEED	:	Leadership in Energy and Environment Design (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)
MEB	:	Milli Eğitim Bakanlığı
ÖTL	:	Ömrünü Tamamlamış Lastikler
TKB OGY	:	Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Organik Gübre Yönetmeliği
TKKY	:	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

- TS : Türk Standartları
- TÜDAM : Dönüşebilen Ambalaj Malzemeleri Toplayıcı ve Ayırıcıları Derneği
- UNEP : United Nations Environment Programme  
(Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
- USGBC : US Green Building Council  
(Birleşmiş Milletler Yeşil Bina Konseyi)
- YDD : Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi

## SEMBOLLER LİSTESİ

- MW : Megawatt  
m<sup>3</sup> : Metreküp  
% : Yüzde  
N : Amortisman süresi (sene)  
n : Makinenin bir yıllık çalışma süresi  
N1 : Amortisman süresi (saat)  
A : Makine ekipman satınalma bedeli

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, kompostun toprağa uygulanmasıyla kompost içerisinde bulunan ağır metallerin bitkiler üzerinde gösterdiği etkileri araştırmaktadır.

Çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Göksel Demir'e, Doç. Dr. Kurtuluş ÖZCAN'a önerileriyle bana yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Aslan'a, Doç. Dr Aslan Saral'a, Doç. Dr Doğan Karadağ'a, Dr. Ergin Taşkan'a, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nün lisans dönemim tüm öğretim üyesi ve öğretim görevlisi hocalarıma ve desteği için sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, 2014

Yunus KOÇ

Haziran 2014

Yunus KOÇ



# 1. GİRİŞ

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem arz etmektedir. Toprak kirliliği açısından bakıldığında, ağır metallerin en önemli kirletici kaynaklar arasında olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 tane öncelikli çevre kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, en önemli kirleticidir.

Topraklara karışan ve buralarda birikme yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ağır metaller, yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biridir.

Ağır metaller, atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi prosesler sonucunda toprağa karışmaktadır. Toprakların ağır metallerle kirlenmesi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, ağır metal içeren kayaçların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınması ile de ortaya çıkabilmektedir.

Toprak kirliliği açısından en önemli çevre kirletici gruplardan birini oluşturan metallerin kontrolünde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemlerinin, yüksek maliyetleri ve arıtma sonucunda ortaya çıkan kirleticilerin nihai gideriminin zorlukları nedeniyle çevresel açıdan fazla tercih edilmemektedir. Bu amaçla bitkiler kullanılarak ağır metal ve diğer bir kısım kirleticilerin giderimi olarak tanımlanan fitoremediasyon yöntemi ise gerek ekonomik olması gerekse ekolojik olarak kullanımının tercih edilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde “katı atık yönetimi” terimi ile; başarısız atık toplama uygulamaları, yetersiz hizmet olanakları, mevcut sınırlı kaynaklar, çevre koruma sistemlerinin eksikliği, atıkların uygun olmayan yerlerde gelişigüzel dökülmesi, etrafa çöplerin saçılması ve toplumun çevre ve atıklar konusundaki bilinçsizliği akla gelmektedir(Onu, 2000). Atığın azaltılması ile atık geri dönüşüm uygulamaları arttırılırken atık miktarının azaltılmasını öngören atık miktarını sifıra indirmeyi ilke edinen bir yaklaşımdır.

Yapılan çalışmalar balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek düzeyde Hg bulunabildiğini göstermiştir. Türkiye’de Hg bulaşması, bazı endüstriyel kuruluşların artıklarının hiç bir işleme tabi tutulmadan boşaltılmasından ve bazı Hg’lı bileşiklerin pestisit olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Gıda Sağlık Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gıdalarda bulunabilecek en yüksek Hg miktarı 0,05 mg/kg olarak belirlenmiştir. Ancak, FAO ve WHO’nun belirlediği bu doz yerine bazı ülkeler farklı düzenlemelere göre kendi sınır değerlerini belirlemişler ve buna göre düzenlemeler yapmışlardır. Örneğin; Almanya, pestisitlerden kaynaklanan Hg kalıntılarını içeren gıda maddelerinin satışını yasaklamıştır. Amerika; balıklar dışında diğer gıda maddelerinde Hg kalıntısının bulunmasına izin vermemektedir (Vural, 1993).

Ağır metaller küresel kirlilik faktörleri olarak insan ve tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturmaktadır. Maruz kalınan doz, genetik, kişinin bağışıklık direnci ve genel sağlık hali, yaş, beslenme düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak insanlarda en başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Gıda zincirinden başka, solunum ve deri yoluyla canlılara geçerek zarar verdikleri açık ve nettir. Dünyada ve ülkemizde tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğini en aza indirmek için acil önlemler alınmalıdır. Dünyada tarıma elverişli toprak miktarı çok düşüktür. Ağır metal kirliliği topraklar yitirilmiş topraklar anlamına gelir. Kirli toprakta sağlıklı yetişen bitkisel ürünler ise insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Ağır metalden kaynaklı toprak kirliliği doğadan yok edilemeyip sürekli kalabilmektedir. Bu durumda öncelikle ağır metal maden işletmeciliği ve diğer endüstri üretimleri, diğer toprak kirliletiçi faaliyetler ve üretim yöntemleri toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek koşullarda yapılmalıdır.

## 2. KATI ATIKLAR

### 2.1 ATIK TANIMI

Atık ile ilgili çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları;

- a) Sözlük anlamı düşük değerde, kullanım dışı veya faydasız kalıntı (bakiye) olarak ifade edilmektedir.
- b) Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) atığı, “sahibinin istemediği, ihtiyacı olmadığı, kullanmadığı, arıtma ve uzaklaştırılması gerekli maddeler” olarak tarif etmektedir.

Ayrıca bilim insanları tarafından da çeşitli tanımlamalar yapılmıştır.

İnsanların üretim ve tüketim süreci içinde ve buna bağlı olarak sanayi, ticaret, sosyal hizmet ve benzeri faaliyetlerle, konutları içindeki çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan ve uzaklaştırılmaları istenen katı maddelerdir (Alyanak 1999).

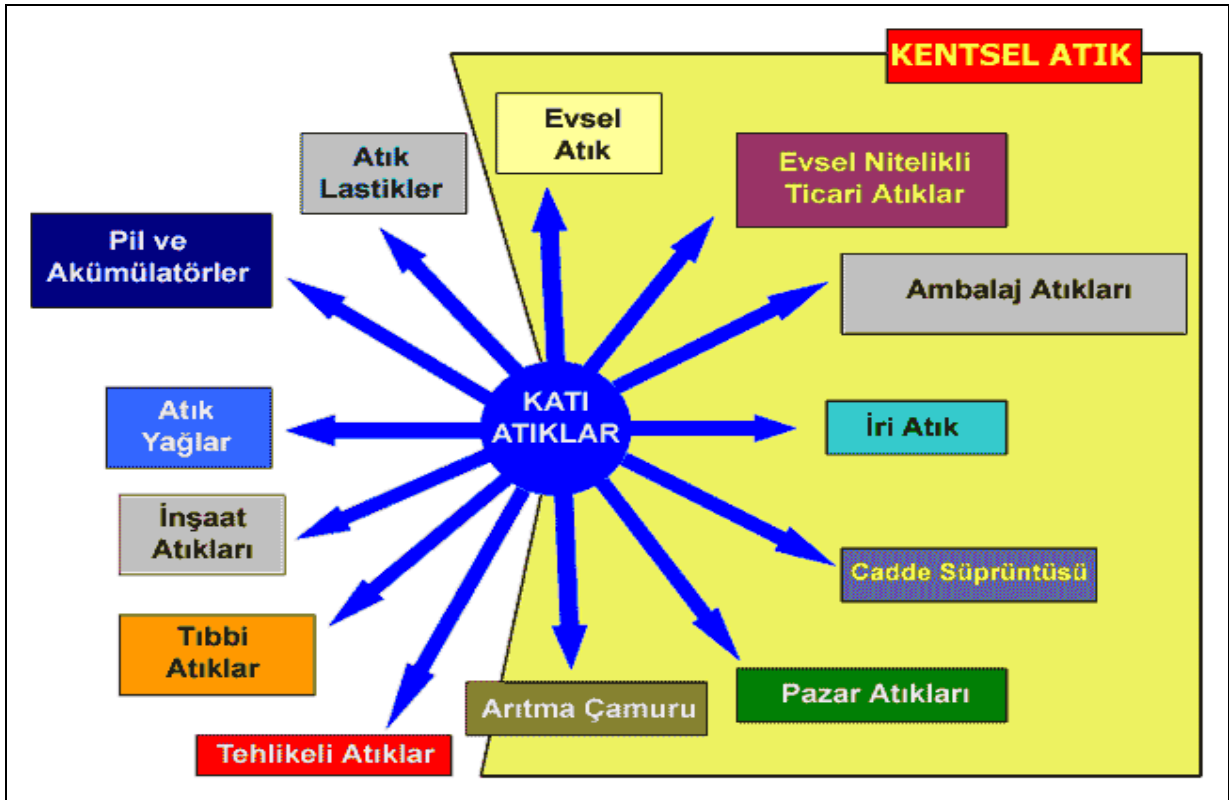
Bir diğer farklı tanımda evsel, endüstriyel, ticari, madencilik ve tarım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan evsel katı atık özelliklerine sahip zararsız tüm atıkları katı atık olarak değerlendirmektedir (Erdin 2010).

Aşağıda belirtilen kriterler kapsamına giren maddeler katı atık olarak tanımlanır:

1. Standart dışı ürünler,
2. Sağlıklı kullanım süresi geçmiş olan ürünler,
3. Dökülmüş, niteliği bozulmuş ya da yanlış kullanıma maruz kalmış olan maddeler (kontamine olmuş maddeler),
4. Aktiviteler sonucu kontamine olmuş ya da kirlenmiş maddeler (temizleme işlemi atıkları, ambalaj atıkları),
5. Kullanılmayan kısımlar (atık piller ve katalizörler),
6. Yararlı performans gösteremeyen maddeler (kontamine olmuş asitler),
7. Endüstriyel proses kalıntıları (destilasyon atıkları),

8. Kirliliğin önlenmesi amacı ile kullanılan proses kalıntıları (yıkama çamurları, filtre tozları, kullanılmış filtreler),
9. Yüzey işlemleri kalıntıları (torna atıkları ve benzeri),
  - a) Hammade işleme proses kalıntıları (petrol slopları, madencilik ve benzeri),
  - b) Değerini kaybetmiş olan maddeler (PCB'lerle kontamine olmuş yağlar),
  - c) İhracatçı ülkenin kanunlarına göre yasak getirilmiş olan maddeler,
  - d) Yeniden kullanım veya geri kazanım amacı ile getirilen maddeler,
  - e) Kontamine olmuş alanın iyileştirme çalışmalarından doğan maddeler,
  - f) Yukarıda bahsedilen kategorilere ait olmayan fakat üretici ya da ihracatçı tarafından atık olarak kabul edilen maddeler (Tehlikeli Atık)

Şekil 2-1'de Katı atıklar sınıflandırılmıştır.(<http://www.cindil.net/tanimt.html> [Erişim Tarihi : 20 Aralık 2013]).



Şekil 2.1 : Katı atık kapsamına giren maddeler

## 2.2 KATI ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Atıklar farklı özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma atıkların geri kazanılması açısından oldukça önemlidir çünkü her tip atığın toplanması, depolanması, geri kazanılması sürecinde yapılması gereken işlemler, tesislerin sağlanması gereken özellikler, lisans şartları, uyulması gereken kurallar farklıdır.

**Tablo 2.1 : Katı atıkların genel olarak sınıflandırılması**

1. Evsel Çöpler	a) Organik	Mutfak atıkları, yemek atıkları, kağıt, dokuma, ambalaj malzemesi
	b) İnorganik	Kül ve cüruf, ev eşyası kırıkları (cam, porselen, toprak, demir)
2. İri hacimli çöpler		Eski Ev eşyası, büyük ambalaj, büyük bahçe atıkları
3. Bahçe atıkları		Bitki atıkları, yaprak, ağaç dalları
4. Sokak atıkları	a) Organik	Pazar yeri atıkları, yaprak ve dal atıkları, hayvan pisliği, kağıt atıkları
	b) İnorganik	Kışın serpiyen maddeler, uçucu kül ve toz, cadde yüzeyi aşınmaları
5. Esnaf, işletme ve sanayi atıkları	a) Organik	Besin endüstrisi üretim atıkları, tabakhane, dokuma fabrikası, ambalaj maddesi, kağıt, karton, plastik, ahşap.
	b) İnorganik	Kül ve cüruf, ambalaj malzemesi, çelik, toprak kap
6. Ahır ve mezbaha atıkları		Bağırsaklar ve işkembe atıkları, kemik, boynuz vb.
7. İnşaat molozları ve hafriyat toprağı	a) Organik	Yapı kısmı ahşap ve plastik
	b) İnorganik	Taş, toprak, metal parçası
8. Hastane atıkları	Organik ve İnorganik	
9. Atom atıkları, nükleer atıklar	Organik ve İnorganik	

**Tablo 2.2 : Bir toplumda meydana gelen katı atıkların kaynakları**

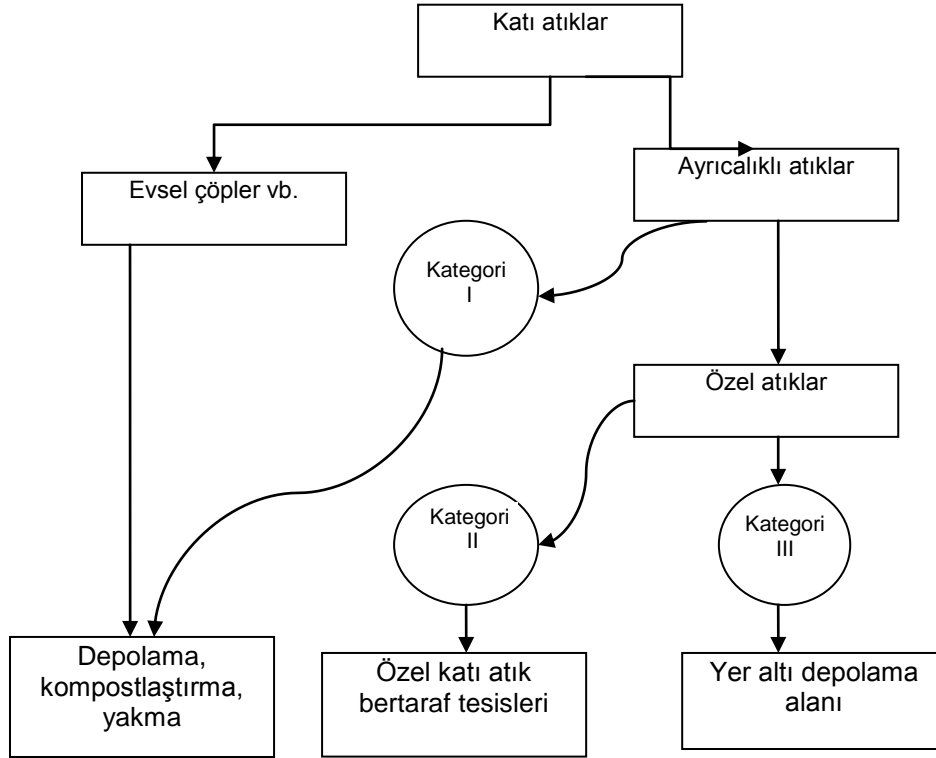
<b>Kaynak</b>	<b>Atıkların kaynaklandığı faaliyetler ve yeri</b>	<b>Meydana gelen katı atıkların tipleri</b>
Evsel	Küçük ve büyük ailelerin yaşadığı müstakil evler; küçük, orta ve yüksek katlı apartmanlar.	Yiyecek atıkları, kağıt, karton, plastik, deri, bahçe atıkları, odun, cam, teneke kutular, alüminyum, diğer metaller, kül, sokak süprüntüleri, özel atıklar (iri eşyalar, tüketici elektronikleri, beyaz eşyalar, ayrı toplanmış bahçe atıkları, piller, yağ ve motorlu araç lastikleri), evsel zararlı atıklar.
Ticari	Dükkanlar, lokantalar, marketler, iş merkezleri, oteller, moteller, servis istasyonları, oto tamirhaneleri vs.	Kağıt, karton, plastik, ahşap, yiyecek atıkları, cam, metal, özel atıklar, zararlı atıklar vs.
Kurumsal	Okullar, hastaneler, cezaevleri, kamu binaları.	Ticari atıklarda olduğu gibi.
İnşaat ve Yıkım	Yeni inşaat alanları, yol onarım ve bakım alanları, bina yıkımları, yıkık kaldırımlar.	Ahşap, çelik, beton, toz ve toprak.
Belediye Hizmetleri	Cadde yıkama, çevre düzenleme, parklar ve plajlar, diğer dinlenme alanları.	Özel atıklar, çer çöp, sokak süprüntüleri, çevre düzenleme ve kesilen ağaç dalları, parklardaki genel atıklar.
Kentsel Katı Atıklar	Yukarıdakilerin tümü.	Yukarıdakilerin tümü.
Endüstriyel Katı Atıklar	İnşa, fabrikasyon, hafif ve ağır üretim, rafineriler, kimyasal tesisler, güç tesisleri, yıkım vs.	Endüstriyel proses atık sularındaki döküntü ve kırıntı maddeler, Endüstriyel olmayan yiyecek, çöp, kül, yıkım ve inşa atıkları, özel atıklar ve zararlı atıklar.
Zirai Katı Atıklar	Araziye (tarlaya) ekilen ekinler, meyve bahçeleri, üzüm bağları, çiftlikler vs.	Bozulmuş yiyecek atıkları, zirai atıklar, zararlı atıklar.

### **2.2.1 Bertaraf Yöntemi Dikkate Alınarak Sınıflandırma**

- Hem yanabilir, hem kompost olabilir atıklar: Organik atıklar, mutfak atıkları, her çeşit bitki atıkları, kağıt, ince karton vb.
- Sadece yakmaya uygun katı atıklar: Ahşap, karton, deri, plastik, lastik.
- Ne yakmaya ne de kompost yapmaya uygun olan katı atıklar: Cam, porselen, taş tuğla parçaları, kül, demir vb.
- İnce katı atıklar: İnce çöp, kum, kil ve 10 mm'den küçük katı atıklar. Bu atıklar belli ölçüde hem yakmaya hem de kompostlaştırmaya uygundur.

## 2.2.2 Birlikte İşlem Görmesine Göre Sınıflandırma

Katı atıklar birlikte işlem görmesi dikkate alınarak şekil 2-2'de sınıflandırılmıştır.



Şekil 2.2 : Katı atıkların birlikte işlem görmesine göre sınıflandırılması

Kategori I: Evsel katı atıklarla birlikte işlem görebilir atıklar

Kategori II: İşlem görmezse zararlı olabilecek sanayi ve esnaf atıkları

Kategori III: Toksik etkilerden dolayı mutlaka özel işlem görmesi gereken atıklar.

## 2.2.3 Dane Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma

Katı atıklar dane büyüklüğüne göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

İnce katı atıklar: 0-10 mm

Orta irilikteki katı atıklar: 10-40 mm

İri katı atıklar: 40-120 mm

Çok iri katı atıklar: 120 mm'den büyük olanlar.

## 2.2.4 Ayırışabilirlik Derecesine Göre Sınıflandırılma

Evsel katı atıkların içeriği farklı bileşenlerden oluştuğu için her bir bileşenin ayrışma hızı ve süresi de farklıdır. Biyokimyasal ayrışması kolay olan katı atıklar Organik I,

ayrışması zor olanlar Organik II ve çok zor olanlar ise Organik III şeklinde sınıflandırılabilir. Organik III grubuna giren atıkların ayrışması için çok uzun sürelere ihtiyaç vardır.

**Tablo 2-3 : Katı atıkların organik madde grubuna göre sınıflandırılması**

	<b>Bileşenler</b>	<b>SM</b>	<b>OM</b>	<b>İOM</b>
Organik I	Yiyecek atıkları, sebze, meyve	70	20	10
Organik II	Kağıt, karton, deri, kösele, bahçe atıkları, tahta, odun	40	50	10
Organik III	Plastik- PET, PVV, tekstil, lastik, kauçuk, naylon, kemik	20	75	5
İnce çöpler	Boyutu 10 mm'den az olan atıklar	50	25	25
İnert maddeler	Cam, şişe, teneke, taş, toprak, kül ve cüruf	5	-	95

**Kaynaklar:**

*Karpuzcu Mehmet, 2004, Kimyasal Kirlenme Kontrolü*

**2.3 EVSEL KATI ATIKLAR**

Şehirlerimizde çöpler belediyeler tarafından toplanmaktadır. Ancak çöpler toplanırken kaynaktan ayırma veya en basit şekilde kuru-yaş ayırımı yapılmadığından, depolama imha ve geri kazanmada büyük sorunlar meydana gelmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte çöplerin miktar ve bileşenleri de değişmektedir. Son yıllarda evsel çöp içindeki plastik madde ve diğer ambalajların miktarında artışlar görülmektedir. Ayrıca pil, akü, boya kutusu, kullanılmış ilaç vb. tehlikeli atıkların oranı da her geçen gün artmaktadır.

Türkiye’de günde 55 bin ton çöp toplanmaktadır. Toplanan çöplerin büyük çoğunluğu tedbir alınmadan gelişigüzel depolanmakta veya atılmaktadır. Toplama aşamasında ayırma yapılmadığından evsel çöpler içine hastane çöpleri, zararlı ve tehlikeli çöpler ve sanayi atıkları karıştığından yol açtığı çevre problemleri daha da artmakta, imha ve geri kazanmada güçlükler ortaya çıkmaktadır.

Bütçelerinin yüzde 40’ını temizlik giderlerine ayıran belediyeler, katı atık yönetiminde kendilerine verilen görevleri toplama ve taşıma konularında yerine getirmeye çalışırken, değerlendirme ve depolamada gereken önemi göstermemektedirler. Bugün satın alınan hemen her şeyin kağıt, plastik, metal veya cam ambalaj içinde olduğu ve kentsel katı atıkların da yaklaşık 1/3’ünü ambalaj atıklarının oluşturduğu göz önüne alınırsa, bu malzemelerin yeterince geri kazanılamamaktadır.



### 3. KOMPOST

#### 3.1 KOMPOST TANIMI VE KOMPOST ÜRETİMİ

Organik atıkların kontrollü bir şekilde biyolojik bir bozulmaya tabi tutularak, kolayca küçülebilen, toprak gibi kokusu olan bir şekilde dönüşmesiyle elde edilen materyale kompost denir. (Dönmez , 2006) Kompost bir çeşit bir şartlandırıcısıdır, ancak içerisine belli oranlarda Azot, Fosfor, Potasyum (N,P,K) ilavesiyle üstün kalitede gübre etmek mümkündür.

Ülkemizde bir yılda oluşan atıkların yaklaşık olarak 12.419.195 tonu düzenli depolama sahalarında depolanmakta, 299.250 tonu ise 4 ayrı ilin geri kazanım ve kompost tesisi'nde işlenmektedir. İşletilmekte olan düzenli depolama sahaları ve kompost tesislerinin yerleri ve bertaraf ettikleri atık miktarı Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3-1 : Türkiye'deki kompost tesisleri**

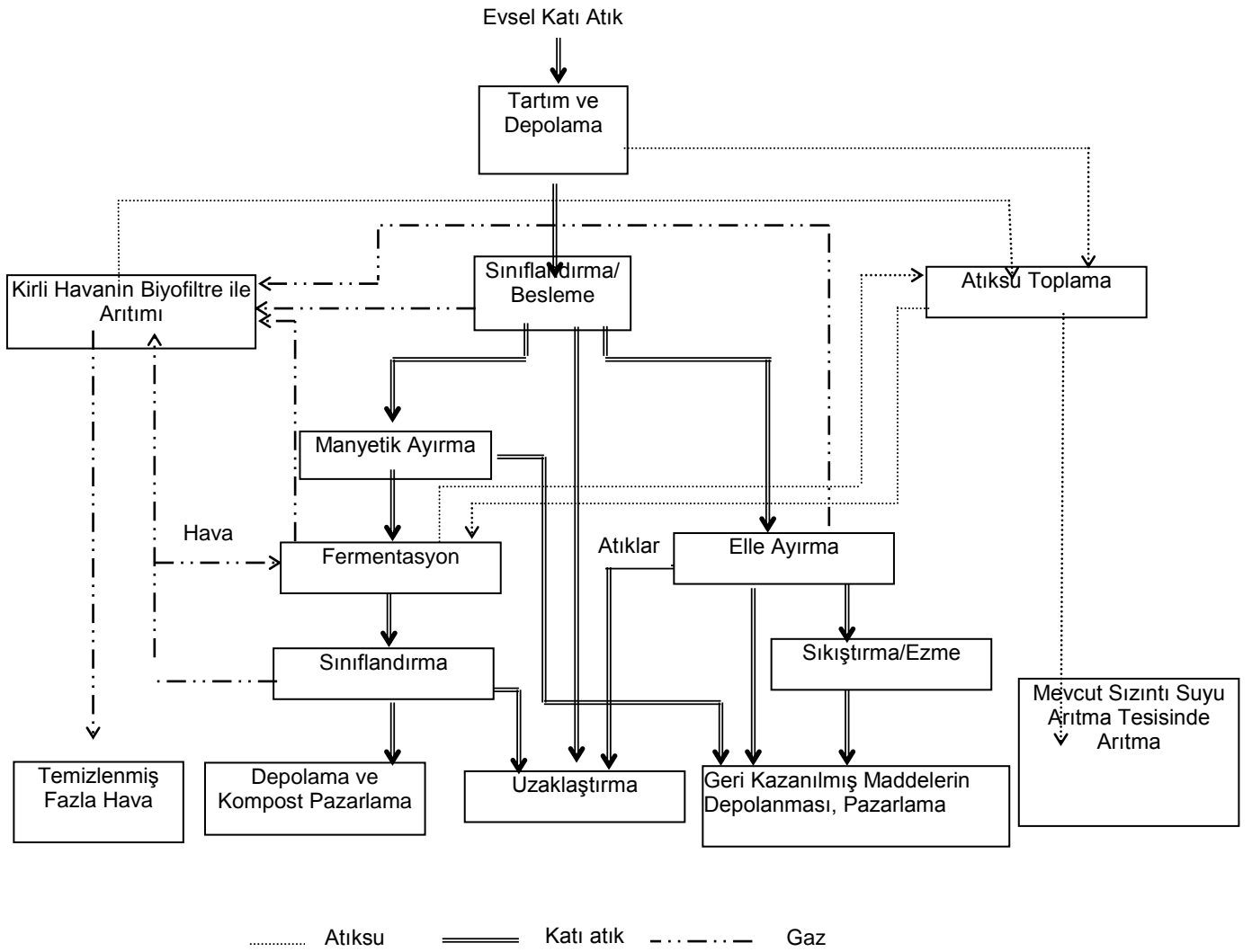
İLLER	Kapasite(ton/yıl)	İşlenen Atık(ton/yıl)
İZMİR	182.000	91.250
İSTANBUL	360.000	162.000
ANTALYA-KEMER	54.750	45.000
DENİZLİ	3.000	1.000
<b>TOPLAM</b>	<b>599.750</b>	<b>299.250</b>

*Kaynaklar:*  
*Günay Kocasoy , 1999*

Türkiye'deki 4 tesisten biri olan İstanbul Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi 700 t/gün evsel organik katı atık (EOKA) ile 500 t/gün evsel katı atığın (EKA) aerobik biyolojik arıtım kapasitesine sahiptir. Kompostlaştırmada uygulanan aerobik kompostlaştırma prosesi tünel kompostlaştırma olarak bilinen hızlı kompostlaştırma tekniğidir. Tesise gelen EKA'lar önce ön ayırma birimine alınır. Ön ayırma sırasında Ø80 mm elek üzerinde kalan atıklar elle ayırma (geri kazanma) birimine sevk edilir. Elek altı ise manyetik ayırıcıda demir parçaları ayrıldıktan sonra kompost reaktörüne verilir. Tünel kompost reaktöründe 8 haftalık aerobik fermentasyon sonunda kompostlaştırılan EOKA'lar Ø15 mm'lik elekten geçirilerek, elek üstü kalan kısım, kaba kompost olarak evsel katı atık depolama alanında günlük örtü tabakasında

kullanılır; elek altı ise kompost ürünü olarak depolanır. IBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nin Akım Diyagramı Şekil 3-1'de verilmiştir.

Kompost reaktöründe, ilk 3 haftada hızlı fermentasyon gerçekleştirilir. Bu dönemde tabandan yukarı doğru pozitif havalandırma uygulanır. İkinci haftadan itibaren, aktarma esnasında nemlendirme de yapılır. Daha sonraki fermentasyon işlemi ise 5 hafta boyunca negatif havalandırma (hava yığın içinden ve tabandan emilerek) ile gerçekleştirilir. Kompostlaştırma esnasında açığa çıkan kirli hava biyofiltrede arıtılarak koku emisyonları kontrol altına alınır. Oluşan sızıntı suları da bir tankta biriktirilerek daha sonra tankerlerle taşınmak suretiyle Odayeri Düzenli Depolama Alanı'nda kurulu Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi'nde arıtılır.



**Şekil 3-1 : Katı atık işleme-geri kazanma ve kompostlaştırma tesisi akım diyagramı**

*Kaynaklar:*

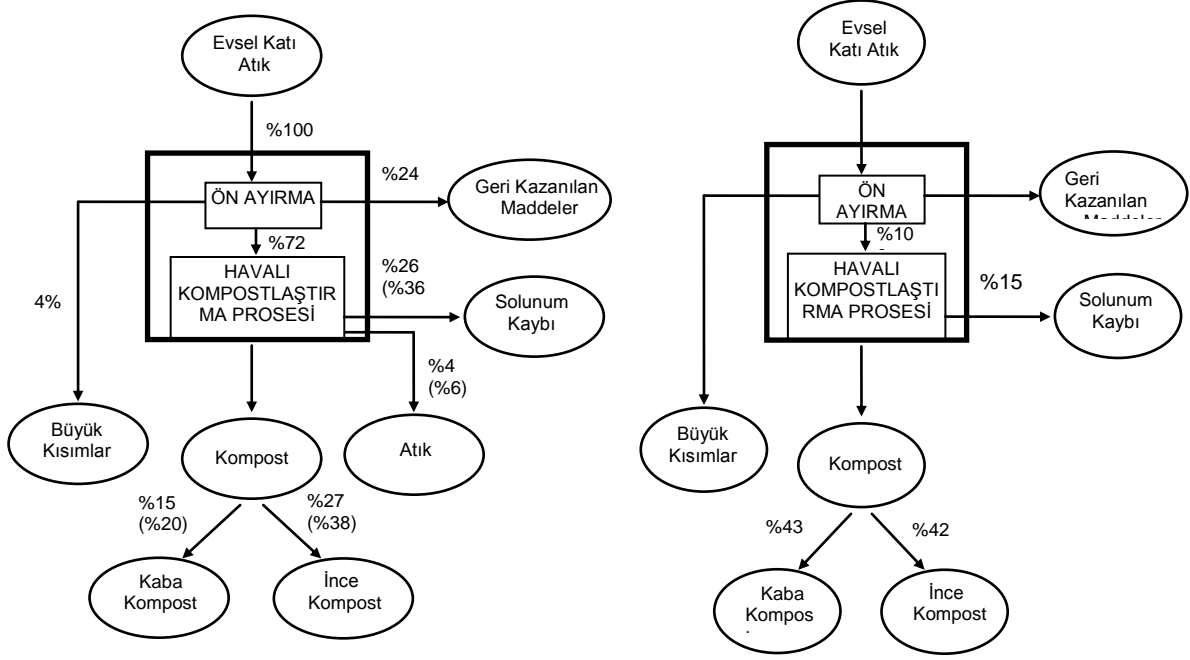
*Amlinger F, Pollak M, Favoino E 2004 Heavy Metals and Organic Compounds From Wastes Used as Organic*

*Fertilisers. Technical Report for the Directorate-General for the Environment of the European Commission [http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm\\_finalreport.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm_finalreport.pdf)*

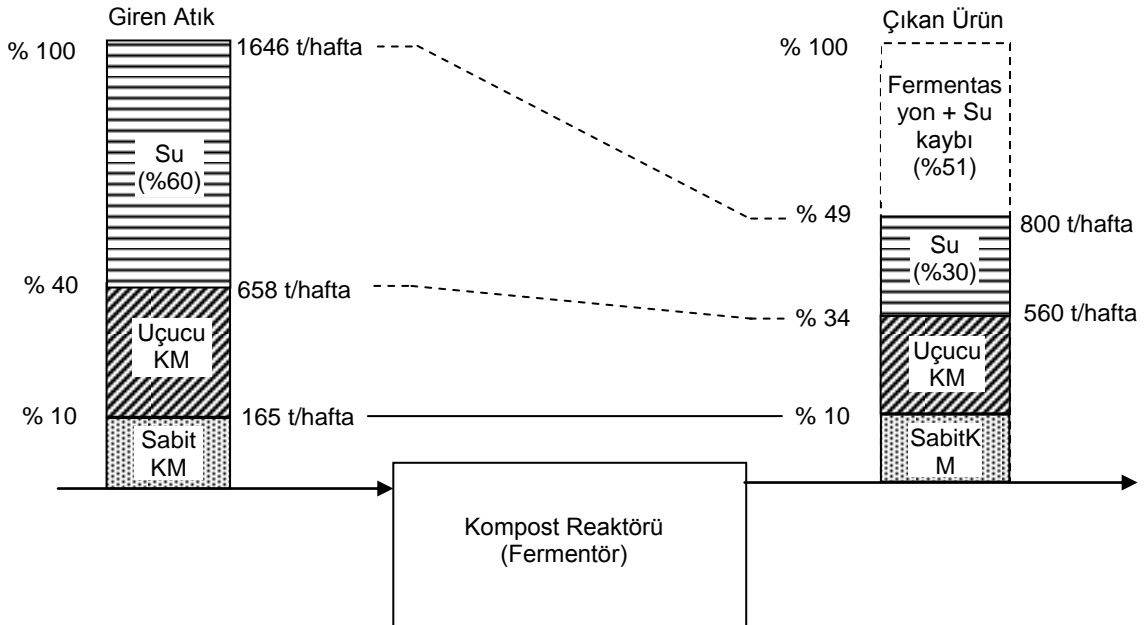
### **3.1.1 Kompost Tesisinde Kütle Dengesi**

Kütle dengesi hesaplarında tesise 630 t/gün karışık EKA kabul edildiği ve bunun 335 t/gün'lük kısmının (Organik atık) Kompost Reaktörüne sevk edildiği kabul edilmiştir. Kompost reaktörüne alınan organik atık içine ayrıca, boşluk arttırıcı katkı maddesi olarak, 15-16 t/gün yonga ve ağaç dalı parçaları (~yüzde 5-6 oranında) katılmaktadır. Fermantasyon başında herhangi bir mikrobiyal aşısı veya kompost ilavesi yapılmamaktadır. Dolayısıyla A ve B birimlerine 6 günde  $2 \times 700 = 1400$  t/hafta atık alınmaktadır. Birinci hafta sonunda, 1 nolu gözlerdeki yığınlar, Kompost aktarma makinası (KAM) ile aktarılarak bantlı iletilerle ikinci gözlere geçirilmektedir. Bu şekilde atık herbir gözde 7 gün kalmak ve tünelin 1 nolu gözünden girip 8. hafta sonunda 8 nolu gözden çıkmak üzere, fermentasyon uygulanmaktadır.

Yığın sıcaklıkları 1. alanda (göz) 45-60°C, 2-4. alanlarda 55-70°C (65°C), 5-6. alanlarda 45-50°C civarında tutulur. Sıcaklık kontrolü havalandırma ve aktarma yoluyla sağlanmaktadır. Tesiste haftalık ortalamalar itibariyle, yığınların 2. alandan 3. alana ilerletme başlangıcında 60 m<sup>3</sup>/hafta olmak üzere, tedricen azalan miktarlarda (toplam  $2 \times 240 = 480$  m<sup>3</sup>/hafta) harici su ilavesi yapılmaktadır. Tesiste işlenen organik EKA'lar başlangıçta ~yüzde 60 su içerdiği için ve 2. haftadan itibaren nem miktarını düzenlemek amacı ile su ilave edilmesi nedeni ile, önemli miktarda sızıntı suyu çıkışı gözlenmektedir. Oluşan sızıntı suyu miktarı 324 m<sup>3</sup>/hafta kadardır. (Şekil 3-2 ve 3-3)



**Şekil 3-2 : Bir aerobik kompostlaştırma tesisi ve b) İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi için kütle dengesi (kuru ağırlık)**



**Şekil 3-3 : Kompost tesisi kütle dengesi çubuk diyagramı (2013 yılı)**

**Kaynaklar:**  
Avrupa Birliği Direktifleri 2001/688/ EC, 2092/91 EC, 1488/98 EC

### 3.1.2 Fermentasyon Öncesi ve Sonrası Kompost Numunelerinin Karakterizasyonu

IBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla Ø80 mm'lik açıklığa sahip döner elek altında kalan, kompost tesisine alınan fermentasyon besleme atığından başlayarak kompost ürünün oluşumuna kadar 2 ayrı yığının analizleri yapılmıştır. Numuneler Ø80 mm elek altından 24 saatlik kompozit numuneler halinde, fermentasyon içinden ise her bir alandan aktarma esnasında üçerli kompozit numuneler halinde farklı zamanlarda 3 ayrı noktadan alınmıştır. Dokuz ayrı noktadan alınan numuneler 3'erli gruplar halinde kompozit hale getirilip 3 ayrı numune analiz edilmiştir. Kompost numune analizlerinde de su muhtevası buna bağlı olarak kuru madde oranı, gözenek boşluk yüzdesi, serbest hava boşluğu yüzdesi ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel parametreler; pH, iletkenlik, organik madde (OM), karbon (C), toplam kjeldahl azotu TKN, karbon azot oranı (C/N), amonyak azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) gibi kimyasal parametreler; mikrobiyolojik olarak toplam bakteri, küf ve maya ve salmonella mikroorganizma sayıları belirlenmiştir. Bu kapsamda, Tablo 3.2'de 2 seriye ait fermentasyona giren atık, kompost ürünü (Ø15 mm elek altı) ve 8. alan sonrası elek üstü (Ø15 mm) numunelerin karakterizasyonlarına ait ortalama verilmiştir. Fermentasyona giren atıklar ile kompost ürünü Tablo 3.2'de verilen elementler açısından karşılaştırıldığında kompost ürünüde farklı oranlarda bir artışın olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni proses boyunca organik maddenin ayrışmasından dolayı meydana gelen kütle kaybıdır. Başlangıç değerleri ile kıyaslandığında, fermentasyon ile meydana gelen kayıp neticesinde üründe doğal olarak elementlerin miktarı daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Kadmiyum (Cd) dışında bu artış tüm elementler için gözlenmiştir. Fermentasyona giren atıkta Cd değeri 1.13 mg/kg iken kompost ürünüde 0.84 mg/kg değerine düşmüştür.

**Tablo 3-2 : Fermentasyona giren, fermentasyondan çıkan ve fermentasyon sonrası (kompost) elek üstü atıkları üzerinde yapılan karakterizasyona ait ortalama değerler**

Parametre	Birim	Fermentasyona Giren	Fermentasyondan Çıkan	Fermentasyon Sonrası Elek Üstü
pH	-	6,34	7,23	7,0
İletkenlik (EC)	µmhos/cm	8750	8050	7625
Su muhtevası	%	52	26	30
Organik madde	% KM	58	36	64
Ca	% KM	32	20	36
TKN	% KM	39904	40026	39845
C/N	-	23	11	30
Gözenek Boşluk Yüzdesi	%	84	71	86
Serbest Hava Boşluğu Yüzdesi	%	50	18	56
Su Tutma Kapasitesi	%	35	52	30
Hacimsel Yoğunluk	gr/cm <sup>3</sup>	0,20	0,41	0,24
Toplam Bakteri	109.gr-1	0,44	3,5	-
Küf ve Maya	108.gr-1	2,8	0,13	-
Ca	%	5,58±0,9	8,66±1,8	-
K	%	0,83±0,11	0,89±0,13	-
P	%	0,15±0,1	0,23±0,01	-
Mg	%	0,4±0,01	0,5±0,05	-
S	%	0,55±0,06	0,71±0,08	-
Na	%	0,41±0,07	0,53±0,06	-
Fe	%	1,45±0,01	2,28±0,5	-
Cu	mg/kg	229±155	989±856	-
Mn	mg/kg	379±14	681±52	-
Zn	mg/kg	297±81	791±431	-
Al	%	1,19±0,02	1,76±0,3	-
B	mg/kg	67±6,36	99±6	-
Cd	%	4,86±1,04	1,4±0,8	-
Co	mg/kg	9±1,41	14±2,12	-
Cr	mg/kg	229±141	590±378	-
Ni	mg/kg	107±59	204±137	-
Pb	mg/kg	48±23	88±11	-

### 3.1.3 pH

pH kontrolü, mikrobiyal ortamın ve kompostlaştırma sürecinin (atık stabilizasyonunun) değerlendirilmesinde önemli parametrelerdendir. Evsel katı atıkların organik kısmının başlangıçtaki pH'ı 5 ile 7 arasındadır. Başlangıçta organik asitlerin oluşumu nedeniyle pH değeri düşük iken, proses ilerledikçe 8,0-8,5 seviyelerine kadar ulaşmaktadır. Bu durum çoğunlukla, ortamdan CO<sub>2</sub> çıkışı ve proteinlerin ayrışmasından ileri gelmektedir (Sharma ve diğ., 1997).

Fermentasyona giren atıklarının pH değerleri 5,9-6,8 aralığında tespit edilmiştir. Sıcaklığın artmasıyla kompostlaştırma prosesi süresince alkali pH'a doğru artma eğilimi gözlemlenmiştir. Olgunlaşma devresi sonunda ise pH değerleri 7,0-7,6 arasında

kalmıştır. Bu durum, sistemin yeterli derecede havalandığıının, diğer bir ifadeyle anaerobik ortam koşullarının oluşmadığıının bir göstergesidir.

#### **3.1.4 Elektriksel İletkenlik**

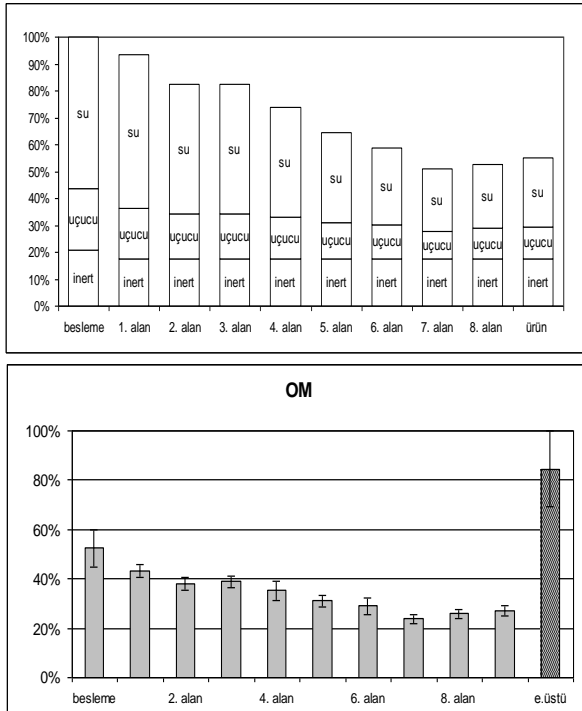
Elektrik iletkenliği komposttaki çözünmüş tuz konsantrasyonu seviyesinin göstergesidir. İletkenlik, çözünmüş iyonların miktarı ve türü ile değişmektedir. Kompost toprak iyileştiricisi olarak kullanılmasında, fitotoksisite potansiyelini ifade etmesi açısından iletkenlik önemli olmaktadır. Ölçüm sonuçlarında fermantasyona giren atığın yapısına bağlı olarak 2. alana kadar olan kısımda seriler arasında farklılıklar gözlenmiştir. 1. seride besleme ve 1. fermentasyon atıklarında iletkenlik değerleri 10500-12800 aralığında iken, diğer seride 6500-7000 aralığında ölçülmüştür. Her iki seride de 2. ve 4. alanlar arasında gözlenen düşüşler ile iletkenlik ortalama olarak 6200 değerine kadar inmiş ve ardından 8000 değerine ulaşacak şekilde artma göstermiştir.

#### **3.1.5 Su Muhtevası**

Su muhtevası, kompostlaştırma prosesinde mikrobiyal aktiviteyi etkileyerek sıcaklığı ve organik maddenin ayrışma hızını belirlemektedir. Kompostlaştırma prosesi için teorik su ihtiyacı yüzde 100'dür. Ancak, hava girişinin engellenmemesi için bu oran yarı değerde tutulmaktadır. Havalı kompostlaştırmanın başlangıç aşamalarında, optimum su muhtevası yüzde 50-60 aralığında değişmekte olup, dane boyutu vb. faktörlere bağlı olarak da değişkenlik göstermekle birlikte pratik olarak yüzde 40'luk minimum su muhtevası sağlanmalıdır. Aksi takdirde, fermantasyon hızı azalmakta ve yüzde 8-12'nin altındaki su muhtevalarında ise tüm mikrobiyal aktivite pratik olarak durmaktadır. Her iki fermentasyon besleme atıklarında su içeriği yüzde 53-61 aralığında olmakla birlikte, proses içerisinde 4.alandan itibaren değerlerde düşüş gözlenmiş ancak aktif kompostlaştırma periyodu için gerekli su muhtevasının serilerde sağlandığı belirlenmiştir. Serilerin alanlara göre ortalama su içeriklerine bakıldığında 6. alan ile ürün arasında fazla değişim olmadığı ve serilerden elde edilen ürünlerin su içerikleri yüzde 25-30 aralığında ölçülmüş olup kompost için uygun değerler arasında kalmaktadır.

#### **3.1.6 Organik Madde (OM)**

Şekil 3-4'de verilen çubuk diyagramında OM giderimi nispeten düşük görülmele birlikte yanıltıcı olmaktadır. Bunun nedeni, burada verilen giderimlerin nisbi değerler olmasıdır. Bu yüzden başlangıçtaki kuru maddeye göre OM giderimini vermek daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Dolayısıyla, inert bileşenin korunduğu kabul edilerek, ayrıştırılan uçucu katı bileşenin, girişteki uçucu katı bileşenine oranı hesaplanarak ölçüm sonuçları düzenlenmiştir (Haug, 1993). başlangıçtaki kuru maddeye göre çizilen grafikten görüldüğü üzere, serilerde ayrışma proses süresince devam etmiş ve 6, 7 ve 8. alanlarda kararlı değere ulaşmıştır.



**Şekil 3-4 : a) İki serinin alanlara ait ortalama OM miktarları ve atık bileşenleri b) Başlangıçtaki kuru maddeye göre iki serinin alanlara ait OM miktarları**

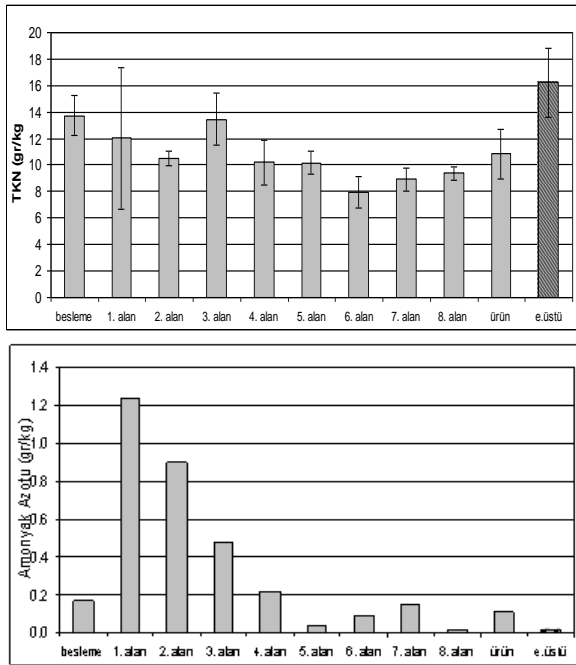
### 3.1.7 TKN ve Amonyak Azotu

Amonyak, kompostlaştırma sırasında atmosfere yayılan azotun en genel formudur. Amonyak, protein, üre ve diğer azot içeren organik maddelerin ayrışması sonucu açığa çıkmaktadır. Atık içerisindeki  $NH_3$  oluşumunu kontrol eden şartlar, havaya  $NH_3$  kaybını arttırmaktadır. Bhojar ve diğ. (1979),  $NH_3$  oluşumunun en çok olduğu sıcaklığı  $60-70^\circ C$  olarak bulmuşlardır. Ancak, bu durumda azot kaybının minimize edileceği işletme koşulları, organik maddenin yeterli derecede stabilizasyonu ve patojenlerin yok edilmesi için gerekli işletme koşullarıyla çelişmektedir.



Kompostlaştırma sırasında, azotun gaz formuna geçerek kaybına neden olan diğer azot dönüşümleri nitrifikasyon ve bunu takip eden denitrifikasyondur. Nitrifikasyonu kısıtlayıcı temel faktörler sıcaklık ve nem olduğundan, nitrifikasyon sıcaklığın düştüğü ve yeterli oksijenin bulunduğu kompostlaştırma prosesinin son dönemlerinde gerçekleşmektedir.

1. ve 2. seride fermantasyon besleme atıklarında TKN değerleri sırasıyla yüzde 1,2 ve yüzde 1,6, amonyak değerleri ise sırasıyla yüzde 0,02 ve 0,03 olarak ölçülmüştür. Bu nedenle proses başlangıcında azotun tümünün organik formda olduğu kabul edilebilir. Kompostlaştırma süresince iki serideki başlangıçtaki kuru madde bazında hesaplanan TKN değerleri alanlara göre Şekil 3-5’de verilmiştir.



**Şekil 3-5 : Başlangıçtaki kuru maddeye göre iki serinin alanlara göre TKN ve NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N değişimi**

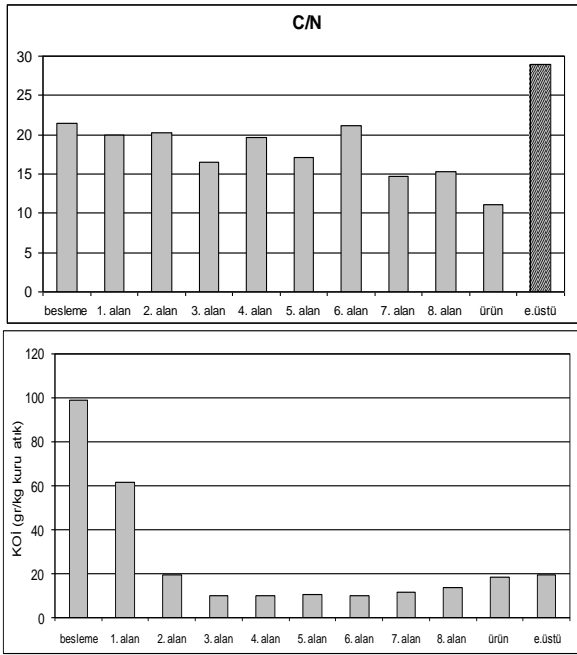
Başlangıçta azotun büyük bir kısmı organik azot formunda olduğu için NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N miktarları oldukça düşüktür. İki seride de amonyak artışı 1. ve 2. alanlarda maksimum değerlere ulaşmıştır. Bunun nedeni, organik maddelerin ayrışmasının hızlı olmasıdır. Kompost ürününde amonyak miktarının genelde 0,5 g/kg değerinin altında olması gerekmektedir. Aksi halde tarım uygulamalarında bitkilerde toksik etkileri gözlenmektedir (Arıkan, 2003; Altınbaş, 2000). Kompostlaştırma süresince serilerdeki ortalama amonyak değerlerine bakıldığında ürünün toksik etki sınırının altında kaldığı görülmektedir.

### 3.1.8 C/N Oranı

C/N oranı, kompostlaştırma prosesi için en önemli kalite göstergelerinden biridir, Karbonun büyük bir kısmı mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri dolayısıyla karbondioksite oksitlenir, kalan karbon ise yeni hücre sentezinde kullanılır. Kompost üretim aşamasında azot tüketimi, büyük oranda yeni hücre sentezi için yapılır. Sonuç olarak, azottan daha fazla karbon gerekmektedir. Katı atıkta  $C/N > 35$  ise azotun tamamen toprakta tutulacağı,  $C/N < 20$  ise azotun serbest kalacağı belirlenmiştir. Hızlı biyolojik ayrışma için başlangıç karbon azot oranının 20-35 aralığında olması önerilmektedir (Epstein, 1997; Graves ve Hattemer, 2000; Tabasaran, 1979). C/N oranı 35'i geçerse biyolojik aktivite yavaşlar ve prosesin tamamlanabilmesi için daha çok süreye ihtiyaç duyulur. Diğer taraftan, tam tersi bir durumda yani azot miktarı fazla ise, başka bir deyişle C/N oranı 20'nin altındaysa, amonyak açığa çıkar, bu da mikroorganizmalara zarar verir. Ayrıca, koku oluşmasına ve ürün kalitesinin düşmesine yol açar. C/N oranı çok yüksek olan atıklara, azotlu atıkların ilavesi ile bu oran azaltılabilmektedir. C/N oranı çok düşük olan atıklara ise karbonlu atıkların ilavesi ile C/N oranı arttırılabilmektedir.

Topraktaki organik maddelerin C/N oranı 10'dur. Buna göre, C/N oranı büyük olan bir kompost toprağa verildiğinde mikroorganizmalar çoğalmak için azotu topraktan alırlar ve onu azot yönünden fakirleştirirler, C/N oranı çok düşük ise fazla azot, amonyak olarak kaybolduğundan toprakta yine azot yönünden bir fakirleşme görülür. İki seriden elde edilen kompost ürünlerinin ortama C/N oranlarına bakıldığında toprağa uygulanmasında problem görülmemektedir.

Ham atık ve kompost ürünü üzerinde yapılan analizlerin sonucunda, 1. ve 2. serinin başlangıç C/N oranları sırasıyla 23 ve 20 olduğu belirlenmiştir. (Şekil 3-6) Proses sonunda elde edilen ürünlerde yapılan deneylerde C/N oranları düşüş göstermiş ve 1. ve 2. seride sırasıyla 9 ve 13 değerleri elde edilmiştir.



**Şekil 3-6 : İki seride C/N oranları ve KOİ değişimi**

### 3.1.9 KOİ

Ölçüm sonuçlarında fermentasyona besleme atığına bağlı olarak 3. ve 4. alanlara kadar seriler arasında KOİ değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. 3.ve 4. alanlarda gözlenen düşüşlerin ardından kompost ürünlerinin KOİ değerlerinin 5 gr/kg değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

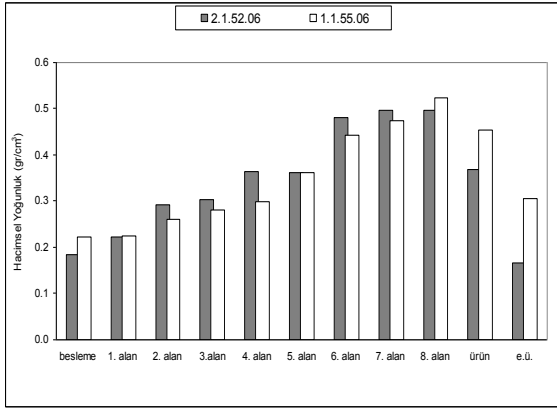
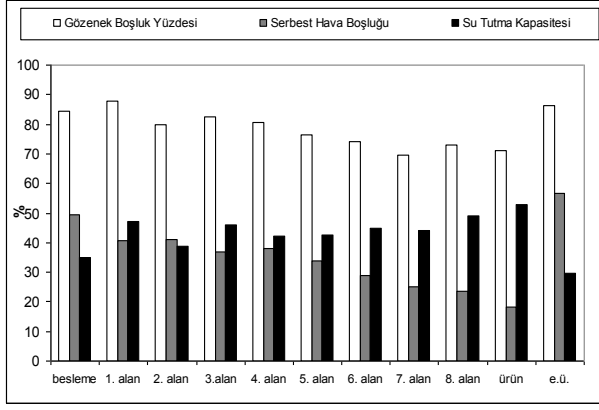
Ölçülen KOİ parametresi, su ile ekstrakte edilebilen mevcut organik maddenin bir göstergesi olup proses boyunca değişimi incelendiğinde 3. alandan sonra sabitlendiği gözlenmiştir. Bu sonuca göre katı atığın ayrışma işleminin 3. alanda çok büyük oranda tamamlandığı söylenebilir. Bu bulgu, daha ekonomik bir kompost fermentasyon tesisi tasarımı için çok önemlidir. Yeni tesis, 3 haftalık hızlı fermentasyon esas alınarak tasarlanabilir.

### 3.1.10 Gözenek Boşluk Yüzdesi/Su Tutma Kapasitesi ve Hacimsel Yoğunluk

Şekil 3-7'de tüm serilerde alanlara ait ortalama gözenek boşluk yüzdeleri, serbest hava boşlukları ve su tutma kapasiteleri verilmiştir. Gözenek boşluk yüzdesinin tüm proses boyunca yüzde 70-88 arasında değiştiği gözlenmiştir. Kompost prosesinde organizmaların faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli besin maddeleri ve oksijenin taşınması ve oluşturduğu ürünlerin sistemden uzaklaştırması için gerekli olan gözenek boşluğu tesis içinde tüm proses boyunca sağlanmaktadır. Bu yüksek gözenek

boşluğunun oluşmasında atığın içerisindeki iri inert madde oranının fazla olması ve bunun neticesinde atıkların karışık toplanmasının etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ileride tesise alınması düşünülen ayrı toplanmış organik atıkların kompostlaştırmasında gözenek boşluğu parametresi üzerinde önemle durulmalıdır. Bu nedenle ağaç yongalarının kullanımının optimize edilmesi gereklidir.

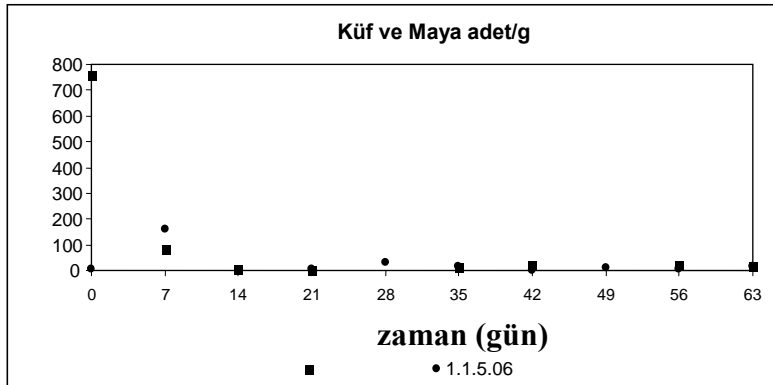
Serbest hava boşluğu kompostlaştırma prosesinde havanın tüm katı atık üzerine teması açısından oldukça önemlidir. Fermentasyona giren atıkta bu değer yüzde 50 olup proses boyunca atığın ayrışmasından dolayı azalmış ve nihai üründe yüzde 20'ye kadar düşmüştür. Su tutma kapasitesinin yüksek olması kompost ürününün kalitesini yansıtan en önemli özelliklerden birisidir. Şekil 3-7'den görüldüğü üzere su tutma kapasitesi yüzde 40'ın altında olan ham atığın ayrışma ile birlikte proses boyunca su tutma kapasitesinin arttığı ve yüzde 60'a ulaştığı gözlenmiştir. 1. seride başlangıçta  $0,18 \text{ g/cm}^3$  olan hacimsel yoğunluk kompost prosesi sonunda  $0,37 \text{ g/cm}^3$  değerine yükselmiştir. 2. seride ise başlangıçta  $0,22 \text{ g/cm}^3$  olan hacimsel yoğunluk kompost prosesi sonunda  $0,45 \text{ g/cm}^3$  değerine yükselmiştir. Buna göre 2013 yılında fermentasyona giren toplam atık miktarının 77,377 ton ve toplam ürünün 37,475 ton alınması durumunda kompostlaştırma prosesi ile her iki seride de yüzde 76'lık bir hacimsel azalmanın sağlandığı hesaplanabilmektedir.(Şekil 3-7)



**Şekil 3-7 : İki seride ortalama gözenek boşluk yüzdeleri, serbest hava boşlukları, su tutma kapasiteleri ve hacimsel yoğunlukları değişimi**

### 3.1.11 Mikrobiyolojik Analizler

Kompost prosesinde yapılan mikrobiyolojik analizlerde bakteri, küf ve maya sayımlarının normal seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Toplam bakteri tüm proses boyunca ~109 adet/g bulunmuştur (Şekil 3-8). Küf ve Maya ise prosesin başında, ~108 adet/g iken sonlara doğru ~106 adet/g seviyelerine düşmüştür. Proses boyunca her bir alanda yapılan analizlerde Salmonella tespit edilmemiştir.



**Şekil 3-8 : İki seride küf ve maya değerleri**

## 3.2 EVSEL KATI ATIĞIN ORGANİK KISMININ KOMPOSTLAŞTIRILMASI

### 3.2.1 Organik Evsel Katı Atık Reaktörleri İçerikleri ve Karakterizasyonu

Çalışmaların 1.'sinde sadece karışık kentsel katı atık (kontrol), diğerinde organik atık olacak şekilde çalışmalar yürütülmüştür. Reaktörlerde kullanılan kentsel katı atık, İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nin 80 mm elek altından alınmıştır. Organik kentsel katı atık ise, İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ne gelen atıktan (80 mm eleğe girmeden önce) organik olmayan kısmın elle ayrılması yoluyla elde edilmiştir. Organik kentsel atığın pH, Eİ, TKN değerleri kontrol olarak kullanılan karışık kentsel atığa nazaran daha yüksektir(Tablo 3.3).

**Tablo 3-3 : Organik evsel katı atık reaktörlerinin başlangıç atık ve elde edilen ürün karakterizasyonları**

Parametre	Birim	Başlangıç Atık		Elde Edilen Ürün	
		Kontrol	Organik KKA	Kontrol	Organik KKA
pH	-	5,35±0,46	5,53±0,26	7,96±0,13	7,78±0,15
Eİ	µmhos/cm	11400±436	12533±1206	9367±904	16867±603
Su Muhtevası	%	52±1,8	56±1,8	38±4,2	25±4,5
OM	% KM	60±10,9	60±3,8	30±9,3	35±6,0
TKN	% KM	1,1±0,30	1,9±0,42	1,0±0,39	1,4±0,32
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	% KM	0,05±0,013	0,05±0,03	0,01±0,002	0,01±0,003
KOİ	g/kg	63±18	53±18	4,6±1,12	5,6±0,16
C	%	-	-	12±0,86	17±3,31
N	%	-	-	0,99±0,08	1,42±0,28
C/N	-	-	-	11,78±0,78	11,86±0,36
Ca	% KM	3,97±0,30	5,09±0,48	5,69±0,56	6,52±0,7
Al	% KM	0,52±0,18	0,46±0,06	0,63±0,16	0,72±0,06
B	mg/kg	75±38	32±5	56±13	44±5
Cd	mg/kg	0,57±0,14	0,59±0,17	1,14±0,4	0,90±0,1
Co	mg/kg	6,5±1,2	5,9±1,4	104±97	9,33±0,91
Cr	mg/kg	157±49	141±75	157±53	186±32
Cu	mg/kg	249±303	43±2	134±5	142±14
Fe	% KM	0,80±0,08	0,83±0,17	2,96±1,69	1,54±0,14
K	% KM	0,73±0,11	1,03±0,16	0,57±0,15	1,05±0,2
Mg	% KM	0,26±0,03	0,50±0,12	0,54±0,1	0,92±0,17
Mn	mg/kg	360±160	295±93	460±126	422±42
Na	% KM	0,38±0,02	0,43±0,07	0,41±0,13	0,81±0,08
Ni	Mg/kg	63±12	49±15	105±10	83±19
P	% KM	0,14±0,02	0,40±0,19	0,20±0,05	0,28±0,02
Pb	mg/kg	64±22	78±48	261±323	132±88
S	% KM	0,52±0,11	0,56±0,11	0,81±0,43	0,84±0,05
Zn	mg/kg	242±94	153±17	394±165	378±171

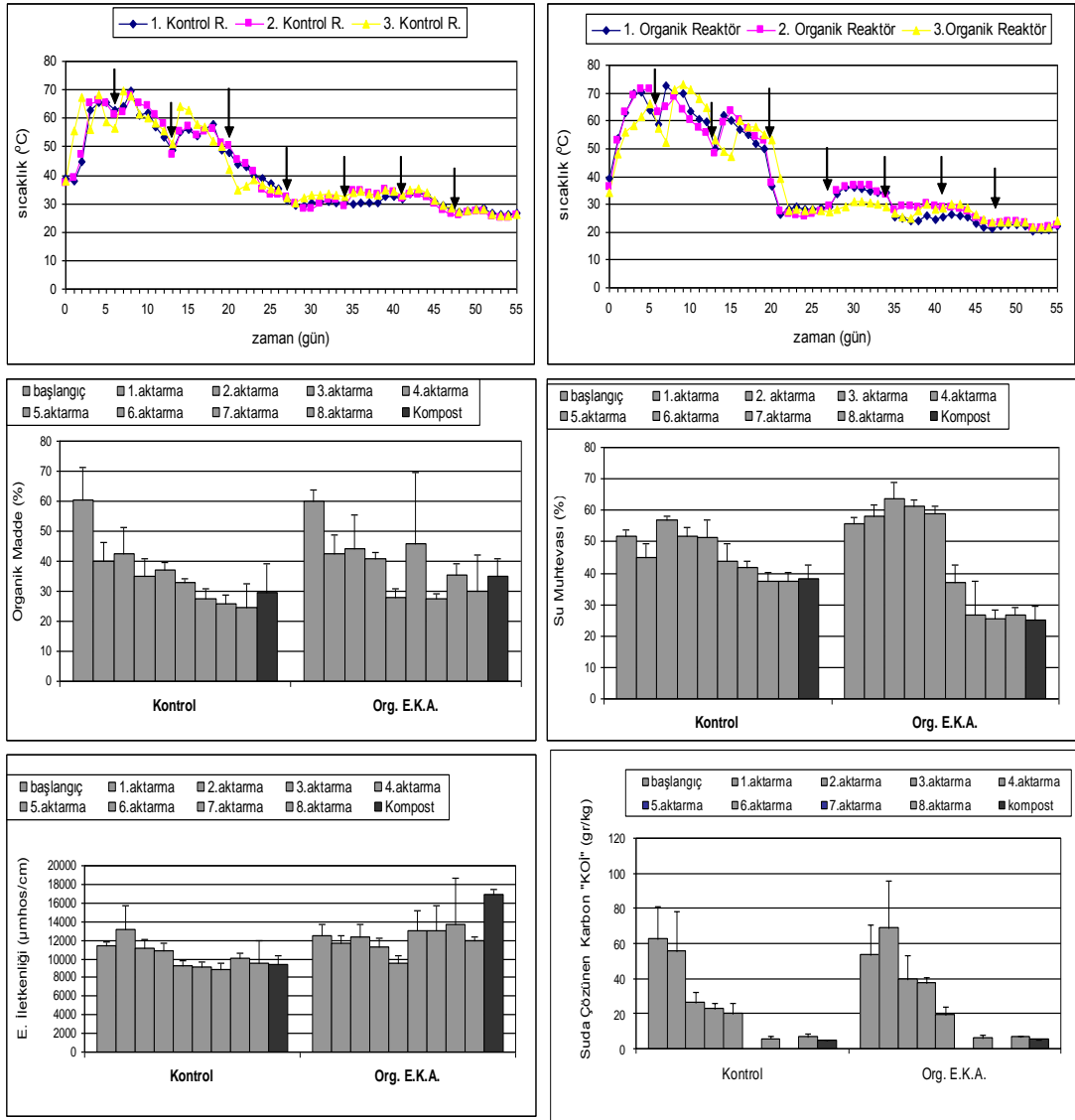
### 3.2.2 Organik Evsel Katı Atık Reaktörlerin Proses Değerlendirilmesi

Karışık kentsel atık (kontrol) ve organik kentsel katı atık reaktörlerindeki sıcaklık, OM, su muhtevası, pH, Eİ ve suda çözünen karbon (KOİ) değerlerinin değişimi Şekil 3-9'da gösterilmiştir. Her iki çalışmada da sıcaklıklar tipik kompostlaştırma prosesine uygun şekilde 55-60 °C'nin üzerine çıkmış ve kademeli olarak azalmıştır. Kompostlaştırma prosesinin ilk 4 haftasında organik kentsel atık reaktöründeki su muhtevası, organik atıkların yüksek su içeriğinden dolayı kontrol reaktörüne göre yüksek seyretmiş ancak kurutmanın daha etkin olması amacıyla havalandırma artırılmış ve kuruma sağlanmıştır. Tüm reaktörlerde pH değerleri ise aynı seviyelerde kalmıştır. Organik atık uygulamasında reaktör içerisindeki OM oranı kontrol reaktörlerindekiye göre daha fazla olduğundan, başlangıçta kontrol reaktörlerinde yaklaşık olarak 11000 µmhos/cm olan Eİ değeri, organik atık deneme reaktörlerinde 13000 µmhos/cm civarında bulunmuştur. Prosesin hızlı ayrışma evresinde sızıntı suyu oluşması nedeniyle organik atık reaktörlerinde Eİ değerleri 10000 µmhos/cm değerinin altına inmiştir. Bu da sızıntı suyu ile yıkanmanın etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bununla birlikte su muhtevasını azaltmak için havalandırmanın artırılmasından dolayı organik atık reaktörlerinde Eİ değerlerinin tekrar yükselmesine neden olmuştur.

### 3.2.3 Organik Evsel Katı Atık Reaktörlerinde Elde Edilen Ürünün Kalitesi

Karışık Kentsel Atık (kontrol) ve Organik Kentsel Katı Atık Reaktörlerine ait kütle dengelerine göre aynı miktarda atığın kompostlaştırma prosesine girdiği düşünülürse, organik maddenin büyük kısmının CO<sub>2</sub>'e dönüşmesinden dolayı, organik kentsel katı atık reaktörlerinde proses sonundaki ürün miktarı karışık kentsel katı atıktakine göre yaklaşık yüzde 10 az olmasına rağmen, kaliteli ürün olan elek altı ince kompost oranı yüzde 10 daha fazladır. Düzenli depolamada günlük örtü olarak kullanılan elek üstü kaba kompost ise organik kentsel katı atık reaktörlerinde karışık kentsel katı atıktakine göre yaklaşık yüzde 20 daha azdır. Bu durum, ayrı toplamanın uygulanması halinde daha kaliteli bir ürünün elde edileceğini göstermektedir. Buna ilave olarak, halen İBB Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ne gelen atığın sadece yüzde 50'si Φ80 mm elekten geçerek kompostlaştırma prosesine girebilmekte, geri kalan elek üstü malzemenin yaklaşık yüzde 5 geri kazanılmakta ve son kalan yüzde 45 depolanmak üzere depolama tesisine gönderilmektedir. Ayrı toplamaya geçilmesi halinde, yıllık yaklaşık 70000 ton (~ yüzde 50) organik olmayan malzemenin tesise gelmesi ve daha sonra bunun yaklaşık

60000 tonunun tekrar depolanmak üzere taşınması da önlenmiş olacaktır. Bu da maliyet açısından önemli oranda tasarruf sağlamaktadır.



**Şekil 3-9 : Karışık Kentsel Atık (kontrol) ve Organik Kentsel Katı Atık reaktörlerindeki Sıcaklık, OM, pH, Eİ ve Suda Çözünen Karbon (KOİ) değerlerinin değişimi**

*Kaynaklar:*

*Katı Atık Yönetimi Eğitimi, <http://www.csi-turkey.com.tr>, [Erişim Tarihi : 5 Şubat 2013.]*

*EkoFriend, 2009, [www.ecofriend.com](http://www.ecofriend.com) [Erişim Tarihi : 11 Aralık 2013]*

### 3.2.4 Organik Eysel Katı Atık Reaktörleri Sızıntı Suyunun Analiz Sonuçları

Karışık kentsel atık (kontrol) ve organik kentsel katı atık reaktörlerindeki sızıntı suyu analizleri Tablo 3-4'de verilmiştir. Organik atık reaktörünün ilk haftasında oluşan sızıntı suyunun Eİ değeri 13.000 µmhos/cm iken, kontrol reaktöründe ikinci haftada oluşan sızıntı suyunda Eİ değeri 11.000 µmhos/cm' dir. Sızıntı suyu ile atığın yıkanmasından dolayı, organik atık reaktörlerinde zamanla artan çözülmüş maddeler



suya geçerek atık içerisindeki Eİ değerinin düşmesini sağlarken, sızıntı suyunda Eİ değerini arttırmıştır.

**Tablo 3-4 : Karışık kentsel atık (kontrol) ve organik kentsel katı atık reaktörlerindeki sızıntı suyu pH, Eİ ve KOİ Değerleri**

Uygulama	1.akt.		2.akt.		3.akt.		4.akt.	
	<b>pH</b>							
Kontrol Reaktörleri	-	-	7,16	-	-	-	-	-
Organik Kentsel Katı Atık	7,66	±0,58	7,74	±0,09	7,95	±0,23	7,73	±0,23
	<b>Elektriksel İletkenlik (µmhos/cm)</b>							
Kontrol Reaktörleri	-	-	1110	-	-	-	-	-
Organik Kentsel Katı Atık	1360	±662	1920	±111	2413	±249	2986	±207
	0	0	0	4	3	9	7	9
	<b>KOİ (mg/l)</b>							
Kontrol Reaktörleri	-	-	3078	-	-	-	-	-
Organik Kentsel Katı Atık	6943	±395	7221	±499	1160	±325	1588	±190
		9			4	7	6	8

### 3.3 ORGANİK KENTSEL KATI ATIK KOMPOSTLAŞTIRMA TEKRAR UYGULAMALARI

#### 3.3.1 Organik Kentsel Katı Atık Kompostlaştırma Tekrar Reaktörlerinin Atık İçerikleri ve Karakterizasyonu

Ayrı toplanmış kentsel katı atığı temsil etmesi amacıyla daha önce, İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ne gelen atıktan elle ayrılmış organik atıklar kullanılmıştı. Bu çalışmada, ayrı toplamanın kompost kalitesine etkisinin net olarak belirlenmesi amacıyla farklı kaynaklardan toplanan organik katı atıklar kullanılmıştır. İlk reaktöre, İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ne gelen kentsel katı atık içerisindeki organik olmayan kısımların önceki dönemdekine benzer şekilde elle ayıklanmasıyla elde edilen organik atıklar koyulmuştur. Diğer bir reaktöre kaynağında ayırmayı temsilen 10-15 evde ayrı toplanan mutfak atıkları ilave edilmiştir. Üçüncü organik katı atık kaynağı olarak ise halden alınan meyve ve sebze atıkları kullanılmıştır.

Başlangıç atık konsantrasyonlarına bakıldığında kentsel katı atığa en yakın özelliklere sahip organik atığın hal atığı olduğu görülmektedir. Kaynağında ayrılmış ve kentsel katı atıktan ayrılmış atığın pH değerleri hal atığına oranla daha düşük çıkmıştır. Tüm organik atıkların iletkenlikleri karışık atıkların iletkenliklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kontrol reaktörlerinde ortalama yüzde 50 olan su muhtevası, organik

atıklarda yaklaşık yüzde 80 değerlerine ulaşmıştır. Beklenildiği gibi organik katı atıkların OM içerikleri kentsel katı atıktan daha fazla (kaynağında ve kentsel katı atıktan ayrılmış organik atıklarda yaklaşık yüzde 90, hal atığında ise yüzde 68) bulunmuştur. OM sonuçlarına paralel olarak OM içeriği daha düşük olan hal atığının KOİ değeri de daha düşük, diğer organik atıkların KOİ sonuçları ise birbirlerine yakın çıkmıştır. Organik katı atıkların amonyak içerikleri kentsel katı atıkların yaklaşık 2 katı oranında bulunmuştur. Organik atıkların N değerleri de kontrol reaktörüne oranla daha yüksektir. Azot miktarlarındaki artış, karbon artışından daha fazla olduğundan organik atık reaktörlerindeki C/N değerlerinin karışık kentsel atığa nazaran düşük çıkmasına neden olmuştur. (Tablo 3-5)

**Tablo 3-5 : Organik kentsel katı atık kompostlaştırma tekrar uygulamaları reaktörlerinin başlangıç atık karakterizasyonu**

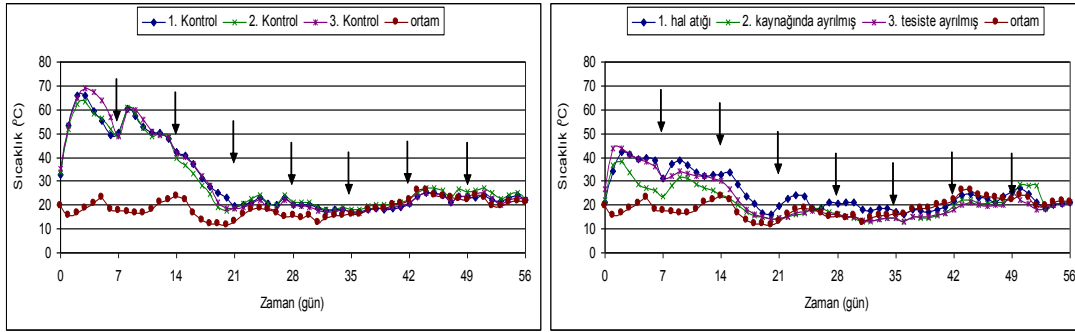
Parametre	Birim	Kontrol Reaktörleri	Hal atığı	Kaynakta ayrılmış	Kentsel katı atıktan ayrılmış
pH	-	5,36 ±0,2	5,20	4,61	4,55
E.İ.	µmhos/cm	12500 ±214	8000	5360	8100
Su Muhtevası	%	47 ±8	79	83	77
OM	%KM	61 ±3	68	91	88
C	%	31 ±2	34	42	43
N	%KM	1,6 ±0,3	1,7	2,0	2,4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	gr/kg	0,63 ±0,14	1,07	1,15	1,40
KOİ	gr/kg	92±21	183	327	262
C/N	-	21 ±4	20	21	18
Ca	% KM	4,2 ±0,4	3,0	1,4	2,2
Al	% KM	0,68 ±0,09	0,53	0,07	0,18
B	mg/kg	52 ±8,2	28	17	22
Cd	mg/kg	0,78 ±0,20	0,37	0,17	0,24
Co	mg/kg	8,5 ±1,2	5,6	1,4	1,8
Cr	mg/kg	424 ±80	298	61	44
Cu	mg/kg	265 ±76	47	20	31
Fe	% KM	1,33 ±0,7	0,87	0,11	0,25
K	% KM	0,83 ±0,03	1,35	1,86	1,51
Mg	% KM	0,29 ±0,03	0,52	0,15	0,20
Mo	mg/kg	47 ±10	34	7	23
Mn	mg/kg	360 ±99	214	45	98
Na	% KM	0,50 ±0,04	0,47	0,22	0,42
Ni	mg/kg	267 ±55	191	39	29
P	% KM	0,53 ±0,18	0,20	0,26	0,58
Pb	mg/kg	38 ±9	15	19	9
S	% KM	0,54 ±0,09	0,31	0,20	0,29
Zn	mg/kg	232 ±44	101	30	73

Kaynaklar:

Katı Atık Yönetimi Eğitimi, <http://www.csi-turkey.com.tr>, [Erişim Tarihi : 5 Şubat 2013.]

### 3.3.2 Organik Kentsel Katı Atık Kompostlaştırma Tekrar Uygulamaları Reaktörlerinin Proses Değerlendirmesi

Organik atık denemelerine ait sıcaklık değerleri kontrol reaktörlerine paralel olarak Şekil 3-10'da verilmiştir. Proses süresince reaktörlere ortalama olarak 15 dakikalık aralıklarla kontrol reaktörlerine 8, organik reaktörlere 7 mgO<sub>2</sub>/st-grUKM eşdeğer saatte 0,7 m<sup>3</sup> hava verilmiştir. Kentsel katı atık ile yürütülen kontrol reaktörlerinde 70 °C' ye kadar yükselen sıcaklık değerleri, organik atıkla dolu reaktörlerde en fazla 45°C' ye ulaşmış ve üçüncü haftadan itibaren ortam sıcaklığına düşmüştür.



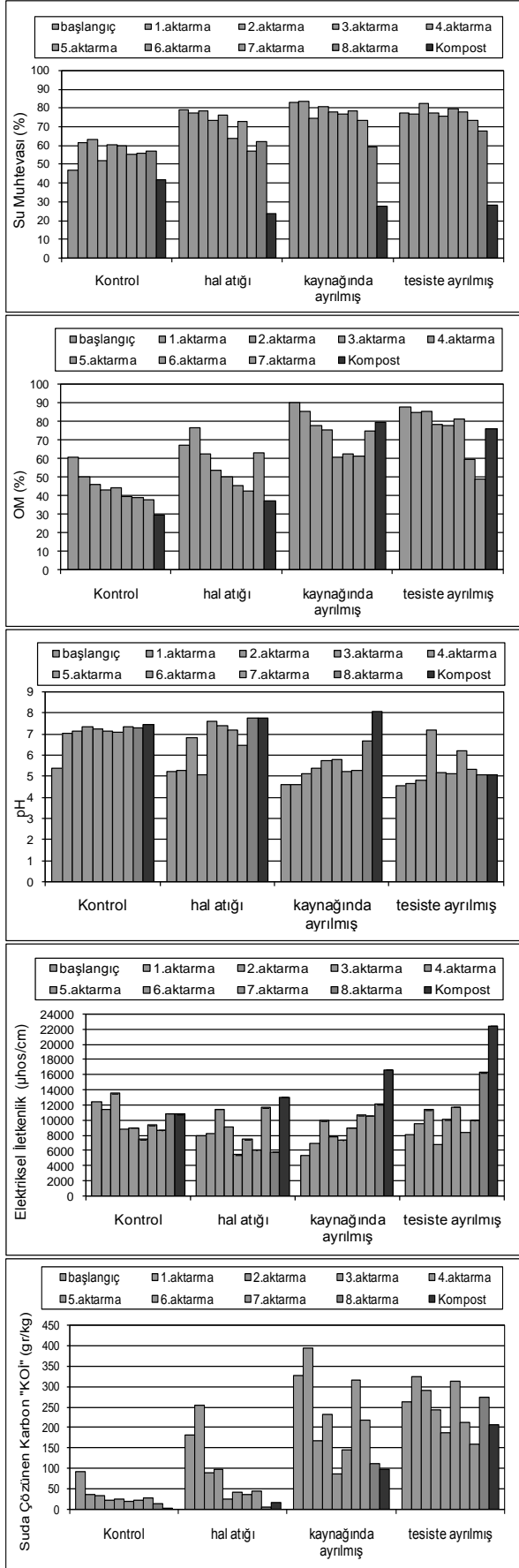
**Şekil 3-10 : Organik evsel katı atık tekrar denemeleri reaktörlerinin proses sıcaklık değerleri**

Kontrol reaktörlerinde mikrobiyal aktivitenin hızlı olduğu ilk haftalarda su muhtevaları kademeli olarak artmış ancak proses ilerledikçe buharlaşmanın etkisiyle kompostlaştırma prosesi için uygun aralık olan yüzde 40-70 aralığında kalmıştır (Şekil 3-11). Başlangıç su muhtevaları yüksek olan organik atık reaktörlerinde proses süresince su muhtevalarında az miktarda düşüşler gözlenmiş ancak genelde maksimum sınır olan yüzde 70 değerinin altına inilememiştir. Proses esnasındaki yüksek su muhtevalarının havanın atık içine geçmesini engellediği ve kompostlaştırma prosesini yavaşlattığı düşünülmektedir. Tüm reaktörlerde, OM zamana bağlı olarak yüzde 30-40 civarında azalmıştır. Kontrol reaktörlerinin OM giderim profillerine en yakın profil hal atığı ile elde edilmiştir.

KOI giderimlerine bakıldığında, en iyi sonucun hal atığı ile yapılan çalışmada elde edildiği, diğer organik atık denemelerinde ise proses süresince ayrışmanın gerçekleştiği, ancak stabilizasyonun tam olarak sağlanamadığı görülmektedir. Bunun nedeninin başlangıçta sözkonusu reaktörlerdeki yüksek KOI değerleri ile yüksek su muhtevasından dolayı istenilen seviyede sıcaklık artışına ulaşamaması olduğu tahmin edilmektedir.

Hal atığının kullanıldığı reaktörde 3. haftadan itibaren pH değerlerinde artma tespit edilmiş olmasına karşın, diğer organik atık reaktörlerde proses süresince görülen nispeten düşük pH' lar, aerobik koşulların oluşmadığı ve mikrobiyal faaliyetlerin tam olarak gerçekleşmediği, kontrol reaktörleri ile karşılaştırıldığında görülmektedir (Şekil 3-11). Organik atık reaktörlerinde tespit edilen düşük pH değerlerinin yüksek su muhtevasından dolayı, havanın reaktörler içerisine verimli ve homojen bir şekilde verilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Organik uygulamalardaki başlangıç Eİ değerleri kontrol reaktörlerinden daha düşük olmasına rağmen, zamanla ayrışmanın etkisiyle artmış, proses sonunda kaynağında ayrılmış ve tesiste ayrılmış atıkları içeren reaktörlerde yaklaşık olarak kontrol reaktörlerine yakın Eİ seviyeleri elde edilmiştir. Sadece hal atığı içeren reaktörde nispeten düşük Eİ değerleri görülmüştür. Sonuçlar, organik maddenin ayrışmasından dolayı proses süresince iletkenlik artışlarının olacağını ve özellikle yüksek sıcaklıklara ulaşılması halinde bu parametrenin önemle izlenmesi gerektiğini göstermektedir.



**Şekil 3-11 : Organik evsel katı atık tekrar denemeleri reaktörlerinin Sıcaklık, OM, Su Muhtevası, pH, Eİ ve Suda Çözünen Karbon (KOİ) değerlerinin değişimi**

### 3.3.3 Organik Evsel Katı Atık Reaktörlerinde Elde Edilen Ürün Kalitesi

Ürünlerin karakterizasyon sonuçları Tablo 3-6'da verilmiştir. Kontrol reaktörlerinden elde edilen ürün kalitesine en yakın sonuçların hal atığında sağlandığı görülmektedir. Kaynağında ayrılmış ve tesise gelen atıktan ayrılmış organik atık ile yürütülen çalışmada stabilizasyonu tam olarak sağlanamamış ürünler elde edilmiştir. (A Çoban,S Yiğit,G Demir, 2009)

Organik atıklardan elde edilen ürünlerin C/N oranları kontrol reaktörüne göre düşük çıkmıştır. Bu durum, organik atık ürününün N içeriklerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Başlangıç atık karakterizasyonuna paralel olarak K ve P elementleri haricinde tüm makro ve mikro element miktarları kontrol reaktörlerine oranla düşük bulunmuştur. Buna göre, kentsel katı atığın ayrı toplanması durumunda özellikle ağır metallerde önemli miktarda azalma olacağı görülmektedir.

**Tablo 3-6 : Organik evsel katı atık tekrarlı uygulamaları reaktörlerinden elde edilen ürün (ince kompost) karakterizasyonu**

Parametre	Birim	Kontrol Reaktörleri	Hal Atığı	Kaynakta Ayrılmış	Tesiste Ayrılmış
pH	-	7,46 ±0,03	7,77	8,07	5,05
EC	µmhos/cm	10850 ±522	13100	16700	22500
Su Muhtevası	%	42 ±2	23	27	28
OM	%KM	30 ±4	38	80	76
C	%	17 ±4	23	40	42
N	%KM	0,9 ±0,2	1,6	3,2	2,9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	gr/kg	0,03 ±0,01	0,17	0,69	3,66
KOİ	gr/kg	4,0±0,79	17,5	97,1	207
C/N	-	19 ±3	14	13	14
Ca	% KM	7,4 ±1,0	6,8	3,2	3,3
Al	% KM	0,84 ±0,03	1,00	0,27	0,27
B	mg/kg	67 ±6	40	34	28
Cd	mg/kg	1,33 ±0,34	0,57	0,44	0,35
Co	mg/kg	8,0 ±1,0	6,6	15,8	2,4
Cr	mg/kg	50 ±14	32	15	28
Cu	mg/kg	264 ±105	93	80	79
Fe	% KM	1,52 ±0,36	1,68	0,42	0,44
K	% KM	0,99 ±0,07	1,39	2,40	1,28
Mg	% KM	0,47 ±0,04	0,73	0,31	0,23
Mo	mg/kg	2,8 ±1,0	2,7	1,1	1,2
Mn	mg/kg	391 ±50	351	132	139
Na	% KM	0,58 ±0,04	0,37	0,33	0,50
Ni	mg/kg	38 ±10	27	30	21

Organik atıkların su muhtevaları fazla olduğundan kontrol reaktörlerine oranla daha fazla sızıntı suyu oluştuğu görülmektedir. Hal atığında ilk iki haftada, diğer organik atık reaktörlerinde proses süresince görülen düşük sızıntı suyu pH değerleri, atıkta ölçülen pH değerleriyle paralellik göstermiştir. Organik atıklarda proses süresince tam olarak atık stabilizasyonunun sağlanmadığını, aktarmalarda alınan sızıntı sularının yüksek KOİ değerleri de desteklemektedir.

### 3.4 AKTARMALI YIĞIN KOMPOSTLAŞTIRMA

#### 3.4.1 Aktarmalı Yiğın Kompostlaştırma Denemelerinin Atık Karakterizasyonu

Bu çalışmada aktarmalı yiğın metodu ile evsel katı atığın kompostlaştırılması planlanmıştır. Çalışmada açık aktarmalı yiğın yaklaşık 12 m<sup>3</sup> evsel katı atık olacak şekilde 7,5 m boyunda, 3,5 m eninde ve 1,2 m yükseklikte serilmiştir. Ayrıca aynı evsel katı atık İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nde de izlenerek kapalı sistem havalandırmalı-karıştırmalı kompost metodu ile de karşılaştırma yapılmıştır. Yiğının havalandırması pasif havalandırmayla haftada 1 kez karıştırılarak sağlanmıştır. Şekil 3-12'de aktarmalı yiğın ve karıştırma resimleri verilmiştir.



Şekil 3-12 : Aktarmalı yiğın ve aktarmalı yiğında karıştırma işlemi

İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ndeki kapalı (reaktörde) kompost prosesi ile aktarmalı yiğında kompost prosesini karşılaştırmak amacı ile tesisin 80 mm'lik döner elek altında kalan ve kompost tesisine alınan fermentasyon besleme atığından başlanarak kompost ürünün oluşumuna kadar çeşitli noktalardan tesisten numune alınmıştır. Karıştırma sırasında atık içeriğinden prosesin etkilenmemesi için tesiste fermentasyona alınan atık kullanılmış ve yiğın eş zamanlı oluşturulmuştur. Numuneler fermentasyon bölmesi içindeki her bir alandan aktarma esnasında üçerli

kompozit numuneler halinde farklı zamanlarda 3 ayrı noktadan alınmıştır. Dokuz ayrı noktadan alınan numuneler üçerli gruplar halinde kompozit hale getirilip 3 ayrı numunede analizlere devam edilmiştir. Aktarmalı yığında ise yığının 4 farklı noktasından alınan numuneler kompozit hale getirilip 2 ayrı numunede analizler yürütülmüştür. Ancak çalışmanın yapıldığı dönemde Kompost tesisinde meydana gelen arızalar sebebiyle tesiste gerekli düzeyde havalandırma yapılamamış ve bu yüzden elde edilen ürün tesisi tam karakterize etmemiştir. Dolayısıyla çalışmanın normal işletme dönemini karakterize eden veriler esas alınarak yığında kompost sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

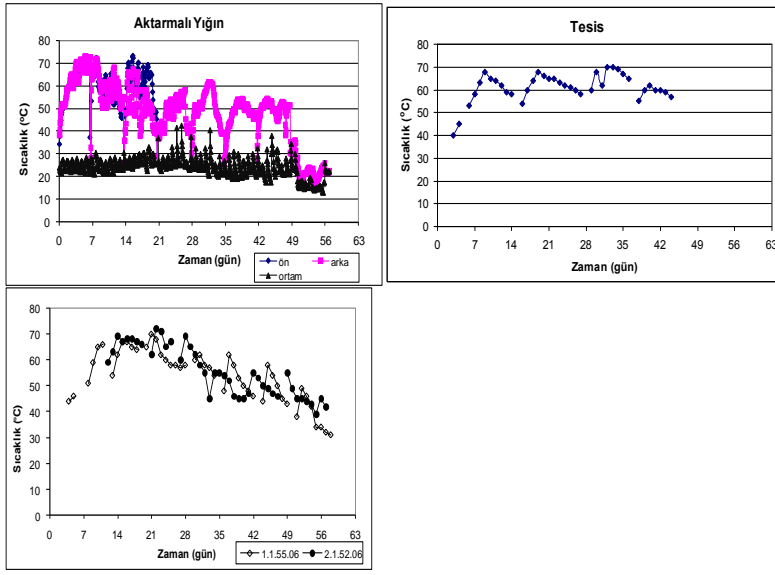
### 3.4.2 Aktarmalı Yığın Kompostlaştırma Denemelerinin Proses Değerlendirmesi

Aktarmalı yığın sıcaklıkları yığına 2 adet sıcaklık okuyucu konularak elde edilmiştir. Sıcaklık okuyucular ile 2 saatte bir otomatik sıcaklık ölçümü alınmıştır. Aktarmalı yığın ve tesise ait sıcaklıklar Tablo 3-7’de verilmiştir. Aktarmalı yığında ilk hafta içinde 65-70 °C civarında maksimum sıcaklıklara ulaşılmıştır. Bu yüksek sıcaklıklar ilk iki hafta muhafaza edilirken 3. haftadan sonra kademeli olarak düşmüştür. Tesiste ise sıcaklıklar 1 hafta sonra 60 °C üzerine ulaşmıştır.(Şekil 3-13)

**Tablo 3-7 : Aktarmalı yığın uygulamalarında beslenen atık karakterizasyonu**

Parametre	Birim	Tesis evsel katı atık	Evsel Katı Atık
pH	-	6,56±0,45	7,15±0,07
E.İ.	µmhos/cm	7875±1797	8235±375
Su Muhtevası	%	58±3,00	58±1,20
OM	%KM	54±4	56±1
TKN	gr/kg	14,73±4,27	10,56±0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	gr/kg	0,15±0,07	0,05±0,03
KOİ	gr/kg	98±18	29±9
C	%	24,10±1,04	30,88±0,86
N	%	1,20±0,03	1,50±0,01
C/N	-	20,06±0,29	20,6±0,47
Cd	mg/kg	0,84±0,41	3,4±3,09
Cr	mg/kg	230±141	95,3±34
Cu	mg/kg	229±156	146,8±64
Hg	mg/kg	≤1	≤1
Ni	mg/kg	107±60	129±146
P	mg/kg	1500±0,01	2031±612
Pb	mg/kg	48±24	130,3±69,8
Zn	mg/kg	297±81	480,1±205





**Şekil 3-13 : Elde edilen sıcaklık değerleri a) Aktarmalı yığına ait sıcaklık değerleri b) Yığın ile birlikte aynı dönemde izlenen tesise ait sıcaklık değerleri c) Daha önceki karakterizasyon çalışmasında tesiste gözlenen sıcaklık değerleri**

Aktarmalı yığının su muhtevası her hafta kontrol edilmiş olup su muhtevası yüzde 35-60 arasında olacak şekilde su ilavesi yapılmıştır. Aktarmalı yığına su ilavesi karıştırma sırasında fiskeye şeklinde su verilerek yapılmıştır. Son haftada yağışlar sebebi ile yığına su ilavesine gerek görülmemiştir (Şekil 3-14). Ancak açık kompost sistemi olduğundan ilk 3-4 haftada su muhtevaları oldukça düşmüştür. Aktarmalı yığında su ilavesi yapılmamış olmasına rağmen son haftada meydana gelen yağışlar sebebiyle elde edilen ürünün su muhtevası (yüzde 45) tesis verilerine oranla biraz daha yüksek çıkmıştır.

Tüm proseslerde su muhtevaları etkin havalandırmayı olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde mikroorganizmalar için gerekli su ihtiyacını karşılayacak düzeyde tutulmuştur. Ancak açık havada yapılan aktarmalı yığın hava koşullarından kapalı sisteme oranla daha fazla etkilendiğinden işletmede uygun yer seçimi veya kapatma yöntemi ile olumsuz etkiler ortadan kaldırılabilir ve kapalı sistemler ile su muhtevalarında tam uyum rahatlıkla sağlanabilir.

Beslenen evsel katı atığın organik madde oranı yüzde 54-56 civarındadır. Buna göre karşılaştırma yapılan metotlardaki atık OM içeriğinde yüksek oranda bir farklılık olmadığı görülmektedir. 8 hafta sonunda tesiste elde edilen ürünün organik madde

miktarı yüzde 46 iken aktarmalı yığında yüzde 40 civarındadır. Daha önceki çalışmada tesiste elde edilen ürünün organik madde miktarı ise yüzde 36'dır.

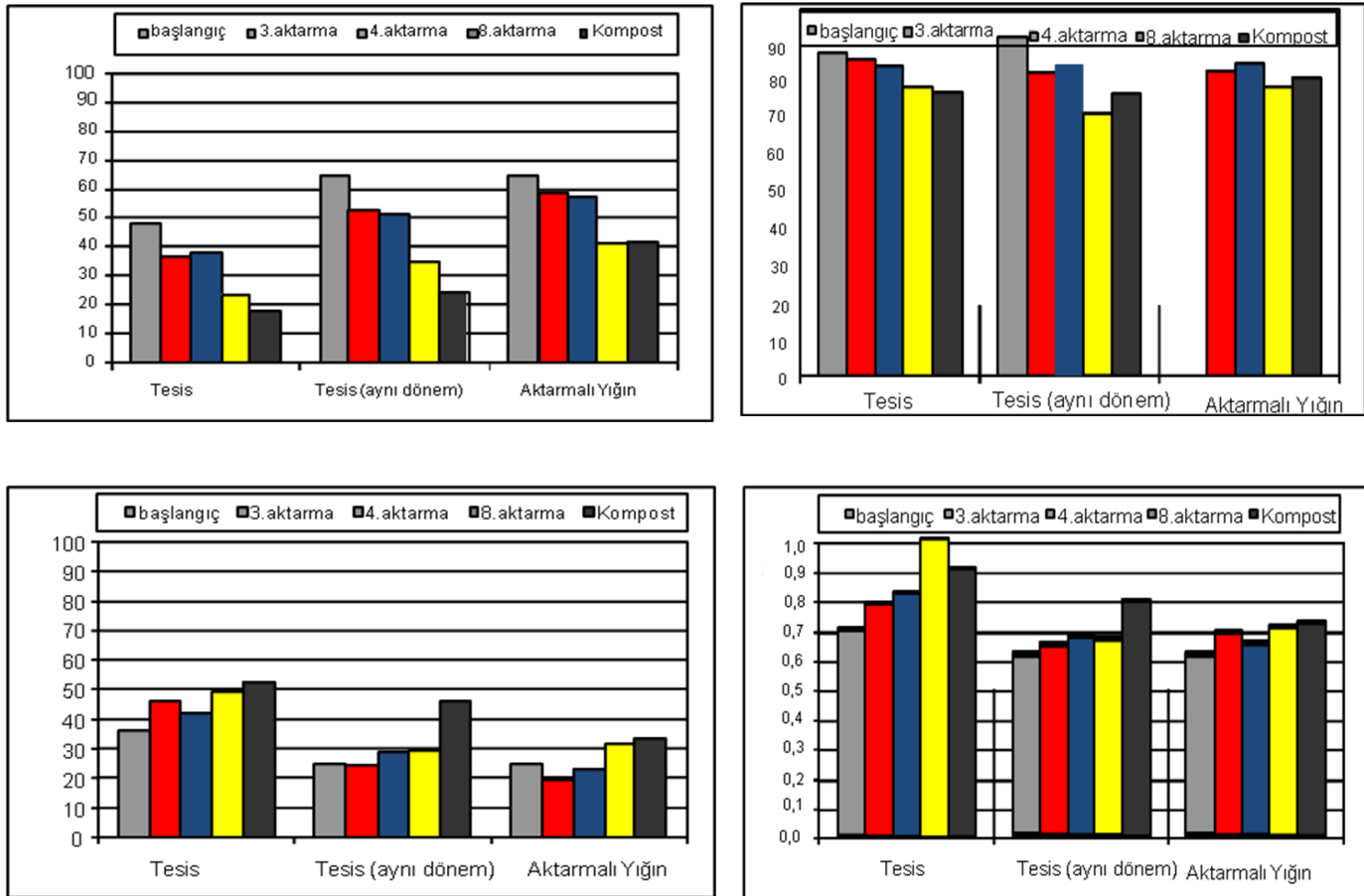
Aynı dönemde incelenen tesis verilerinde yüzde 46'lık OM değeri tesisin işletme problemlerinden kaynaklandığı düşünülerek önceki dönem sonuçlarına göre aktarmalı yığında kapalı sisteme paralel OM giderimi sağlanabildiği saptanmıştır. Açık yığınlarda ilk haftalarda CO<sub>2</sub>-C miktarı artarak 3. hafta sonunda maksimum seviyelere ulaşmıştır. Bu değer daha sonraki haftalarda kademeli olarak azalarak proses sonunda elde edilen ürünlerde 2-2,5 mg CO<sub>2</sub>-C/gr OM.gün kuru madde aralığında kalmıştır. Bu değerler olgunlaşmış kompost için uygundur.

Başlangıç atığının KOİ değeri 30 gr/kg civarındadır. Ortalama KOİ değerlerine bakıldığında OM'nin ayrışması ve daha basit yapıya dönüşmesi nedeniyle 2-3 hafta içerisinde sıcaklığın artması ile suda çözünen karbon değerleri artmaktadır. Sonrasında KOİ değerleri hızla düşerek stabil değerlere yaklaşmaktadır. Bu durum, sıcaklık profillerine paralellik göstererek ilk üç haftanın hızlı ayrışma, sonraki 5 haftanın ise yavaş ayrışma evresi olduğunu göstermektedir. Tesiste yaşanan problemler sebebiyle elde edilen ürünün KOİ değeri 40 gr/kg değerinde kalmıştır. Ancak daha önce yapılan çalışmada tesiste elde edilen ürünlerin ortalama KOİ değeri 11,2 gr/kg'dır. Aktarmalı yığın uygulamasında elde edilen ürünün KOİ değeri 8,27 gr/kg'dır. Sonuç olarak aktarmalı yığın uygulaması ile hızlı ayrışma süresinde bir değişiklik olmamakla birlikte proses sonunda daha stabil bir ürün elde edildiği görülmektedir.

8 haftalık proses sonunda pH yaklaşık 7-7,5 değerine ulaşmış olup, proses sonuna kadar nötr seviyelerde seyrederek, mikrobiyal aktivite uygun aralıkta kalmıştır. Bu durum, sistemin yeterli derecede havalandırıldığı, diğer bir ifadeyle anaerobik ortam koşullarının oluşmadığının bir göstergesidir. Kapalı ve mekanik havalandırılmalı proses ile karşılaştırıldığında aktarmalı yığın metodu ile yeterli oksijenin sistemde sağlandığı görülmektedir.

Yığınlarda sıcaklığın yüksek olduğu ilk 2-3 haftada OM'nin çözünmesinden dolayı yüksek iletkenlik değerleri tespit edilmesine rağmen proses ilerledikçe bu değerlerde düşüş gözlenmiştir. Başlangıçta beslenen atığın Eİ değerleri 8.000-8.500 µhos/cm iken, bu değer elde edilen ürünlerde yaklaşık 8.000-10.000 µhos/cm aralığındadır.

Amonyak, kompostlaştırma sırasında atmosfere yayılan azotun en genel formudur. Başlangıçta azotun büyük bir kısmı organik azot formunda olduğu için  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  miktarları oldukça düşüktür. Yığınlarda ilk haftalarda amonyak artışı maksimum değerlere ulaşmıştır. Bunun nedeni, organik maddelerin ayrışmasının hızlı olmasıdır. Kompost ürününde amonyak miktarının genelde 0.5 gr/kg değerinin altında olması gerekir aksi halde tarım uygulamalarında bitkilerde toksik etkileri gözlenebilir. Şekil 3-14'de yığınlarla ait gözenek boşluk yüzdeleri ile serbest hava boşlukları ve su tutma kapasiteleri verilmiştir. Gözenek boşluk yüzdesinin tüm proses boyunca yüzde 70-90 arasında kaldığı görülmektedir. Kompost prosesinde organizmaların faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli besin maddeleri ve oksijenin taşınması ile ortaya çıkan reaksiyon ürünlerinin sistemden uzaklaştırması için gerekli olan gözenek boşluğu tüm yöntemlerde proses boyunca sağlanmaktadır. Beslenen evsel katı atıkta serbest hava boşluğu yüzde 65'e yakın olup proses boyunca atığın ayrışmasından dolayı azalmaktadır.



Şekil 3-14 : Aktarmalardaki gözenek boşluk yüzdesi, serbest hava boşluğu yüzdesi, su tutma kapasitesi ve hacimsel yoğunluk değerleri değişimi

Su tutma kapasitesinin yüksek olması kompost ürününü kalitesini yansıtan en önemli özelliklerden birisidir. Beslenen evsel katı atığın su tutma kapasitesi yüzde 25 civarında iken ham atığın ayrışma ile birlikte proses boyunca su tutma kapasitesinin arttığı görülmüştür. Aktarmalı yığın çalışmasında elde edilen üründe su tutma kapasitesi yüzde 30-35 civarındadır. Tesiste bu değer üründe yüzde 45'dir. Aynı şekilde hacimsel yoğunluk da beslenen atıkta düşük iken proses süresince artmıştır.

### **3.4.3 Aktarmalı Yığın Denemelerinde Elde Edilen Ürün Kalitesi**

Tesis ve aktarmalı yığın ile elde edilen ürünler ile ve daha önce yapılmış olan tesis izlemede elde edilen ürünlerin karakterizasyonu Tablo 3.8'de verilmiştir. Tüm ürünlerin pH'ları 7,2-7,7 aralığındadır. Elektriksel iletkenlik değerleri giriş atığına göre bir miktar artarak 9000 µmhos/cm civarında seyretmiştir. Tesis ürününün su muhtevası yüzde 34 iken, son haftalardaki yağışlardan dolayı, aktarmalı yığın üründe bu değer yüzde 45 civarındadır. Organik madde miktarı tesis üründe yüzde 46 iken aktarmalı yığın üründe bu değer yüzde 40'dır. Aynı şekilde suda çözünen karbon miktarı da tesis üründe 9,09 gr/kg iken aktarmalı yığından elde edilen üründe 1,80 gr/kg civarındadır.(A Çoban,S Yiğit,G Demir, 2009)

Yığın yöntemi ile aynı dönemde izlenen tesis prosesinde mekanik aksaklıklardan dolayı hem proses sırasında hem de ürün kalitesinde farklılıklar meydana geldiğinden karşılaştırma önceki dönemdeki tesis çalışması ile yapılmıştır. Aktarmalı yığın metodu ile tesiste uygulanan kapalı sistem ürün kalitesi açısından değerlendirildiğinde uyumluluk gösterdiği görülmüştür. Bu durumda, aktarmalı yığın metodu ile proses için gerekli havanın sağlanabildiği kapalı sistemde kullanıldığı gibi mekanik bir havalandırma sistemine ihtiyaç duyulmadığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, pilot ölçekli aktarmalı yığın çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda kapalı sistemlere iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir. Hem ekonomik hem de işletme açısından değerlendirildiğinde yığın metodunun kapalı sistemlere göre birçok avantajı olduğu bilinmektedir. Kapalı sistemlerde mekanik havalandırma kullanılırken yığın metodunda havalandırma aktarma esnasında rahatlıkla sağlanabilmektedir.

**Tablo 3-8 : Aktarmalı yığın denemelerinde elde edilen ürün karakterizasyonu**

Parametre	Birim	Tesis (1. Gelişme Raporu)	Tesis (aynı dönem)	Aktarmalı Yığın
pH	-	7,23±0,07	7,70	7,68±0,1
Eİ	µmhos/cm	8050±71	9650	8985±191
Su Muhtevası	%	26±2	34	44±0,56
OM	%KM	36±0	46	40±4
TKN	gr/kg	18,44±3,27	18,55	27,71±0,21
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	gr/kg	0,03±0,01	0,765	0,136±0,02
KOİ	gr/kg	13,84±5,04	42,65	8,27±0,02
C	%	20,64±0,25	25,81	23,34±0,14
N	%	1,19±0,09	1,67	2,06±0,03
C/N	-	17,38±1,06	15,48	11,3±0,09
Cd	mg/kg	1,19±0,50	1,5	2,3±0,59
Cr	mg/kg	590±378	271	133±25
Cu	mg/kg	989±856	560	309±82
Hg	mg/kg	≤1	≤1	≤1
Ni	mg/kg	204±137	87,2	53±1,47
P	mg/kg	2300±10	2231	2812±179
Pb	mg/kg	88±11	129	168±106
Zn	mg/kg	791±431	630	478±93

*Kaynaklar:*

*Katı Atık Yönetimi Eğitimi, <http://www.csi-turkey.com.tr> , [Erişim Tarihi : 5 Şubat 2013.]*

*EkoFriend, 2009, [www.ecofriend.com](http://www.ecofriend.com) [Erişim Tarihi : 11 Aralık 2013]*

### 3.5 FİTOREMEDİASYON

Fitoremediasyon, topraktan organik ve metal kirleticileri bitkiler aracılığıyla gidermek için kimyasal arıtmaya alternatif olan yöntemdir. Fitoremediasyon, ekonomik ve ekolojik olması, özel donanım gerektirmemesi ve uygulanan bölgenin yeniden kullanılabilmesi gibi avantajlara sahiptir. Fitoremediasyon tekniğinde çevresel kirleticileri absorbe eden, dokularında yüksek seviyelerde biriktiren, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler aracılığıyla detoksifiye eden bitkilerin kullanımı tercih edilmektedir.

Fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 gr/cm<sup>3</sup> ten daha yüksek olan metaller ‘ağır metaller’ olarak adlandırılır. Bunların başlıcaları krom, demir, bakır, nikel, çinko, kobalt, civa, kurşun, kadmiyum olmak üzere 60’ tan fazla metal bulunmaktadır. Bu metaller doğada genellikle silikat, karbonat, oksit ve sülfür halinde güçlü bileşikler olarak veya silikat mineralleri içinde tutulur halde bulunurlar.

Toprak kirliliğinin kontrolünde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemleri, uygulama kolaylığı ve uygulama süresinin kısalığı gibi bazı avantajlara sahip olmasına rağmen, gerek arıtma masrafının yüksek olması, gerekse arıtma sonucunda ortaya çıkan diğer kirletici formlarının nihai gideriminin zorlukları nedeniyle fazla tercih edilmemektedir.

### **3.6 FİTOREMEDIASYON MEKANİZMALARI**

Fitoremediasyon yöntemiyle arıtım işlemlerindeki temel mekanizmalar; fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitotransformasyon/fitodegradasyon, fitovolatilizasyon, rhizodegradasyon, fitopumping olarak sıralanabilir.

**Fitoekstraksiyon:** Toprak, yeraltı suyu ve yüzey sularından kirleticilerin bitkiler ile uzaklaştırılmasında temel mekanizmalardan biridir. Alınan kirletici hızlı parçalanamıyorsa fitoakümüülasyon gerçekleşir. Bu mekanizma özellikle BTEX türü organik kirleticilerin gideriminde esastır.

**Fitodegradasyon:** Bu metotta, bitkilerdeki metabolik işlevler ve toprak mikroorganizmaları arasındaki rizosferik birleşmeyle organik kirleticiler parçalanmaktadır. Organik kirleticilerin fitodegradasyonu bitki içerisinde veya rizosferde gerçekleşebilmektedir.

**Fitovolatilizasyon:** Bu mekanizmada ise bitkiler kirleticilerin buhar ya da gaz fazına geçerek toprak ya da su ortamından uzaklaşmasında görev alırlar.

**Fitostabilizasyon:** Fitostabilizasyon yöntemi toprak ortamında kirleticilerin hareketini minimize eden yöntemlerden biridir. Uygun bitki türü seçimiyle kirleticilerin toprakta stabilizasyonu sağlanır ve bu kirleticilerin topraktaki canlı hayatına etkisi önlenir.

**Fitopumping:** Bu mekanizmada bitkiler, yüksek hacimli kirli suların toplanmasında organik pompa olarak görev yaparlar. Örneğin söğüt ağaçları günlük 200 litrelik su tüketimiyle bu mekanizma için en uygun bitki türlerindedir.

Rhizodegradasyon: Rhizosfer mikrobiyal yoğunluğun ve aktivitenin yüksek olduğu bir bölgedir. Bu arıtım mekanizmasında esas olan rhizosferdeki bakteriyel ve fungal aktivitedir

## 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 4.1 KOMPOSTTAKİ AĞIR METALLERİN ABSORBSİYON YOLUYLA BİTKİLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Tablo 4-1’de Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi’ne ait Şubat – Haziran 2013, döneminde elde edilen kompost ürününün ağır metal konsantrasyonları ve Kısırmandıra, Ahimehmet Köylerine ait toprağın ağır metal konsantrasyonları verilmiştir.

**Tablo 4-1 : Şubat – Haziran 2013 döneminde elde edilen kompostun konsantrasyonları ve 2013 Nisan ayı için (pH>6) Kısırmandıra Köyü toprakta ağır metal konsantrasyonları**

<b>Kısırmandıra</b>							
<b>Köyü</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Toprak (mg/kg)	122	164	2,26	181	61	83	20
Toprak (mg/kg)	106	146	2,13	192	48	71	24

Tablo 4-1 incelenip dönem içerisinde bir değerlendirme yapıldığında özellikle Mart ayında Cu, Cd parametrelerindeki artış dikkati çekmektedir. Bunun yanı sıra Cu Mart ayından itibaren azalan, Pb ise aksine sürekli artan bir grafik sergilemiştir. Bu durum kompost elde etmek amaçlı özel olarak toplanan atıklara atık pillerin karıştığı ihtimalini düşündürmektedir.

Elde edilen ağır metal konsantrasyon ortalamalarının toprakta kullanımda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri bakımından yasal limitlerle kıyaslaması Tablo 4-2’de verilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı gibi İSTAÇ A.Ş. Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi’nde üretilen kompostun Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (TKKY, 2005) ve ABD’de müsaade edilen limitlerinin altında kaldığı (Tablo 4-1), Tarım ve Köy işleri bakanlığının organik gübre için vermiş olduğu limit değerleri sağladığı ancak Avrupa Birliğinin ekolojik tarım için kabul ettiği sınırları bakır ve çinko parametresini sağlamadığı görülmektedir (Tablo 4-2).



**Tablo 4-2 : İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nde Şubat-Haziran 2013 döneminde üretilen kompost materyalinin Bazı Yasal Limitlerle Mukayesesi**

Parametre	Sınır Değerler (mg/kg)					
	TKKY	EEC 278/86	EU 488 98	TKB OGT	İBB Kemerburgaz Tesisi kompostu*	ABD
Pb	1200	750-1200	100	150	136	250-700
Cd	40	20-40	10	3	2,37	10-15
Cr	1200	-	100	270	109	1000
Cu	1750	1000-1750	100	450	465	450-1000
Ni	400	300-400	50	120	101	50-200
Zn	4000	2500-4000	300	1100	833	900-2500
Hg	25	16-25	1	5	1	5-10
Arsenik	-	-	10	-	-	-

TKKY:Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

EEC 278/86: Arıtma Çamuru Yönetmeliği

EU 488 98:Avrupa Birliği Normu

TKB OGY: Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Organik Gübre Yönetmeliği

Kompostta ait Ph, Nem, C/N oranı ve diğer kritik parametrelerin tayini çalışmaları da bu dönem içerisinde aylık olarak yapılmış olup, sonuçları Tablo 4-3'de gösterilmiştir. Burada dikkati çeken ilk husus C/N oranının zamanla azaldığıdır. Kompostun olgunluğunu ifade eden C/N oranının, TKKY'nin vermiş olduğu yüzde 35'lik sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra bir önceki döneme nazaran klorürde de önemli bir azalma olduğu dikkati çekmektedir. Ortalama klorür değeri 5.100 civarında olup bu dönemde ortalama olarak 1746 civarına düşmüştür. Kompostun pH'nın bu dönemde ortalama 7,3 olduğu görülmektedir. Bu da kompost ürünü için ideal bir değerdir.

**Tablo 4-3 : Kompost Tesisi'nde Şubat – Haziran 2013 döneminde üretilen kompost ürününün Ph, nem, C/N vb. Parametreleri**

Kompost Üretim Zamanı	pH	Nem (%)	C mg kg <sup>-1</sup>	N mg kg <sup>-1</sup>	C/N	Yoğunluk (%)	Klorür mg kg <sup>-1</sup>	Isıtma Kaybı (%)	Kendinden Isınabilirlik(°C)
Şubat 13	7,5	31	27	1,16	23	0,65	382	47	38
Mart 13	7,5	37	24	1,20	20	0,74	639	42	39
Nisan 13	7,8	36	24	1,10	22	0,73	493	39	39
Mayıs 13	7,2	35	23	1,63	14	0,74	5026	39	39
Haziran13	6,5	26	20	1,60	13	0,73	2189	37	35
<b>Ortalama</b>	<b>7,30</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>1,34</b>	<b>18</b>	<b>0,72</b>	<b>1746</b>	<b>41</b>	<b>38</b>
<b>Std.Sapma</b>	<b>0,49</b>	<b>4</b>	<b>2,4</b>	<b>0,26</b>	<b>4,6</b>	<b>0,04</b>	<b>1676</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>% Varyasyon</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>113</b>	<b>10</b>	<b>4,6</b>
<b>Minimum</b>	<b>7,2</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>1,1</b>	<b>13</b>	<b>0,65</b>	<b>382</b>	<b>37</b>	<b>35</b>
<b>Maksimum</b>	<b>7,8</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>1,63</b>	<b>23</b>	<b>0,74</b>	<b>5,026</b>	<b>47</b>	<b>39</b>

Kemberburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'nde üretilen kompost ürünün kalitesinin artırılması ve farklı alanlarda daha güvenilir şekilde kullanılması amacıyla detaylı analizlerin yapılması amaçlanmış olup, bu gün gelinen noktada planlanan amaca paralel olarak kompost ürünü kapsamlı şekilde analiz edilmekte ve çıkan ürün kalitesine göre farklı alanlara yönlendirilebilmektedir. Böylelikle kompost ürününe ait numunelerin periyodik olarak analiz edilerek kompostun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin izlenmesi, sonuçların işlenmesi ve takibi için veri bankasının oluşturulması, elde edilecek değerlerin AB ve Çevre Bakanlığı Mevzuatlarına göre irdelenmesi, ürün özelliklerinde mevsimsel bir değişimin olup olmadığının ortaya konması sağlanmaktadır.

Kompost karakterizasyonunda üç aylık periyotlarla yapılan analizlerde üründen alınan üç numune dört tekrarlamalı olarak test edilmiştir. Tesisten gelen numuneler etüvde 70°C'de kurutulduktan sonra agat değirmeninde öğütülerek analizlere hazırlanmıştır. (S.Nemlioglu, G.Demir, M.Borat, and C.Bayat,2006) Makro ve mikro bitki besin elementleri ile ağır metal analizlerinde numuneler önce kapalı kap mikrodalga sistemi ile yaş yakmaya tabi tutulmuş ardından ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometer) ile elementel analizleri tamamlanmıştır. Numunelerin C ve N kapsamı LECO C/N analizörü ile Dumas yöntemine göre belirlenmiştir. Organik madde miktarı numunelerin 550 °C'ye ayarlı fırında 6 saat yakılması sonucu yanma kaybı yöntemine göre ölçülmüştür. Kompostun EC, pH ve suda çözünebilir serbest Cl

değerleri 1:5'lik sulandırma çamurunda belirlenmiştir. Numunelerin EC ve pH değerleri problemlerle, serbest Cl ise Cl analizörü ile titrimetrik olarak tayin edilmiştir. Kompostun tuzluluk durumu TMECC'de (TMECC, 2001) bildirilen "Tarımsal Kullanıma Uygunluk İndeksi (Ag Index: AI)" kullanılarak izlenmiştir. Sonuçlar bağımsız dört tekrarlanmanın ortalama ve standart sapması şeklinde sunulmuş, maksimum, minimum ve varyasyon değerleri ayrıca verilmiştir. Karakterizasyon testlerine ait bulgular AB ve Çevre Bakanlığı Mevzuatları ile birlikte bilimsel literatür verileri ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Kompost karakterizasyon analizleri Temmuz 2010 ve Nisan 2013 dönemine ait ürün numunelerinin analizleri ile tamamlanmıştır. Analizler önceden olduğu şekilde üç aylık periyotlarla üründen alınan üç numunede dört tekrarlamalı yürütülmüş ve üç yıla ait sonuçlar (makro ve mikro bitki besin elementleri, ağır metaller, organik madde, karbon, C/N oranı, EC, pH, suda çözünebilir serbest Cl) ortalama ve standart sapma olarak aşağıda sunulmuştur.

Tesisten alınan ürün numunelerinde 1,5 yıl sürdürülen periyodik analizler sonucunda en az varyasyon gösteren elementlerin sırasıyla N, K ve P olduğu anlaşılmıştır. Örneğin kompost N değerleri üç yıllık zaman diliminde yüzde 1,3 ile 1,7 arasında değişim göstermiş ve ortalama yüzde 1,6 ( $\pm 0,1$ ) bulunmuştur. Diğer elementlerden Ca, S, Mg ve Na yüzde 15-18 aralığında varyasyon göstermiştir. Konsantrasyonu yüzde ile ifade edilen elementlerden en fazla varyasyon gösterenleri Al ve Fe'dir. Bunların periyodik analiz değerleri arasında iki katı aşan farklar bulunmaktadır. Bu sınıftaki elementlerin toplam ağırlığı kompost kuru maddesinin yüzde 14,3'ünü oluşturmakta olup yüksekten düşük konsantrasyona doğru Ca>Fe>N>Al>K>S>Na>Mg>P şeklindedir. Dönemsel olarak incelendiğinde Al, Mg ve Ca değerlerinde son altı aya ait değerlerin yüksek oluşu dikkat çekicidir (Tablo 4-4). Bunların dışında mevsimsel olarak kayda değer bir değişime rastlanmamıştır.

**Tablo 4-4 : Kompost tesisinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin total N, Ca, K, P, S, Mg, Na, Fe ve Al konsantrasyonları.**

Kompost üretim zamanı	N	Ca	K	P	S	Mg	Na	Fe	Al
					(%)				
Temmuz 2010	1.44 ± 0.08	6.95 ± 0.39	0.93 ± 0.24	0.22 ± 0.05	0.61 ± 0.14	0.40 ± 0.10	0.44 ± 0.10	1.78 ± 0.50	1.14 ± 0.36
Ekim 2010	1.64 ± 0.04	4.37 ± 0.21	1.18 ± 0.05	0.29 ± 0.01	0.67 ± 0.02	0.39 ± 0.02	0.50 ± 0.03	1.21 ± 0.09	0.93 ± 0.03
Ocak 2011	1.66 ± 0.05	4.41 ± 0.32	1.21 ± 0.03	0.32 ± 0.02	0.65 ± 0.01	0.40 ± 0.02	0.55 ± 0.03	1.16 ± 0.07	0.91 ± 0.07
Nisan 2011	1.66 ± 0.04	6.50 ± 0.38	1.29 ± 0.08	0.33 ± 0.03	1.02 ± 0.10	0.47 ± 0.01	0.59 ± 0.05	1.94 ± 0.14	1.48 ± 0.12
Temmuz 2011	1.55 ± 0.05	5.92 ± 0.28	1.27 ± 0.06	0.30 ± 0.02	0.79 ± 0.05	0.48 ± 0.05	0.38 ± 0.01	1.69 ± 0.14	1.61 ± 0.09
Ekim 2011	1.66 ± 0.09	6.85 ± 0.25	1.34 ± 0.06	0.29 ± 0.02	0.93 ± 0.08	0.48 ± 0.03	0.39 ± 0.02	1.84 ± 0.16	1.51 ± 0.13
Ocak 2012	1.58 ± 0.06	5.86 ± 0.65	1.04 ± 0.10	0.27 ± 0.05	0.78 ± 0.13	0.39 ± 0.05	0.50 ± 0.05	1.37 ± 0.28	1.26 ± 0.16
Nisan 2012	1.58 ± 0.19	7.00 ± 0.14	0.97 ± 0.04	0.36 ± 0.02	1.06 ± 0.06	0.42 ± 0.02	0.51 ± 0.02	2.66 ± 0.51	1.30 ± 0.03
Temmuz 2012	1.47 ± 0.05	7.13 ± 0.47	1.19 ± 0.07	0.34 ± 0.02	0.93 ± 0.09	0.43 ± 0.01	0.57 ± 0.04	1.52 ± 0.08	1.13 ± 0.06
Ekim 2012	1.59 ± 0.05	5.89 ± 0.20	1.15 ± 0.04	0.30 ± 0.03	0.87 ± 0.03	0.46 ± 0.02	0.47 ± 0.03	1.56 ± 0.10	1.35 ± 0.09
Ocak 2013	1.29 ± 0.03	7.12 ± 0.24	1.12 ± 0.04	0.30 ± 0.01	0.86 ± 0.04	0.60 ± 0.03	0.40 ± 0.02	2.05 ± 0.16	2.00 ± 0.10
Nisan 2013	1.43 ± 0.05	8.02 ± 0.16	1.19 ± 0.04	0.37 ± 0.01	1.05 ± 0.03	0.63 ± 0.02	0.55 ± 0.02	2.16 ± 0.11	1.93 ± 0.14
<b>Ortalama</b>	<b>1.55</b>	<b>6.34</b>	<b>1.16</b>	<b>0.31</b>	<b>0.85</b>	<b>0.46</b>	<b>0.49</b>	<b>1.74</b>	<b>1.38</b>
<b>Std. Sapma</b>	<b>0.12</b>	<b>1.10</b>	<b>0.13</b>	<b>0.04</b>	<b>0.16</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>0.43</b>	<b>0.35</b>
<b>% Varyasyon (CV)</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>Minimum</b>	<b>1.29</b>	<b>4.37</b>	<b>0.93</b>	<b>0.22</b>	<b>0.61</b>	<b>0.39</b>	<b>0.38</b>	<b>1.16</b>	<b>0.91</b>
<b>Maksimum</b>	<b>1.66</b>	<b>8.02</b>	<b>1.34</b>	<b>0.37</b>	<b>1.06</b>	<b>0.63</b>	<b>0.59</b>	<b>2.66</b>	<b>2.00</b>

Kompost'da düşük oranlarda bulunan elementlerin konsantrasyonları kilogram başına miligram cinsinden Tablo 4-5'de sunulmuştur. Bu sınıftaki elementlerin toplam ağırlığı kompost kuru maddesinin yüzde 0,2'sini oluşturmakta olup yüksekten düşük konsantrasyona doğru Zn>Mn>Cu>Pb>Cr>B>Ni>Co>Cd>Hg şeklindedir. Periyodik analizlerde en fazla varyasyon gösteren elementler B ve Cr'dur. Bunların maksimum ve minimum değerleri arasında 4-5 kat fark oluşmuştur. Bu sınıftaki diğer elementlerin varyasyonu Ni'de yüzde 15 ve Hg'de yüzde 27 arasında değişmektedir. Mn, B, Pb ve Co 1,5 yıllık periyotta en yüksek değerlerde ölçülmüştür.

Kompost Cr değerleri ise yine son altı aylık dönemde en düşük değerleri almıştır. Bunların dışında diğer elementlerde mevsim veya periyoda bağlı bir salınım bulunmamaktadır.

**Tablo 4-5 : İSTAÇ A.Ş. tesislerinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin total Mn, Cu, Zn, B, Cd, Pb, Ni, Cr, Co ve Hg konsantrasyonları.**

Kompost üretim zamanı	Mn	Cu	Zn	B	Cd	Pb	Ni	Cr	Co	Hg
Temmuz 2010	450 ± 167	342 ± 128	405 ± 80	64 ± 13	0.90 ± 0.16	93 ± 28	48 ± 11	116 ± 22	8.4 ± 1.5	0.89 ± 0.31
Ekim 2010	330 ± 5	286 ± 31	569 ± 28	53 ± 2	1.08 ± 0.21	117 ± 16	83 ± 17	102 ± 33	6.9 ± 0.5	0.91 ± 0.19
Ocak 2011	322 ± 8	277 ± 8	481 ± 25	50 ± 2	1.09 ± 0.19	125 ± 27	73 ± 6	80 ± 10	6.5 ± 0.4	0.85 ± 0.19
Nisan 2011	506 ± 48	348 ± 50	780 ± 113	126 ± 4	1.66 ± 0.09	174 ± 27	71 ± 10	161 ± 15	12.4 ± 0.8	0.58 ± 0.07
Temmuz 2011	466 ± 34	372 ± 16	715 ± 42	65 ± 6	1.49 ± 0.14	115 ± 32	60 ± 6	120 ± 13	10.7 ± 2.1	0.48 ± 0.05
Ekim 2011	490 ± 84	430 ± 25	757 ± 34	65 ± 4	1.68 ± 0.16	160 ± 25	72 ± 14	186 ± 15	9.7 ± 0.4	0.74 ± 0.07
Ocak 2012	414 ± 95	369 ± 26	557 ± 67	67 ± 18	1.46 ± 0.18	172 ± 57	58 ± 9	298 ± 49	9.5 ± 1.6	0.56 ± 0.06
Nisan 2012	586 ± 17	437 ± 26	615 ± 27	87 ± 7	1.92 ± 0.16	150 ± 33	68 ± 15	211 ± 29	13.1 ± 0.7	0.55 ± 0.05
Temmuz 2012	409 ± 22	488 ± 95	723 ± 46	54 ± 5	2.02 ± 0.20	165 ± 29	64 ± 5	272 ± 31	10.6 ± 1.2	1.05 ± 0.17
Ekim 2012	423 ± 10	419 ± 24	738 ± 93	53 ± 3	1.76 ± 0.45	147 ± 17	62 ± 8	120 ± 38	9.9 ± 0.7	0.90 ± 0.11
Ocak 2013	645 ± 97	251 ± 13	544 ± 74	162 ± 4	1.61 ± 0.23	168 ± 18	52 ± 6	59 ± 7	13.6 ± 0.8	0.45 ± 0.06
Nisan 2013	657 ± 51	335 ± 17	693 ± 74	195 ± 7	1.88 ± 0.06	212 ± 25	60 ± 3	72 ± 6	15.0 ± 0.9	0.80 ± 0.04
<b>Ortalama</b>	<b>475</b>	<b>363</b>	<b>631</b>	<b>87</b>	<b>1.54</b>	<b>150</b>	<b>64</b>	<b>150</b>	<b>10.5</b>	<b>0.73</b>
<b>Std. Sapma</b>	<b>99</b>	<b>71</b>	<b>121</b>	<b>48</b>	<b>0.36</b>	<b>33</b>	<b>10</b>	<b>78</b>	<b>2.6</b>	<b>0.20</b>
<b>% Varyasyon (CV)</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>52</b>	<b>25</b>	<b>27</b>
<b>Minimum</b>	<b>322</b>	<b>251</b>	<b>405</b>	<b>50</b>	<b>0.90</b>	<b>93</b>	<b>48</b>	<b>59</b>	<b>6.5</b>	<b>0.45</b>
<b>Maksimum</b>	<b>657</b>	<b>488</b>	<b>780</b>	<b>195</b>	<b>2.02</b>	<b>212</b>	<b>83</b>	<b>298</b>	<b>15</b>	<b>1.05</b>

Mineral maddelerin dışında, kompost ürününün karakterizasyonu için belirlenen diğer parametreler (organik madde, toplam karbon, C/N oranı, pH, EC, suda çözünür Cl ve tuzluluk indeksi ve tarımsal kullanıma uygunluk indeksi) Tablo 4-6 ve Tablo 4-7’de sunulmuştur. İSTAÇ A.Ş. kompostunun 1,5 yıllık ortalama değerlerine göre organik madde içeriği yüzde 45’dir. Ocak ve Nisan 2013 döneminde organik madde kapsamı üç yıl ortalamasının altında bulunmuştur. En düşük organik madde oranı Nisan 2013 döneminde (yüzde 36) en yüksek ise Ocak 2013 döneminde (yüzde 52) gerçekleşmiştir. İSTAÇ A.Ş. kompostunun ortalama karbon (C) kapsamı yüzde 23’dür. Ocak ve Nisan 2013 döneminde en düşük C değerleri (yüzde 19) ölçülmüştür. En yüksek C değeri ise Ocak 2013 döneminde (yüzde 27) ölçülmüştür. Kompost ürününün ortalama C/N değeri 15’dir. Ölçümlerin yapıldığı 1,5 yıllık dönemde C/N değeri önemli bir değişim göstermemiştir. En yüksek ve en düşük değerler Ocak 2012 (C/N: 16) ve Ekim 2012 (C/N: 13) dönemlerinde ölçülmüştür. Kompostun C/N oranı, olgunlaşma durumunu hakkında önemli bir göstergedir. Bitmiş (tam olgun) kompostta C/N oranınının 21’in altına inmesi beklenmektedir (TMECC, 2001). Çevre ve Orman Bakanlığı’na yayınlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine (TKKY, 2005) göre toprağa uygulanacak kompostun C/N oranı 35’in altında olmalıdır.

İSTAÇ A.Ş. kompostunun C/N oranı her iki değerin de altında olup ürünün olgunlaşma sürecini başarılı şekilde tamamladığı anlaşılmaktadır. İSTAÇ A.Ş. kompostunun pH değeri üründe ölçülen parametreler arasında en stabil bileşeni olmuştur. En yüksek ve en düşük pH Ekim 2011 (pH: 8,02) ve Temmuz 2012 (pH: 6,91) dönemlerinde belirlenmiş olup 1,5 yıllık periyotta ortalama pH değeri 7,48 bulunmuştur. İSTAÇ A.Ş. kompostunun Tuzluluk indeksi 4,4 ile 5,8 arasında değişerek ortalama 4,9 olarak hesaplanmıştır, Tuzluluk indeksi değerleri için bildirilen sınıflandırmaya göre “tuzlu” sınıfa giren İSTAÇ A.Ş. kompostunun toprak ve bitki koşulları dikkate alınarak tercihen iyi drene olan hafif bünyeli (kumlu) tuzsuz topraklara iyi kalitede sulama suyu kullanılarak uygulanması önerilmektedir.

**Tablo 4-6:TMECC’e(2001) göre kompostun tarımsal kullanım uygunluk indeksi.**

TMECC Tarımsal Kullanıma Uygunluk İndeksi (Ag Index: AI)										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
olası tuz zararı	Çok iyi drene olabilen tuzsuz topraklara iyi kaliteli sulama suyu ile birlikte uygulanabilir				Kötü drenajlı, yüksek tuz içeriğine sahip topraklara veya kötü kalitede sulama sularıyla uygulanabilir					Tüm topraklara uygulanabilir

**Tablo 4-7 : İSTAÇ A.Ş. tesislerinde Temmuz 2010-Nisan 2013 dönemlerinde üretilen kompost materyalinin organik madde, karbon (C), C/N, pH, EC, suda çözünür Cl ve tuzluluk indeksi değerleri.**

Kompost üretim zamanı	Org.Mad. (%)	C	C/N	pH (1:5)	EC (1:5) (dS/m)	Suda Çöz. Cl (%)	Tuzluluk İndeksi
Temmuz 2010	43 ± 3	23 ± 2	16.1 ± 1.2	7.77 ± 0.09	7.7 ± 0.3	0.51 ± 0.03	4.4
Ekim 2010	51 ± 2	26 ± 1	15.6 ± 0.6	7.66 ± 0.08	8.3 ± 0.1	0.62 ± 0.01	4.6
Ocak 2011	52 ± 2	27 ± 2	16.3 ± 1.1	7.69 ± 0.06	8.6 ± 0.3	0.64 ± 0.01	4.4
Nisan 2011	44 ± 1	24 ± 1	14.8 ± 0.6	7.54 ± 0.12	8.5 ± 0.3	0.59 ± 0.04	4.5
Temmuz 2011	43 ± 2	22 ± 1	13.7 ± 0.9	7.77 ± 0.04	7.9 ± 0.2	0.59 ± 0.01	5.6
Ekim 2011	43 ± 2	22 ± 1	13.0 ± 0.5	8.02 ± 0.02	8.5 ± 0.3	0.63 ± 0.01	5.6
Ocak 2012	49 ± 4	24 ± 1	16.1 ± 1.7	7.10 ± 0.10	7.5 ± 0.5	0.50 ± 0.06	4.6
Nisan 2012	48 ± 1	23 ± 1	14.5 ± 1.0	7.30 ± 0.00	7.6 ± 0.1	0.48 ± 0.01	4.7
Temmuz 2012	45 ± 4	24 ± 2	16.0 ± 0.7	6.91 ± 0.02	8.4 ± 0.3	0.52 ± 0.03	4.4
Ekim 2012	45 ± 1	24 ± 1	15.2 ± 0.5	7.22 ± 0.01	7.4 ± 0.3	0.46 ± 0.03	5.2
Ocak 2013	37 ± 1	19 ± 1	14.9 ± 0.4	7.36 ± 0.03	5.5 ± 0.1	0.34 ± 0.01	5.8
Nisan 2013	36 ± 1	19 ± 1	13.3 ± 0.1	7.39 ± 0.02	6.7 ± 0.3	0.44 ± 0.00	4.8
<b>Ortalama</b>	<b>45</b>	<b>23</b>	<b>15.0</b>	<b>7.48</b>	<b>7.7</b>	<b>0.53</b>	<b>4.9</b>
<b>Std. Sapma</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1.1</b>	<b>0.32</b>	<b>0.9</b>	<b>0.09</b>	<b>0.5</b>
<b>% Varyasyon (CV)</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>11</b>
<b>Minimum</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>13.0</b>	<b>6.91</b>	<b>5.5</b>	<b>0.34</b>	<b>4.4</b>
<b>Maksimum</b>	<b>52</b>	<b>27</b>	<b>16.3</b>	<b>8.02</b>	<b>8.6</b>	<b>0.64</b>	<b>5.8</b>

Türkiye’de kompostun tarımsal kullanımını düzenleyen iki yönetmelik (TKKY, 2005; TKB OGY, 2003) bulunmaktadır. İlgili yönetmeliklerde belirtilen kompost ağır metal

sınır değerleri bazı AB regülasyonları ve İSTAÇ A.Ş. kompostu ortalama değerleri ile birlikte Tablo 4-8’de gösterilmiştir.

İSTAÇ A.Ş. kompostunun ağır metal değerleri TKKY ve TKB OGY’de belirtilen sınır değerleri(Tablo 4-2) karşılamaktadır ve tarımsal kullanımında bu bakımdan bir engel bulunmamaktadır. Tarım ve Köyişleri Bakanlığınca yayınlanan Organik Gübre (TKB OGY, 2003) sınır değerleri TKKY’ne oranla daha düşüktür. İSTAÇ A.Ş. kompostunun ağır metal kapsamı ile TKB OGY sınır değerleri karşılaştırıldığında Pb ’un TKB OGY’de bildirilen sınır değerle aynı olduğu görülebilir (Tablo 4-8). Bu bakımdan kompost Pb kapsamının üretim dönemi bazında dikkatle kontrol edilmesi gerekmektedir. Örneğin Nisan 2013 döneminde üretilen kompostun Pb konsantrasyonu ( $212 \text{ mg kg}^{-1}$ ) TKB OGY’de bildirilen sınır değerin ( $150 \text{ mg kg}^{-1}$ ) üzerindedir (Tablo 4-5 ve 4-8).

AB ülkelerinde ulusal bazda kabul edilen sınır değerlerin ortalaması tüm ağır metaller için TKB OGY sınır değerlerinin altında kalmaktadır. İSTAÇ A.Ş. kompostu ile AB ülkeleri sınır değerleri ortalaması karşılaştırıldığında Hg dışındaki tüm ağır metallerin daha yüksek olduğu görülebilir (Tablo 4-8). AB’de tarımsal amaçlı olarak kullanılabilen ECO etiketli kompost sınır değerleri ise AB ülkelerinin ulusal bazda kabul ettiği sınır değerlerden daha düşüktür. İSTAÇ A.Ş. kompostuyla AB ülkeleri sınır değerlerini karşılaştırıldığında Hg dışındaki tüm ağır metallerin İSTAÇ A.Ş. kompostunda daha yüksek olduğu görülmektedir(Tablo 4-8). AB’de organik tarımda kullanılabilen kompostun regülasyonu için bildirilen ağır metal değerleri ise ECO kompostun altında ve İSTAÇ A.Ş. kompostundan oldukça düşük sınırlarda kalmaktadır.

Kompost üretimi ve uygulamalarının yasa ve yönetmeliklerle regülasyona tabi olduğu ülkelerde evsel katı atıklardan üretilen komposttaki kabul edilebilir ağır metal sınır değerlerinin İSTAÇ A.Ş. kompostu ile karşılaştırması Tablo 4-9’da sunulmuştur. Buradan görüleceği üzere ülke bazında kabul edilen sınır değerler arasında oldukça büyük farklar bulunmaktadır. Örneğin İSTAÇ A.Ş. kompostu Finlandiya, Yunanistan, İtalya, Fransa, Portekiz, İspanya, Kanada , ABD ve Yeni Zelanda ülkelerinde kabul edilen sınır değerleri karşılarken Avusturya, Hollanda, Almanya, Belçika, İsveç ülkelerinde kabul edilen sınır değerlerini karşılamamaktadır (Tablo 4-9). Sınır değerlerin ortalamasına göre karşılaştırıldığında İSTAÇ A.Ş. kompostunda ağır

metallerin tamamının sınır değerler ortalamasından düşük olduğu, özellikle Hg ve Cd konsantrasyonunun oldukça aşağıda kaldığı görülebilir (Tablo 4-9).

**Tablo 4-8 : Evsel katı atıktan üretilen kompostun ağır metal sınır değerleri için Türkiye ve AB’de yayınlanmış regülasyonların İSTAÇ A.Ş. kompostu ve AB ölçekli kompost sörvey çalışması (Amlinger vd., 2004) ile karşılaştırılması.**

Regülasyon/Sörvey	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	
	(mg kg <sup>-1</sup> KM)							
TKKY*	40	1200	1750	25	400	1200	4000	
TKB OGY**	3	270	450	5	120	150	1100	
İSTAÇ A.Ş. (Temmuz 2010-Nisan 2013, üç yıl ortalaması)	1.5	150	363	0.7	64	150	631	
AB ülkeleri ulusal sınır değerinin ortalaması	1.4	93	143	1	47	121	416	
2001/688/ EC (EU ECO etiketli kompost)	1	100	100	1	50	100	300	
2092/91 EC- 1488/98 EC (EU organik tarım kompostu)	0.7	70	70	0.4	25	45	200	
AB ölçekli Kompost Sörvey Çalışması Değerleri	genel ortalama		0.5	23	45	0.1	14	50
	>90 persentil ortalaması		0.9	40	74	0.3	27	88
								276

\*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 31/05/2005, Resmi Gazete Sayısı : 25831  
\*\*TKB OGY: Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Organik Gübre Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 22/04/2003, Resmi Gazete Sayısı: 25087

**Tablo 4-9: Farklı ülkelere ait komposttaki kabul edilebilir ağır metal sınır değerlerinin İSTAÇ A.Ş. kompostu ile karşılaştırması.**

Ülke	Regülasyon	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		(mg kg <sup>-1</sup> KM)						
Avusturya	Organik tarım	0.7	70	70	0.4	25	45	200
	Hobi bahçesi	1	70	150	0.7	60	120	500
	Peyzaj	3	250	500	3	100	200	1800
		-	-	400	-	-	-	1200
Belçika		1.5	70	90	1	20	120	300
Danimarka	01.06.2000 tarihi sonrası	0.4	-	1000	0.8	30	60	4000
Finlandiya	Verimli büyüme alanları	3	-	600	2	100	150	1500
Fransa		3	-	-	8	200	800	-
Almanya		1.5	100	100	1	50	150	400
		1	70	70	0.7	35	100	300
		1.5	100	100	1	50	150	400
Yunanistan	Son lisanslara göre limitlerde	10	510	500	5	200	500	2000
İrlanda		1.5	100	100	1	50	150	350
İtalya		10	500	600	10	200	500	2500
		1.5	-	150	1.5	50	140	500
Lüksemburg		1.5	100	100	1	50	150	400
Hollanda	Kaliteli kompost	1	50	60	0.3	20	100	200
		0.7	50	25	0.2	10	65	75
Portekiz		20	1000	1000	16	300	750	2500
İspanya	A+ Organik tarım	10	400	450	7	120	300	1100
	A Hobi bahçesi	2	250	300	2	100	150	400
	B Peyzaj	5	400	450	5	120	300	1100
		2	100	100	1	60	150	400
		3	250	500	3	100	300	1000
İsveç		1	100	100	1	50	100	300
İngiltere		0.7	70	70	0.4	25	45	200
		1.5	100	200	1	50	150	400
Kanada		3	210	100	0.8	62	150	500
		20	1060	757	5	180	500	1850
ABD		39	-	1500	17	420	300	2800
		10	100	1000	10	200	250	2500
		10	600	750	8	210	150	1400
		39	1200	1500	17	420	300	2800
Avrupa Birliği (EU)		0.7	100	100	0.5	50	100	200
		0.7	70	70	0.4	25	45	200
Türkiye	TKKY*	40	1200	1750	25	400	1200	4000
	TKB OGY**	3	270	450	5	120	150	1100
	İSTAÇ (Temmuz 2006-Nisan 2009, )	1.5	150	363	0.7	64	150	631
<b>Sınır değerler ortalaması</b>		<b>8</b>	<b>333</b>	<b>466</b>	<b>5</b>	<b>123</b>	<b>249</b>	<b>1156</b>



**Kaynaklar:**

Avrupa Birliği Direktifleri 2001/688/ EC, 2092/91 EC, 1488/98 EC  
Amlinger F, Pollak M, Favoino E 2004 Heavy Metals and Organic Compounds From Wastes Used as Organic Fertilisers. Technical Report for the Directorate-General for the Environment of the European Commission [http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm\\_finalreport.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/hm_finalreport.pdf)  
Hogg D, Barth J, Favoino E, Centemero M, Caimi V, Amlinger F, Devliegher W, Brinton W, Antler S 2002 Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia. The Waste and Resources Action Programme, [www.wrap.org.uk](http://www.wrap.org.uk), ISBN 1-84405-004-1.  
\*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 31/05/2005, Resmi Gazete Sayısı : 25831  
\*\*TKB OGY: Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Organik Gübre Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 22/04/2003, Resmi Gazete Sayısı: 25087

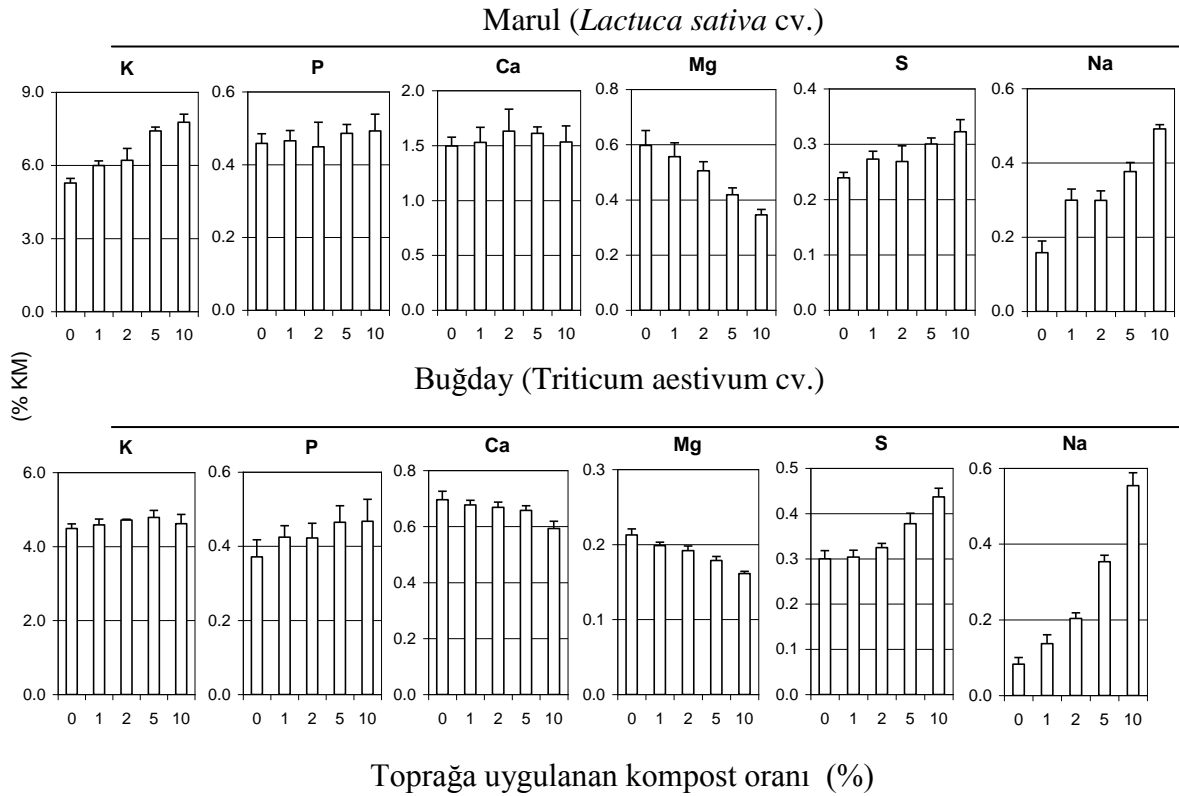
Sonuç olarak, İSTAÇ A.Ş. kompostunun makro ve mikro besin elementleri, ağır metaller, organik madde, toplam karbon [C], C/N oranı, pH, EC, suda çözünür Cl ve tuzluluk indeksi karakterizasyon çalışmaları kapsamında periyodik olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgularla kompostun olgunluk durumu, bitki besin maddesi kapsamı, tuzluluk sınıfı ortaya konmuş, ağır metal kapsamı bakımından başta TKKY, ve TKB OGY olmak üzere AB ve diğer ülkelerin mevzuatları ile ayrıntılı şekilde karşılaştırılmış ve ürün özelliklerinin mevsimsel değişimi ortaya konmuştur. İSTAÇ A.Ş. kompostunun Pb kapsamı TKB OGY’de belirtilen sınır değerdedir. Kompostun tarımsal kullanılabilirliği bakımından özellikle Pb değerinin dikkatle takip edilmesi gerekmektedir.

#### **4.2 ÇALIŞILAN BİTKİLERDE MAKRO VE MİKRO BESİN ELEMENTLERİ İLE AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONU**

Marul ve buğday denemelerine İstanbul Eyüp ilçesine bağlı Kısırmandıra Köyü ve Tekirdağ Çorlu ilçesine bağlı Ahimehmet Köyü olmak üzere iki farklı bölgede 16.03.2013 tarihinde başlanmıştır. Her iki köyde tarımsal arazi koşullarında farklı kompost dozlarının test edildiği 1x1 m<sup>2</sup>’lik 8 ayrı bölünmüş alanlar yapılmıştır. Üst toprak yaklaşık 5-10 cm derinliğinde çapalanmış, sonrasında kompost(0, yüzde 2,5 ve 10) uygulamaları yapılmış ve buğday ve marul tohumları 40 g/m<sup>2</sup> olacak şekilde 2 ayrı köyde aynı anda ekilmiştir.

Test edilen türlerin tamamında yeşil kısımların makro element konsantrasyonları kompost uygulamaları ile önemli değişimler göstermiştir. Kompost uygulanması marul (*Lactuca sativa cv.*) bitkisinin yeşil kısımlarında K ve S değerlerine olumlu etki yaparken Na değerlerinin ise toksisite oluşturan düzeyde (> 0,004) artmasına neden olmuştur (Şekil 4-1). Toprağa % 5 ve yüzde 10 düzeyinde kompost uygulandığında marul (*Lactuca sativa cv.*) bitkilerinin yaşlı yaprak uçlarında sararma ve kuruma şeklinde Na toksisitesi semptomları gözlenmiştir. Maruldakine benzer şekilde buğdayda da (*Triticum aestivum cv.*) yüzde 5 ve 10 kompost uygulamalarında yeşil kısımlarda kritik düzeyleri aşan (> % 0,35) Na birikimi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4-2).

Kompost uygulamaları buğdayda (*Triticum aestivum* cv.) sırasıyla S, P ve K beslenmesine olumlu etki yaparken, Ca ve özellikle Mg artan dozda kompost uygulamaları ile önemli oranda azalmıştır. Bu durumun kompost kaynaklı Na toksisitesinden ve/veya kompost uygulamaları ile toprak çözeltisinde önemli oranda artan K'un Mg ile oluşturduğu antagonistik etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çok yüksek kompost uygulamalarında dahi (yüzde 5 ve yüzde 10) kritik Mg eksikliği değerinden (yeşil kısımlarda < yüzde 0,1 Mg) daha yüksek değerler belirlendiğinden, kompostun Mg ile antagonistik etkisinin pratikte sadece şiddetli Mg eksikliği olan topraklar için bir sorun oluşturabileceği düşünülmektedir. Tam gübreli koşullarda yürütülen çalışmada toprağa kompost ilavesinin marul ve buğdayda S, K ve P beslenmesine olumlu katkı yaparken kompostun yüzde 5-10 gibi çok yüksek oranlarda kullanıldığında yeşil kısımlarda toksisite oluşturacak düzeyde Na birikimine neden olabileceği gösterilmiştir.



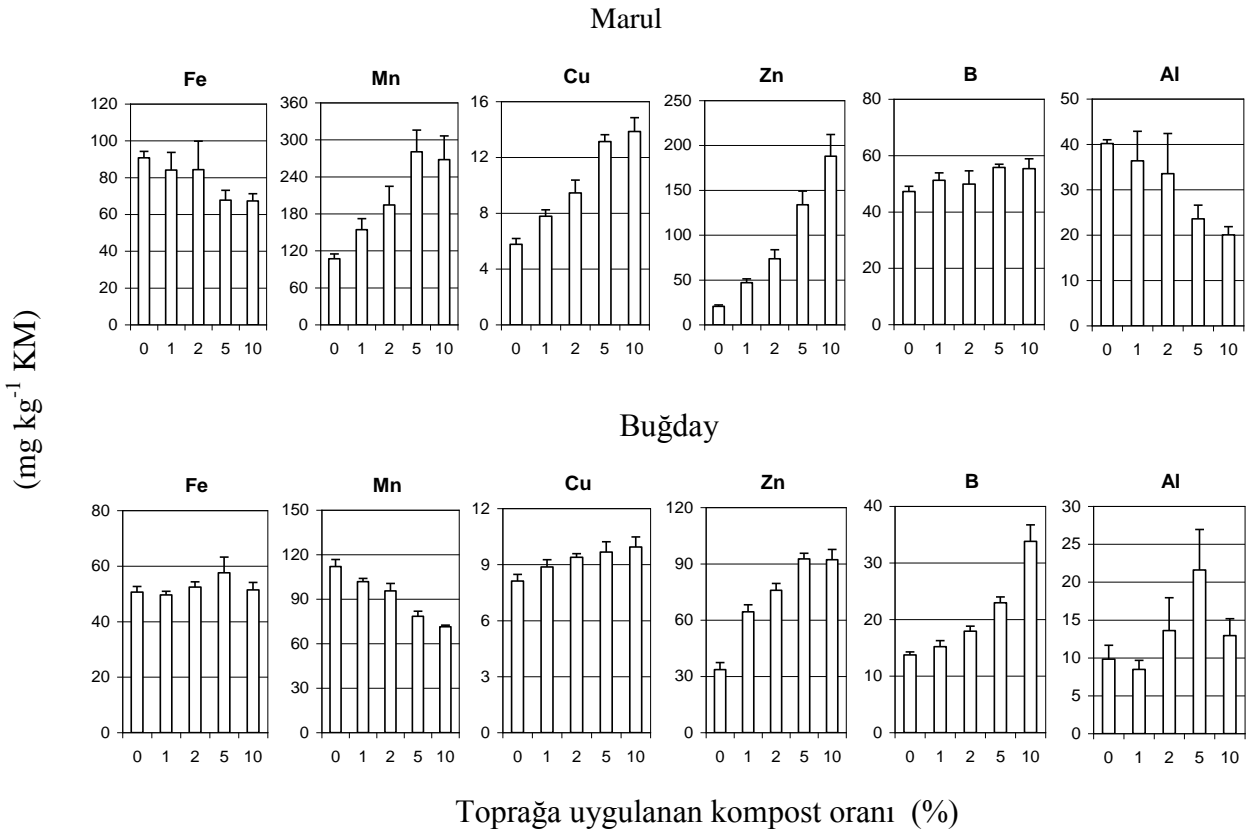
**Şekil 4-1 : 35 günde yetiştirilen marul (*Lactuca sativa* cv.) ve buğday (*Triticum aestivum* cv.) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının (yüzde 0, 1, 2, 5,10) yeşil kısımlarda makro element konsantrasyonuna etkisi.**

Kaynaklar:

Çevre Online, Tehlikeli Atık Nedir, 2007, [www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm](http://www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm) [Erişim Tarihi : 15 Aralık]

Kompost uygulamaları bitkilerin mikro element konsantrasyonunda farklı ve önemli değişikliklere neden olmuştur. Örneğin marulun yeşil kısımlarında mikro element konsantrasyonu Zn>Cu>Mn>B şeklinde azalmaktadır. Çok yüksek kompost uygulamalarında ise Al ve Fe azalmaktadır (Şekil 4-2). Mikro besin elementleri arasında özellikle yeşil kısımlarda Zn konsantrasyonundaki değişim oldukça çarpıcıdır. Kompost uygulanmayan kontrol koşullarında 21 mg kg<sup>-1</sup> olan Zn konsantrasyonu yüzde 1 ve yüzde 10 kompost uygulamaları ile sırasıyla 2 ve 9 kat artarak 47 ve 188 mg kg<sup>-1</sup>'de çıkmıştır. Kompostun Zn beslenmesine etkisi buğdayda da benzer şekilde ortaya çıkmıştır. Örneğin toprağa yüzde 2 kompost uygulaması ile buğdayın (*Triticum aestivum* cv.) yeşil kısımlarında Zn konsantrasyonu iki kattan fazla artmıştır (Şekil 3-4). Buğdayda Cu beslenmesi de kompost uygulamaları ile olumlu etkilenmiş, Fe ve Al değerlerinde ise anlamlı bir değişim olmamıştır. Maruldakinin aksine buğdayda Mn konsantrasyonu kompost uygulamaları ile önemli oranda azalmıştır. Kompost uygulaması ile buğdayın (*Triticum aestivum* cv.) Mn beslenmesi arasındaki antagonistik ilişki tam olarak anlaşılmamakla birlikte kompostun rizosferde Mn-oksitleyici patojenik mantar popülasyonunu arttırması ile ilişkili olabileceği sanılmaktadır.

yüzde 10 kompost dozunda dahi Mn değerlerinin kritik eksiklik düzeyinin (10 mg kg<sup>-1</sup>) çok üzerinde olması Mn beslenmesinde sorun yaşanmadığını göstermektedir (Şekil 4-2). Kompost uygulamasının mikro besin elementleri üzerine en belirgin etkisi Zn ve Cu beslenmesine olmuştur (Şekil 4-2). Tam gübreli koşullarda elde edilen bulgular Zn ve Cu metallerince fakir topraklara kompost uygulamasının bu sorunları azaltılabileceği veya tamamen giderilebileceği yönündedir. Kompostun özellikle yaygın Zn eksikliği görülen topraklarda katma değer sağlayacağı öngörülmektedir.

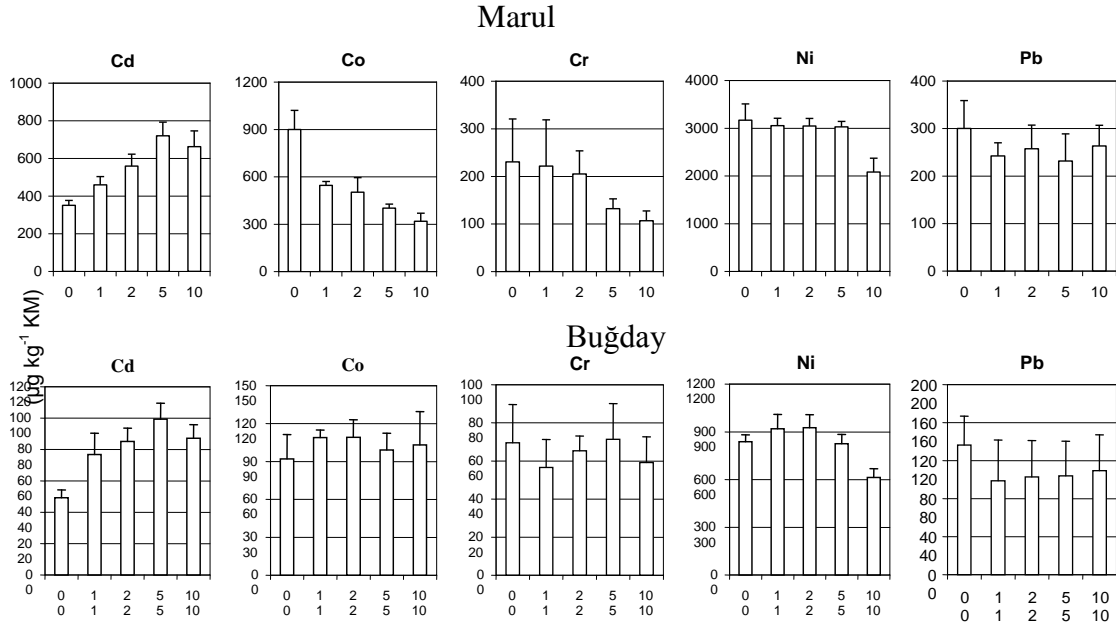


**Şekil 4-2 : 35 gün yetiştirilen marul (*Lactuca sativa cv.*) ve buğday (*Triticum aestivum cv.*) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının (yüzde 0, 1, 2, 5, 10) yeşil kısım mikro element konsantrasyonuna etkisi.**

Ağır metallerin analiz sonuçları marulun (*Lactuca sativa cv.*) yeşil kısımlarında buğdaydan (*Triticum aestivum cv.*) oldukça yüksek değerler göstermektedir (Şekil 4-3). Bu durum iki tür arasında kök metal absorpsiyonu veya yeşil kısımlara metal translokasyonundaki farklılıktan ve/veya marul fidelerinin yetiştirildiği substrat ortamının ağır metal içeriğinden kaynaklanmaktadır. Marul bitkilerinde kompost uygulamaları ile Co ve Cr değerlerinin kontrole göre azalması, bu metallerin kompostun bileşimindeki ligandlarla bileşikler oluşturarak toprak çözeltisindeki serbest iyonik aktivitelerinin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4-3).

Yapılan kompost uygulamaları yeşil kısımlarda belirlenen ağır metaller arasında sadece Cd'da belirgin bir artışa neden olmuştur. FAO, WHO ve AB (Commission Regulation (EC) No 466/2001) gıda standardını belirleyen direktiflere göre yaprağı yenen sebzelerde Cd için maksimum kabul edilebilir sınır değeri yaş ağırlık üzerinden 200  $\mu\text{g kg}^{-1}$  'dir ve bu değer yüzde 90 su içeriği faktörü kullanılarak bitki kuru maddesi başına 2000  $\mu\text{g Cd kg}^{-1}$  olarak ifade edilebilir. Marul (*Lactuca sativa cv.*) yapraklarında kuru madde bazında belirlenen en yüksek değer olan 800  $\mu\text{g kg}^{-1}$  yukarıda belirtilen sınır

değerin altında kalmaktadır. Buğday (*Triticum aestivum* cv.) yeşil kısımlarında belirlenen Cd değerleri de sınır değer olduğunda altındadır.

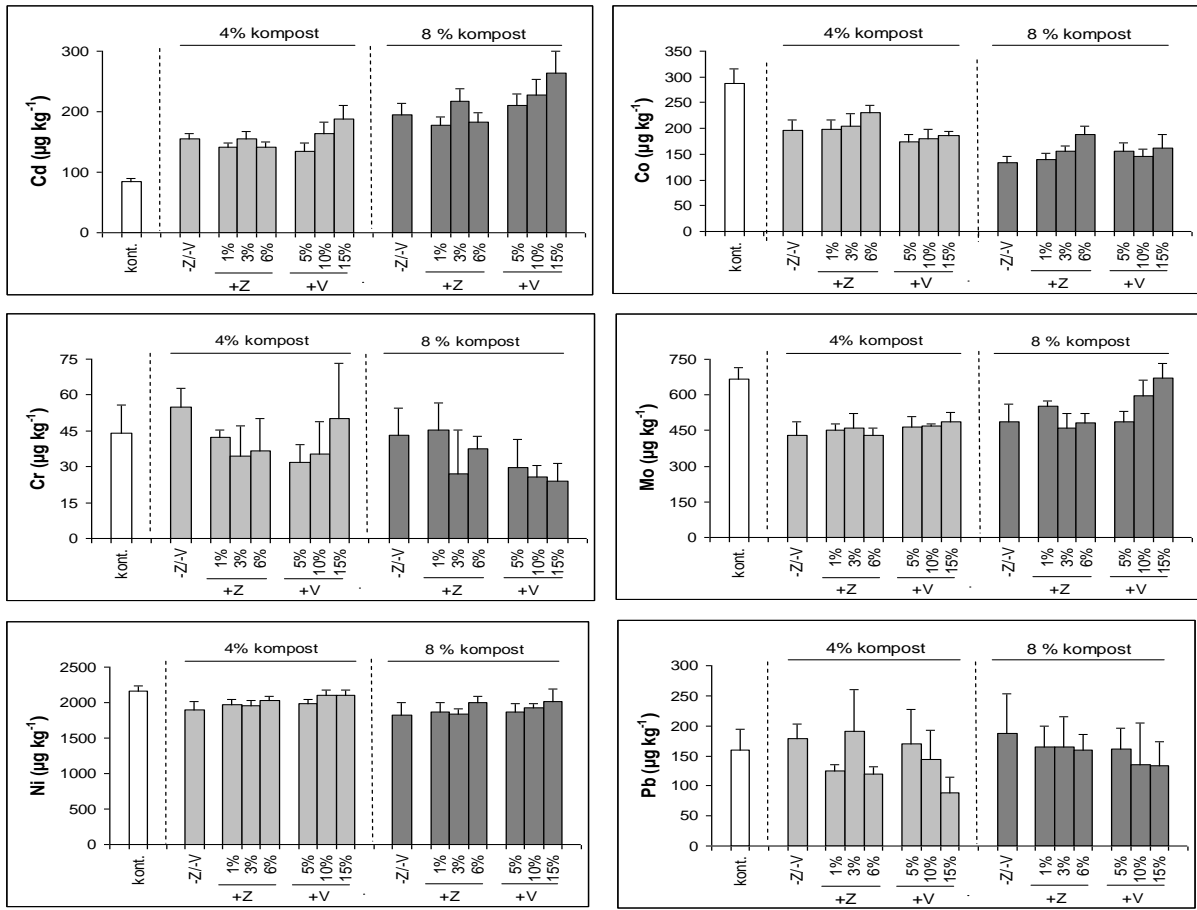


Toprağa uygulanan kompost oranı (%)

**Şekil 4-3 : 35 günde yetiştirilen marul (*Lactuca sativa* cv.) ve buğday (*Triticum aestivum* cv.) bitkilerinde toprağa farklı oranda kompost uygulamalarının yüzde 0, 1, 2, 5, 10) yeşil kısım ağır metal konsantrasyonuna etkisi.**

Çalışmalarda farklı oranlarda zeolit (yüzde 1, 3, 6) ve vinas (yüzde 5,10,15) katılarak hazırlanan kompostun toprağa yüzde 0, 4 ve 8 oranlarında uygulanması ile bitki kuru madde verimi ve yeşil kısımların elementel kompozisyonunda oluşan değişimler incelenmiştir.

Buğday ile yürütülen bu deney sonuçlarına göre de artan kompost uygulamaları ile bitki yeşil kısımlarına önemli miktarda Cd geçebildiği belirlenmiştir. Ancak vinas katkılı kompostla yetişen bitkilerin durumu incelendiğinde kompostta katılan vinasın bitki dokularına geçen Cd'ü daha da arttırdığı açıkça görülmektedir (Şekil 4-4). Bulgular kompost kaynaklı Cd'un katkı maddeleri kullanılarak stabilize edilmesinde vinas kullanımının anlamsız olduğunu, aksine bitkinin Cd alımını teşvik ettiğini göstermiştir. Zeolit ve vinas uygulamaları Co, Mo, ve Ni için anlamlı bir etki yapmamış, yüksek standart sapmalar nedeni ile Cr ve Pb'deki değişimler de önemli bulunmamıştır (Şekil 4-4).



**Şekil 4-4 : 51 gün süreyle yetiştirilen buğday bitkisinde farklı kompost ve zeolit/vinas kombinasyonlarının ağır metallerin konsantrasyonuna etkisi.**

### 4.3 MİKROORGANİZMA KATKILI OLARAK ÜRETİLEN KOMPOSTLARIN BUĞDAYDA KURU MADDE VERİMİ, BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL DEĞERLERİNE ETKİSİ

Bu çalışmada makarnalık buğday (*Triticum aestivum* cv.) kullanılarak, mikroorganizma katkılı kompostun artan oranda uygulanan temel gübre ile birlikte, bitki büyümesi, mineral beslenme ve ağır metal birikimine olası etkileri konu edilmiştir. Temel gübreleme yüzde 0, 33 ve 100 oranında, mikroorganizma katkılı kompost ise önceki çalışma sonuçlarından yola çıkılarak tek doz olarak yüzde 3 oranında uygulanmıştır.

Bu çalışmada temel gübrelemenin kuru madde verimine etkisi değişik mikroorganizma katkılı kompost uygulamaları için benzer düzeyde bulunmuştur (Tablo 4-10). Bitki kuru madde üretimi yüzde 33 temel gübre ile 2 kat, yüzde 100 temel gübre uygulandığında ise 2,7 kat artmıştır. Buna karşın mikroorganizma katkılı kompostların temel gübre uygulamalarından bağımsız şekilde ortalama verimi trichoderma, bacillus ve white fungus için sırasıyla 357, 372, 366 ve 364 mg bitki<sup>-1</sup> şeklinde birbirine benzer bulunmuştur ve bu değerler arasında istatistiksel olarak da önemli bir fark bulunmamıştır. Temel gübrenin yüzde 0 veya yüzde 100 olduğu durumda da mikroorganizma uygulamaları arasında önemli bir verim farkı oluşmamıştır. Temel

gübrelemenin yüzde 33 olduğu durumda ise mikroorganizma katkılı kompostların kontrol (-MO: mikroorganizmasız kompost) uygulamasına göre kısmen daha fazla verim oluşturduğu saptanmıştır (Tablo 4-10) ( $p < 0,05$ ). Sonuçlar white fungus, bacillus ve trichoderma katkılı kompostun vegetatif dönemde temel gübrelemenin yetersiz olduğu koşullarda (yüzde 33 TG) kuru madde verimini olumlu yönde etkilediğine işaret etmektedir.

**Tablo 4-10: Mikro organizma katkılı (*Trichoderma*, *Bacillus*, *W. Fungus*) ve katkısız (-MO) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün sürede yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* cv.) çeşidine kuru madde verimine etkisi.**

Kompost Tipi	Kuru Madde Verimi (mg bitki <sup>-1</sup> )			Ortalama	LSD <sub>0.05</sub> (MO)
	% 0 TG	%33 TG	%100 TG		
Kontrol (-MO)	190 ± 13	361 ± 42	520 ± 29	357	17.9
+ <i>Trichoderma</i>	196 ± 2	390 ± 31	531 ± 29	372	
+ <i>Bacillus</i>	191 ± 11	409 ± 15	498 ± 20	366	
+ <i>W. Fungus</i>	187 ± 20	394 ± 18	510 ± 37	364	
Ortalama	191	388	515		
LSD <sub>0.05</sub> (TG)		15.5			

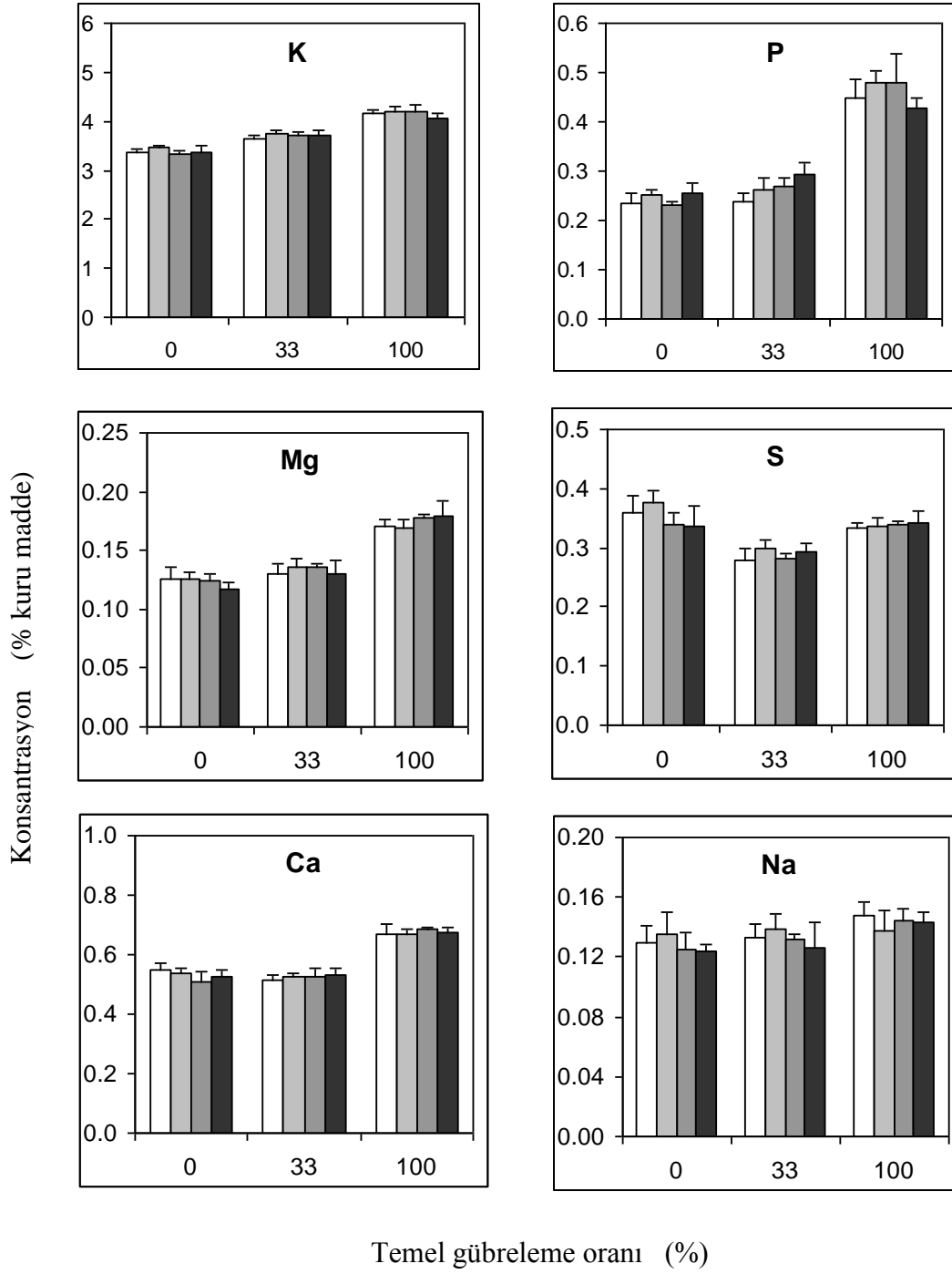
#### 4.4 YEŞİL KISIMLARDA MAKRO VE MİKRO BESİN ELEMENTLERİ İLE AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONU

Temel gübreleme oranının artırılması ile yeşil kısımlarda makro besin element konsantrasyonu beklendiği üzere önemli oranda artmıştır. Temel gübrenin yeşil kısımlarda makro besin elementlerine etkisi  $P > Mg > Ca > K > S$  sırasında gerçekleşmiştir (Şekil 4-5). Yeşil kısımlar Na konsantrasyonu ise farklı temel gübre uygulamalarından etkilenmemektedir. Mikroorganizma katkılı kompost uygulamaları P dışında makro besin elementlerine anlamlı bir etki yapmamıştır (Şekil 4-5). Yeşil kısımlar P konsantrasyonu yüzde 33 ve yüzde 100 temel gübre uygulamalarında mikroorganizma katkılı kompost uygulamaları ile olumlu yönde etkilenmiştir (Şekil 4-5). Özellikle white fungus katılarak üretilen kompost, marjinal P eksikliği olan durumda (yüzde 33 temel gübre) bitki P beslenmesine önemli katkı yapmaktadır. Yeterli oranda P ile beslenen bitkilerde ise (yüzde 100 temel gübre) white fungus'un P beslenmesine etkisi bulunmamaktadır (Şekil 4-5). White fungus gibi, bacillus ve trichoderma katkılı kompostlar da bitki P beslenmesini arttırmaktadır. yüzde 33 temel gübre uygulamasında mikroorganizma katkılı kompostların kuru madde verimine olumlu etkisinin bitki P beslenmesine katkısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Fosfordaki etkinin benzeri mikro elementlerden Fe için de söylenebilir. Yetersiz oranda temel gübreleme

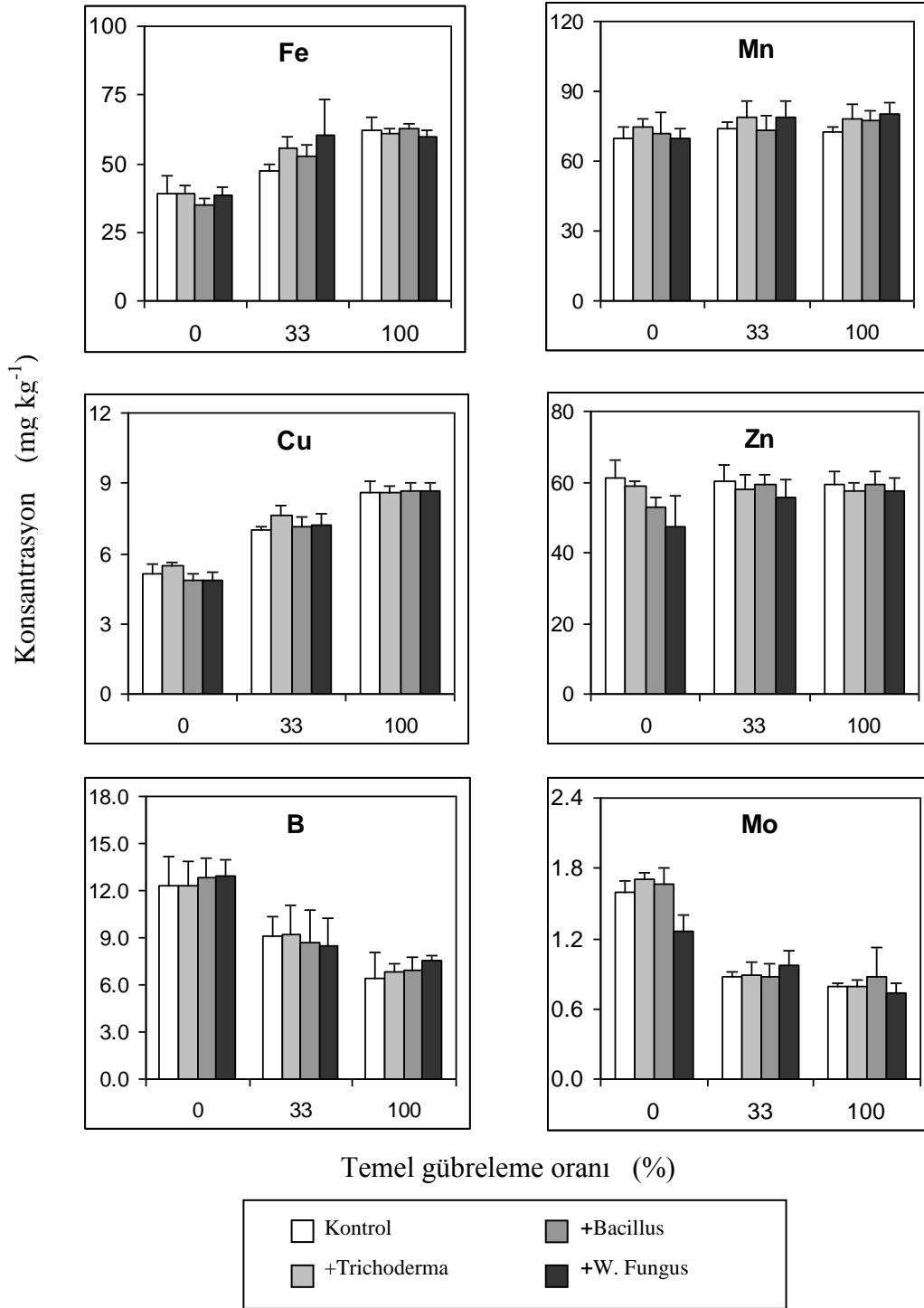
yapıldığında (yüzde 33) mikroorganizma katkısı yeşil kısımlar Fe değerlerine olumlu etki yapabilmektedir (Şekil 4-6). Demir dışında, mikro besin elementlerinin yeşil kısımlar konsantrasyonu üzerine, farklı mikroorganizma katkılı kompostların anlamlı bir etkisi olmamıştır (Şekil 4-6). Yeşil kısımlarda ölçülen Cd, Pb ve Ni ağır metallerinin yapraklardaki konsantrasyonu da bacillus, trichoderma veya white fungus katılarak üretilen kompost uygulamalarında anlamlı bir değişim göstermemiştir (Şekil 4-7).

Bacillus, trichoderma ve white fungus katkılı olarak üretilen kompostların yetersiz gübreleme koşullarında P ve Fe beslenmesine katkı yaparak bitki kuru madde verimine olumlu etki yapabileceğini göstermiştir. Vegetatif dönemde elde edilen bu bulgunun tarla koşullarında tane verimi ve tane konsantrasyon değerleri ile de teyit edilmesi yararlı olacaktır. Deneyin ana amacı kullanılan mikroorganizmaların kompostta ağır metalleri stabilize edebildiğine dair bir bulguya rastlanmamıştır (Şekil 4-7). Şekil 4-5,4-6 ve 4-7'deki tüm kompost uygulamaları yüzde 3 (w/w) olarak yapılmıştır.

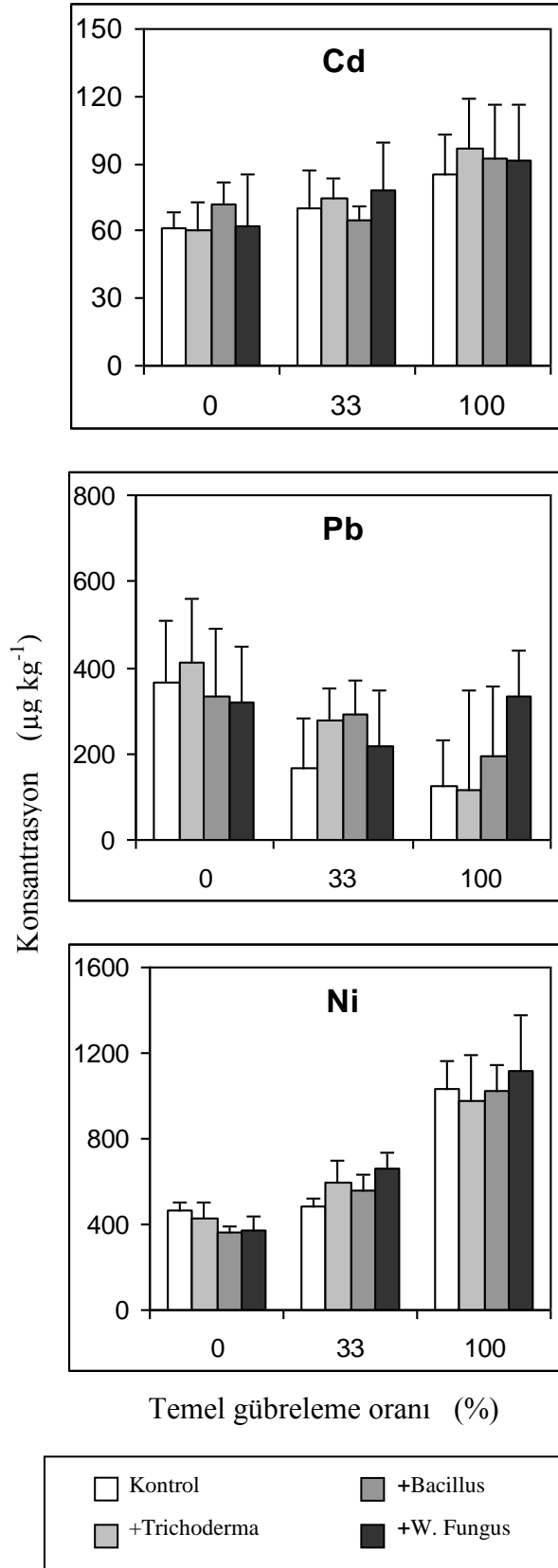




**Şekil 4-5 : Mikro organizma katkı (*Trichoderma*, *Bacillus*, *W. Fungus*) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün süreyle yetiştirilen makarnalık buğday çeşidinde yeşil kısımların makro element konsantrasyonuna etkisi.**



**Şekil 4-6 : Mikro organizma katkı (*Trichoderma*, *Bacillus*, *W. Fungus*) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre uygulamalarının 40 gün süreyle yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* cv.) çeşidinde yeşil kısımlar mikro element konsantrasyonuna etkisi.**



**Şekil 4-7 : Mikro organizma katkılı (*Trichoderma*, *Bacillus*, *W. Fungus*) ve katkısız (Kontrol) şekilde üretilen kompostun ve farklı temel gübre 40 gün süreyle yetiştirilen makarnalık buğday çeşidinde yeşil kısımlar ağır metal konsantrasyonuna etkisi.**

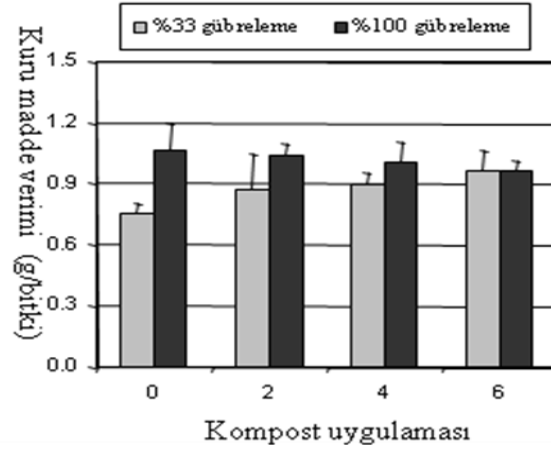
#### **4.5 FARKLI TEMEL GÜBRE VE KOMPOST UYGULAMALARININ BUĞDAYDA YEŞİL KISIM VE TANE VERİMİ, YEŞİL KISIM VE TANEDE BESİN ELEMENTİ VE AĞIR METAL DEĞERLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Buğday çalışmasını tekrarlamak ve kompostun buğdayda (*Triticum aestivum* cv.) tane verimine etkilerini araştırmak için yürütülen deneyde Tekirdağ ili Çorlu ilçesine bağlı Ahimehmet Köyü'nde uygulama yapılmıştır. Temel gübre uygulamaları yüzde 33 ve yüzde 100 olarak seçilmiş olup, yüzde 100 gübrelemede 200 mg kg<sup>-1</sup> N, 100 mg kg<sup>-1</sup> P, 175 mg kg<sup>-1</sup> K ve 20 mg kg<sup>-1</sup> S, 2,5 mg kg<sup>-1</sup> Fe ve 2 mg kg<sup>-1</sup> Zn uygulanmıştır. Temel gübreleme yapılan toprağa ağırlık esasına göre yüzde 0, 2, 4 ve 6 düzeyinde kompost eklenmiştir. Deney eşit bölünmüş 1m<sup>2</sup>lik alanlarda yürütülmüştür. Her alana 10 adet tohum ekilmiştir. 16.01.2013 tarihinde ekimi yapılmıştır. 14.03.2013 tarihinde 57 günlük bitkilerden yeşil kısımlar ara hasadı ve 12.06.2013 tarihinde 130 günlük olgun bitkilerden tane ve sap hasadı yapılmıştır. Ara hasat sonrasında başlangıçta uygulanan N dozlarının yarısı kadar üst gübreleme yapılmıştır.

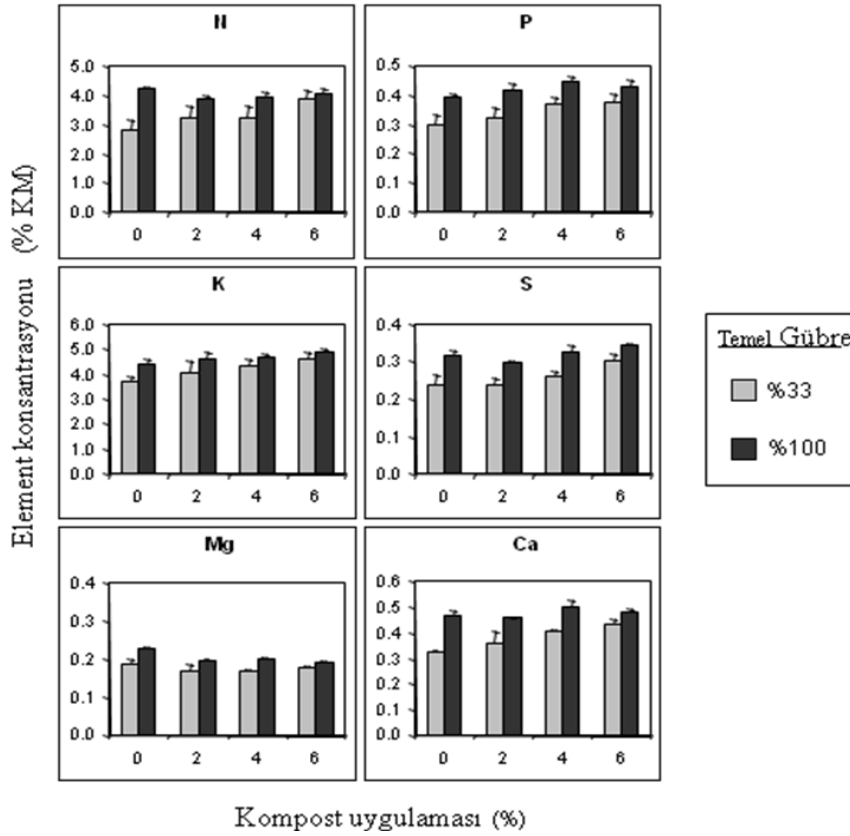
##### **4.5.1 Yeşil Kısımların Kuru Madde Verimi, Besin Elementleri ve Ağır Metaller**

Kompost uygulaması yapılmadan elde edilen kuru madde verimleri yüzde 33 gübrelemede 0,75 g/bitki ve yüzde 100 gübrelemede 1,06 g/bitki olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4-8). Tam gübreli koşullarda yüzde 0 kompost ile 1,06 g/bitki ve yüzde 6 ile 0,96 g/bitki kuru madde verimi elde edilmiştir (Şekil 4-8). Düşük gübreleme koşullarında (yüzde 33 gübreleme) ise kompost uygulamaları ile kuru madde verimi 0,75 g/bitki'den 0,96 g/bitki'ye artmıştır. Bulgular düşük gübrelemeyle yeşil kısımlara ait kuru madde veriminin yüzde 6'lık kompost uygulama düzeyine kadar arttığını, tam gübre ile birlikte yüzde 6 kompost uygulandığında ise kuru madde veriminin azaldığını göstermektedir (Şekil 4-8).

Makro besin elementlerinin kompost ve temel gübre uygulamalarındaki değişimleri verim değerleri ile benzeşmektedir. Örneğin kuru madde veriminde belirleyici rolü olan yeşil kısımlar N değeri, düşük gübreleme koşullarında kompost uygulaması ile yüzde 2,8 den yüzde 3,9'a artarken, yeterli gübreleme koşullarında ise, kuru madde veriminde olduğu gibi kısmen azalmıştır (Şekil 4-9). Kompostun makro besin elementlerine etkisi düşük gübreleme koşullarında daha fazla bulunmuştur (Şekil 4-9).



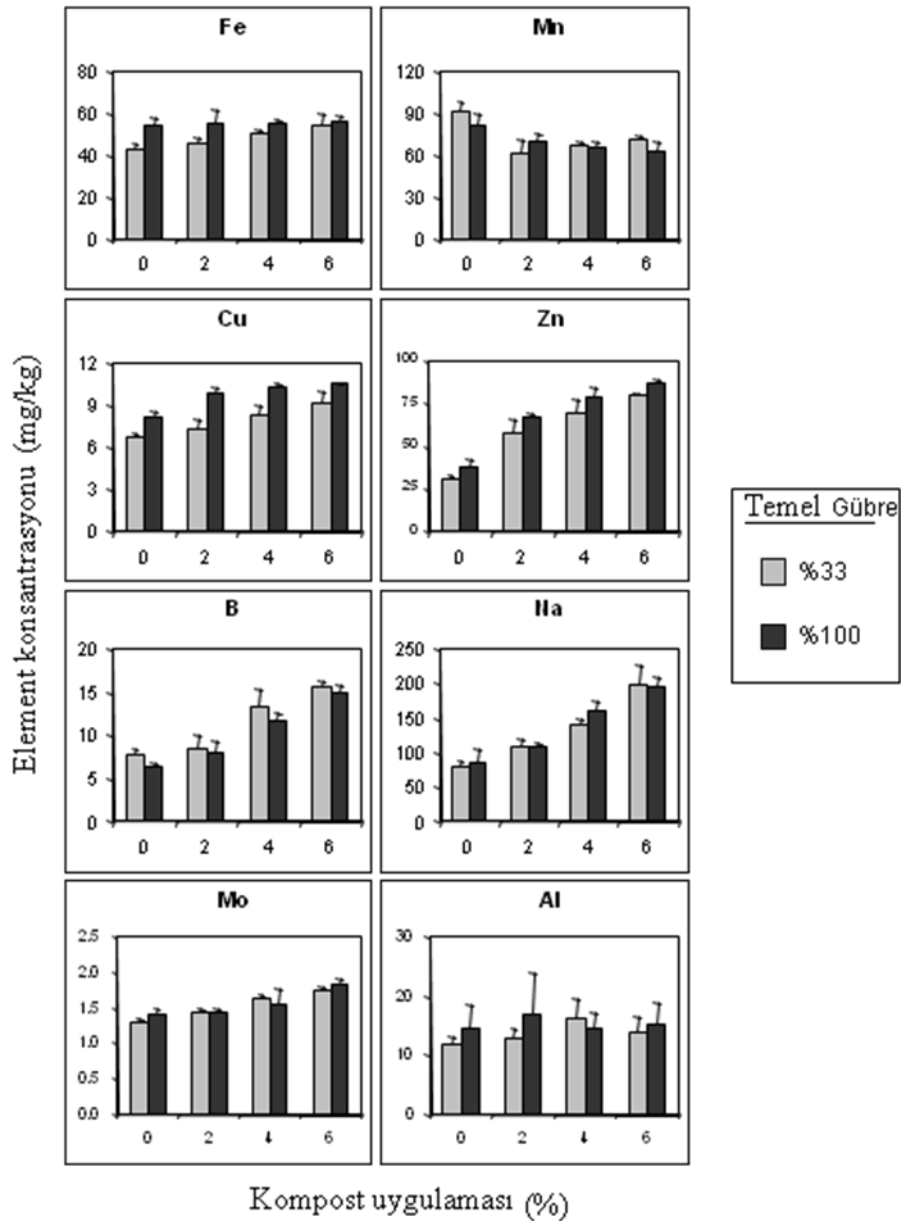
**Şekil 4-8 : Ahimehmet Köyü'nde farklı temel gübre ve kompost uygulamalarının buğday (*Triticum aestivum cv.*) bitkisinde yeşil kısım kuru madde verimine etkisi.**



**Şekil 4-9 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum cv.*) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım makro element konsantrasyonuna etkisi.**

Kaynaklar:Çevre Online, Tehlikeli Atık Nedir, 2007, [www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm](http://www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm) [Erişim Tarihi : 15 Aralık]

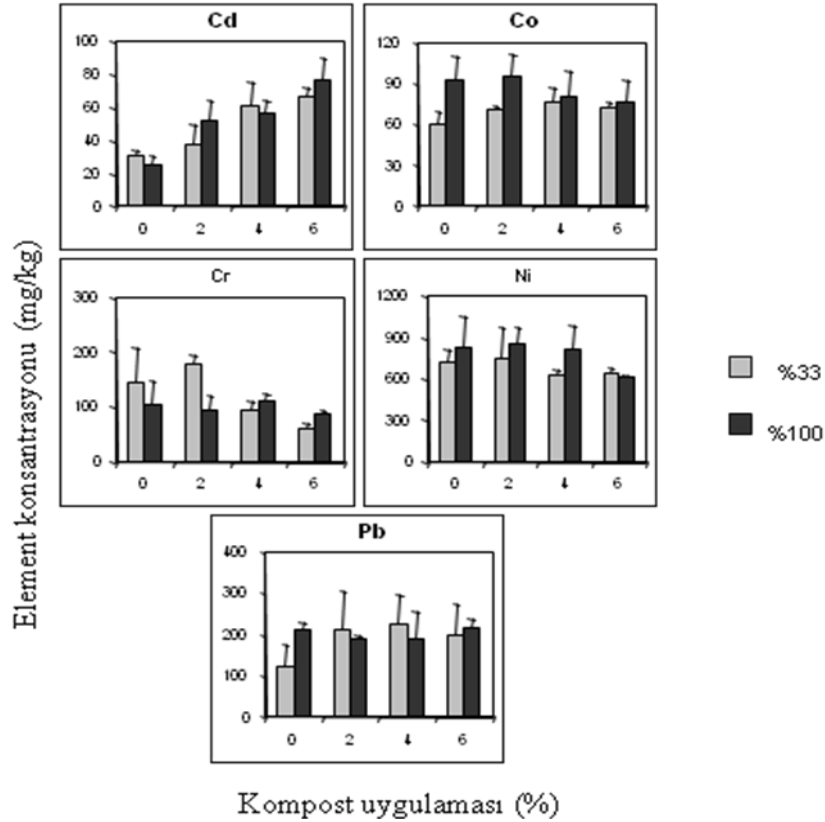
Düşük gübreleme koşullarında kompost uygulaması yapılmadan 31 mg/kg olan Zn konsantrasyonu kompostla birlikte çarpıcı şekilde artmış ve yüzde 6 dozunda 79 mg/kg'a çıkmıştır. Yeşil kısımların Fe değerleri yüzde 100 gübreli koşullarda kompost uygulamalarından etkilenmemiş, yüzde 33 gübreli koşullarda ise 43 mg/kg'dan 55 mg/kg'a artmıştır. Diğer mikro besin elementlerinin aksine Mn konsantrasyonu yüzde 2 kompost uygulaması ile azalmış, kompostun artan dozlarında ise değişmemiştir.(Şekil 4-10)



**Şekil 4-10 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* cv.) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım mikro element konsantrasyonuna etkisi.**

Kompost uygulamaları yeşil kısımlarda ağır metallere Ni, Pb ve Co konsantrasyonuna önemli bir etki yapmazken Cd değerleri artmış Cr ise azalmıştır. Görüldüğü üzere kompost uygulanan bitkilerde ağır metallere sadece Cd değerleri önemli oranda artmaktadır. Kompost uygulanmayan durumda 31 µg/kg olan Cd konsantrasyonu yüzde 6 kompost uygulamasında 66 µg/kg'a yükselmiştir (DM

Sangerman, AN Bravo ve SI Rondon, 2007). Kadmiyum değerlerinde görülen artışlar istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte ihmal edilebilir oranlarda kalmaktadır. Buğday (*Triticum aestivum* cv.) yaprakları için belirlenmiş bir sınır değer olmamasına karşın yaprağı yenen sebzeler için verilen Cd sınır değer ( $\sim 2000 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında Cd için belirlenen artışların ihmal edilebilir düzeylerde kaldığı anlaşılmaktadır(Şekil 4-11).



Şekil 4-11 : 57 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* cv.) bitkisinde farklı kompost ve temel gübre uygulamalarının yeşil kısım ağır metal konsantrasyonuna etkisi.

#### 4.5.2 Tane Verimi, Tanede Besin Elementleri ve Ağır Metaller

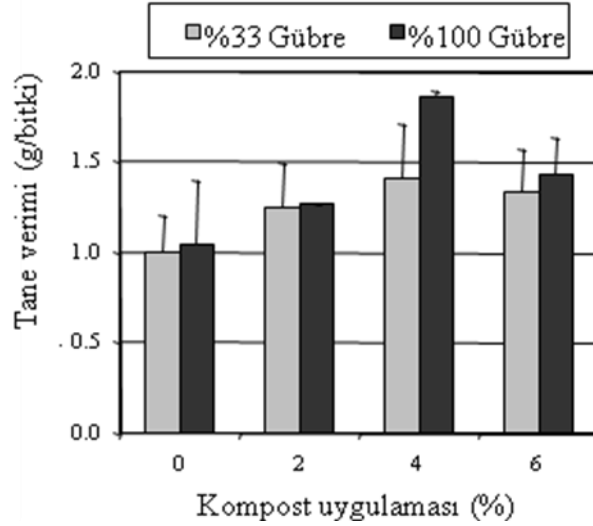
Çalışmadan elde edilen ortalama tane verimleri yüzde 33 gübrelemede 1,24 g/bitki ve yüzde 100 gübrelemede 1,40 g/bitki'dir. Kompost uygulamaları bakımından en yüksek ortalama tane verimi (1.63 g/bitki) yüzde 4 kompost dozunda elde edilmiş, kompost dozunun yüzde 6'ya çıkartılması ise tane verimini azalmıştır (Şekil 4-12). Çalışmada en yüksek tane verimi (1,9 g/bitki) yüzde 4 oranında kompostun tam gübre ile birlikte uygulandığı koşullarda elde edilmiştir (Şekil 4-12). Bulgular düşük gübreleme



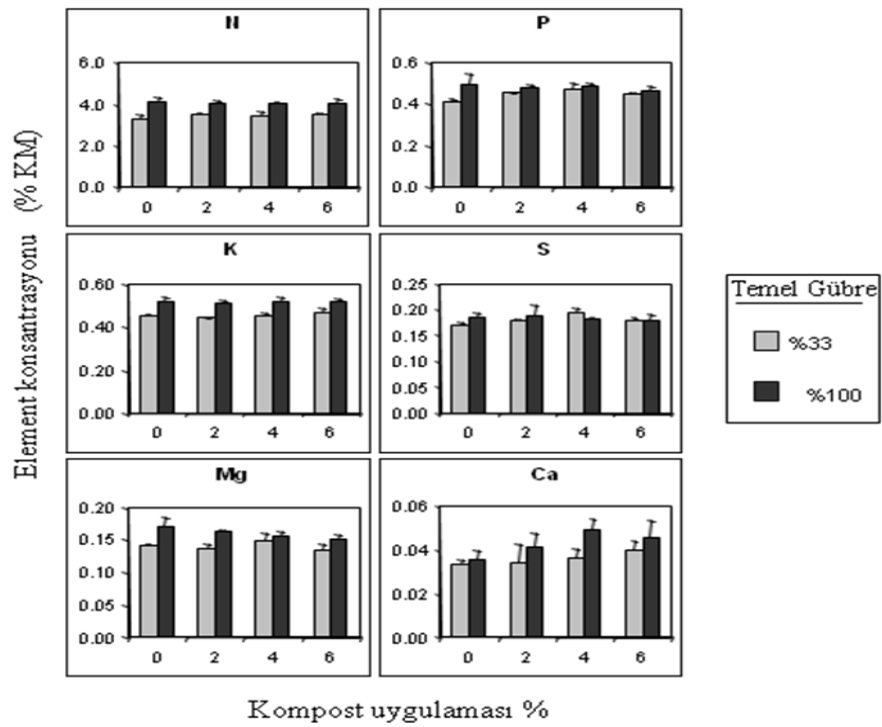
koşullarında yüzde 4'e kadar uygulanan kompostun tane veriminin arttığını, yüksek tane verimi için kompostla birlikte temel gübreleme yapılması gerektiğini göstermiştir.

Kompostun mikro besin elementleri üzerine olan bu etkisi büyük ölçüde yeşil kısım mikro besin elementlerindeki etkiye benzemektedir. Ancak tane mikro besin elementlerinde gözlenen artışlar, yeşil kısımlardan farklı olarak, sadece düşük gübreleme koşullarında gerçekleşmiştir (Şekil 4-14). Yeterli gübreleme koşullarında ise Zn dışındaki mikro besin elementlerinde kompostla bağlı olarak önemli bir değişim olmamıştır. Mikro besin elementleri arasında kompostla en iyi tepki veren Zn'dir (Şekil 4-14). Tam gübreli koşullarda tane Zn konsantrasyonu yüzde 2 kompost uygulaması ile 59 mg/kg'dan 96 mg/kg'a çıkmıştır. Yetersiz gübreleme koşullarında ise yüzde 0, 2 ve 4 kompost uygulamalarındaki tane Zn konsantrasyonu sırasıyla 35, 61 ve 86 mg/kg bulunmuştur (MS Zubillaga, E Bressan,2008). Kompost uygulamaları mikro besin elementlerinin tane konsantrasyonunu makro besin elementlerine oranla daha etkin şekilde değiştirmiştir (Şekil 4-13 ve 4-14). Uygulanan kompost dozları ile tane mikro besin elementlerinde gözlenen değişimler, düşük gübreleme koşullarında daha önemli bulunmuştur.

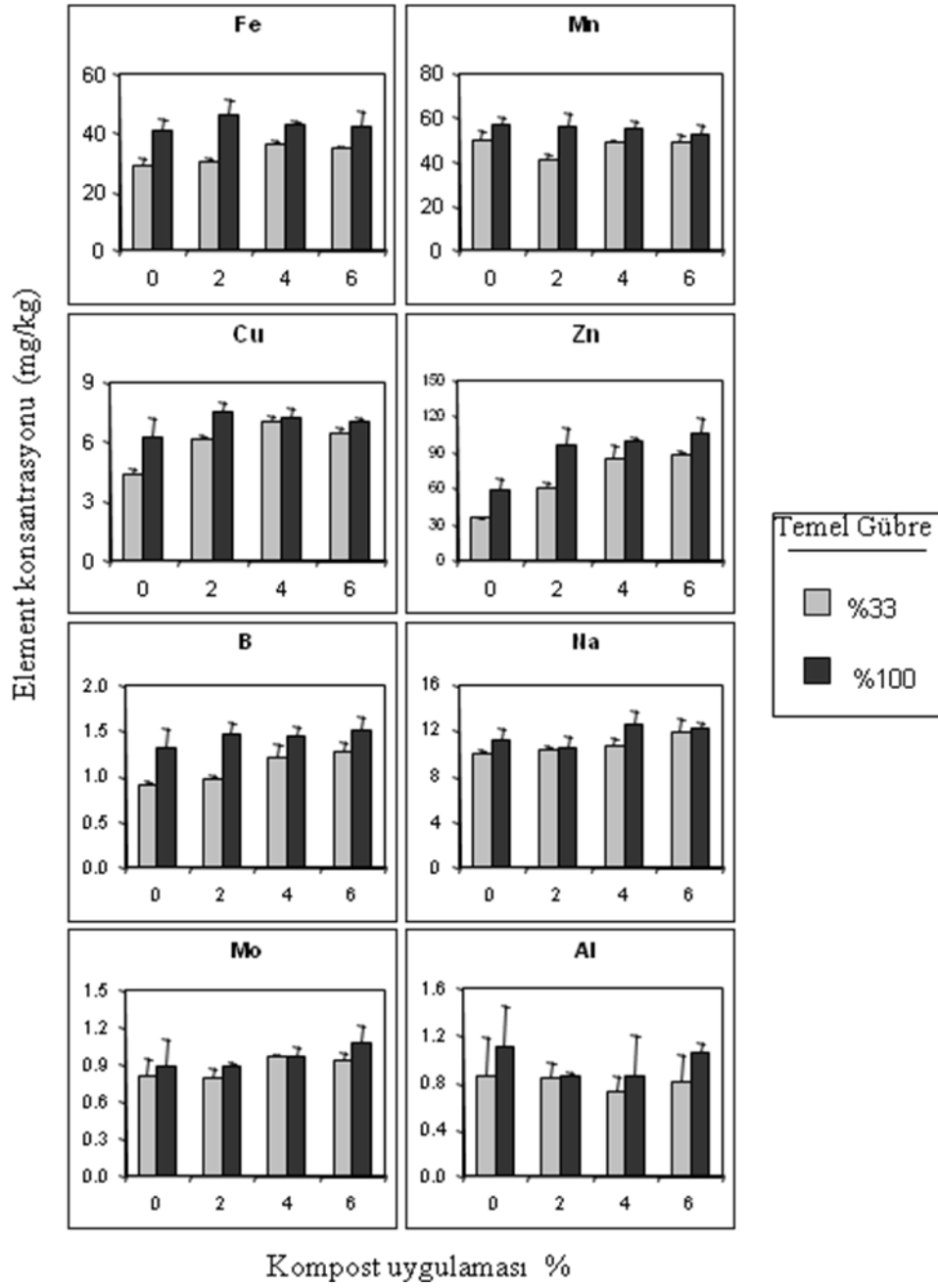
Kompost uygulamalarında tane Cr, Co ve Ni değerleri her iki gübreleme seviyesinde de önemli oranda azalmıştır (Şekil 4-15). Tanede ağır metal birikimi bakımından önemli olabilecek tek ağır metalin Cd olduğu belirlenmiştir. Tane Cd değerleri uygulanan kompost dozuna bağlı olarak 5 µg/kg'dan 15 µg/kg'a kadar yükselmektedir (Şekil 4-15). Ancak buğday tanesinde Cd sınır değeri olarak kabul edilen 200 µg/kg ile karşılaştırıldığında, Cd için söz konusu etkinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu anlaşılmaktadır (DM Sangerman, AN Bravo ve SI Rondon, 2007).



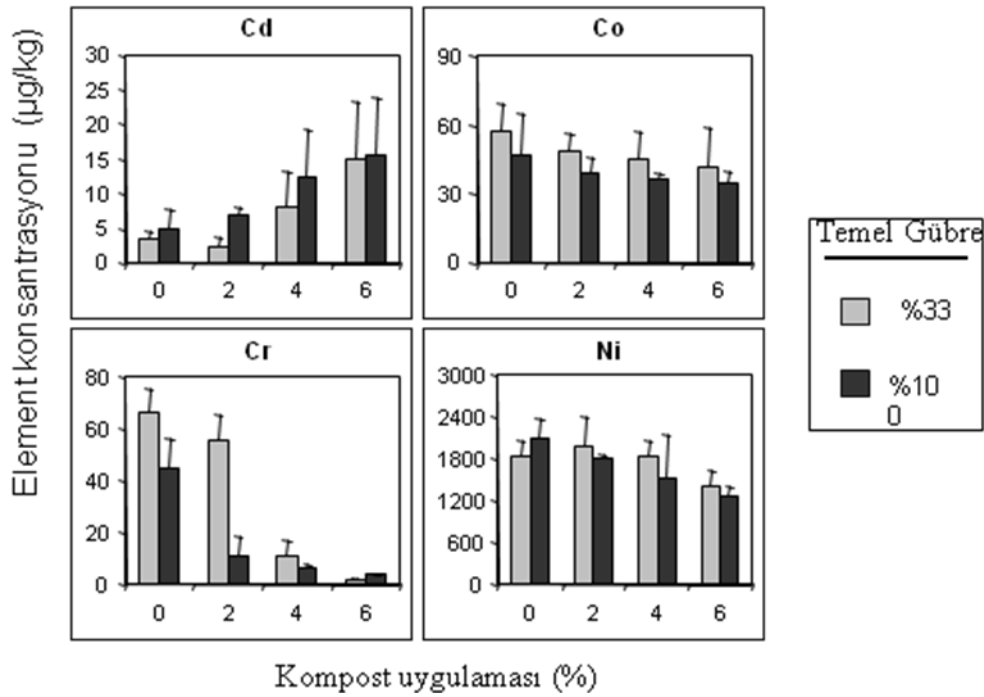
Şekil 4-12 : Farklı temel gübre, Zn ve kompost uygulamalarının buğday (*Triticum aestivum cv.*) bitkisinde tane verimine etkisi.



Şekil 4-13 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum cv.*) bitkisinde farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane makro element konsantrasyonuna etkisi.



Şekil 4-14 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü toprağında yetiştirilen buğday bitkisinde (*Triticum aestivum* cv.) farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane mikro element konsantrasyonuna etkisi.



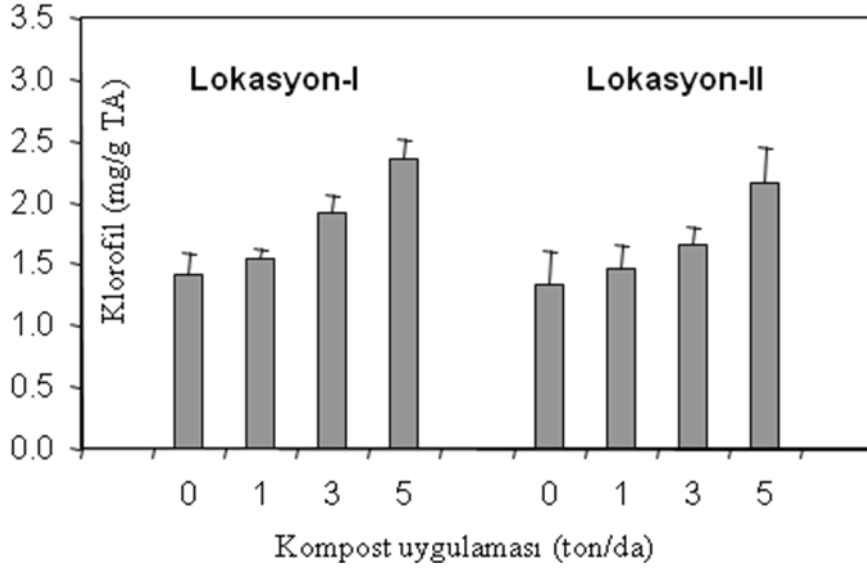
**Şekil 4-15 : 130 gün süreyle Ahimehmet Köyü'nde yetiştirilen buğday bitkisinde farklı kompost, temel gübre ve Zn uygulamalarının tane ağır metal konsantrasyonuna etkisi.**

#### 4.6 KISIRMANDIRA KÖYÜ VE AHİMEHMET KÖYÜ ÇİM ALANLARDA KOMPOST DENEMELERİ

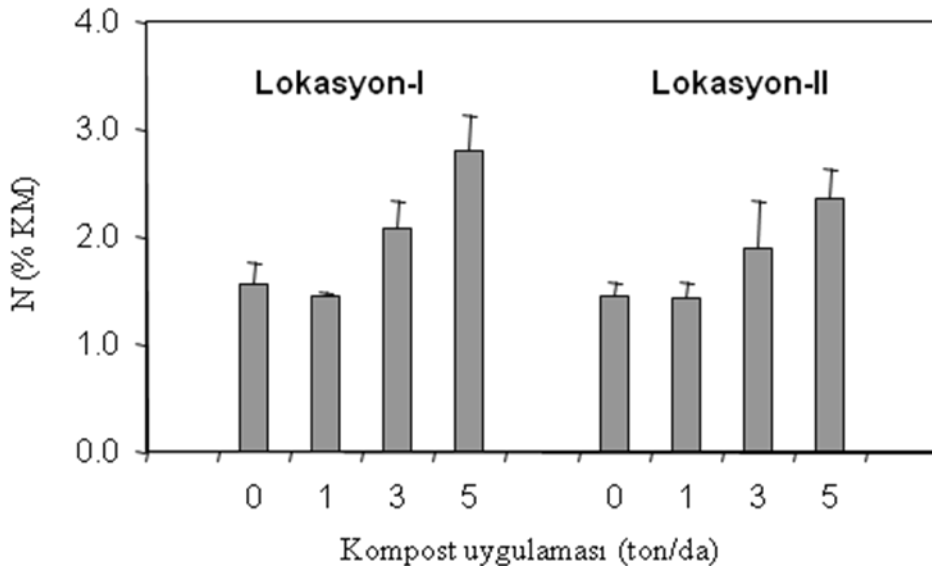
Çim saha denemeleri iki farklı lokasyonda 30.05.2013 tarihinde başlatılmıştır. Arazi koşullarında farklı kompost dozlarının test edildiği çim (*Agrostis capillaris cv.*) denemeleri 2x2 m<sup>2</sup> bölünmüş alanlarda dolgu toprak kurulmuştur. Üst toprak yaklaşık 10 cm derinliğinde çapalanıp gevşetildikten sonra kompost uygulamaları (0, 1, 3 ve 5 ton da<sup>-1</sup>) yapılmış ve 40 g m<sup>-2</sup> olacak şekilde beş karışimli standart çim tohumu ekilmiştir. Daha sonra toprak yüzeyi tırmıklanarak toprak, kompost ve tohumların karışması sağlanmıştır. Alanlar 2-3 günde bir sulanmış ve büyüyen bitkilerden iki ay sonra gözlem alınıp klorofil ve N analizleri yapılmak üzere ilk örnekleme tamamlanmıştır. Ekimden dört ay sonra deneme alanlarının yarısına 7 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde azotlu gübreleme yapılmış, sekiz ay sonra alınan ikinci yeşil kısım örnekleme ile mineral madde analizleri tamamlanmıştır.

Kompost uygulamaları her iki lokasyonda da çim (*Agrostis capillaris cv.*) bitkilerinin büyümesine olumlu etki yapmıştır. Kontrol alanlarında çıkışlar seyrek, bitkiler zayıf ve

açık yeşil (klorotik) görünümlüyken, kompost uygulanan alanlarda çimlenme oranı ve kardeşlenme yüksek, sağlıklı yeşil görünümde, daha uzun ve geniş yapraklı bitkiler elde edilmiştir. Artan düzeyde kompost uygulamaları ile yaprak klorofil miktarı her iki lokasyonda artmıştır (Şekil 4-16). Ekimden iki ay sonra alınan ilk örneklerde kompost uygulamalarının çim (*Agrostis capillaris* cv.) bitkilerinde N beslenmesini önemli oranda arttığı belirlenmiştir (Şekil 4-17). Kompost uygulanmadığında ~yüzde 1,5 olan yaprak N konsantrasyonu 5 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulaması ile yüzde 2,5 - 3,0 seviyesine çıkmıştır. Ekimden sekiz ay sonra yapılan ikinci örnekte ise yeşil kısım N değerleri kompost uygulamalarından etkilenmemiştir. Bu durum yaz aylarında yaşanan geçici kuraklık stresin bir sonucu olarak çim bitkilerinin N kullanım etkinliğini azalmasından kaynaklanmaktadır. Alanlara dördüncü ayda yapılan N gübrelemesinin çok az veya hiç etki yapmaması da bunu desteklemektedir. Ekimle birlikte uygulanan kompostun erken dönemde N beslenmesine olan etkisinin zamanla bitki kullanımı, yıkanma, ve denitrifikasyon kayıpları ile azaldığı düşünülmektedir. Bulgular yeni tesis çim alanlara yapılacak kompostlama çalışmalarında düzenli sulamanın önemli olduğunu ve bitki N statüsüne göre belirlenecek dönemlerde ilave kompost veya N'lu gübre kullanımının gerekli olabileceğine işaret etmektedir (DT Rodríguez, A Cumana, O Torrealba, 2010). Sekiz ay sonunda K, Mg, Cu ve Zn değerlerinde kompost veya N uygulamaları sonucu anlamlı bir farklılık oluşmadığı saptanmıştır (Tablo 4-11 ve 4-12). Buna karşın kompost uygulamaları ile her iki lokasyonda P beslenmesine artan düzeyde tepki alınmış ve yeşil kısımların P konsantrasyonu yüzde 70'e varan oranlarda arttırılmıştır (Tablo 4-11 ve 4-12). Mikro element ve ağır metaller bakımından incelendiğinde kompost uygulamalarından sekiz ay sonra alınan yeşil kısım örneklerinde kompost uygulamasından kaynaklanan anlamlı bir değişim olmadığı, ilave mineral N gübrelemesi ile Fe, Mn, B, Al, Cd, Cr ve Pb de gözlenen azalmanın bitki biyokütlesindeki artışın bir sonucu olan seyrelme etkisinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Tablo 4-11 ve 4-12). Şekil 4-18'de Kısırmandıra Köyü'ne ait uygulama alanına ait farklı zamanlarda çekilmiş fotoğraflar verilmiştir.



**Şekil 4-16 : İki farklı lokasyonda farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) ekimden iki ay sonra alınan yeşil kısım numunelerinin klorofil konsantrasyonları.**



**Şekil 4-17 : İki farklı lokasyonda farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) ekimden iki ay sonra alınan yeşil kısımların numunelerinin azot (N) konsantrasyonları.**



**Şekil 4-18 : Çalışma alanlarından Kısırmandıra Köyü'ne ait kısım (Kapalı kısım:6 m<sup>2</sup> yedek alan 4m<sup>2</sup> )**

**Tablo 4-11 : Farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) test edildiği çim bitkilerinde ekimden sekiz ay sonra yeşil kısım numunelerinin mineral madde konsantrasyonları.**

Azot	Kompost	N	K	P	Ca	Mg	S	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	%						
0	0	2.09 ± 0.01 (100)	1.48 ± 0.01 (100)	0.223 ± 0.001 (100)	0.621 ± 0.003 (100)	0.134 ± 0.000 (100)	0.316 ± 0.004 (100)	
	1	2.41 ± 0.06 (115)	1.56 ± 0.02 (105)	0.304 ± 0.004 (136)	0.654 ± 0.016 (105)	0.165 ± 0.005 (124)	0.337 ± 0.004 (107)	
	3	2.12 ± 0.01 (101)	1.65 ± 0.05 (111)	0.341 ± 0.003 (153)	0.601 ± 0.011 (97)	0.143 ± 0.001 (107)	0.392 ± 0.001 (124)	
	5	2.32 ± 0.00 (111)	1.69 ± 0.02 (114)	0.362 ± 0.004 (162)	0.651 ± 0.017 (105)	0.153 ± 0.003 (114)	0.387 ± 0.012 (122)	
7	0	2.92 ± 0.04 (140)	1.59 ± 0.05 (107)	0.208 ± 0.001 (93)	0.456 ± 0.020 (73)	0.145 ± 0.001 (109)	0.291 ± 0.009 (92)	
	1	2.77 ± 0.04 (132)	1.64 ± 0.01 (110)	0.227 ± 0.002 (102)	0.505 ± 0.013 (81)	0.146 ± 0.003 (109)	0.312 ± 0.001 (98)	
	3	2.68 ± 0.03 (128)	1.71 ± 0.01 (115)	0.240 ± 0.006 (108)	0.461 ± 0.012 (74)	0.112 ± 0.003 (84)	0.345 ± 0.004 (109)	
	5	2.53 ± 0.02 (121)	1.82 ± 0.02 (123)	0.309 ± 0.005 (138)	0.549 ± 0.004 (88)	0.128 ± 0.002 (96)	0.323 ± 0.005 (102)	

Azot	Kompost	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al	Na	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>							
0	0	564 ± 8 (100)	96.9 ± 0.0 (100)	6.31 ± 0.17 (100)	31.7 ± 0.8 (100)	12.8 ± 0.3 (100)	664 ± 18 (100)	100 ± 1 (100)	
	1	483 ± 27 (86)	78.6 ± 0.6 (81)	6.64 ± 0.13 (105)	28.3 ± 0.8 (89)	11.7 ± 0.5 (91)	561 ± 41 (85)	114 ± 7 (114)	
	3	503 ± 22 (89)	139.2 ± 3.3 (144)	6.37 ± 0.04 (101)	29.0 ± 0.6 (91)	13.5 ± 0.1 (105)	656 ± 24 (99)	105 ± 1 (105)	
	5	505 ± 85 (89)	104.3 ± 1.8 (108)	7.15 ± 0.45 (113)	34.2 ± 1.3 (108)	12.7 ± 0.4 (99)	619 ± 108 (93)	76 ± 4 (76)	
7	0	239 ± 4 (42)	62.3 ± 1.2 (64)	6.31 ± 0.12 (100)	29.0 ± 0.3 (91)	7.5 ± 0.1 (59)	235 ± 19 (35)	116 ± 6 (115)	
	1	301 ± 15 (53)	62.2 ± 1.4 (64)	6.52 ± 0.03 (103)	30.5 ± 0.3 (96)	9.1 ± 0.3 (71)	300 ± 23 (45)	103 ± 2 (103)	
	3	276 ± 11 (49)	56.9 ± 2.7 (59)	6.52 ± 0.17 (103)	28.0 ± 0.3 (88)	10.4 ± 0.1 (81)	288 ± 11 (43)	118 ± 11 (118)	
	5	272 ± 6 (48)	43.6 ± 0.9 (45)	6.49 ± 0.07 (103)	32.0 ± 0.4 (101)	11.1 ± 0.1 (87)	273 ± 8 (41)	78 ± 3 (78)	

Azot	Kompost	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Mo	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>						
0	0	19.7 ± 2.5 (100)	374 ± 15 (100)	1257 ± 14 (100)	2015 ± 43 (100)	4501 ± 183 (100)	2199 ± 38 (100)	
	1	31.2 ± 0.0 (158)	329 ± 23 (88)	1295 ± 129 (103)	2637 ± 54 (131)	4418 ± 569 (98)	2408 ± 56 (109)	
	3	21.9 ± 6.1 (111)	374 ± 6 (100)	1215 ± 51 (97)	2665 ± 38 (132)	4760 ± 310 (106)	2712 ± 222 (123)	
	5	37.4 ± 5.3 (190)	343 ± 54 (92)	1352 ± 202 (108)	2418 ± 229 (120)	5611 ± 430 (125)	2724 ± 27 (124)	
7	0	8.5 ± 2.1 (43)	236 ± 1 (63)	661 ± 70 (53)	1967 ± 46 (98)	2516 ± 28 (56)	1321 ± 8 (60)	
	1	12.5 ± 2.1 (63)	223 ± 17 (60)	932 ± 70 (74)	2114 ± 22 (105)	3355 ± 288 (75)	1475 ± 105 (67)	
	3	13.3 ± 5.3 (67)	251 ± 21 (67)	857 ± 40 (68)	1483 ± 113 (74)	3097 ± 158 (69)	1170 ± 17 (53)	
	5	11.9 ± 8.2 (60)	205 ± 9 (55)	913 ± 5 (73)	1625 ± 32 (81)	3367 ± 157 (75)	1907 ± 83 (87)	

**Tablo 4-12 : Farklı kompost dozlarının (0, 1, 3 ve 5 ton/da) test edildiği çim bitkilerinde ekimden sekiz ay sonra alınan yeşil kısım numuneleri mineral madde konsantrasyonları.**

Azot	Kompost	N	K	P	Ca	Mg	S	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	%						
0	0	2.26 ± 0.05 (100)	1.44 ± 0.03 (100)	0.189 ± 0.002 (100)	0.559 ± 0.033 (100)	0.142 ± 0.004 (100)	0.298 ± 0.003 (100)	
	1	2.26 ± 0.04 (100)	1.45 ± 0.05 (100)	0.209 ± 0.010 (111)	0.633 ± 0.028 (113)	0.155 ± 0.009 (109)	0.269 ± 0.008 (90)	
	3	2.23 ± 0.04 (99)	1.64 ± 0.00 (113)	0.276 ± 0.002 (146)	0.664 ± 0.010 (119)	0.161 ± 0.002 (113)	0.334 ± 0.003 (112)	
	5	2.29 ± 0.04 (101)	1.77 ± 0.01 (123)	0.328 ± 0.003 (173)	0.577 ± 0.053 (103)	0.138 ± 0.008 (97)	0.313 ± 0.008 (105)	
7	0	2.34 ± 0.03 (104)	1.49 ± 0.03 (103)	0.181 ± 0.002 (96)	0.539 ± 0.022 (97)	0.144 ± 0.003 (101)	0.279 ± 0.002 (93)	
	1	2.43 ± 0.08 (108)	1.77 ± 0.00 (123)	0.217 ± 0.001 (115)	0.539 ± 0.013 (96)	0.142 ± 0.005 (100)	0.284 ± 0.001 (95)	
	3	2.30 ± 0.03 (102)	1.74 ± 0.01 (121)	0.218 ± 0.004 (115)	0.496 ± 0.005 (89)	0.137 ± 0.002 (96)	0.294 ± 0.007 (98)	
	5	2.60 ± 0.04 (115)	1.82 ± 0.01 (126)	0.267 ± 0.002 (141)	0.484 ± 0.001 (87)	0.122 ± 0.002 (86)	0.318 ± 0.011 (107)	

Azot	Kompost	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al	Na	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>							
0	0	460 ± 66 (100)	95.6 ± 2.8 (100)	5.97 ± 0.21 (100)	30.1 ± 1.0 (100)	12.2 ± 1.4 (100)	610 ± 102 (100)	1034 ± 92 (100)	
	1	337 ± 72 (73)	108.5 ± 8.3 (114)	5.30 ± 0.51 (89)	25.5 ± 1.6 (85)	10.6 ± 0.5 (87)	391 ± 99 (64)	693 ± 52 (67)	
	3	426 ± 34 (92)	66.9 ± 1.6 (70)	6.21 ± 0.07 (104)	31.4 ± 0.4 (104)	11.2 ± 0.2 (92)	534 ± 40 (88)	626 ± 48 (61)	
	5	220 ± 19 (48)	67.6 ± 3.8 (71)	5.91 ± 0.04 (99)	28.6 ± 2.3 (95)	13.0 ± 2.2 (106)	232 ± 11 (38)	576 ± 32 (56)	
7	0	266 ± 18 (58)	81.3 ± 2.0 (85)	5.56 ± 0.07 (93)	30.5 ± 1.4 (101)	10.5 ± 0.7 (86)	338 ± 19 (56)	1332 ± 40 (129)	
	1	225 ± 16 (49)	57.2 ± 0.3 (60)	5.49 ± 0.09 (92)	26.7 ± 1.2 (89)	8.7 ± 0.5 (71)	230 ± 19 (38)	706 ± 51 (68)	
	3	273 ± 10 (59)	44.9 ± 0.6 (47)	5.85 ± 0.13 (98)	30.0 ± 0.8 (99)	9.3 ± 0.1 (76)	321 ± 8 (53)	1044 ± 57 (101)	
	5	231 ± 10 (50)	50.3 ± 0.1 (53)	6.28 ± 0.10 (105)	30.6 ± 0.6 (102)	10.6 ± 0.5 (87)	228 ± 12 (37)	814 ± 34 (79)	

Azot	Kompost	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Mo	
kg N da <sup>-1</sup>	ton da <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>						
0	0	24.0 ± 2.3 (100)	359 ± 27 (100)	1192 ± 130 (100)	1574 ± 59 (100)	5993 ± 945 (100)	1478 ± 289 (100)	
	1	19.3 ± 2.5 (81)	256 ± 43 (71)	1121 ± 314 (94)	2364 ± 158 (150)	4846 ± 657 (81)	2797 ± 41 (189)	
	3	11.8 ± 3.5 (49)	273 ± 21 (76)	1245 ± 114 (104)	2398 ± 63 (152)	6084 ± 450 (102)	3680 ± 165 (249)	
	5	10.8 ± 2.9 (45)	163 ± 2 (45)	759 ± 1 (64)	1404 ± 30 (89)	4238 ± 732 (71)	1537 ± 371 (104)	
7	0	6.5 ± 6.0 (27)	346 ± 3 (96)	709 ± 55 (59)	1316 ± 67 (84)	4033 ± 227 (67)	1752 ± 270 (119)	
	1	4.3 ± 3.0 (18)	165 ± 17 (46)	753 ± 50 (63)	1777 ± 75 (113)	4269 ± 704 (71)	1574 ± 42 (107)	
	3	16.9 ± 14.4 (70)	203 ± 2 (56)	913 ± 87 (77)	1320 ± 69 (84)	4162 ± 203 (69)	1009 ± 44 (68)	
	5	6.1 ± 9.0 (25)	187 ± 10 (52)	731 ± 15 (61)	1258 ± 46 (80)	3935 ± 321 (66)	1011 ± 68 (68)	



#### 4.7 İSTANBUL GAZİOSMANPAŞA İLÇESİ KARAYOLU KENARI FARKLI ÇİM ALANLARINDA KOMPOST DOZ DENEMELERİ

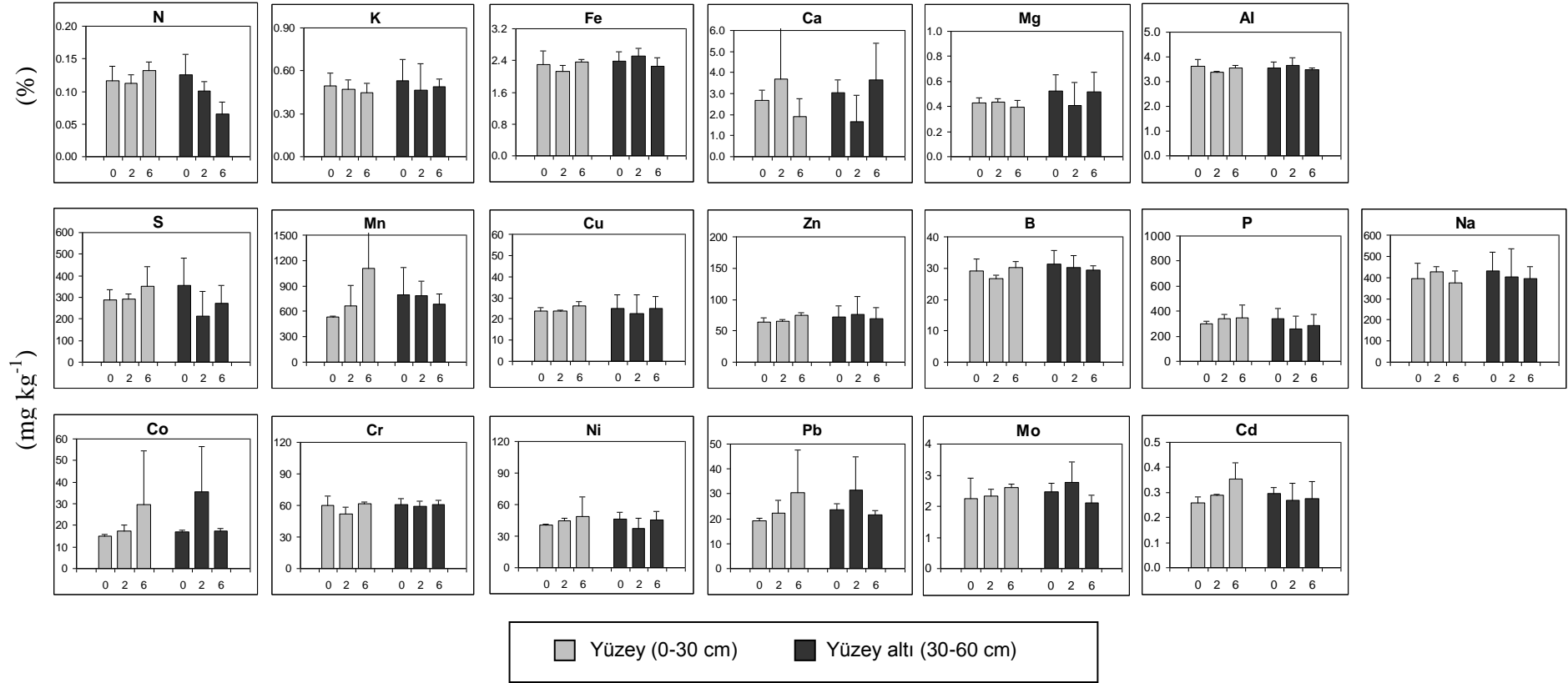
İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Otogar Bağlantı yolunda karayolu çim (*Agrostis capillaris cv.*) alanlarında deneme alanları oluşturularak 28.11.2012 tarihinde 0, 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulamaları üstten organik gübreleme şeklinde yapılmıştır. Uygulamadan altı ay sonra toprak ve yeşil kısım numunelerinde mineral madde analizlerinin yürütülmesi için üç lokasyondan örnekleme yapılmıştır. Yapılan kompost uygulamalarının toprakta mineral madde ve ağır metallere etkisi yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) numunelerinde yürütülen total ve ekstrakte edilebilir (DTPA ve Mehlich III yöntemlerine göre) elementel analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Kompost uygulamalarının yapıldığı alanlardan alınan yeşil kısım numunelerinde de makro ve mikro mineral besin elementleri ve ağır metaller analiz edilerek elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur (Şekil 4-19,4-20, 4-21).

Total miktar bakımından topraklarda fazla bulunan ve konsantrasyon değeri yüzde ile ifade edilen N, K, Fe, Ca, Mg ve Al değerleri 2 veya 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulamasında anlamlı bir değişim göstermemiştir (Şekil 4-19). Total miktar bakımından daha düşük miktarlarda bulunan ve konsantrasyonları mg kg<sup>-1</sup> birimi ile ifade edilen diğer mineral maddelerin yüzey toprağında belirlenen total konsantrasyon değerinin kompost uygulamaları ile değişebildiği ve Pb, Cd, Co, Mn, P, Zn, Cu, S, Ni değerlerinin kompost uygulamaları ile yüzey toprağında artma eğilimine girdiği belirlenmiştir (Şekil 4-19). Ancak yüksek standart sapma değerleri anılan değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermektedir (S Romeiro, A Lagôa, PR Furlani, 2007).

Total analizlerde yüksek standart sapma değerleri toprağın heterojen yapıda olduğunu gösteren bir bulgudur. Nitekim numune alma işlemi sırasında yüzey ve yüzey altı toprağının heterojen yapıda olduğu (hafriyat toprağı) ve toprakta yabancı maddelerin de (kağıt, plastik, metal, kumaş, ambalaj malzemesi) bulunduğu gözlenmiştir. Toprak profilinde dikey yönlü mineral hareketinin (yıkanma) belirlenmesi için yüzey altı (30-60 cm) toprağı da örneklenecek analiz edilmiştir. Yüzey altı topraklarında kompost uygulamalarının mineral madde konsantrasyonuna anlamlı bir etkisi bulunmadığından,

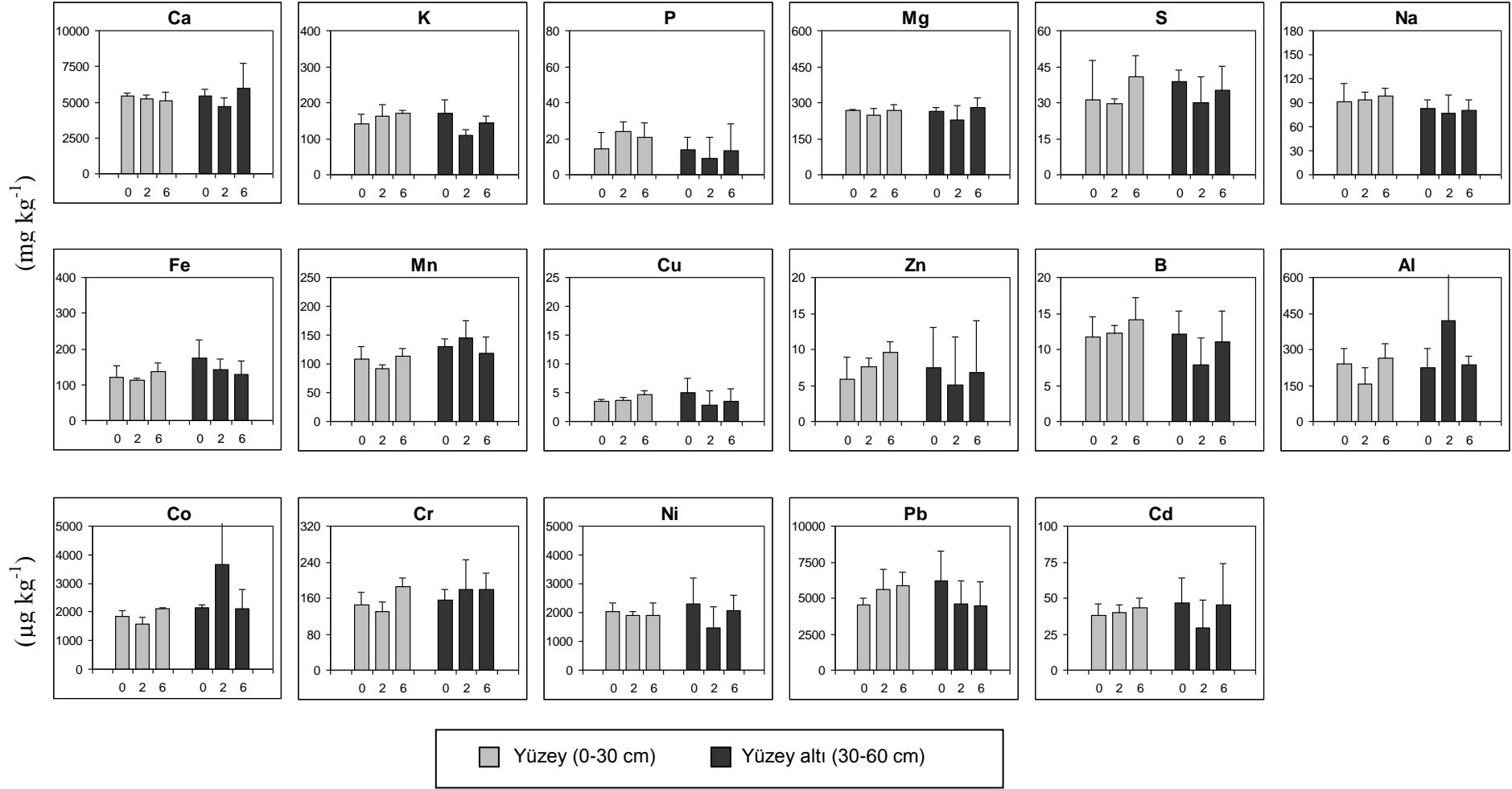
kompostun içeriğindeki metallerin toprak profilinde yıkanmadan üst toprakta kaldığı anlaşılmıştır (Şekil 4-19).

Deneme alanlarından alınan toprak numuneleri bitkiler için elverişli formda bulunan (ekstrakte edilebilir) mineral maddeler için iki farklı yöntem (Mehlich-III ve DTPA ekstraksiyonu) kullanılarak incelenmiştir. Kullanılan farklı yöntemler Fe, Zn, Cu, Cd, Pb ve Co değerleri için önemli korelasyon ( $p < 0,001$ ) gösterirken Mn, Ni ve Cr değerleri korelasyon göstermemiştir. Total analizlerde olduğu gibi, ekstrakte edilebilir değerler de bazı elementlerde çok yüksek standart sapmaya sahip olmuştur. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte Zn, Cu, Cr, Cd ve Pb değerlerinin her iki ekstraksiyon yöntemine göre kompost uygulamaları ile yüzey toprağında artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (DT Rodríguez, A Cumana, O Torrealba, 2010). Total ve ekstrakte edilebilir yöntemler karşılaştırıldığında ise anılan minerallerden Zn, Cd ve Pb'nin hem total hem de ekstrakte edilebilir miktarının kompost uygulamaları ile toprakta artma eğiliminde olduğu görülebilir (Şekil 4-19,4-20, 4-21). Ekstrakte edilebilir minerallerde yüzey toprağında Zn, Cu, Cr, Cd ve Pb'de gözlenen değişimlerin dışında diğer minerallerde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır. Total analizde olduğu gibi, ekstraksiyon yöntemlerine göre yapılan analizlerde de kompost uygulamaları yüzey altı toprağının elementel kompozisyonuna anlamlı bir etki yapmamıştır (Şekil 4-20 ve 4-21).



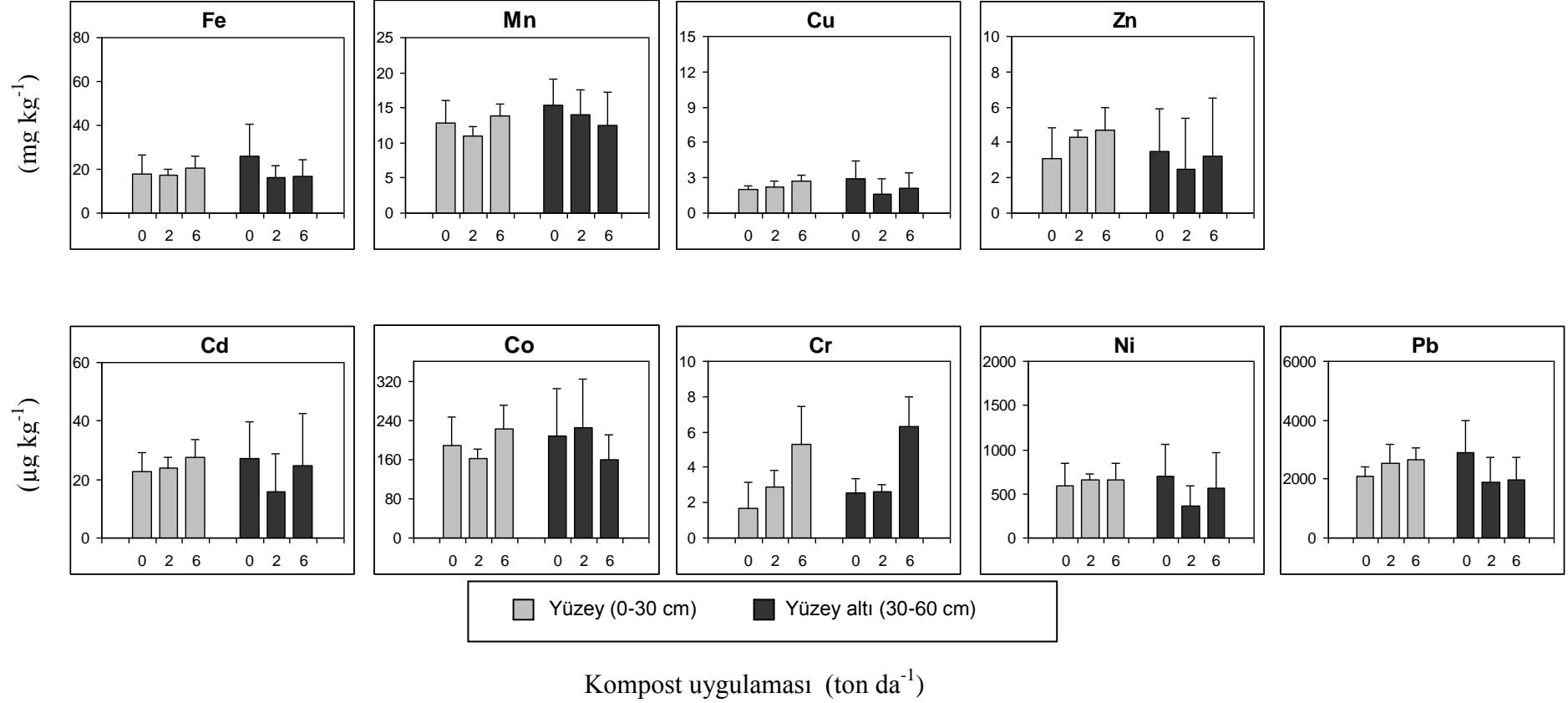
Kompost uygulaması (ton da<sup>-1</sup>)

Şekil 4-19 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak total analiz değerleri.



Kompost uygulaması (ton da<sup>-1</sup>)

Şekil 4-20 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak Mehlich-III analiz değerleri.



**Şekil 4-21 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem-Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarının toprak DTPA analiz değerleri.**

Kompost uygulaması yapılan çim alanlarından ekimden 3 ve 5 ay sonra alınan yeşil kısım numunelerinin mineral besin elementi ve ağır metal sonuçları Tablo 4-13. ve 4-14.'de sunulmuştur. Denemelerden elde edilen sonuçlar çim bitkilerinde yeşil kısımlarında makro (N, K, P, Ca, Mg, S) ve mikro besin elementlerinin (Fe, Mn, Cu, Zn, B) yapılan kompost uygulamalarından etkilenmediğini göstermektedir (NS SA'İD, R ARTANTI, T DEWI, 2012). Bununla birlikte kompost uygulamaları, çim bitkisinde Cd, Co ve Pb'nin kısmen artmasına neden olmuş, ancak belirlenen artışların sınır değerlerden çok uzak olduğu için ihmal edilebilir düzeylerde kaldığı belirlenmiştir. Toprak analizlerinde olduğu gibi, bitki yeşil kısımların analizlerinde de deneme alanları arasında oluşan varyasyondan ötürü konsantrasyon değerleri oldukça yüksek standart sapma göstermiştir (Tablo 4-13. ve 4-14).

**Tablo 4-13 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem- Esenler Otogarı bağlantısı lokasyonunda karayolu çim alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarından alınan çim yeşil kısım numunelerinin mineral besin elementi ve ağır metal analiz değerleri.**

Kompost	N	K	P	Ca	Mg	S
ton da <sup>-1</sup>				%		
0	2.33 ± 0.36 (100)	1.81 ± 0.38 (100)	0.30 ± 0.04 (100)	0.67 ± 0.07 (100)	0.19 ± 0.03 (100)	0.42 ± 0.05 (100)
2	2.40 ± 0.32 (103)	1.71 ± 0.13 (94)	0.29 ± 0.01 (98)	0.66 ± 0.09 (98)	0.20 ± 0.02 (103)	0.37 ± 0.01 (89)
6	2.27 ± 0.23 (98)	1.81 ± 0.01 (100)	0.30 ± 0.02 (100)	0.70 ± 0.10 (105)	0.21 ± 0.02 (109)	0.41 ± 0.01 (98)

Kompost	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al	Na
ton da <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
0	238 ± 46 (100)	62.8 ± 19.9 (100)	7.56 ± 0.70 (100)	30.0 ± 6.69 (100)	9.90 ± 1.22 (100)	175 ± 43 (100)	68.5 ± 11.0 (100)
2	221 ± 41 (93)	61.4 ± 10.3 (98)	7.30 ± 0.34 (97)	32.1 ± 3.48 (107)	9.60 ± 0.20 (97)	165 ± 38 (94)	65.1 ± 5.80 (95)
6	230 ± 47 (97)	59.6 ± 8.8 (95)	7.26 ± 0.30 (96)	31.6 ± 2.54 (105)	13.0 ± 2.42 (131)	171 ± 37 (98)	71.6 ± 3.64 (105)

Kompost	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Mo
ton da <sup>-1</sup>				µg kg <sup>-1</sup>		
0	26 ± 9 (100)	139 ± 22 (100)	608 ± 50 (100)	1812 ± 212 (100)	1044 ± 160 (100)	1451 ± 102 (100)
2	37 ± 9 (142)	153 ± 18 (110)	487 ± 63 (80)	1857 ± 218 (102)	1255 ± 224 (120)	1537 ± 144 (106)
6	33 ± 8 (125)	182 ± 1 (131)	660 ± 70 (108)	1743 ± 68 (96)	1460 ± 140 (140)	1454 ± 187 (100)

**Tablo 4-144 : İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesi Tem- Esenler Otogarı Bağlantısı lokasyonunda karayolu çim yetiştirme alanlarında 0 (kontrol), 2 ve 6 ton da<sup>-1</sup> kompost uygulanan deneme alanlarından alınan çim yeşil kısım numunelerinin mineral besin elementi ve ağır metal analiz değerleri.**

Kompost	N	K	P	Ca	Mg	S
ton da <sup>-1</sup>				%		
0	1.76 ± 0.09 (100)	1.25 ± 0.02 (100)	0.17 ± 0.03 (100)	2.49 ± 0.05 (100)	0.45 ± 0.02 (100)	0.17 ± 0.00 (100)
2	1.63 ± 0.03 (93)	1.28 ± 0.17 (102)	0.15 ± 0.01 (88)	2.57 ± 0.09 (103)	0.45 ± 0.02 (100)	0.16 ± 0.01 (94)
6	1.84 ± 0.22 (105)	1.38 ± 0.03 (110)	0.14 ± 0.02 (85)	2.60 ± 0.09 (104)	0.43 ± 0.00 (95)	0.18 ± 0.01 (104)

Kompost	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al	Na
ton da <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
0	178 ± 14 (100)	83.3 ± 17.1 (100)	6.22 ± 0.46 (100)	15.9 ± 0.66 (100)	82.6 ± 10.6 (100)	122 ± 3.50 (100)	8.30 ± 0.21 (100)
2	146 ± 15 (82)	73.4 ± 6.9 (88)	5.74 ± 0.16 (92)	14.5 ± 0.60 (91)	73.0 ± 4.91 (88)	98 ± 3.19 (81)	7.89 ± 1.54 (95)
6	191 ± 45 (107)	83.1 ± 23.4 (100)	6.27 ± 0.47 (101)	16.8 ± 2.39 (106)	65.8 ± 18.4 (80)	123 ± 44.5 (101)	8.58 ± 1.04 (103)

Kompost	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Mo
ton da <sup>-1</sup>				µg kg <sup>-1</sup>		
0	31 ± 2 (100)	71 ± 11 (100)	374 ± 17 (100)	581 ± 97 (100)	939 ± 196 (100)	414 ± 101 (100)
2	25 ± 4 (81)	54 ± 7 (75)	327 ± 46 (87)	451 ± 2 (78)	845 ± 82 (90)	410 ± 24 (99)
6	28 ± 5 (91)	88 ± 33 (123)	416 ± 184 (111)	539 ± 26 (93)	1094 ± 139 (117)	436 ± 97 (105)

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kompostta istenmeyen kokuların olması ürünün hala ayrışma potansiyeli olduğunu gösterir. Bu durum, elde edilen ürünün stabilize olmadığı ve olgunlaşmadığını göstergesidir. Diğer bir fiziksel parametre olan renk ise özellikle ürünün pazarlanmasında önemlidir. İyi olgunlaşmış ürün toprak görünümünde, koyu kahve veya siyah renkte olmalıdır. Pilot çalışmalarda ilk üç hafta haricinde koku oluşumu tespit edilmemiştir.

Ürünün pH değeri toprağın pH değerine yakın ve 6,5-8,0 aralığında olmalıdır. Daha düşük değerler olgunlaşmanın tam gerçekleşmediğinin göstergesi olup toprağa ürünün uygulanması durumunda ayrışma devam edecek ve toprak yapısı bozulacaktır. pH'nın 8,5'den büyük olması durumunda ise amonyak kayıpları artmakta, koku oluşmakta ve bitki kökleri zarar görmektedir. Bu çalışmada pilot reaktörlerden elde edilen ürünlerin pH değerleri 7,0-7,7 aralığında olup, uygulandığı topraklarda bir problem oluşturmayacaktır.

Kontrol reaktörlerine göre karşılaştırma yapıldığında tuz içeriği fazla olan vinasın yüzde 5 oranında ilave edilmesi üründe iletkenlik değerini yükseltmemiştir. Zeolit katkılı reaktörlerde ise tüm oranların tuzluluk gideriminde etkili olduğu görülmektedir. Ancak zeolit oranının artırılması iletkenliği azaltılmasına ilave katkısı olmamıştır. Yüzde 1 oranında en düşük iletkenlik değerleri elde edilirken, yüzde 0,5 , 3 ve 6 oranları benzer sonuçlar vermiştir. Zeolit'in Na başta olmak üzere bitkilerde komposttan kaynaklanan ağır metal birikimini azaltabileceği görülmüştür. Zeolitin özellikle  $\text{NH}_4^+$ -N'ünü da tutması dolayısıyla üründen azot kaybının en aza indirilmesi bakımından olumlu katkısı bulunmaktadır. Vinas ilavesi ile atık bileşiminin su muhtevası ve tuzluluğu arttığı için proses ve ürün kalitesi açısından olumlu sonuçlar alınamamıştır.

Biyolojik arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarının EKA'a ağırlıkça yüzde 10 veya yüzde 20 ilavesi ile kompostlaştırma veriminin arttığı gözlenmiştir. Gerek pilot reaktör denemeleri, gerekse sera denemeleri kompost kalitesinin iyileştirilme amaçlı kullanılan üç farklı mikroorganizma türünün (beyaz küf (white fungus) ve Bacillus megaterium) etkili olmadığını göstermiştir.

Kompost üretim aşamalarında kaliteyi etkileyen önemli işletme parametreleri vardır. Sıcaklık ve su muhtevası sürekli olarak kompostlaştırma ve sonrasında izlenmesi gereken önemli

işletme parametreleridir. Suda çözülmüş karbon ve uçucu katı madde arasında gözlenen yüksek korelasyondan dolayı proses takibi ve ürün stabilitesinin kontrolü için kompost tesislerinde “Suda Çözülmüş Karbon” parametresinin rutin olarak izlenmesi önerilmektedir. Bunun yanında proje kapsamında yapıldığı gibi detaylı olarak kompost ürünü, üç ayda bir tekrarlanan kalite analizleri ile sistematik olarak izlenmelidir. Çöpler toplanırken kaynaktan ayırma yapılmadığından, özellikle kompost kalitesinde sorunlar meydana gelmektedir. Bu yüzden kompost kalitesini artırmak için kaynaktan ayırma teşvik edilmelidir.

Tarımsal uygulamalarda kompost, bitkilerin makro ve mikro besin elementi ve kuru madde verimini arttırmıştır. Çim alanlarda da bitkilerin klorofil ve besin elementi değerlerinin arttığı gösterilmiştir. Uygulanan kompost, toprakta ve yapraklarda besin elementlerini arttırmıştır. Tuzluluk sorununun çözümüne yönelik zeolit katkılı kompost ile bitkilerde yeşil kısımlara geçen Na miktarı azalmış ve kuru madde verimi olumlu yönde etkilenmiştir. Sera çalışmalarında, ticari değere sahip farklı bitki türlerinin toprağa kompost ilavesi durumunda gövde, yaprak ve meyve dokularında ağır metal miktarları araştırılmaya devam edilmelidir. Özellikle seralarda üretilen ürünlerle ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Sorunlu toprakta kompost Zn eksikliğini gidererek kuru madde verimini arttırmıştır. Bor toksisitesi olan toprakta kompost kuru madde verimini artırırken yeşil kısımlarındaki B azalarak güvenli seviyeye inmiştir. Verimliliğini yitirmiş topraklarda, kimyasal gübre uygulanmadan sadece kompost ile verimin yüzde 60'ının alınabileceği gösterilmiştir.

Kompostun buğday verimine etkisi yağışların normallere yakın olduğu yıllarda daha belirgin olduğu görülmüştür. Buna karşın kısıtlı yağış alınan sezonlarda ise 3 ton/da kompost dozunda 1/3 kimyasal gübreleme dozunun yeterli geldiği görülmüştür.

Kompost ile bitki ve dane Zn konsantrasyonunu önemli oranda artmıştır. Bu sonuç topraklarının yüzde 90'ında Zn eksikliği görülen İç Anadolu bölgesi için önemlidir. Buğday tanesinde yüksek Zn içeriği istenilen bir özelliktir. Kompost uygulamaları toprak ve bitkide Zn eksikliğini gidermenin yanında, dane Zn konsantrasyonunu önemli oranda arttırdığından insan ve hayvan beslenmesine de olumsuz etki yapabilir.

Kompost buğday üretiminde kullanılan kimyasal gübrelerin etkinliğini arttırmak suretiyle kullanım miktarının azaltılmasına katkı sağlayabilecek organik bir toprak katkı maddesi olarak düşünülmelidir. Toprağa kompost ilave edilen tarlalarda uzun süreli (3-10 yıl)



denemeler yapılmalıdır. Farklı toprak, iklim ve sulama şartları göz önüne alınarak çok sayıda denemeler planlanmalıdır.

Ayrı veya ikili toplamanın kompost kalitesine etkisi araştırılmış ve ayrı toplanmış atıklardan elde edilen kompost ürününde ağır metal değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Ayrı toplanmış atıkta gözenek (boşluk) oranının azalmasından dolayı gözenek arttırıcı maddelerin ilavesinin gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca, ayrı toplanmış atıktaki yüksek organik maddenin ayrışmasından dolayı proses süresince iletkenliğin artacağı ve bunun da tuzluluk açısından kompost ürününü olumsuz etkileyebileceği gösterilmiştir. İBB Kemerburgaz Geri Kazanım ve Kompost Tesisi'ne ileride daha fazla ayrı toplanmış organik atık gelmesi planlandığından iletkenliğin dikkatle izlenmesi gerektiği ortaya konmuştur.

Günlük 16.000 ton katı atığın oluştuğu İstanbul kentinde kompost uygulamaları önemli bir geri kazanım alternatifi olarak düşünülebilir. Ancak; katı atıkların kaynağında ayrı toplanması ve bu sayede pazar atıkları gibi yüksek oranda organik madde içeren atıkların kompostlaştırmaya tabi tutulması, kompost ürünündeki ağır metal oranını azaltacaktır. Bu sayede kompostun tarım topraklarında uygulanabilirliğinin artacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Van der Lelie D, Schwitzgue'bel J-P, Glass DJ, Vangronsveld J, Baker A., *Assessing phytoremediation's progress in the United States and Europe. Environ Sci Technol* 2001;35:446A–52A.

Smith RAH, Bradshaw AD., *Stabilization of toxic mine wastes by the use of tolerant plant populations. Trans Inst Min Metall, Sect A* 1972;81: 230– 7.

Sander ML, Ericsson T., *Vertical distributions of plant nutrients and heavy metals in Salix viminalis stems and their implications for sampling.*

Baker AJM, Reeves RD, McGrath SP., *Decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants—a feasibility study. In: Hinchee RE, Olfenbittel RF, editors. In situ bioreclamation. Boston: Butterworth-Heinemann; 1991. p. 600–5.*

Baker AJM, McGrath SP, Sidoli CMD, Reeves RD., *The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metalaccumulating plants. Resour Conserv Recycl* 1994;11:41–9.

Bañuelos GS, Ajwa HA, Mackey LL, Wu C, Cook S, Akohoue S., *Evaluation of different plant species used for phytoremediation of high soil selenium. J Environ Qual* 1997;26:639–46.

Berry CR., *Growth and heavy metal accumulation in pine seedlings grown with sewage sludge. J Environ Qual* 1985;14:415– 9.

Borgega S, Rydin H., *Biomass, root penetration and heavy metal uptake in birch in a soil cover over copper tailings. J Appl Ecol* 1989;26:585– 95.

Dahl, J., *Chemistry and behaviour of environmentally relevant heavy metals in biomass combustion and thermal ash treatment processes. PhD thesis,*

Dickinson NM, Lepp NW., *Metals and trees: impacts, responses to exposure and exploitation of resistance traits. In: Prost R, editor. Contaminated soils: the 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Paris: INRA; 1997. p. 247–54.*

Ebbs SD, Kochian LV., *Toxicity of zinc and copper to Brassica species: Implications for phytoremediation. J Environ Qual* 1997;26:776–81.

Eriksson J, Ledin S., *Changes in phytoavailability and concentration of cadmium in soil following long term Salix cropping. Water Air Soil Pollution* 1999;114:171–84.

Felix H., *Field trials for in situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants. Z Pflanzenernahr Bodenkd* 1997;160:525– 9.

Greger M., *Salix as phytoextractor. In: Wenzel WW, et al, editors. Proceedings of the 5th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Vienna: Boku; 1999. p. 872– 3.*

Huang JW., Chen J., Berti WR., Cunningham SD. *Phytoremediation of leadcontaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environ Sci Technol* 1997;31:800– 5.

Labrecque M., Teodorescu T., Daigle S., *Effect of sludge application on early development of two Salix species: productivity and heavy metals in plants and soil solutions. In: Aronsson P, Perttu K., editors. Willow vegetation filters for municipal wastewaters and sludges. A biological purification system. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences; 1994. p. 157– 65.*

Lepp NW., *Uptake, mobility and loci of concentrations of heavy metals in trees*. In: Glimmerveen I., editor. *Heavy metals and trees. Proceedings of a Discussion Meeting, Glasgow*. Edinburgh: Institute of Chartered Foresters; 1996. p. 68–82.

Morin MD., *Heavy metal concentrations in three-year old trees grown on sludge-amended surface mine spoil*. In: Groves DH, editor. *Proceedings of a Symposium on Surface Mining Hydrology, Sedimentology and Reclamation*. Lexington: University of Kentucky; 1981. p. 297– 306.

Punshon T., Dickinson NM. *Heavy metal resistance and accumulation characteristics in willows*. *Int J Phytoremediat* 1999;1:361 – 85.

Çepel İ., 1992, *Doğa-Çevre-Ekoloji ve İnsanın Ekolojik Sorunları*, Altın Kitaplar Yayınevi, İstanbul., s.21.

### ***Sürekli Yayınlar***

Çevre Koruma Ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı-ÇEVKO Dönüşüm Dergisi, Sayı: 4  
S KUTLU, G MISIR, 2007. Developing of Sea Food Sector in the Black Sea,  
www.sciencedirect.com Research Bulletin December, 2007

A Çoban,S Yiğit,G Demir, 2009, Kompostlaştırma Prosesinde Yöntem Seçiminin Kompost  
Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi TÜRKAY 2009 Türkiye’de Katı Atık  
Yönetimi Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, 15-17 Haziran 2009, İstanbul

S.Nemlioglu, G.Demir, M.Borat, and C.Bayat,2006 Landfill Gas Emissions Of The Closed  
Solid Waste Dumping Sites Yakacık and Hekimbaşı In İstanbul

G Borucu,H Özdemir,G Demir,Türkiye’de Tehlikeli Atık Yönetimi ve Bertaraf Seçeneği  
Olarak Yakma Yönteminin İncelenmesi, TÜRKAY 2009 Türkiye’de Katı Atık Yönetimi  
Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, 15-17 Haziran 2009, İstanbul

S Yıldız,C Yaman, G Demir, H. K Ozcan, A Coban,H Eser Okten,K Sezer, S Goren, 2012,  
Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI 10.1002/ep.11640

WHO (World Health Organization). (1981). Solid waste management in the metropolitan area  
of Istanbul, Feasibility Study Final Project Report. World Health Organization Regional  
Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

## ***Diğer Yayınlar***

T.C. ÇOB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr>,  
[Erişim Tarihi : 25 Haziran 2013]

Katı Atık Yönetimi Eğitimi, <http://www.csi-turkey.com.tr> , [Erişim Tarihi : 5 Şubat 2013.]  
EkoFriend, 2009, [www.ecofriend.com](http://www.ecofriend.com) [Erişim Tarihi : 11 Aralık 2013]

Çevre Online, Tehlikeli Atık Nedir, 2007, [www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm](http://www.cevreonline.com/atik2/tehlikeliatik.htm)  
[Erişim Tarihi : 15 Aralık 2013]

Çevre Online, Tıbbî Atık Nedir, 2007, <http://www.cevreonline.com/atik2/tibbiatik.htm>  
[Erişim Tarihi : 15 Aralık 2013]

Çevre Online, Atık Madeni Yağlar, 2007,  
<http://www.cevreonline.com/atik2/atikyag.htm> [Erişim Tarihi : 15 Aralık 2013]

Çevre Online, Bitkisel Atık Yağlar, 2007,  
<http://www.cevreonline.com/atik2/bitkiseyag.htm> [Erişim Tarihi : 15 Aralık 2013]

Çevre Online, Katı Atıklar, 2007, <http://www.cevreonline.com/atik2/katiatik.htm>  
[Erişim Tarihi : 15 Aralık 2013]

ÇEVKO Vakfı, 2008, <http://www.cevko.org.tr> [Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

TÜKÇEV Vakfı, 2011, <http://www.tukcev.org.tr> [Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

ALBİYOBİR Derneği, 2011, [www.albiyobir.org.tr](http://www.albiyobir.org.tr) [Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

GEKSANDER Derneği, 2011, [www.geksander.org](http://www.geksander.org) [Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

Lokman Geri Kazanım Derneği, 2011, <http://www.lokmangerikazanim.com.tr>  
[Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

EXITCOM, 2011, <http://www.exitcom.com.tr> [Erişim Tarihi : 30 Aralık 2013]

Erdin, Çöp ve Katı Atıkların Geri Kazanılması, [web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc125.htm](http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc125.htm),  
[Erişim Tarihi : 21.12.2013].

Atıkların Geri Dönüşümü, [www.kimyamuhendisi.com](http://www.kimyamuhendisi.com), [Erişim Tarihi : 01.07.2013]

Clark University Lasry Center For Bioscience,  
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1721/>, Clark University  
Lasry Center For Bioscience, [Erişim Tarihi : 25 Temmuz 2013]

**Resmî Gazete**, 23.07.2004 tarihli 25531 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 13.07.2005 tarihli 25874 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 05.07.2008 tarihli 26927 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 06.05.1930 tarihli 1489 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 05.04.2005 tarihli 25777 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 26.03.2010 tarihli 27533 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 05.04.2005 tarihli 25777 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 06.10.2010 tarihli 27721 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 22.07.2005 tarihli 25883 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 31.12.2004 tarihli 25687 sayılı Resmî Gazete  
**Resmî Gazete**, 27.08.1995 tarihli 22387 sayılı Resmî Gazete

## ÖZGEÇMİŞ

Yunus KOÇ 1983 yılında Konya’da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Konya’da tamamlayan KOÇ, 2006 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans derecesi aldı. 2008-2011 yıllarında İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü’nde görev yapmıştır. Halen Atık Yönetim Müdürlüğü’nde mühendis olarak görev yapmaktadır. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi programında 2014 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı.