

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜRKİYE' DEKİ BAZI ARITMA TESİSLERİNDEN ÇIKAN  
ATIK ÇAMURLARIN BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ VE AĞIR METAL  
İÇERİKLERİNİN YIL İÇİNDEKİ DEĞİŞİMİ**

**Dilek TERZİ**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2007**

**Her hakkı saklıdır**

**Prof. Dr. İlhan KARAÇAL** danışmanlığında, **Dilek TERZİ** tarafından hazırlanan “Türkiye’ deki bazı atıksu arıtma tesislerinden çıkan atık çamurların bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerinin yıl içindeki değişimi” adlı tez çalışması **09/03/2007** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilimdalı’ nda “**YÜKSEK LİSANS TEZİ**” olarak kabul edilmiştir.

**Başkan:** Prof. Dr. İlhan KARAÇAL  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak A.B.D

**Üye:** Prof. Dr. Sevinç ARCAK  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak A.B.D

**Üye:** Doç. Dr. Köksal DEMİR  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri A.B.D

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TÜRKİYE’ DEKİ BAZI ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEN ÇIKAN ATIK ÇAMURLARIN BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN YIL İÇİNDEKİ DEĞİŞİMİ

Dilek TERZİ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlhan KARAÇAL

Ülkemizde her geçen gün atıksu arıtma tesisleri sayısının artışına bağlı olarak bu tesislerden çıkan arıtma çamurlarının miktarının artış göstermesi ve atıkların ağır çevre sorunları yaratması, bertaraf edilmeleri konusunu gündeme taşımaktadır. Bu materyalin önemli miktarda organik madde ve bitki besin elementlerini içermesi, tarım alanlarında gübre materyali olarak değerlendirilmesi olanaklarının araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle Atıksu Arıtma Tesisleri İşletmelerinin, atıkları tarımsal alanlarda kullanmaya özendirmesinden ve bu uygulama sonucu topraklarda ortaya çıkabilecek ağır metal kirliliği riskinden dolayı bu çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Çalışmada, Kayseri, Bafra, Bursa, Eskişehir, İnegöl ve Ankara gibi farklı nüfus ve sanayileşme özelliklerine sahip kentlerin Atıksu Arıtma Tesisleri’ nden alınan arıtma çamurlarının, bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerinin yıl içerisindeki değişimi araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, tesislerin tamamının organik madde ve azot içerikleri açısından zengin, fosfor kapsamının yeterli ve potasyum içeriklerinin ise düşük olduğu tesbit edilmiştir. Tesislerin tümünde tuz içeriklerinin yüksek olduğu, BUSKİ Batı ve Doğu tesislerinin proseslerinin farklı olmasından dolayı, bitki besin elementlerinin ve tuz içeriklerinin diğer tesislerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Tesislerin tamamından alınan çamurlardaki Cu, Cd, ve Pb düzeyleri, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ağır metal sınır değerlerinin altında kalırken, BUSKİ Doğu Tesisi’ nde Cr ve Ni, BUSKİ Batı Tesisi’ nde Zn, KASKİ Tesisi’ nde Ni ve ASKİ Tesisi’ nde ise Zn düzeylerinin bu sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

Araştırma bulguları, ilgili Yönetmelikteki sınır değerlerini aşan ağır metal içeriğine sahip arıtma çamurlarının tarımsal amaçla kullanılması durumunda toprak kirliliği oluşabileceğini göstermiştir.

**2007, 77 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Arıtma çamuru, ağır metal, atıksu arıtma tesisi,

## ABSTRACT

Master Thesis

### IN-YEAR VARIATIONS IN PLANT NUTRIENTS AND HEAVY METAL CONTENTS OF SEWAGE SLUDGES DERIVED FROM SOME WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN TURKEY

Dilek TERZİ

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. İlhan KARAÇAL

Due to the increased sewage sludge production originating from the increased number of treatment plants in Turkey, the issue of the removal of high volume of sewage sludge and associated environmental problems create a challenge of high priority. The fact that sewage sludge contains significant amount of organic matter and plant nutrient makes it obligation to investigate the possible use of sewage sludges as fertilizer on agricultural soils. The departure point for the study is to draw attention to heavy metal pollution in soil that may be caused by the encouraged use of sewage sludge on soils. Within the context of the study, calendrical variations in plant nutrients and heavy metal contents of sewage sludge, discharged from wastewater treatment plants in some provincial and municipal centers with different demographic structure and industrial development such as Ankara, Kayseri, Bursa, Eskişehir, İnegöl and Bafra, were investigated.

Results obtained reveal that sludges from treatment plants are rich in organic matter and nitrogen; phosphorus is sufficient, potassium is low and salt contents of BUSKİ Batı and Doğu plants are lower than the rest, due to different treatment process. Cd, Cu and Pb levels are below the heavy metal limit values foreseen by the Soil Pollution Control Regulation, however, Cr and Ni at BUSKİ Batı, Zn level at BUSKİ Doğu, Ni level at KASKİ and Zn level at ASKİ plant are above the limits.

Findings show that if sewage sludges comprising heavy metal contents above the limits stipulated by the regulation are applied on soil for agricultural purposes, soil pollution may occur.

**2007, 77 pages**

**Key Words:** Sewage sludge, heavy metal, wastewater treatment plant

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam süresince, araştırmamın her aşamasında bilgi, öneri ve tecrübeleri ile desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. İlhan KARAÇAL' a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü), şükranlarımı sunarım.

Çalışmamı yürüttüğüm süre içerisinde gerekli her türlü imkanı sağlayan, Sayın Dr. Bülent SÖNMEZ' e (Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürü) ve Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı' na, manevi desteğini her zaman hissettiğim ve gördüğüm, Sayın Dr. Fikret EYÜPOĞLU' na araştırmama konu olan KASKİ, ASKİ, ESKİ, BAFRA, İNEGÖL, BUSKİ Atıksu Arıtma Tesislerinin çalışanlarına, Dr. M.Arif ÖZYAZICI ( Toprak ve Su Kaynakları Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) ve Zir. Müh. Gülser YALÇIN' a (Toprak ve Su Kaynakları Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü), çalışmamın her aşamasında desteklerini esirgemeyen arkadaşım Murat PEKER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında ve hayatım boyunca manevi desteklerini her zaman gördüğüm ve sabırlarını takdir ettiğim sevgili eşim Cemal TERZİ ve oğlum Çağdaş TERZİ' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dilek TERZİ  
Ankara, Mart 2007

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	16
3.1 Materyal .....	16
3.1.1 Arıtma çamuru örneklerinin alındığı tesislere ilişkin bilgiler .....	16
3.1.1.1 Kayseri Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi .....	16
3.1.1.2 Bafra Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi .....	16
3.1.1.3 Bursa Büyükşehir Belediyesi Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri .....	17
3.1.1.4 İnegöl Belediye ve Organize Sanayi Bölgesi Ortak Atıksu Arıtma Tesisi .....	17
3.1.1.5 Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi .....	17
3.1.1.6 Ankara Büyükşehir Belediyesi Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi .....	18
3.2 Yöntem .....	18
3.2.1 Arıtma çamuru örneklerinin alınması ve analize hazırlanması .....	18
3.2.2 Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal analiz metotları .....	18
3.2.2.1 Kuru madde .....	19
3.2.2.2 Organik madde .....	19
3.2.2.3 Arıtma çamurlarının reaksiyonu (pH) .....	19
3.2.2.4 Elektriksel İletkenlik (EC) .....	19
3.2.2.5 Toplam azot .....	19
3.2.2.6 Toplam fosfor .....	19
3.2.2.7 Toplam potasyum .....	20
3.2.2.8 Toplam Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb .....	20
3.2.3 Değerlendirme ve İstatistik Analizleri .....	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	21
4.1 Atıksu arıtma çamurlarının kuru madde kapsamı .....	21
4.2 Atıksu arıtma çamurlarının organik madde kapsamı .....	23
4.3 Atıksu arıtma çamurlarının pH değerleri .....	26
4.4 Atıksu arıtma çamurlarının EC değerleri .....	28
4.5 Atıksu arıtma çamurlarının azot kapsamı .....	31
4.6 Atıksu arıtma çamurlarının fosfor kapsamı .....	33
4.7 Atıksu arıtma çamurlarının potasyum kapsamı .....	35
4.8 Atıksu arıtma çamurlarının bakır kapsamı .....	37
4.9 Atıksu arıtma çamurlarının çinko kapsamı .....	39
4.10 Atıksu arıtma çamurlarının kadmiyum kapsamı .....	42
4.11 Atıksu arıtma çamurlarının krom kapsamı .....	45
4.12 Atıksu arıtma çamurlarının nikel kapsamı .....	48
4.13 Atıksu arıtma çamurlarının kurşun kapsamı .....	51
5. SONUÇ .....	55
KAYNAKLAR .....	58

<b>EKLER</b> .....	<b>64</b>
<b>EK 1 Ankara iline ait iklim verileri</b> .....	<b>65</b>
<b>EK 2 Kayseri iline ait iklim verileri</b> .....	<b>66</b>
<b>EK 3 Bursa iline ait iklim verileri</b> .....	<b>67</b>
<b>EK 4 Eskişehir iline ait iklim verileri</b> .....	<b>68</b>
<b>EK 5 Bafra iline ait iklim verileri</b> .....	<b>69</b>
<b>EK 6 Kaski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>70</b>
<b>EK 7 Bafra Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>71</b>
<b>EK 8 Buski Batı Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>72</b>
<b>EK 9 İnegöl Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>73</b>
<b>EK 10 Eski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>74</b>
<b>EK 11 Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>75</b>
<b>EK 12 Aski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular</b> .....	<b>76</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>77</b>

## SİMGELER DİZİNİ

US-EPA	ABD Çevre Koruma Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
TKKY	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirme
KASKİ	Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
ESKİ	Eskişehir Su ve Kanalizasyon İdaresi
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
ICP-AES	Çift Plazma Yüklemeli Atomik Emisyon Spektrofotometresi
PTE	Potansiyel Toksik Element
pH	Reaksiyon
EC	Elektriksel İletkenlik
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Ni	Nikel
Pb	Kurşun



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1	Atıksu arıtma tesislerinin kuru madde kapsamı	22
Şekil 4.2	Aylara göre arıtma çamurlarının kuru madde kapsamlarındaki değişimler	23
Şekil 4.3	Atıksu arıtma tesislerinin organik madde kapsamı	25
Şekil 4.4	Aylara göre arıtma çamurlarının organik madde kapsamlarındaki değişimler	25
Şekil 4.5	Atıksu arıtma tesislerinin pH değerleri	27
Şekil 4.6	Aylara göre arıtma çamurlarının pH değerlerindeki değişimler	27
Şekil 4.7	Atıksu arıtma tesislerinin EC değerleri	29
Şekil 4.8	Aylara göre arıtma çamurlarının EC değerlerindeki değişimler	30
Şekil 4.9	Atıksu arıtma tesislerinin azot kapsamı	32
Şekil 4.10	Aylara göre arıtma çamurlarının azot kapsamlarındaki değişimler	32
Şekil 4.11	Atıksu arıtma tesislerinin fosfor kapsamı	34
Şekil 4.12	Aylara göre arıtma çamurlarının fosfor kapsamlarındaki değişimler	34
Şekil 4.13	Atıksu arıtma tesislerinin potasyum kapsamı	36
Şekil 4.14	Aylara göre arıtma çamurlarının potasyum kapsamlarındaki değişimler	36
Şekil 4.15	Atıksu arıtma tesislerinin bakır kapsamı	38
Şekil 4.16	Aylara göre arıtma çamurlarının bakır kapsamlarındaki değişimler	38
Şekil 4.17	Aylara göre Kaski AAT arıtma çamurlarının bakır kapsamlarındaki değişimler	39
Şekil 4.18	Atıksu Arıtma Tesislerinin çinko kapsamı	40
Şekil 4.19	Aylara göre Buski Batı ve Aski arıtma çamurlarının çinko kapsamlarındaki değişimler	41
Şekil 4.20	Aylara göre arıtma çamurlarının çinko kapsamlarındaki değişimler	42
Şekil 4.21	Atıksu Arıtma Tesislerinin kadmiyum kapsamı	43
Şekil 4.22	Aylara göre Kaski, Aski, İnegöl AAT arıtma çamurlarının kadmiyum kapsamlarındaki değişimler	44
Şekil 4.23	Aylara göre arıtma çamurlarının kadmiyum kapsamlarındaki değişimler	44
Şekil 4.24	Atıksu Arıtma Tesislerinin krom kapsamı	46
Şekil 4.25	Aylara göre arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler	47
Şekil 4.26	Aylara göre Kaski ve Buski Batı AAT arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler	47
Şekil 4.27	Aylara göre Buski Doğu AAT arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler	48
Şekil 4.28	Atıksu Arıtma Tesislerinin nikel kapsamı	49
Şekil 4.29	Aylara göre Kaski, Eski ve Buski Doğu AAT arıtma çamurlarının nikel kapsamlarındaki değişimler	50
Şekil 4.30	Aylara göre arıtma çamurlarının nikel kapsamlarındaki değişimler	51
Şekil 4.31	Atıksu Arıtma Tesislerinin kurşun kapsamı	52
Şekil 4.32	Aylara göre Kaski AAT arıtma çamurlarının kurşun kapsamlarındaki değişimler	53
Şekil 4.33	Aylara göre arıtma çamurlarının kurşun kapsamlarındaki değişimler	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 1.1</b> Bazı ülkelerde kabul edilen yönetmeliklere göre arıtma çamurunun izin verilen ağır metal sınır değerleri .....	4
<b>Çizelge 1.2</b> TKKY' ne göre belirlenen toprakta bulunmasına izin verilen ağır metal sınır değerleri .....	5
<b>Çizelge 4.1</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kuru madde kapsamı .....	21
<b>Çizelge 4.2</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının organik madde kapsamı .....	24
<b>Çizelge 4.3</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının pH değerleri .....	26
<b>Çizelge 4.4</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının EC değerleri .....	29
<b>Çizelge 4.5</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının azot kapsamı .....	31
<b>Çizelge 4.6</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının fosfor kapsamı .....	33
<b>Çizelge 4.7</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının potasyum kapsamı .....	35
<b>Çizelge 4.8</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının bakır kapsamı .....	37
<b>Çizelge 4.9</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının çinko kapsamı .....	40
<b>Çizelge 4.10</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kadmiyum kapsamı .....	43
<b>Çizelge 4.11</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının krom kapsamı .....	46
<b>Çizelge 4.12</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının nikel kapsamı .....	49
<b>Çizelge 4.13</b> Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kurşun kapsamı .....	52

## 1. GİRİŞ

Kanalizasyondan yararlanan nüfusun artışı, endüstrileşmenin yaygınlaşması ve daha fazla sayıda atıksu arıtma tesislerinin hizmete girmesiyle daha da artacağı beklenen arıtma çamurunun en ekonomik bertaraf yöntemi olarak görülen tarımda kullanım seçeneğinin getireceği olumlu ve olumsuz etkilerinin toprak verimliliği ve halk sağlığı bakımından iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Atıksuların çeşitli toplayıcı sistemlerle toplanarak, yerleşim birimlerinin dışına taşınması binlerce yıl öncesinden günümüze kadar uygulanmaya gelmiştir. Dünyada evsel atıksuların 3000 yıldan fazla süredir arıtıldığı bilinmektedir. Eski çağlardan atıksu toplama sistemlerine sahip şehirler arasında, Bağdat yakınlarındaki Akkadlıların Eshnunna şehri, Pakistan’ da Mohenjo-Daro şehri ve Türkiye’de Efes Antik şehri sayılabilir. Günümüzden yaklaşık 400 sene önce, Almanya’da, atıksu çiftlikleri adı altında atıksuyun araziye deşarjı ile arıtımı konusunda ilk adımlar atılmıştır. Avrupa’da, Pasteur ve Koch tarafından Mikrop Teorisinin geliştirilmesiyle, 1880’li yıllarda arıtımda bakterilerin çok etkili olduğu keşfedilmiş ve biyolojik arıtma tekniklerinden biri olan biyolojik filtreler günümüze kadar başarıyla kullanılmıştır. Amerika’da ilk stabilizasyon havuzlu arıtma sistemi 1901’ de yapılmıştır. Atıksu arıtımında havanın kullanımı ilk olarak 1860’lı yıllarda gerçekleşmiş, 1903 yılında ise oksidasyon hendekleri kavramı gelişmiştir. Aktif çamurun atıksu arıtımı üzerindeki önemi anlaşılınca, aktif çamur tipi arıtım tesisleri oldukça popüler olmuştur ( WHO 1989).

Türkiye’de ilk arıtma tesisleri 1980’ li yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Kanalizasyonla hizmet verilen nüfus oranı son 20 yılda hızla artmakla birlikte, 2002 yılı DİE verilerine göre, bu oran ancak toplam nüfusun % 61’ ine ulaşabilmiştir. Kanalizasyon sistemi olan belediyeler tarafından, 2,91 milyar m<sup>3</sup> atık suyun % 47’si akarsuya, % 39,3’ü denize, % 4,2’si baraja, % 1,9’u göl-gölete, % 1,3’ü araziye ve % 6,3’ü diğer alıcı ortamlara deşarj edilmektedir.

2002 yılı Belediye Kanalizasyon İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 2.91 milyar m<sup>3</sup> atıksuyun, 1.38 milyar m<sup>3</sup> ü AAT lerde arıtılmıştır. 3227 belediyenin olduğu ülkemizde toplanan bütün atık suların yaklaşık %

60.8'i arıtma tesislerinde arıtılmakta, % 39.2'si ise herhangi bir arıtma olmaksızın alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Türkiye'de bulunan atık su arıtma tesislerinin toplam sayısı 165' dir. Bunların 34'ü fiziksel, 127' si biyolojik, 4' ü ileri atıksu arıtma tesisidir (DİE 2004). Atık suyun % 58,5' ine biyolojik, % 28,3' üne fiziksel ve % 13,2' sine ileri arıtma sistemi uygulanmaktadır. Biyolojik arıtma tesislerinin, 25 tanesi stabilizasyon havuzu, 3 tanesi havalandırılmalı lagün, 16 tanesi aktif çamur tesisi ve 7 tanesi damlatılmalı filtre prosesi ile çalışmaktadır (DİE Belediye Çevre Envanteri 2002).

Doğal kaynakların hızla tüketildiği günümüzde, atıksu arıtma tesislerinin artışına paralel olarak artan arıtma çamurlarının sebep olduğu çevre kirliliğini azaltmak, geriye kazanılabilir atıklardan yeniden yararlanmayı gündeme taşımıştır. Son yıllarda organik gübrelemenin güncellik kazanması, arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımını daha da önemli hale getirmiştir. Arıtma çamurlarının yüksek organik madde içermesinden dolayı, toprağın organik madde ve bitki besin elementleri miktarını artırması, toprağın toplam porozite, su tutma kapasitesi, havalanma gibi fiziksel özelliklerini iyileştirmesi, mikrobiyal aktiviteyi artırması, içeriğindeki N, P, K gibi makro ve Fe, Cu, Zn, Mn, B ve Mo gibi mikro besin elementlerinin atığa faydalı bir gübre özelliği vermesinden dolayı tarım alanlarında kullanımı tercih edilir olmuş ve ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA) başta olmak üzere birçok ülkedeki yetkili kuruluş arıtma çamuru gibi biyolojik katıların tarımda kullanımını desteklemeye başlamışlardır (Öbek vd. 2004).

Arıtma çamurları gelişmiş ülkelerde de ayrıntılı bir şekilde analiz edilip içeriği belirlenmekte ve çeşitli işlemlerden geçirilip olumsuz etkileri en az düzeye indirilerek yada kontrollü kullanımları sağlanarak tarımda gübre olarak değerlendirilmektedir (Pedreno *et al.* 1996, Sommers 1977, Soumare *et al.* 2002). Arıtma çamurlarının bitki gereksinimlerini karşılamaya yönelik olan ticari gübrelerin formülasyonuna benzemeyecek şekilde bitki besin maddeleri içermeleri ve bunun da kontrol dışı bir durum olduğunu belirten kaynaklar, arıtma çamurlarının agronomik miktarlarda uygulanması sonucu diğer bazı besinlerin fazlalığına ya da eksikliğine neden olunabileceğini ileri sürmüşlerdir (Anonymous 1996).

Soumare *et al.* (2002) tarafından da belirtildiği gibi, arıtma çamurları gibi organik atıkların değerlendirilmesi düşünüldüğünde, makro ve mikro besin elementleri ve ağır metal içerikleri göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir. Evsel nitelikli arıtma çamurları genellikle bitki büyümesi için gerekli besin maddeleri içermelerine rağmen, çamurun gübre değeri; atığın kaynağı, potansiyel toksik elementlerin (PTE) varlığı, atıksu özellikleri ve kullanılan arıtma proseslerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Arıtma çamuru, atıksu arıtma sistemine deşarj olunan endüstriyel kuruluşun çeşidine göre içinde; organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, sülfatlar, hidrokarbonlar, yağlar, Fe, Cu, Cd, Cr, Pb, Co, Al, As, Hg, organik fosfor ve azot gibi maddeler içerebilmektedir (Taşatar 1997). Kimyasal madde çeşitliliğinin bu kadar çok görüldüğü arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda bilinçsiz bir şekilde kullanımı muhtemel çevre ve sağlık sorunlarını da beraberinde getireceği için, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bu konuya yasal anlamda çeşitli sınırlamalar getirilmiştir.

Almanya'da 1983 yılında yürürlüğe giren Arıtma Çamuru Yönetmeliği' ne göre çamurdaki ağır metal sınırlamaları, 1992 yılı itibariyle çeşitli Avrupa ülkelerinde uygulanan ve Avrupa Topluluğu' nca kabul edilen çamur standartları Akça vd. (1996), US EPA tarafından verilen arıtma çamurundaki metal standartları için en yüksek limit değerleri, 30 Mayıs 2005 tarih ve 25831 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (Anonim 2005)' ndeki tarımda kullanılacak arıtma çamurlarında müsaade edilebilecek maksimum ağır metal içerikleri (mg/kg kuru çamur) Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Türk Çevre Mevzuatında belirtilen 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı resmi gazetede yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (Anonim 1991), bir yılda toprağa verilebilecek en fazla ağır metal yükünü; Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg ve Zn için sırası ile 2000, 33, 2000, 2000, 330, 42 ve 5000 g ha<sup>-1</sup>/yıl olarak belirlemiştir. Aynı yönetmelikte arıtma çamurlarında bulunabilecek en fazla ağır metal miktarları, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg

ve Zn için sırasıyla, 1200, 20, 1200, 1200, 200, 25 ve 3000 mg kg<sup>-1</sup> çamur kuru madde olarak belirtilmiştir.

**Çizelge 1.1** Bazı ülkelerde kabul edilen yönetmeliklere göre arıtma çamurunun izin verilen ağır metal sınır değerleri (mg kg<sup>-1</sup> kuru madde)

Ülkeler	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg
<b>Türkiye TKKY<sup>1</sup></b>	<b>1750</b>	<b>4000</b>	<b>40</b>	<b>1200</b>	<b>400</b>	<b>1200</b>	<b>25</b>
Türkiye TKKY <sup>2</sup>	1200	3000	15	1500	300	1500	10
ABD (EPA) <sup>3</sup>	1500	2800	39	1200	420	300	17
ABD (EPA) (Sınırlı Kul. <sup>4</sup> )	4300	7500	85	3000	420	840	57
Almanya	800	2000- 2500	5-10	9000	200	900	8
İsveç	600	800		100	50	100	---
Hollanda	75	300	1.25	75	30	100	0.75
Belçika	750	2500	1.2	500	100	600	10
Danimarka	1000	4000	0.8	100	30	120(60) <sup>5</sup>	0.8
Fransa	1000	3000	20	1000	100	800	10
İrlanda	1000	2500	20	---	300	750	16
İspanya	1000	2500	20	1000	300	750	16
Avrupa Top.	1000- 1750	2500- 4000	20-40	1000- 1500	300-400	750-1200	16-25

1-Toprakta kullanılabilir arıtma çamurunda izin verilen maksimum ağır metal içerikleri (mg/kg FKT)(TKKY)

2- On yıllık dönem esas alınarak 1 yılda toprağa verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü (TKKY)

3- Çamurun bütün metal değerleri bu değerlerin altında ise sınırsız kullanım.

4- Yılda belli bir yükleme oranını geçemez.

5- Evlerin bahçelerine uygulanacak limittir.

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde tarımda kullanılacak stabilize arıtma çamurlarında kabul edilebilir maksimum ağır metal içerikleri KAKY ile karşılaştırıldığında, bu değerler, Pb, Hg ve Cr' da değiştirilmezken, Cd iki katına (40 mg kg<sup>-1</sup>) çıkarılmış, Cu 1200 mg kg<sup>-1</sup>' dan 1750 mg kg<sup>-1</sup>' e yükseltilmiş, ve Zn 1000 mg kg<sup>-1</sup> artırılarak 4000 mg kg<sup>-1</sup>'a, Ni 200 mg kg<sup>-1</sup> artırılarak 400 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkarılmıştır.

Aynı yönetmelikte, topraktaki 10 yıllık dönem esas alınarak bir yılda dekara verilebilecek ağır metal sınır değerleri ise; Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb ve Hg için sırasıyla 15, 1500, 1200, 300, 3000, 1500 ve 10 mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmektedir. Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda, çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilmektedir.

TKKY' nde topraktaki ağır metal sınır değerleri Çizelge 1.2' de verilmiştir. Yönetmelikte toksik elementler için verilen sınır değerler toprak pH' sı göz önünde bulundurularak düzenlenmiş ve yönetmelikte bakır, çinko ve nikeldeki sınır değerlerin, pH' nın 7'den büyük olduğu durumlarda % 50' ye kadar artırılabilceğide belirtilmiştir.

Ülkemiz topraklarının % 93' ünde toprak pH'sının 6.5'un üzerinde olması, Eyüpoğlu (1999), toksik elementlerin çözünürlüğünü azaltarak, arıtma çamurlarının tarımda zararsız olarak kullanılmasında avantaj sağlayacaktır.

**Çizelge 1.2** TKKY' ne göre belirlenen ve toprakta bulunmasına izin verilen ağır metal sınır değerleri

Ağır Metal (Toplam)	PH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

\* pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.

\*\* Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılabilmesi için çamurdaki ağır metal içeriklerinin, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen sınır değerleri aşmaması gerekmektedir. Ayrıca yönetmelik gereği arıtılmamış ham çamurun tarım, orman ve bahçe amacı ile kullanılacak alanlara (özellikle meyve ve sebze yetiştirilen alanlara) uygulanmasına izin verilmemektedir.

Yeşil alanlarda ve tarlalarda ise salgın hastalıklar söz konusu olabileceğinden dolayı, ancak belirli mevsimlerde izin verilmektedir. Bu nedenle çamur içeriğinin yıl içerisindeki değişiminin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı da, örnek olarak seçilen arıtma tesisleri atık çamurları içeriklerinin ve yıl içerisindeki değişiminin izlenerek, mevsimsel değişimlerin belirlenmesi ve elde edilen arıtma çamurları içeriklerinin yönetmeliklerdeki kısıtlamalar ile karşılaştırılarak tarımsal amaçlı değerlendirilme olanaklarının araştırılmasıdır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Sommers *et al.* (1976), arıtma çamurlarının bileşimlerinin çok fazla değişim gösterdiğini ve Zn, Cd, Cu, Ni ve Pb miktarlarının çamurda çok fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Evans *et al.* (1979), yaptıkları çalışmalarla 80 yıl boyunca atık sulardan gelen metallerin % 85' ten fazlasının toprakta biriktiğini ve bu birikimin de çoğunlukla yüzey topraklarında olduğunu bildirmişlerdir.

Arıtma çamurunun bitki besin değerinin ahır gübresi ve organik komposta benzer olduğu, Sommers (1977), Tabatabai and Frankerberger (1979), bitkilerin gelişimi için gerekli tüm elementleri içerdiği Linden *et al.* (1983) tarafından bildirilmiştir.

Soon *et al.* (1978) ve Utsching *et al.* (1986) tarafından, arıtma çamurlarının içermiş olduğu N ve P kapsamları ticari azotlu ve fosforlu gübrelerle karşılaştırılmış, çamurların içermiş olduğu N ve P' un doğrudan bitkilere yararlılığının birincil derecede önemli olmadığı ve bu besin maddelerinin toprakta mineralizasyon yoluyla serbest kalmasının ve zaman içerisinde yavaş ve sürekli salınımının yararlılığı arttırdığı rapor edilmiştir.

Magdoff and Amadon (1980), aerobik arıtımın ikinci kademesinden çıkan çamurları, kumlu ve kumlu tınlı topraklarda yetiştirilen mısır bitkisine uygulayarak azotun yararlılığını araştırmışlardır. Bulgularına göre, sıvı çamurlardaki azotun, amonyum ve diğer organik azot formlarında bulunduğunu ve belirli koşullar altında önemli miktarlarda buharlaşma ile kayba uğradığını ifade etmişlerdir.

McClaslin and O'connor (1982), Logan and Chaney (1983) ve Utsching (1985), arıtma çamurlarının Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, gibi mikrobeyin maddeleri için mükemmel bir kaynak olabildiği, ancak bu elementlerin, potansiyel toksik elementler olarak da araştırılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Uzun yıllar işlenen topraklarda Cu ve Zn gibi iz elementlerin sık sık eksikliğinin ortaya çıkabileceği Martens and Vestermann (1991) ve arıtma çamuru uygulamalarının bu

metallerin eksikliğini gidermede yardımcı olabileceği Logan and Chaney (1983) tarafından bildirilmiştir.

Arıtma çamurları, N ve P kapsamaları esas alınarak agronomik miktarlarda uygulandığında, K'un olası istisnası dışında mutlak gerekli diğer besinlerin çoğunu ürünün ihtiyacını karşılayabilecek miktarda sağlayacağı bildirilmiştir (Chaney 1990).

Alloway (1990), Moolenaar and Lexmond (1999)'a göre bitki türlerinin absorbe, akümüle ve tolere etme yeteneklerinde geniş farklılıkların olduğu ve bu durumun bitkilerin metal alımına karşı kendilerini korumak için geliştirdikleri mekanizmalar olduğunu ifade etmişlerdir. Ağır metallerin alımı, topraklardaki konsantrasyonuna ve kimyasal bileşimine, topraklardan kök yüzeyine hareketine, kök yüzeyinden kök epidermal dokularına geçişine, kökten sürgünlerine taşınımına ve yapraklardan, depolama dokularına taşınımına bağlıdır. Bu proseslerin her biri, besin zincirindeki potansiyel toksik elementlerin kimyasal oluşumlarından güçlü şekilde etkilenmektedir.

Hernandez *et al.* (1991), artan dozlarda arıtma çamuru uygulamasının toprakta alınabilir fosfor miktarını arttırdığını, ve artışın 19,32-24,12 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Menelik *et al.* (1991), tarla denemesinde buğday bitkisinin azot ihtiyacını, mineral gübre ve arıtma çamuru vererek karşılaştırmışlar, buğday verimi ve tanedeki N, P, Cu ve Zn konsantrasyonlarının arıtma çamuru uygulamalarında daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Hernandez *et al.* (1991), kireçli bir toprakta arıtma çamuru ile tavuk gübresini kıyaslamak amacıyla yaptıkları araştırmada, arıtma çamurlarının mısır ve buğdayda bitki verimini arttırdığını, topraktaki ağır metallerden toplam Zn, Cu ve Pb, ekstrakte edilebilirlerden Fe, Cu, Zn, Mn ve Pb konsantrasyonlarını arttırdığını, toplam Fe' i ise azalttığını ifade etmişlerdir. Aynı araştırmada Cd alımının bitkilerin türüne bağlı olarak değişim gösterdiği de belirtilmiştir.

Alloway and Jackson (1991), kanalizasyon atıklarıyla topraklara ağır metal girişi olabileceğini ve bunlardan kuru maddede, Cd miktarının minimum  $< 1$  ve maksimum  $3410 \text{ mg kg}^{-1}$  olabileceğini bakırın  $50-8000$ , nikelin  $6-5300$ , kurşunun  $29-3600$  ve çinkonunda  $91-4900 \text{ mg kg}^{-1}$  (kuru madde) arasında olabileceğini belirtmişlerdir.

Alloway and Jackson (1991) tarafından, bitkide yüksek konsantrasyonlara ulaştığında bitki gelişimine, insan ve hayvan sağlığına potansiyel tehlike oluşturabilecek elementlerin Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Mn, Mo, Ni, Se, Sb Ve Zn olduğu belirlenmiş ve özellikle bunlardan Cd, Cu, Mo, Ni ve Zn' nun bitki, insan ve hayvanlara daha çok potansiyel toksik etkide bulunabilecekleri de ifade edilmiştir.

Kabata-Pendias and Pendias (1992), yaptıkları araştırmada arıtma çamurları gibi, çiftlik gübresinde topraklara önemli miktarlarda Cd girişine neden oluşturabileceğini ve çiftlik gübresinde  $0.3-1.8 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında kadmiyum bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Ergene (1993) tarafından, fermente edilmiş, farklı arıtım prosesleri sonucu açığa çıkan arıtma çamurlarındaki besin elementleri miktarının farklı olabileceği ifade edilmiş ve Balen Tesisleri'nden çıkan, fermente edilmiş, sulu arıtma çamurunda organik maddenin % 51.2, N' nin % 6.3,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ' in % 2.98,  $\text{K}_2\text{O}$ ' nun % 0.47, CaO' nun % 2.60 olduğu, aerop olarak stabilize edilmiş ıslak arıtma çamurlarının çıktığı Blumental ve Neusie Arıtma Tesisleri' nde ise bu oranların sırasıyla, organik madde de % 21.8 -31.8, N' de % 0.64 -0.56,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ' te % 3.30-0.28,  $\text{K}_2\text{O}$ ' da % 0.57-0.20, CaO' da % 1.75-1.08 arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Alloway (1995), arıtma çamurlarının ortalama Cd kapsamının İngiltere' de  $17-23 \text{ mg kg}^{-1}$ , ABD' de  $16 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu, ayrıca, dokularında  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd içeren bitkilerle düzenli olarak beslenen insanlarda Cd toksisitesi görüldüğünü bildirmişlerdir.

Gardiner *et al.* (1995), arıtma çamuru uygulamalarının, kireçli toprakta yetiştirilen arpa ve ıspanak bitkilerinde meydana gelen ağır metal birikiminin etkilerini incelemek amacıyla, beş yıl süreyle hektara 20 ton düzeyinde arıtma çamuru vermişler ve uygulamalar sonucu her iki bitkide de Cd kapsamının altı kat artarak toksik sınırı

geçtiğini, Cu, Zn ve Ni kapsamının ise Cd kadar artmadığını ve toksik düzeylerin altında kaldığını belirlemişlerdir.

Misra *et al.* (1995), kentsel arıtma çamurunun 0-10-20-30 ton ha<sup>-1</sup>, % 19.4 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren kaya fosfatın 0-120-140-160 kg ha<sup>-1</sup> olan dozlarını hem tek tek, hem de birlikte ilave ederek ve sulamada atıksu kullanarak bir tarla denemesi yürütmüşler ve araştırma sonucunda marul bitkisinin verim ve gelişiminin önemli miktarda arttığını, Cd, Cr ve Pb alımının çamurun artan uygulama miktarına bağlı olarak arttığını, ancak kaya fosfatın artan uygulama miktarına bağlı olarak ise azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar Zn alımının, çamurun yüksek Zn içermesinden dolayı çamur ve kaya fosfat ilavesiyle arttığını belirlemişlerdir.

Katkat vd. (1996), gübre sanayi fabrikası atıksularından tarımda yararlanma olanakları ile ilgili yürüttükleri 3 yıllık tarla denemelerinde, atıksu ile sulanan toprakların pH'ında düşme görülmesine karşın EC'lerinde önemli ölçüde artış olmadığını, yalnız atıksu ile sulanan parsellerden elde edilen domates veriminin düşük olmasına karşın, atıksuyun belli oranlarda sulama suyu ile karıştırılarak yapıldığı sulamalardaki parsellerden elde edilen verimlerin ise, normal sulama suyu ile sulanan parsellere oranla daha fazla olduğunu, ancak atıksuyun mısır verimi üzerinde etkili olmadığını tesbit etmişlerdir.

Smith (1996) tarafından yapılan araştırmalar sonucu, çamur uygulanmış topraklarda yetiştirilen çeşitli sebze ve meyvelerde ağır metallerin alındığı ve bu metallere bazılarının mobilitesinin yani bitki tarafından alınımını etkileyen transfer katsayılarının bilinmesinin, bitkilerdeki potansiyel toksik element (PTE) miktarlarının ortaya konulmasında önemli olduğu ifade edilmiştir. Kentsel atıksuların arıtımı ile oluşan arıtma çamurları bünyelerinde bir miktar PTE bulundururlar fakat endüstriyel atıksuların şehir kanalizasyon sistemine verilerek, ortak arıtımından elde edilen arıtma çamurları ise, yüksek miktarda PTE içerebilmektedirler.

McLaughlin and Sings (1999), Cd ile ilgili sınır değerlerin ülkelere göre değiştiğini ve bu sınır değerlerin, Danimarka, İsveç ve Finlandiya' da 0.5, Fransa' da 2, Almanya' da

1.5, İspanya' da 1, İngiltere' de 3 ve ABD' de 20 mg kg<sup>-1</sup> kuru madde olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir.

Johanson *et al.* (1999), toprağa uygulanan arıtma çamurlarının, toprakların alınabilir P, K, Ca, Mg içeriklerini arttırdığını, arıtma çamurunun toprak için bitki besin elementi ve organik madde kaynağı olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar (Pedreno *et al.* 1996, Taşatar 1997, Navas *et al.* 1998, Moreno *et a.* 1999, Özgüven ve Katkat 2001 ve Lopez-Mosquera *et al.* 2002, Ünal ve Katkat 2003) tarafından da bildirilmiştir.

Mcgrath *et al.* (2000), 1942' de başlayan çalışmalarında, arıtma çamuru uygulanan alanlarda Cd ve Zn' nun bitkiler tarafından topraktan alımını araştırmışlardır. Çalışmada, çiftlik gübresi ve ticari gübrelerle gübrenilmiş alanlar da izlenmiş ve bu alanlara kıyasla, çamur uygulanmış alanlarda Zn ve Cd' un ekstrakte edilebilir miktarlarının çok daha yüksek olduğunu, çamur uygulamasının durdurulduğu 1961' den sonraki 23 yıllık dönem boyunca ise Cd ve Zn' nun ekstrakte edilebilir miktarında bir azalma olmadığını ve bu ağır metallerin bitki bünyesine alınabilirliklerinin 23 yıldan fazla izlenmesine rağmen azalmadığını belirlemişlerdir.

Çimrin vd. (2000), triple süper fosfat (TSP) ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin gelişimi ve bazı bitki besin maddelerine etkisini belirlemek amacı ile kireçli toprakta saksı denemesi yürütmüşler. Elde ettikleri sonuçlara göre triple süper fosfat ile arıtma çamuru kombinasyonlarının mısır bitkisinin, bitki kuru ağırlığı, toprak üstü aksam ağırlığı, bitkinin P, Fe ve Zn içeriğini önemli düzeyde arttırdığını, bitki kök kuru ağırlığı ve bitki mangan içeriğini önemli olarak etkilemez iken, bitki bakır içeriğini önemli olarak azalttığını, arıtma çamuru ve TSP kombinasyonları ve 80 mg kg<sup>-1</sup> arıtma çamuru uygulamalarının, mısır bitkisinin fosfor içeriğini önemli olarak arttırmalarına karşılık, kombinasyonlar içerisindeki arıtma çamuru miktarının arttıkça bitkinin fosfor içeriğinin azaldığını, ancak bu azalmanın fosforun tümünün 80 mg kg<sup>-1</sup> arıtma çamuru ile verildiği uygulamaya kadar, kendi aralarında istatistiki olarak önemsiz bulunduğunu ve arıtma çamurunun bitkinin fosfor ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Bozkurt vd. (2000a), kentsel arıtma çamurunun arpada azot kaynağı olarak kullanılmasına yönelik yapmış oldukları çalışmada, inorganik azotlu gübre ve arıtma çamuru uygulamalarını karşılaştırmışlar, bütün uygulamalarda kontrole göre bitkide azot içeriği ve alımının arttığını ve bu artışın arıtma çamuru uygulamalarında daha fazla olduğunu, arıtma çamuru uygulanan bitkilerde tanede P, Fe, Cu ve Mn miktarlarının arttığını, toprakta ise sadece Cu ve Zn' nun artış gösterdiğini ve bu artışın toksik düzeyin altında kaldığını tesbit etmişlerdir.

Bozkurt vd. (2000b), kireçli topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimine, besin maddesi ve ağır metal kapsamlarına, arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, arıtma çamurunun artan düzeylerine bağlı olarak, mısırın toprak üstü organlarında Fe, Cu, Zn ve Mn düzeylerinin % 5 seviyesinde önemli, Cd, Cr, Ni ve Co içeriklerinin ise önemli düzeyde olmasada uygulama dozlarına bağlı olarak artış gösterdiğini saptamışlardır.

Türkmen vd. (2001), sera şartlarında arıtma çamuru uygulanmış topraklarda yetiştirilen arpa bitkisinin bazı ağır metalleri alabilirliği konusunda yaptıkları çalışmalarında, arıtma çamuru uygulamalarının toprakta toplam ve alınabilir Cu, Zn, Ni, ve Pb miktarlarını arttırdığını, Mn' in alınabilir miktarlarını azalttığını, Fe' in toplam ve alınabilir miktarları arasında bir fark olmadığını, yüksek çamur dozu uygulamalarında ise bitkideki Fe, Zn, Mn ve Ni' in toprakta izin verilen ağır metal sınır değerlerinin altında kaldığını belirlemişlerdir.

McBride (2003), kanalizasyon atıkları ve gübrelerle, topraklara önemli miktarda Cd girişi olduğunu bildirmekte, kadmiyumu, çiftlik hayvanlarının, et ya da sütünden çok akciğer ve böbreklerinde biriktirdiği belirtilmektedir (Anderson *et al.* 1982, Bray *et al.* 1985, King and Giordano 1986). Eğer çiftlik hayvanlarının bu organları yenmezse, topraktan insana kadar olan Cd hareketinin sorun oluşturmayacağı ve bu durumda Cd' un besin zincirine girişinin ancak arıtma çamuru uygulanan alanlarda yetiştirilen bitkilerin yenmesiyle olacağı ifade edilmiştir.

Önal vd. (2003), iki yıl yinelemeli olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının domates bitkisinin verim, bazı meyve kalite özellikleri ve mineral içerikleri üzerine yaptıkları sera çalışmasında, artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurlarının her iki yılda da domates bitkisinin kuru madde, verim ve meyvede, N, P, K, Mg, Fe içeriklerini arttırdığını, fakat yüksek miktarlarda uygulanan çamurun tipine bağlı olarak gelişimde duraklama ve fitotoksisite etkileri belirlemişler ve arıtma çamurlarının tarımda güvenli geri kazanımı konusundaki endişelerini ifade etmişlerdir.

Bozkurt ve Yarılgâç (2003), kuru koşullarda arıtma çamuru uygulamalarının elma ağaçlarının verim, büyüme, beslenme statüsü ve ağır metal birikimine, ahır gübresi (25 kg/ağaç) ve arıtma çamurunun (0-10-20-40 ve 60 kg/ağaç) etkilerini incelemişler. Elde ettikleri iki yıllık araştırma sonuçlarına göre, kireçli toprağa arıtma çamuru ilavesinin, meyve verimi, kümülatif verim etkinliği, sürgün gelişimi ve elma yapraklarının N, Mg, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarını önemli düzeyde arttırdığını, bu artışların ahır gübresi uygulamalarında daha düşük olduğunu, her iki uygulamada gövde gelişimi ve yapraktaki P, K, Ca, Cd, Cr ve Ni miktarlarındaki değişim önemli bulunmaz iken, en yüksek arıtma çamuru dozunda, Fe, Mn ve Zn miktarları sırasıyla 88.0' den 105.3' e, 44.2' den 75.5' e, 9.2' den 10.4 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerine ulaştığını belirlemişler ve denenen arıtma çamuru dozlarının elma ağaçlarında fitotoksisite oluşturmadığını gözlemlemişlerdir.

Güneri (2003), sera şartlarında arıtma çamuru uygulanmış topraklarda yetiştirilen kıvırcık bitkisinde Cd ve Zn' nun Biyolojik Alınabilirlik İndeksi (BAİ)' nin saptanmasına yönelik yaptığı tez çalışmasında, arıtma çamurlarının artan uygulama miktarlarına bağlı olarak toprakta Cd ve Zn miktarının da arttığını belirlemiştir. Kıvırcık bitkisinin arıtma çamuru uygulaması ile kuru madde içeriğinin düzenli olmayan bir şekilde, bitki bünyesindeki Zn miktarının ise düzenli olarak arttığını, Cd' un en yüksek dozu olan 24 ton ha<sup>-1</sup> uygulanmasıyla, bitki bünyesinde en yüksek konsantrasyona ulaşıldığını, çamurun düşük dozlarında BAİ' nin düştüğünü ve Zn' nun Cd' dan daha yüksek BAİ' ne sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Bozkurt ve Yarılgaç (2003), ahır gübresi ve arıtma çamurunun etkilerini inceledikleri araştırmalarında, arıtma çamurunun bitki besin elementlerini, ahır gübresine göre daha zengin belirlemişler, bu içerikleri ahır gübresi ve arıtma çamurunda sırasıyla, organik madde; % 55.0, 47.3, N; % 1.50, 2.82, P; % 0.34, 0.76, K; % 1.10, 0.44, Ca; % 5.73, 5.69, Mg; % 1.63, 2.32, ağır metalleri yine sırasıyla, Fe % 0.065, 1.50, Cu; 38, 271 mg kg<sup>-1</sup>, Zn; 69, 1807 mg kg<sup>-1</sup>, Mn; 236, 270 mg kg<sup>-1</sup>, Cd; 0.41, 2.1 mg kg<sup>-1</sup>, Cr; 34, 99.4 mg kg<sup>-1</sup>, Ni; 56, 64 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulmuşlar ve arıtma çamurundaki bitki besin elementleri ve ağır metal düzeylerinin daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Türkmen (2004), kireçli bir toprağa farklı düzeylerde uygulanan kentsel arıtma çamurunun, arpa bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, arıtma çamuru uygulamalarının toprakta toplam ve alınabilir Cu, Zn, Cd, Ni, ve Pb miktarlarını arttırdığını, tanede N, P, Cu, Zn, Cd, Ni, Pb'nun ve Cu, Zn, Cd, Ni, Pb'nun biyolojik alınabilirliklerinin de arttığını, azot ve arıtma çamurunun birlikte uygulanmasıyla ise topraktan ekstrakte edilebilir Cd ve Pb'nun arttığını, verim ve bitki sapındaki Pb miktarının da önemli düzeylerde artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Aşık ve Katkat (2004), gıda sanayi arıtma tesisleri atık çamurlarının tarımsal alanlarda kullanım olanaklarıyla ilgili yaptıkları sera çalışmasında, 0-20-40-80-120-160 ton ha<sup>-1</sup> düzeylerinde arıtma çamuru uygulanmış topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde, mineral element içeriklerinin arttığını, bitki gelişiminin olumlu yönde etkilendiğini, arıtma çamurunun, hasat öncesi ve sonrasında toprakların pH' sını düşürdüğünü ve toprak tuzluluğu üzerine olumsuz etki yaparak EC' yi arttırdığını, ağır metal içeriklerinin TKKY sınır değerlerinin altında kaldığını tesbit etmişlerdir. Aynı zamanda arıtma çamuru uygulaması ile toprağın başta organik madde olmak üzere, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg, Na ve alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn ve B içeriklerinin de arttığını ifade etmişlerdir.

Önal ve Topçuoğlu (2004), toprağa uygulanan evsel atıksu arıtma çamurunun şeker pancarında ağır metal birikimine etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları sera çalışmasında, arıtma çamurunun 0-20-40-60 ve 80 ton ha<sup>-1</sup> uygulamalarının, şeker



pancarı bitkisinin kuru madde miktarı ve Cu, Zn, Cd, Cr, içeriklerini artan dozlara bağı olarak arttırırken, Cr ve Ni içeriklerini etkilemediğini, düşük düzeylerde uygulanan çamurun bitki gelişimini olumlu yönde etkilerken, yüksek uygulama dozlarında bitki gelişiminin durakladığını ve fitotoksisite yarattığını ifade etmişlerdir.

Öbek vd. (2004), kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi arıtma çamurlarındaki ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesine yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, belediye ve kesimhane arıtma çamurlarını incelemişler ve toplam metal konsantrasyonlarının, belediye arıtma çamurlarında Fe 2349, Cu 148.5, Zn 73.1, Mn 56.2, Cr 299.5, Ni 310.9, Pb 74.8, Co 48.7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında, kesimhane arıtma çamurlarında ise Fe 2115, Cu 173.1, Zn 40.7, Mn 5.42, Cr 203, Ni 1450.1, Pb 98.9, Co 1.68 mg kg<sup>-1</sup> aralığında saptamışlar, kesimhane arıtma çamurlarının Ni içeriğinin, TKKY' nde bildirilen sınır değeri aştığını ve arıtma çamurlarının güvenli bir şekilde tarımsal amaçlı kullanımında ağır metallerin giderilmesi çalışmalarının gerekliliğini belirtmişlerdir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Arıtma çamuru örneklerinin alındığı tesislere ilişkin bilgiler**

Çalışmada kullanılan arıtma çamurları, Kayseri Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi, Bafra Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi, Bursa Büyükşehir Belediyesi Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri, İnegöl Belediye ve Organize Sanayi Bölgesi Ortak Atıksu Arıtma Tesisi, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi ve Ankara Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisleri'nden alınmıştır. Bu tesislere ilişkin bilgiler ve prosesleri aşağıda verilmiştir.

##### **3.1.1.1 Kayseri Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi**

Kayserinin 20 km. kuzeyinde Boğazköprü mevkiinde bulunan atıksu arıtma tesisi, 800.000 eşdeğer nüfusa hizmet verecek şekilde 2000 yılında kurulup, 2003 yılında işletmeye açılmıştır. Tesis, karbon, azot, fosfor giderimi olan ileri biyolojik arıtma özelliğine sahip teknoloji ile kurulmuştur. Tesisin arıtma kapasitesi 110 m<sup>3</sup>/gün'dür. Tesis, elde edilecek biyogaz enerjisi ile enerji ihtiyacının % 60'ını karşılamayı planlamaktadır.

##### **3.1.1.2 Bafra Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi**

Arıtma tesisi, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi prosesine sahiptir. Tesis, Bafra Belediyesi dahilindeki yerleşim birimlerinden kaynaklanan tüm evsel nitelikli atık suları toplayıp, diğer tesislerde olduğu gibi Deşarj Yönetmeliği'ndeki standartları sağlayacak şekilde arıttıktan sonra Kızılırmak'a deşarj etmektedir. Atıksu Arıtma Tesisi, 118.500 eşdeğer nüfusa karşılık ortalama 486 lt/sn evsel nitelikli atıksu oluşacağı varsayılarak dizayn edilmiştir.

### **3.1.1.3 Bursa Büyükşehir Belediyesi Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri**

Küçükbalıklı Atıksu Arıtma Tesisi şehrin doğu bölgesinde, Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi ise batı bölgesindedir. Tesisler Haziran 1998’ de işletmeye açılmıştır. Tesislerde, organize sanayi bölgeleri dışında faaliyet gösteren endüstrilerin atıksuları ve evsel nitelikli atıksular, fiziksel arıtma ünitelerine gelerek fiziksel olarak arıtılmaktadır. Fiziksel arıtmadan geçen atıksu ana dağıtım odasından anaerobik havuzlara dağıtılmaktadır. Anaerobik olarak arıtılan atıksu havuzlardan savaklanarak bir boru sistemi ile toplanıp parchall savağından geçirilerek Nilüfer Çayı’ na deşarj edilmektedir. Tesisler fiziksel ve biyolojik arıtmadan oluşan ön arıtma tesisleridir. Doğuda 7, batıda 5 adet olan anaerobik stabilizasyon havuzlarının derinliği 4 metredir. Bu yöntemde atık suyun oksidasyonu, havuz içerisine alınan atık suyun belli bir bekletme süresi sonunda meydana gelen mikrobiyal faaliyetleriyle gerçekleşmektedir (Toprak 1998).

### **3.1.1.4 İnegöl Belediye ve Organize Sanayi Bölgesi Ortak Atıksu Arıtma Tesisi**

Endüstriyel ve evsel nitelikli atıksuların birlikte arıtıldığı tesiste, ön arıtma, azot ve fosfor giderimli biyolojik arıtma, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi prosesi kullanılmaktadır. Tesisin yüksek arıtma verimi ve 8-15 m<sup>3</sup>/saat gibi düşük çamur işletme kapasitesi mevcuttur. Arıtılan atıksu alıcı ortam olan Kalburt Çayı’ na deşarj edilmektedir. İnegöl Organize Sanayi Bölgesi’ ndeki sanayi kuruluşlarına ön arıtmasız deşarj imkanı sağlamaktadır.

### **3.1.1.5 Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi**

Eskişehir Atıksu Arıtma Tesisi aktif çamur sistemi ile çalışan biyolojik arıtma tesisidir. Tesis, 300.000 eşdeğer nüfusa hizmet verecek şekilde kurulmuştur. Tesisteki sistem aerobik aktif ürünlerin atıksu ile havalandırılarak karıştırıldığı ve oluşan flokların ayrı bir yerde çöktüğü bir sistemdir. Ana kollektörlerle tesise gelen atıksu, biyolojik arıtmadan sonra alıcı ortam olan Porsuk Nehri’ ne deşarj edilmektedir.

### **3.1.1.6 Ankara Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi**

Ankara Atıksu Arıtma Tesisi, kent merkezine yaklaşık 40 km. uzaklıkta Sincan ilçesi Tatlar Köyü civarında kurulmuştur. Bu tesisin hizmet ettiği nüfus, Ankara il belediye nüfusunun % 96.1' i oranındadır. Tesis, toplam 287 milyon  $m^3$  yıl<sup>-1</sup> atık su arıtma kapasitesine sahip ve tesiste 182.4  $m^3$  yıl<sup>-1</sup> atık su, biyolojik olarak arıtılmaktadır (DİE 2004). Kentin kanalizasyon suları, Ankara Çayı havza çıkışında toplanarak cazibe yoluyla tesise ulaşmaktadır ve son çökeltme tanklarından savaklanan arıtılmış su çıkış kanalından toplanarak tekrar Ankara Çayı' na deşarj edilmektedir. Tesisin tasarımında evsel ve endüstriyel atıkların arıtımında; yüzeysel havalandırılmalı klasik aktif çamur sistemi ile karbon bazlı arıtma uygulanmakta ve N ile P' un da gelecekte giderimi planlanmıştır. Ankara Atıksu Arıtma Tesisi Ağustos 1997'de işletmeye açılmıştır (Dündar 2002).

## **3.2 Yöntem**

### **3.2.1 Arıtma çamuru örneklerinin alınması ve analize hazırlanması**

Çalışmada kullanılan arıtma çamuru örnekleri tesislerden, 2005 yılının Mart ayı ile 2006 yılının Şubat ayları arasındaki 12 aylık dönemde, her ay alınmıştır. Bursa Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri, fiziksel ve anaerobik prosesle çalıştığı için kuru madde oranı oldukça düşük olan örnekler, 4 m derinliği olan anaerobik stabilizasyon havuzlarının dokuz ayrı noktasından numune alma cihazı ile alınarak karıştırılmış, diğer tesislerden ise susuzlaştırma ünitesi palet çıkışı çamur kekinden örnekler alınmış, etiketlenerek, polietilen torbalarda laboratuvara getirilmiştir.

### **3.2.2 Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal analiz metodları**

Tesislerden alınan arıtma çamurlarında, fiziksel analizlerden kuru madde ve yanma kaybı (organik madde), kimyasal analizlerden, pH, EC, toplam azot, fosfor, potasyum, ağır metallere toplam Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb analizleri yapılmıştır.

### **3.2.2.1 Kuru madde**

Arıtma çamuru, nemi alındıktan sonra kurutma fırınında 103 °C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak geride kalan katı madde % kuru madde olarak ifade edilmiştir (TKKY 2005).

### **3.2.2.2 Organik madde**

Arıtma çamuru nemi alındıktan sonra, kül fırınında 775 °C' de 3 saat süre ile yakılmış, yanan ve kaybolan madde miktarı hesaplanarak % Organik madde olarak ifade edilmiştir (TKKY 2005).

### **3.2.2.3 Arıtma çamurlarının reaksiyonu (pH)**

Arıtma çamurlarının reaksiyonu 1:5 oranında saf su içeren çözeltide cam elektrodlu pH metre ile tayin edilmiştir (Jackson 1958).

### **3.2.2.4 Elektriksel İletkenlik (EC)**

Arıtma çamurlarının elektriksel iletkenlikleri 1:5 oranında saf su ile sulandırılmış çamur örneğinde EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

### **3.2.2.5 Toplam azot**

Kacar (1972) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

### **3.2.2.6 Toplam fosfor**

Nemi alınmış materyalde, nitrik- perklorik asit karışımı ile yaş yakma yapıldıktan sonra elde edilen çözeltideki toplam fosfor, vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre ile belirlenmiştir (Kacar 1972).

### **3.2.2.7 Toplam potasyum**

Nemi alınmış materyalde, nitrik- perklorik asit karışımı ile yaş yakma yapıldıktan sonra elde edilen çözeltideki toplam potasyum fleymfotometre ile belirlenmiştir (Kacar 1972).

### **3.2.2.8 Toplam Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb**

Numunelerin, nitrik ve hidroflorik asit karışımı ile mikrodalgada çözülmesinden sonra kadmiyum dışındaki ağır metaller A.A.S.'de, kadmiyumlar ise ICP AES' te okunarak belirlenmiştir (EPA Method 3052).

### **3.2.3 Değerlendirme ve istatistik analizleri**

Araştırma sonunda elde edilen verilerde, MİNİTAB paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki fark ise MSTAT paket programı kullanılarak Duncan Testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş 1963).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Atıksu arıtma tesislerinden her ay düzenli olarak alınan arıtma çamuru örneklerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış, sonuçların yıl içerisinde aylara bağlı olarak değişimlerinin önemi ve incelenen parametrelerde tesislerin birbirlerinden olan farklılıkları ortaya konulmuştur.

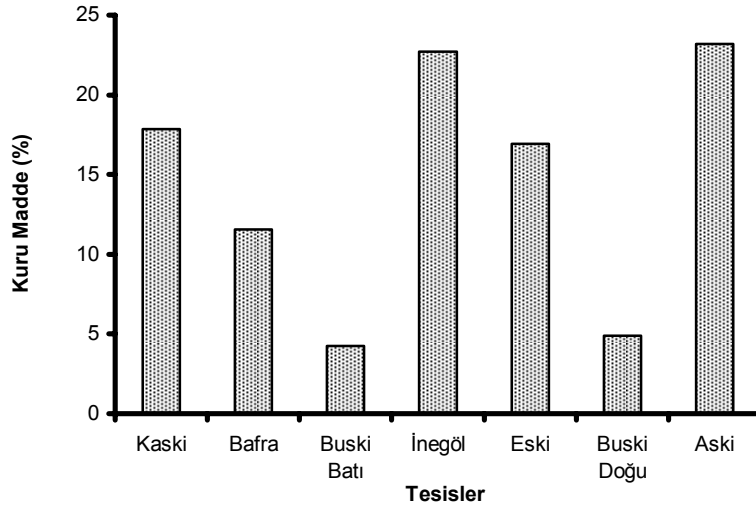
##### 4.1 Atıksu Arıtma Çamurlarının Kuru Madde Kapsamları

Atıksu Arıtma Tesislerinin kuru madde dağılımlarına bakıldığında anaerobik çamur prosesi ile çalışan Buski Doğu ve Batı tesislerinin kuru madde oranlarının diğer tesislere göre oldukça düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). Aski ve İnegöl tesisleri başta olmak üzere diğerlerinden çıkan arıtma çamurları ise yüksek oranda kuru madde içermektedir. Bunun nedeni, bu tesislerin aktif çamur prosesi ile çalışması ve arıtma çamuru örneklerinin susuzlaştırma ünitesi çıkışındaki çamur kekini, Buski Doğu ve Batı Tesislerinden alınan arıtma çamuru örneklerinin ise kuru madde oranı oldukça düşük olan stabilizasyon havuzlarını temsil etmesidir. Bu durum, ortalama değerler esas alınarak hazırlanan Şekil 4.1’ de de görülmektedir.

**Çizelge 4.1** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kuru madde kapsamları, %

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	15.9	11.9b	1.70f	19.7f	22.1a	7.83c	23.9bc
Nisan	16.3	12.0b	2.31ef	22.8c	13.4ı	2.76ı	23.3bcd
Mayıs	18.0	11.0bc	3.11e	21.9d	15.5fg	6.78d	23.0bcd
Haziran	18.6	12.0b	1.82f	22.8c	15.7f	6.33e	24.7b
Temmuz	18.2	13.0a	4.06d	22.5c	20.7b	3.40h	22.9bcd
Ağustos	20.9	13.2a	1.86f	22.9c	16.4e	8.76a	23.0bcd
Eylül	20.2	10.3c	5.50c	26.0a	15.3gh	0.56k	23.2bcd
Ekim	17.9	10.2c	7.43b	24.6b	15.4fgh	8.13b	20.7e
Kasım	18.4	10.2c	4.04d	22.8c	15.1h	5.66f	21.3de
Aralık	16.8	11.4b	1.68f	24.2b	16.6de	5.13g	21.7cde
Ocak	17.9	11.5b	8.41a	20.7e	16.7d	1.85j	23.9bc
Şubat	15.5	11.7b	9.19a	21.9d	20.3c	1.84j	26.8a
<b>Minimum</b>	15.5	10.2	1.68	19.7	13.4	0.56	20.7
<b>Maksimum</b>	20.9	13.2	9.19	26.0	22.1	8.76	26.8
<b>Ortalama</b>	17.8	11.6	4.25	22.7	16.9	4.91	23.2

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar, Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ).



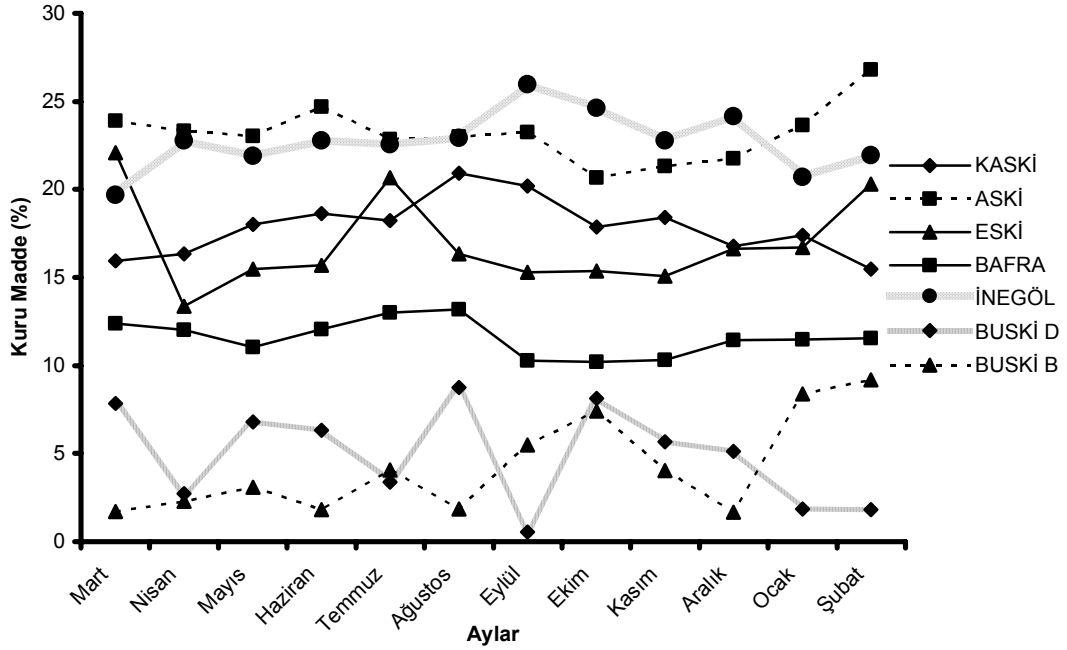
**Şekil 4.1** Atıksu arıtma tesislerinin kuru madde kapsamı

Kuru madde miktarının aylara göre dağılımı Ek 3.1-3.5’ de verilen iklim verileri dikkate alınarak incelendiğinde, Aski, Kaski, Eski AAT arıtma çamuru örneklerinde sıcaklığın yüksek, yağışın az olduğu aylarda kuru maddenin yüksek olduğu, Bafra AAT’ nde, Temmuz ve Eylül aylarında kuru maddenin sırasıyla % 10.2-13.2 arasında değişim gösterdiği ve yağışın düşük olduğu Ağustos ayında bu oranının en yüksek, yağışın yüksek olduğu Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer tesislere oranla daha az değişimin görüldüğü İnegöl AAT’ nde, Mart ayında % 19.7 ile en düşük, Haziran ayında % 26.0 ile en yüksek kuru madde belirlenmiştir. Yağışın dalgalanma gösterdiği Bursa ilinde ise kuru madde içeriklerinde bir stabilitenin olmadığı ve aylar arasındaki değişimlerin fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

Bafra ve Bursa’ nın, diğer tesislerin bulunduğu illerden daha fazla aylık yağış alması ve Buski Doğu ve Batı tesislerinin proses farklılığının olmasından dolayı Bafra, Buski Doğu ve Batı AAT’ nde kuru madde oranları diğer tesislerden düşük bulunmuştur. Kuru madde kapsamının % 23.2 ile Aski AAT’ nde en yüksek olduğu ve bunu sırasıyla İnegöl, Kaski, Eski, Bafra, Buski Doğu ve Batı tesislerinin takip ettiği belirlenmiştir.



Yıl içerisindeki kuru madde içeriklerinin aylara bağlı değişimlerinin önemlilik derecelerini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, değişimin Kaski AAT dışındaki tüm tesislerde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.1).



**Şekil 4.2** Aylara göre arıtma çamurlarının kuru madde kapsamlarındaki değişimler

Atıksu Arıtma Tesisleri'nde arıtma çamurlarına yapılan susuzlaştırma işlemi esnasında kireç stabilizasyonu yapılırken kuru madde oranı da arttırılmaktadır. Fakat bu durum bazen yetersiz kalmakta ve tesisten çıkan arıtma çamurunun nem oranı yüksek, kuru madde oranı düşük olabilmektedir. Kuru madde oranı yüksek olan çamurların fiziksel yapıları iyi olacağı için, depolama, taşıma, arazide kurutma yada tarım alanlarında uygulanması daha kolay olacaktır.

#### 4.2 Atıksu Arıtma Çamurlarının Organik Madde Kapsamları

Araştırmaya konu olan AAT çamurları organik madde kapsamlarının yıl içerisinde aylara göre dağılımı Çizelge 4.2, yıllık ortalama değerler ise Şekil 4.3'te verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde, ortalama yıllık organik madde düzeyi % 80.5 ve %

79.4 ile Eskişehir ve Bafra da en yüksek, % 52.8 ve % 52.1 ile Bursa Doğu ve Batı tesislerinde en düşük bulunmuştur. Atıksu arıtma tesislerinin organik madde içeriklerinin aylar arasında az değişim gösterdiği ve bütün tesislerde organik madde kapsamlarının yüksek ve stabil olduğu Şekil 4.4’ te görülmektedir.

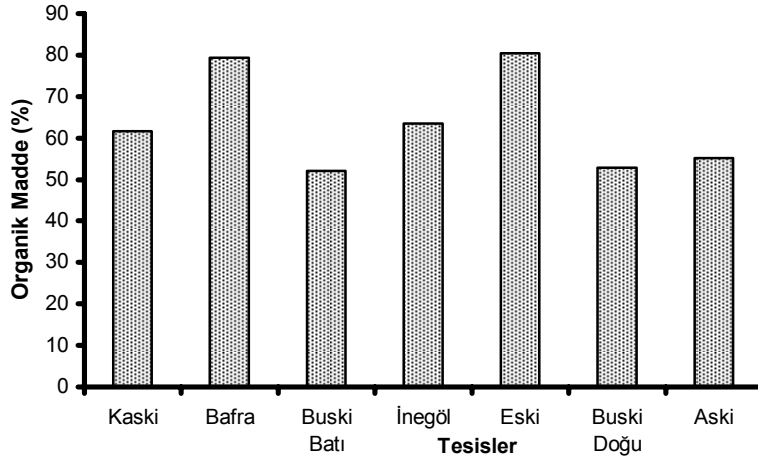
Arıtma çamuru organik maddesiyle ilgili varyans analizi sonuçlarına göre, organik maddenin aylara bağlı değişimlerinin Aski, İnegöl, Bafra ve Buski Doğu AAT’ nde  $p < 0.01$ , Eski AAT’de  $p < 0.05$  seviyesinde önemli olduğu, Kaski ve Buski Batı AAT’ nde ise bu değişimin önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının organik madde kapsamları, %

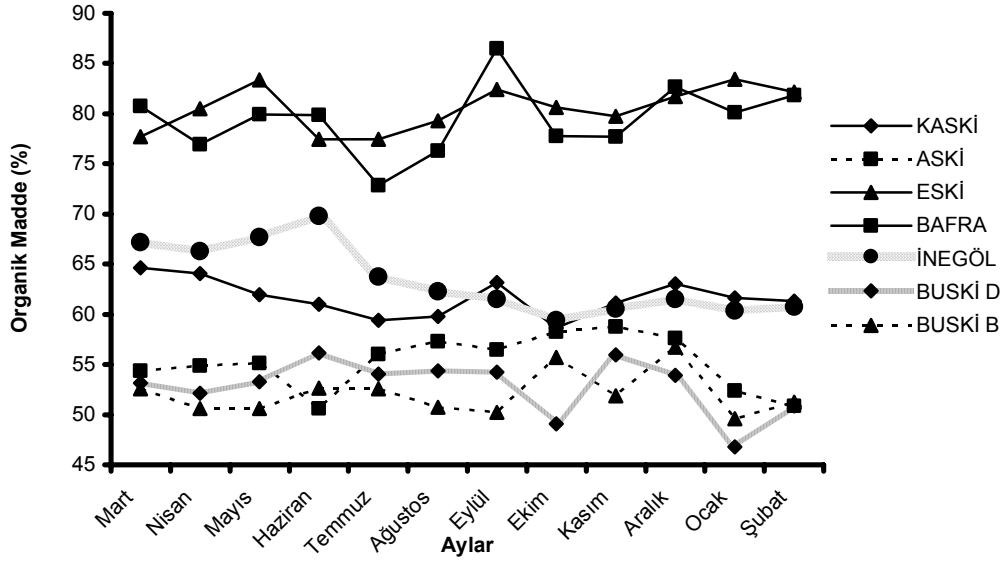
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	64.6	80.8d	52.6	67.2ab	77.7c*	53.1bcd	54.4f
Nisan	64.1	76.9h	50.6	66.3bc	80.5abc*	52.2cd	54.9f
Mayıs	61.9	79.9ef	50.6	67.7ab	83.3a*	53.3abcd	55.1ef
Haziran	62.4	79.8f	52.6	69.8a	77.4c*	56.2a	50.6h
Temmuz	59.4	72.8j	52.6	63.8cd	77.5c*	54.0abc	56.0de
Ağustos	59.8	76.3i	50.8	62.3de	79.3bc*	54.4abc	57.3bc
Eylül	63.2	86.5a	50.2	61.5de	82.4ab*	54.2abc	56.5cd
Ekim	58.6	77.8g	55.7	59.4e	80.7abc*	49.1ef	58.2ab
Kasım	61.2	77.7g	51.9	60.6de	79.7abc*	56.0ab	58.8a
Aralık	63.0	82.7b	56.7	61.5de	81.7ab*	53.9abc	57.7b
Ocak	61.6	80.1e	49.6	60.4e	83.4a*	46.8f	52.4g
Şubat	61.3	81.9c	51.2	60.7de	82.2ab*	50.9de	50.9h
<b>Minimum</b>	58.6	72.8	49.6	59.4	77.4*	46.8	50.6
<b>Maksimum</b>	64.6	86.5	56.7	69.8	83.4*	56.2	58.8
<b>Ortalama</b>	61.6	79.4	52.1	63.4	80.5*	52.8	55.2

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ) \* ;  $p < 0.05$

Katkat vd. (2004), yaptıkları bir çalışmada gıda sanayi arıtma tesisi çamurunun altı aylık periyottaki organik madde içeriklerinin % 54.89-79.72 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Güçdemir vd. (2005), İnegöl AAT arıtma çamuru ile yaptıkları bir çalışmada farklı zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde organik maddenin % 53.16-66.83 arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 4.3 Atıksu arıtma tesislerinin organik madde kapsamı



Şekil 4.4 Aylara göre arıtma çamurlarının organik madde kapsamlarındaki değişimler

Sommers (1977), arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriklerinden dolayı özellikle toprakların başlıca sorunlarından olan organik madde azlığının çözümü yönünde kullanılabileceğini bildirmiştir. Türkiye geneline baktığımızda, ülke topraklarının organik madde kapsamının genelde az olduğu Eyüpoğlu (1999)

düşünülürse, arıtma çamurlarının yüksek organik madde kapsamı ile tarımda kullanılabilmesinin bir avantaj sağlayacağı söylenebilir.

### 4.3 Atıksu Arıtma Çamurlarının pH Değerleri

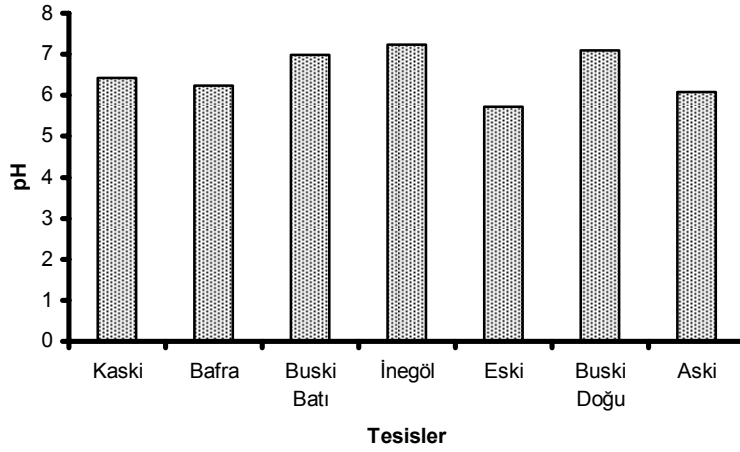
Atıksu arıtma tesislerinden alınan arıtma çamurları pH değerleri 5.46 (Eski AAT) ile 7.88 (Buski Doğu AAT) arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ortalama değerlere bakıldığında, en düşük pH değeri Eski tesisinde 5.73, en yüksek değer ise 7.24 ile İnegöl tesisinde bulunmuştur. Reaksiyon bakımından arıtma çamurları değerlendirildiğinde çoğunlukla nötral ve hafif asidik reaksiyona sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 4.5).

Aylara bağlı değişimlerine bakıldığında, tüm tesislerde bu değişimlerin  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Şekil 4.6' da gösterilen pH değerlerine göre, Aski AAT'nde pH' nın 5.77-6.65, Kaski AAT' nde 5.97-6.70 ve Buski Batı AAT' nde 6.22-7.48 ile hafif asit-nötr, Eski ve Bafra AAT' nin hafif asit, Buski Doğu ve İnegöl AAT' nin nötr-hafif alkali karakterde olduğu söylenebilir.

**Çizelge 4.3** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının pH değerleri

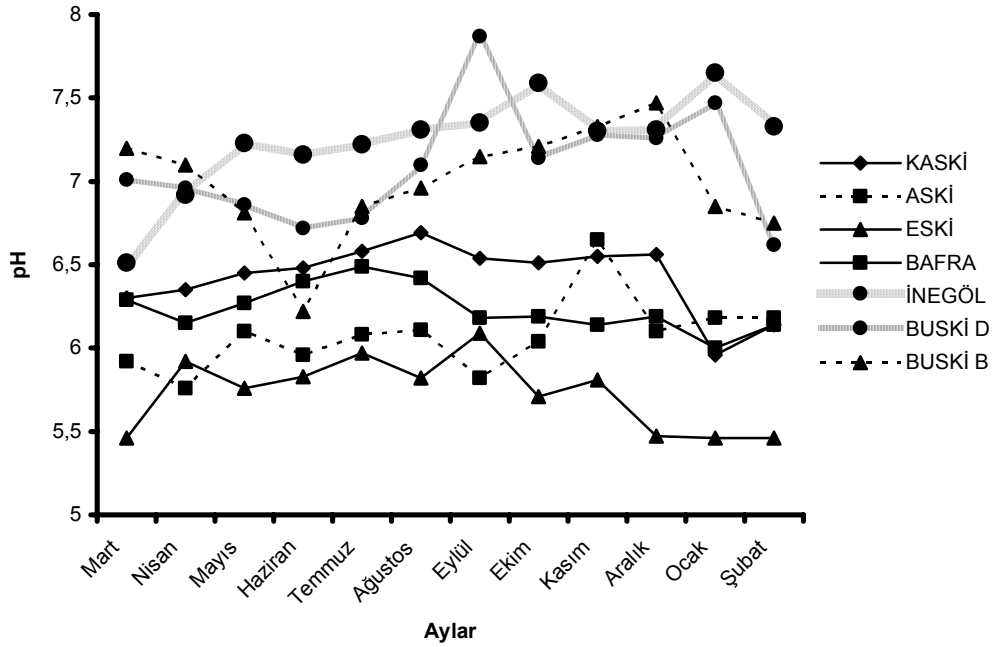
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	6.31d	6.30bc	7.21c	6.51g	5.47g	7.02f	5.93e
Nisan	6.36cd	6.16de	7.11d	6.93f	5.92c	6.96g	5.77f
Mayıs	6.46bc	6.28cd	6.82fg	7.24d	5.76e	6.87h	6.11c
Haziran	6.49bc	6.41ab	6.22h	7.17e	5.83d	6.72j	5.97e
Temmuz	6.59ab	6.50a	6.85f	7.23d	5.98b	6.79ı	6.09cd
Ağustos	6.70a	6.43a	6.97e	7.32c	5.83d	7.10e	6.12c
Eylül	6.55ab	6.19cde	7.16cd	7.35c	6.09a	7.88a	5.82f
Ekim	6.52b	6.20cde	7.22c	7.59b	5.72f	7.15d	6.04d
Kasım	6.56ab	6.14e	7.34b	7.31c	5.82d	7.29c	6.65a
Aralık	6.57ab	6.19cde	7.48a	7.31c	5.47g	7.27c	6.11c
Ocak	5.97f	6.01f	6.85f	7.66a	5.47g	7.48b	6.19b
Şubat	6.15e	6.15e	6.76g	7.34c	5.46g	6.62k	6.18b
<b>Minimum</b>	5.97	6.01	6.22	6.51	5.46	6.62	5.77
<b>Maksimum</b>	6.70	6.50	7.48	7.66	6.09	7.88	6.65
<b>Ortalama</b>	6.43	6.24	6.99	7.24	5.73	7.09	6.08

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ).



Şekil 4.5 Atıksu arıtma tesislerinin pH değerleri

Güçdemir vd. (2005), İnegöl AAT arıtma çamuru ile yaptıkları bir çalışmada farklı zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde pH' nın 6,33-7,51 arasında değişim gösterdiğini ve nötr hafif alkali olarak sınıflandırılabilceğini vurgulamışlardır.



Şekil 4.6 Aylara göre arıtma çamurlarının pH değerlerindeki değişimler

Aritma çamuru uygulanmış topraklarda ağır metallerin biyoalınabilirliğinin kontrolünde pH'nın en etkili toprak parametresi olduğu bilinmektedir (Jackson and Alloway 1992). Basta and Tabatabai (1992), Alloway (1995), Henning *et al.* (2001) tarafından yapılan çalışmalarda toprağa arıtma çamurları uygulanması sonucu toprak pH'ında önemli düşmelerin olduğu ve bu durumda topraklardan özellikle Cd başta olmak üzere ağır metallerin ve iz elementlerin alınabilirliklerinin arttığı bildirilmiştir.

Türkiye topraklarının büyük çoğunluğunun kireçli olduğu ve alkali özellik gösterdiği Eyüpoğlu (1999), düşünülürse, pH'ı düşük olan arıtma çamurlarının toprağa uygulanmasıyla beraber toprak pH'ında da düşmelerin olacağı ve bunun sonucunda ağır metallerin alınabilirliğinin artacağı beklenen bir sonuç olacaktır.

#### **4.4 Atıksu Arıtma Çamurlarının EC Değerleri**

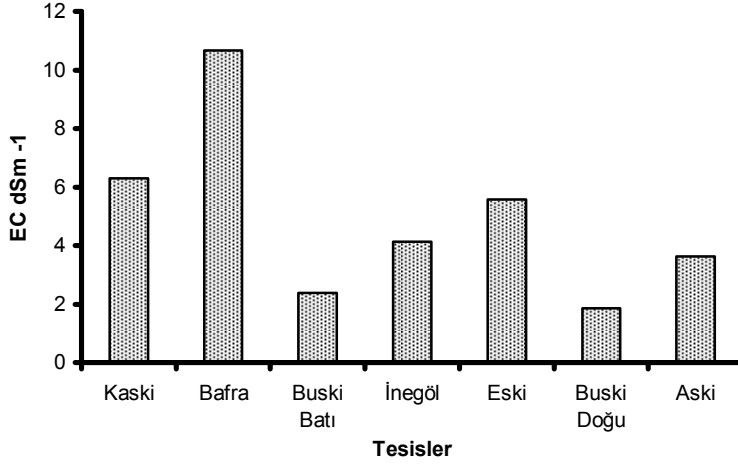
Aritma çamurlarının elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara bağlı değişimleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.8' de verilmiştir. Bu değerlere bakılarak bir sınıflamaya gidildiğinde, Aski ve İnegöl AAT' nin hafif ve orta tuzlu, Kaski AAT' nin orta tuzlu, Eski AAT' nin orta tuzlu ( Kasım ve Nisan ayları yüksek derecede tuzlu), Bafra AAT' nin yüksek derecede tuzlu olduğu görülmektedir. Buski Doğu ve Batı AAT' nin ise tuzsuz ve hafif tuzlu sınıfta olduğu, bu iki tesisteki proses farklılığının diğer tesislere oranla çamurun tuz içeriğini düşürdüğü anlaşılmaktadır. Bafra AAT' nin tesisler içerisinde en yüksek tuz içeriğine sahip tesis olduğu Şekil 4.7' de görülmektedir.

**Çizelge 4.4** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının EC değerleri, dSm<sup>-1</sup>

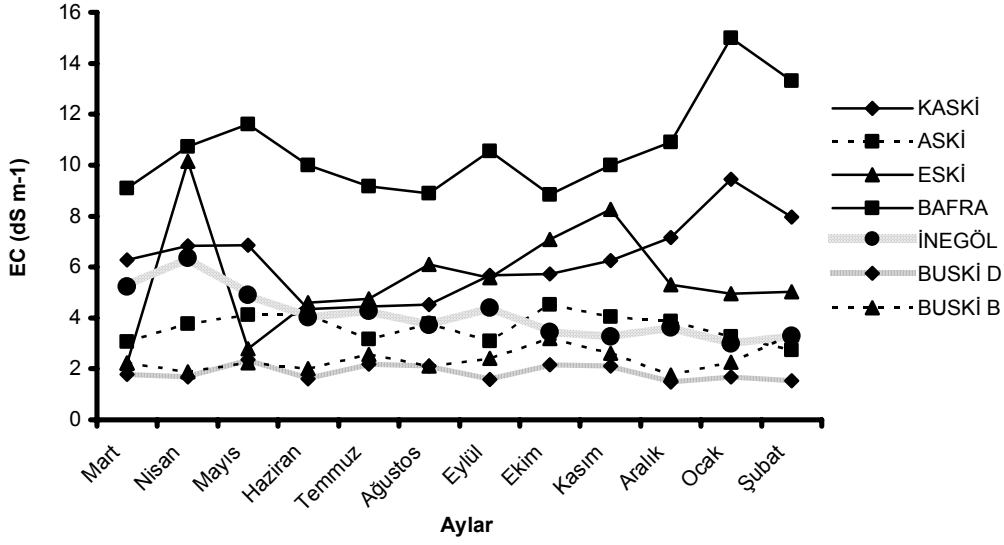
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	6.28e	9.10h	2.25e	5.23b	2.23k	1.79d	3.08h
Nisan	6.84d	10.70e	1.90h	6.36a	10.10a	1.69e	3.77e
Mayıs	6.86d	11.60c	2.23e	4.91c	2.80j	2.36a	4.12b
Haziran	4.36h	10.00g	2.02g	4.01f	4.61ı	1.61f	4.13b
Temmuz	4.46gh	9.17h	2.57c	4.29e	4.75h	2.19b	3.18g
Ağustos	4.54g	8.89ı	2.12f	3.73g	6.11d	2.11c	3.77e
Eylül	5.68f	10.60f	2.41d	4.41d	5.59e	1.60f	3.08h
Ekim	5.74f	8.84ı	3.21b	3.44ı	7.09c	2.18b	4.53a
Kasım	6.27e	10.0g	2.61c	3.28j	8.28b	2.10c	4.05c
Aralık	7.17c	10.9d	1.77ı	3.62h	5.32f	1.49g	3.89d
Ocak	9.46a	15.00a	2.28e	2.99k	4.97g	1.70e	3.27f
Şubat	7.96b	13.3b	3.33a	3.31j	5.02g	1.54g	2.76ı
<b>Minimum</b>	4,36	8,84	1,77	2,99	2,23	1,49	2,76
<b>Maksimum</b>	9,46	15,00	3,33	6,36	10,10	2,36	4,53
<b>Ortalama</b>	6,29	10,67	2,38	4,12	5,57	1,86	3,63

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ).

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre EC değerlerinin aylara göre değişiminin tüm tesislerde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.7** Atıksu arıtma tesislerinin EC değerleri



**Şekil 4.8** Aylara göre arıtma çamurlarının EC değerlerindeki değişimler

Karuç vd. (2001) tarafından Aski AAT arıtma çamuru ile yapılan bir çalışmada, arıtma çamurunun elektiksel iletkenliğinin  $1.67-3.21 \text{ dSm}^{-1}$  olduğu ve topraklarda  $1.5 \text{ ton/da}$  arıtma çamuru uygulamasında tuzlanmanın başladığı,  $3 \text{ ton/da}$  arıtma çamuru uygulamasında ise tuzluluk etkisinin önemli ölçüde arttığı ifade edilmiştir.

Güçdemir vd. (2005) tarafından, İnegöl AAT arıtma çamuru ile yapılan çalışmada farklı zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde, elektiksel iletkenlik değerlerinin bir yıllık periyot içerisinde  $2.68-5.09 \text{ dSm}^{-1}$  arasında değişim gösterdiği, arıtım sonrası deşarj suyu değerlerinin ise numunelerin alınış zamanlarına göre değişim gösterdiği, elektiksel iletkenlik, sodyum, toplam katyonlar ve sodyum adsorpsiyon oranlarının yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Yapılan çoğu araştırmalarda Karuç vd. (2001), Önal vd. (2003), Aşık vd. (2004) arıtma çamurlarının zengin organik madde ve mineral içeriği ile bitki beslenmesine ve toprak verimliliğine önemli katkı sağlayacağı, ancak arıtma çamuru içeriğinin kaynağına ve zamana bağlı değişkenliğinin, içerdiği yüksek tuz ve ağır metallerin risk oluşturabileceği ifade edilmektedir.



#### 4.5 Atıksu Arıtma Çamurlarının Azot Kapsamları

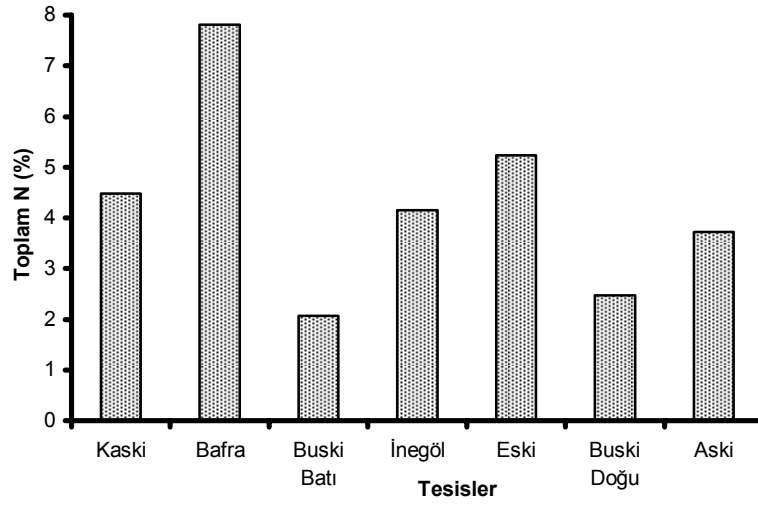
Arıtma tesisleri çamurlarının azot içerikleri incelendiğinde (Çizelge 4.5, Şekil 4.9), Bafra AAT'nin % 7.81 ortalama ile en yüksek azot değerine sahip tesis olduğu anlaşılmaktadır. Kaski, İnegöl, Eski ve Aski AAT'nde bu değerler sırasıyla, % 4.49, % 4.15, % 5.23 ve % 3.73 olarak belirlenmiştir. Buski Doğu ve Batı tesisleri atıksu çamurları, proses farklılığı nedeni ile en düşük ortalama azot değerlerine sahiptir (% 2.48 ve % 2.07).

**Çizelge 4.5** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının azot kapsamları, %

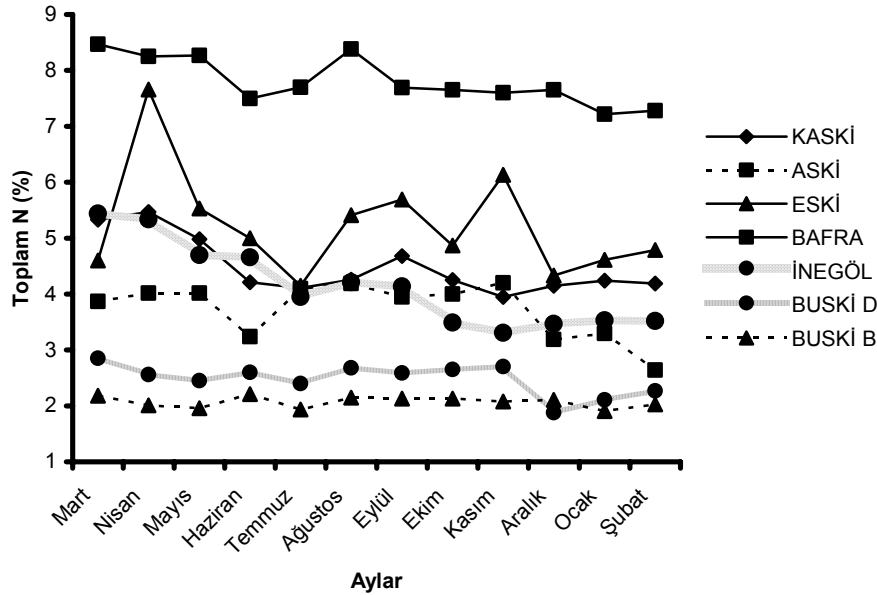
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	5.33a	8.48a	2.18ab	5.44a	4.61def	2.85a	3.87c
Nisan	5.47a	8.26a	2.02abcd	5.35a	7.67a	2.57abc	4.03abc
Mayıs	4.99b	8.28a	1.96bcd	4.71b	5.53c	2.45bc	4.03abc
Haziran	4.21d	7.51bc	2.21a	4.66bc	5.01d	2.61ab	3.25d
Temmuz	4.11de	7.71b	1.95cd	3.95de	4.15f	2.41bcd	4.11ab
Ağustos	4.27d	8.39a	2.16abc	4.21bcd	4.21f	2.69ab	4.20a
Eylül	4.69c	7.69bc	2.13abcd	4.14cd	5.71bc	2.60ab	3.91bc
Ekim	4.25d	7.66bc	2.13abcd	3.50ef	4.88d	2.66ab	4.01abc
Kasım	3.95e	7.61bc	2.09abcd	3.31f	6.14b	2.71ab	4.20a
Aralık	4.16d	7.65bc	2.12abcd	3.47ef	4.33ef	1.89e	3.20d
Ocak	4.24d	7.22c	1.92d	3.53ef	4.61def	2.12de	3.31d
Şubat	4.20d	7.29bc	2.04abcd	3.53ef	4.79de	2.27cd	2.64e
<b>Minimum</b>	3.95	7.22	1.92	3.31	4.15	1.89	2.64
<b>Maksimum</b>	5.47	8.48	2.21	5.44	7.67	2.85	4.20
<b>Ortalama</b>	4.49	7.81	2,07	4.15	5.23	2,48	3.73

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ).

Toplam azot içeriklerinin aylara göre dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.10), genellikle kış aylarında elde edilen çamurların, yaz aylarında elde edilenlere oranla daha az N kapsadığı görülmektedir. Ancak, genel olarak atıksu arıtma çamurlarının toplam azot kapsamlarının yüksek olduğu ve toplam azotun aylara bağlı olarak değişim gösterdiği ve bu değişimin tüm tesislerde istatistiksel olarak  $p < 0.01$  seviyesinde önemli bulunduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.9 Atıksu arıtma tesislerinin azot kapsamaları



Şekil 4.10 Aylara göre arıtma çamurlarının azot kapsamlarındaki değişimler

Karuç vd. (2001), yaptıkları çalışmada Aski AAT' ne ait arıtma çamurunda altı aylık periyottaki toplam azotu % 2.34-3.40 arasında bildirmişlerdir. Bilgin vd. (2002), Aski AAT' nden elde edilen arıtma çamurunun gübre değerini ortaya koymak amacıyla yaptıkları çalışmada 13 ay boyunca palet çıkışından aldıkları örneklerde toplam azotu % 2.40-3.90 arasında bildirmişler ve arazide doğal şartlarda serilerek kurutulmuş arıtma çamuru örneklerinde toplam azotun palet çıkışına göre önemli ölçüde azaldığını (% 2.50 -2.10), hatta arazide kurutulduktan sonra silindir ile ezilerek kurutulmuş ve elenmiş

arıtma çamurlarında ise toplam azotun % 0.80' lere kadar düştüğünü ifade etmişlerdir. Bu durum arıtma çamurlarının bekletilmesi sırasında önemli ölçüde azotun gazlaşma sonucu NH<sub>3</sub> halinde kayıp olduğunu göstermektedir.

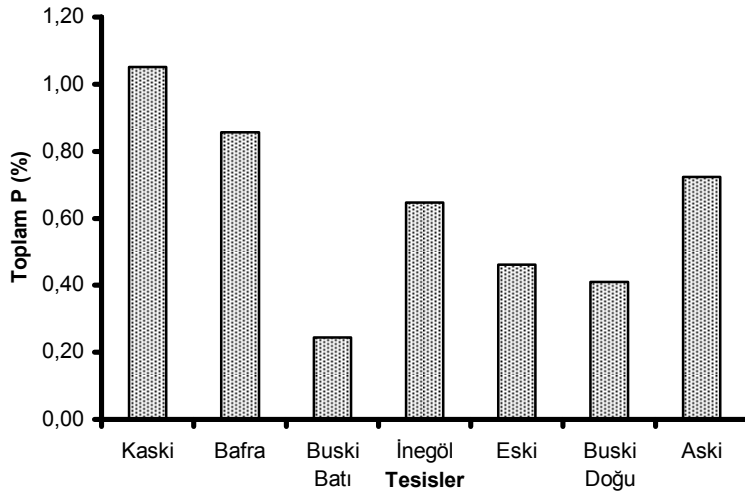
#### 4.6 Atıksu Arıtma Çamurlarının Fosfor Kapsamları

Tesislerin toplam fosfor içeriklerinin, toplam azot gibi birbirlerinden oldukça farklı olduğu ve arıtma çamurlarının toplam fosfor içeriklerinin % 0.19 ile % 1.28 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Anaerobik çamur stabilizasyonu sistemi olan Buski Doğu ve Batı AAT' nde ortalama toplam fosfor içerikleri % 0.41 ve % 0.24 ile toplam azotdaki gibi diğer tesislere göre düşük olarak belirlenmiştir. En yüksek ortalama fosfor içeriğine % 1.05 ile Kaski AAT' nin sahip olduğu ve bunu sırasıyla Bafra, Aski, İnegöl ve Eski AAT' nin izlediği tesbit edilmiştir (Çizelge 4.6). Arıtma çamurlarının toplam fosforuyla ilgili varyans analizi sonuçlarına göre, zamana bağlı olarak toplam fosfordaki değişimler tesislerin tamamı % 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.6** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının fosfor kapsamları, %

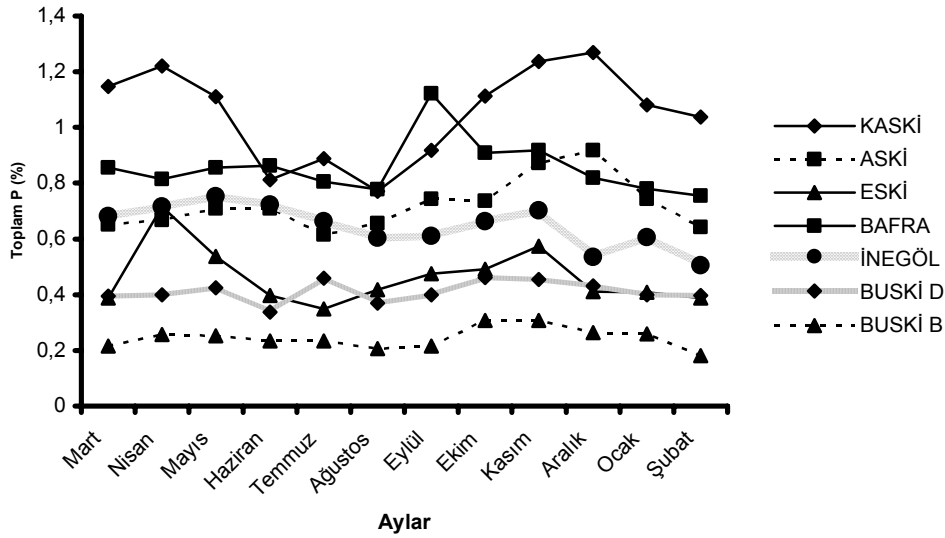
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	1.15bc	0.86bc	0.22bc	0.69bc	0.39e	0.40abc	0.66bc
Nisan	1.23bc	0.82cd	0.26ab	0.72abc	0.72a	0.40abc	0.67bc
Mayıs	1.12bcd	0.86bc	0.26ab	0.76a	0.54bc	0.43ab	0.71bc
Haziran	1.82a	0.87bc	0.24bc	0.73ab	0.40e	0.34c	0.71bc
Temmuz	0.89ef	0.81cd	0.24bc	0.67cd	0.35e	0.47a	0.62c
Ağustos	0.78f	0.78d	0.21bc	0.61e	0.42de	0.38bc	0.66bc
Eylül	0.92def	1.13a	0.22bc	0.62de	0.48cd	0.40abc	0.75b
Ekim	1.12bcd	0.91b	0.31a	0.67bcd	0.50c	0.47a	0.74bc
Kasım	1.24bc	0.92b	0.31a	0.71abc	0.58b	0.46ab	0.88a
Aralık	1.28b	0.82cd	0.27ab	0.54f	0.42de	0.44ab	0.92a
Ocak	1.09bcde	0.79d	0.26ab	0.61e	0.41de	0.40abc	0.75b
Şubat	1.04cde	0.76d	0.19c	0.51f	0.39e	0.40abc	0.65bc
<b>Minimum</b>	0,78	0,76	0,19	0,51	0,35	0,34	0,62
<b>Maksimum</b>	1,28	1,13	0,31	0,76	0,72	0,47	0,92
<b>Ortalama</b>	1,05	0,86	0,24	0,65	0,46	0,41	0,72

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01).



Şekil 4.11 Atıksu arıtma tesislerinin fosfor kapsamı

Bu bulgulara benzer sonuçları Katkat vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada bulmuşlar ve gıda sanayi arıtma tesisi çamurunun altı aylık periyottaki toplam fosfor içeriklerinin % 0.81-1.15 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine, Özdemir vd. (2005), Kaski AAT arıtma çamurunda fosforun % 0.42 olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 4.12 Aylara göre arıtma çamurlarının fosfor kapsamlarındaki değişimler

#### 4.7 Atıksu Arıtma Çamurlarının Potasyum Kapsamları

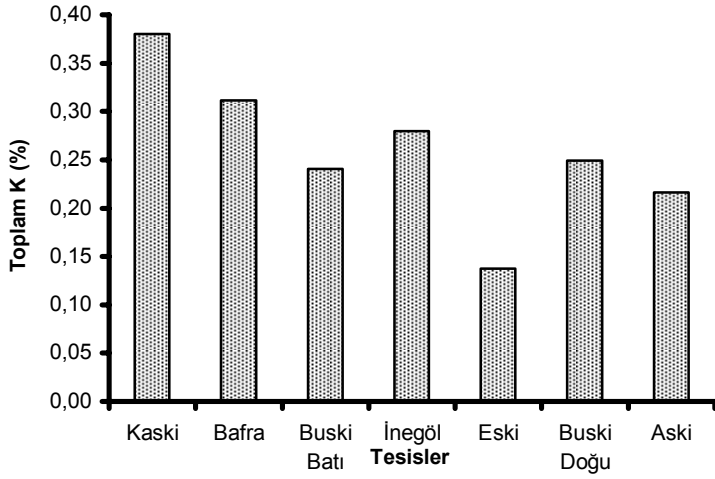
Atıksu Arıtma Tesislerinin potasyum içerikleri Çizelge 4.7’ de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde ortalama % 0.14 ile Eski AAT’ nin en düşük potasyum içeriğine sahip olduğu, % 0.38 ile Kaski AAT’ nin en yüksek potasyum içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Tesislerin tümünde genel olarak potasyum kapsamının düşük olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.7** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının potasyum kapsamları, %

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	0.46c	0.43a	0.24bc	0.37b	0.13bc	0.28a	0.20d
Nisan	0.40cde	0.44a	0.25ab	0.48a	0.16ab	0.27ab	0.21cd
Mayıs	0.47bc	0.37b	0.23bc	0.44a	0.17a	0.24d	0.22bcd
Haziran	0.31fg	0.37b	0.25ab	0.25cd	0.16ab	0.26bc	0.23bcd
Temmuz	0.25g	0.30c	0.30a	0.29c	0.16ab	0.24d	0.26ab
Ağustos	0.26g	0.20e	0.27ab	0.21de	0.13bc	0.24d	0.29a
Eylül	0.23g	0.30c	0.19c	0.17e	0.13bc	0.24d	0.25abc
Ekim	0.34ef	0.25d	0.24bc	0.16e	0.13bc	0.28a	0.20d
Kasım	0.43cd	0.23de	0.27ab	0.25cd	0.17a	0.28a	0.19d
Aralık	0.54ab	0.30c	0.24bc	0.25cd	0.12c	0.22e	0.18d
Ocak	0.37def	0.32c	0.22bc	0.28cd	0.12c	0.27ab	0.18d
Şubat	0.56a	0.29c	0.25ab	0.25cd	0.14abc	0.25cd	0.26ab
<b>Minimum</b>	0,23	0,20	0,19	0,16	0,12	0,22	0,18
<b>Maksimum</b>	0,56	0,44	0,30	0,48	0,17	0,28	0,29
<b>Ortalama</b>	0,38	0,31	0,24	0,28	0,14	0,25	0,22

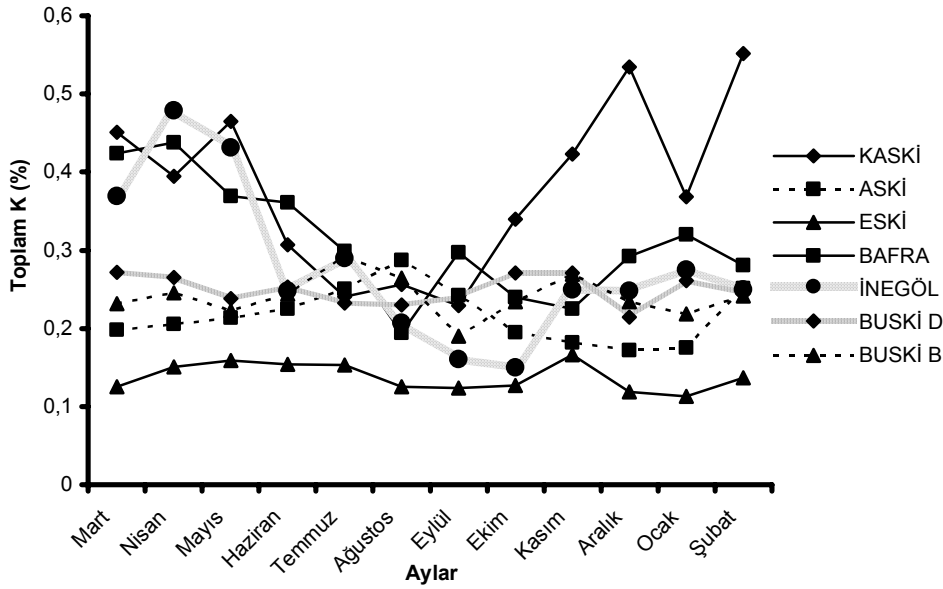
Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ ).

Atıksu Arıtma Tesisleri aylık çamur örneklerinin potasyum içerikleri değerlendirildiğinde Aski’ de % 0.18- 0.29, Kaski’ de % 0.23-0.56, İnegöl’ de % 0.16- 0.48, Eskişehir’ de % 0.12-0.17, Bafra’ da % 0.20-0.44, Bursa Doğu’ da % 0.22-0.28 ve Bursa Batı’ da % 0.19-0.30 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değişimin tesislerin tamamında istatistiksel olarak % 0.01 düzeyinde önemli bulunduğu Çizelge 4.7’ den anlaşılmaktadır.



Şekil 4.13 Atıksu arıtma tesislerinin potasyum kapsamaları

Atıksu arıtma çamurlarının potasyum kapsamalarının yıl içerisindeki dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.14) genel olarak yaz aylarında bir düşüş yaşandığı görülmektedir. Ancak Bursa tesislerinin her ikisinde de yıl içerisindeki dağılımın diğer tesislere göre daha stabil olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.14 Aylara göre arıtma çamurlarının potasyum kapsamlarındaki değişimler

#### 4.8 Atıksu Arıtma Çamurlarının Bakır Kapsamları

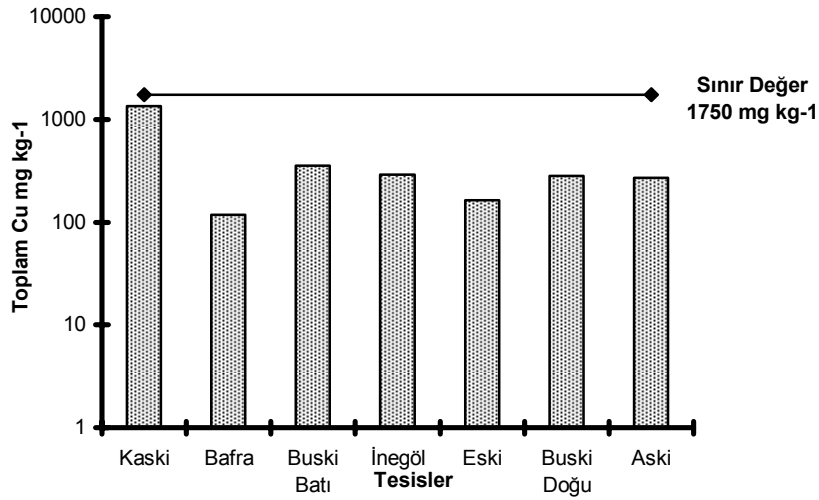
Arıtma tesisleri çamurlarının toplam bakır içerikleri incelendiğinde (Çizelge 4.8, Şekil 4.15), metal sanayinin olduğu Kayseri ilindeki Kaski AAT' nin 1345 mg kg<sup>-1</sup> ortalama ile en yüksek bakır değerine sahip tesis olduğu görülmektedir. Buski Batı , İnegöl, Buski Doğu, Aski, Eski AAT'nde bu değerler sırasıyla, 353, 292, 284, 271, 163 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Diğer ağır metallerin de düşük miktarlarda tesbit edildiği Bafra AAT' nde ortalama bakır içeriği de 119 mg kg<sup>-1</sup> ile en düşük bulunmuştur. Arıtma çamurlarının bakır kapsamları ile ilgili varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, zamana bağlı olarak toplam bakırdaki değişimler Buski Batı AAT'nde tesadüften ileri gelirken, diğer tesislerde % 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.8** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının bakır kapsamları, mg kg<sup>-1</sup>

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	690f	92.5e	346	309bc	162bcd	272cd	269de
Nisan	708f	96.8de	354	327a	176b	285abc	280cd
Mayıs	770f	111bc	372	311b	155bcd	280c	267e
Haziran	1076e	131a	332	283efg	162bcd	277c	280cd
Temmuz	1745bc	135a	361	289def	167bc	284bc	310a
Ağustos	1285de	133a	355	295de	161bcd	310a	284c
Eylül	2177a	108cd	354	298cd	162bcd	249d	312a
Ekim	1463cd	136a	404	295de	176b	282c	298b
Kasım	1283de	135a	340	285efg	138de	291abc	260ef
Aralık	1451cd	120b	326	274g	208a	286abc	255f
Ocak	1682bc	114bc	339	276fg	131e	278c	239g
Şubat	1808b	112bc	357	259h	151cde	309ab	199h
<b>Minimum</b>	690	92.5	326	259	131	249	199
<b>Maksimum</b>	2177	136	404	327	208	310	312
<b>Ortalama</b>	1345	119	353	292	163	284	271

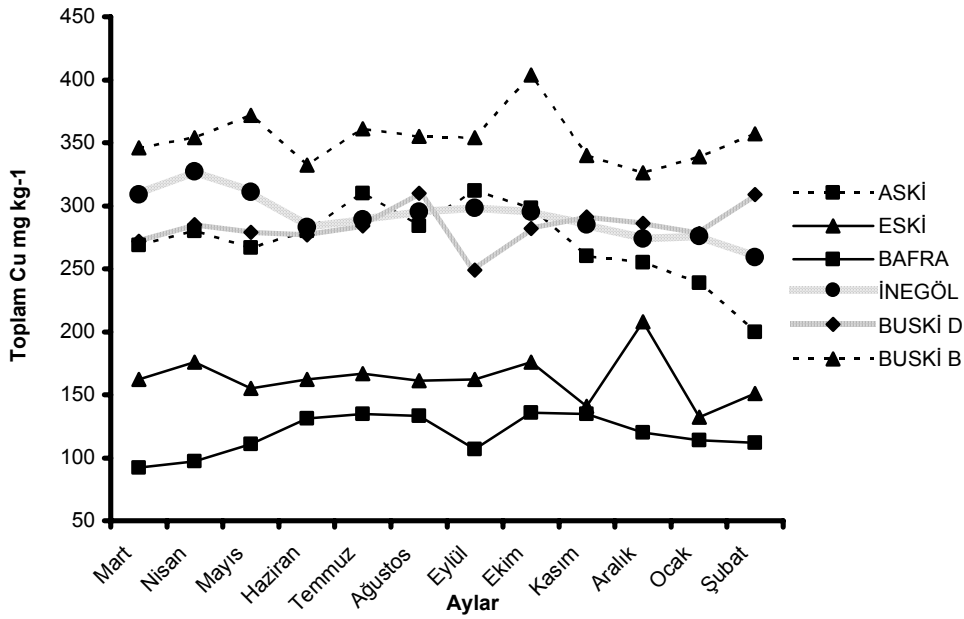
Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01)

İncelenen arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı düşünüldüğünde, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen, toprakta kullanılacak arıtma çamurlarında izin verilen maksimum ağır metal sınır değerlerinin aşılmaması gerekmektedir. Atıksu arıtma tesislerinin tümünde yönetmelikte verilen 1750 mg kg<sup>-1</sup> bakır sınır değerinin aşılmadığı Şekil 4.15' te görülmektedir.



Şekil 4.15 Atıksu arıtma tesislerinin bakır kapsamaları

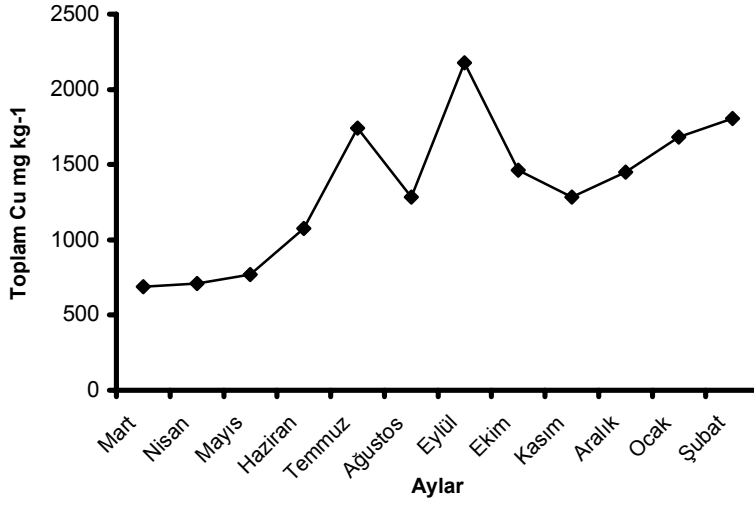
Tesislerde zamana bağlı bakır kapsamlarındaki değişimlere bakıldığında ise, bu değerlerin Aski' de 200-312, İnegöl' de 259-327, Eski' de 131-208, Bafra' da 92.5-136, Buski Doğu' da 249-310, Buski Batı Tesisi'nde ise 326-404 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği Şekil 4.16' da görülmektedir.



Şekil 4.16 Aylara göre arıtma çamurlarının bakır kapsamlarındaki değişimler

Bu bulguları destekleyen sonuçları Bilgin vd. (2002) yaptıkları bir çalışmada tesbit etmişler, Ankara, Düzce, Tarsus ve Gaziantep AAT'nden alınan arıtma çamurlarının toplam bakır içeriklerinin sırasıyla 286, 209, 106 ve 148 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu ortaya koymuşlardır.





**Şekil 4.17** Aylara göre Kaski AAT arıtma çamurlarının bakır kapsamlarındaki değişimler

Tesislerin ortalama bakır değerlerinin, yönetmelikte verilen  $1750 \text{ mg kg}^{-1}$  bakır sınır değerini aşmadığı, fakat aylara bağlı değişimler göz önünde bulundurulduğunda (Şekil 4.17), Kaski AAT' de,  $2177 \text{ mg kg}^{-1}$  ile Eylül ayında,  $1808 \text{ mg kg}^{-1}$  ile Şubat ayında bu sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir.

Çoğunluğunu mobilya sanayinin oluşturduğu Kayseri Organize Sanayi Sitesi'nde, ayrıca halı, deri, gıda, maden, cam sanayi ve enerji üretme tesislerinin de bulunması ve bu tesislerin ön arıtmasının olmaması nedeniyle, atıksularını Kaski kanalizasyonuna deşarj etmeleri ve kanalizasyona atıksu deşarjı yapan 5 adet metal ve 4 adet tekstil sanayinin de mevcut olması, bakır, çinko, nikel ve krom gibi ağır metallerin bu tesise ait arıtma çamurunda yüksek oranlarda bulunmasına sebep olmaktadır.

#### 4.9 Atıksu Arıtma Çamurlarının Çinko Kapsamları

Atıksu arıtma tesislerinden alınan çamurların toplam çinko kapsamlarının yıllık ortalama değerleri Çizelge 4.9' da, aylara bağlı dağılımları ise Şekil 4.19 ve 4.20' de verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde arıtma tesislerindeki toplam çinko içeriklerinin  $437\text{-}9132 \text{ mg kg}^{-1}$  gibi geniş bir aralıkta değişim gösterdiği, İnegöl ve Bafra tesislerinde ortalama toplam çinkonun sırasıyla  $510$  ve  $543 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri ile diğer tesislerden daha düşük olduğu görülmektedir.

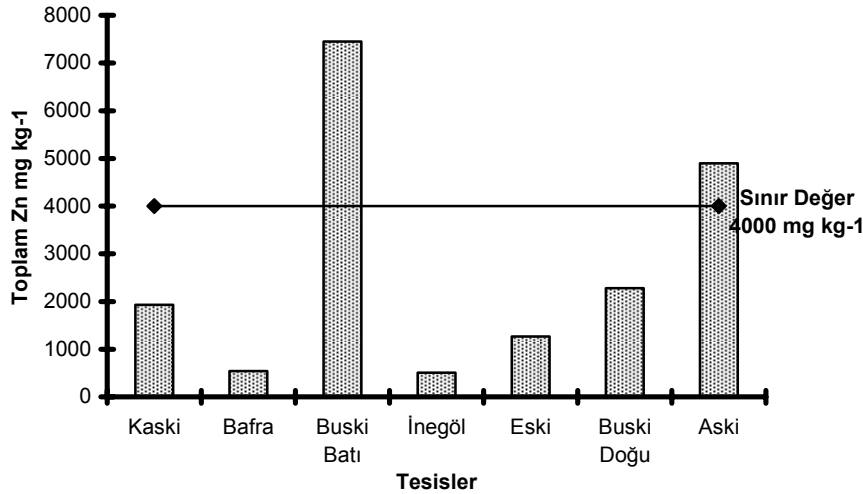
Bu durumun çamurda zamana bağlı olarak değişebilen ağır metal konsantrasyonlarının evsel, endüstriyel, tarımsal faaliyetler ve arıtım proseslerine bağlı olduğu söylenebilir.

**Çizelge 4.9** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının çinko kapsamı, mg kg<sup>-1</sup>

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	1639d	467d	7574bc	481cdef	1172c	2224bc	3390f
Nisan	1670d	462d	7409bc	498cdef	1196c	2394b	4059e
Mayıs	1834bcd	501c	7257bc	529bcd	851d	2382b	3652f
Haziran	1798cd	504c	7400bc	541bc	1172c	2205bc	4182e
Temmuz	2208a	641a	6203d	547bc	1588b	2137bc	5738bc
Ağustos	2123ab	557b	7330bc	610a	2174a	2276bc	5434c
Eylül	2176a	556b	7470bc	563ab	1440bc	2743a	5920b
Ekim	2024abc	655a	7622b	504bcde	1209c	2025c	4940d
Kasım	2145ab	653a	7267bc	459ef	1563b	2256bc	6363a
Aralık	1888abcd	458d	7088c	468def	1254c	2219bc	5436c
Ocak	1846bcd	552b	9132a	483cdef	711d	2156bc	5586bc
Şubat	1774cd	525c	7656b	437f	885d	2321bc	4105e
<b>Minimum</b>	1639	458	6203	437	711	2025	3390
<b>Maksimum</b>	2208	655	9132	610	2174	2743	6363
<b>Ortalama</b>	1927	543	7451	510	1268	2278	4900

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01)

İstatistikî analiz sonuçlarına göre toplam çinko değerlerinin aylara göre değişiminin tesislerin tamamında p<0.01 seviyesinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.9).

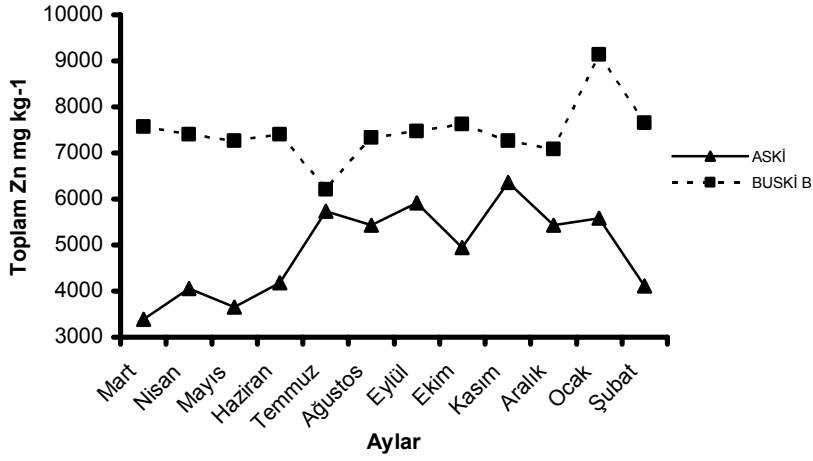


**Şekil 4.18** Atıksu Arıtma Tesislerinin çinko kapsamı

Şekil 4.18' e bakıldığında tesislerin yıl içerisindeki ortalama çinko içeriklerinin, 4000 mg kg<sup>-1</sup> toksiklik sınır değeri ile karşılaştırıldığı zaman, bu değer, 4900 mg kg<sup>-1</sup> ile

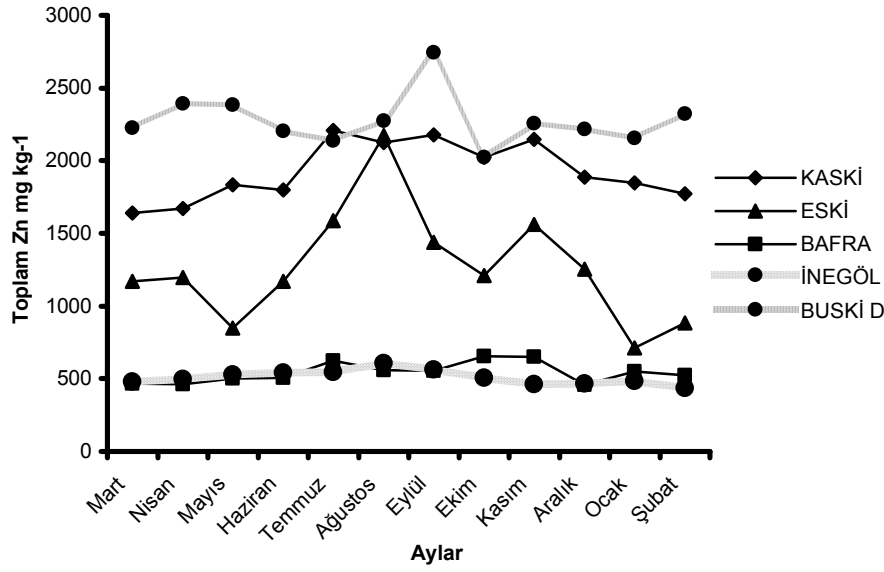
Aski AAT' nde,  $7451 \text{ mg kg}^{-1}$  ile Buski Batı AAT' nde aşıldığı görülmektedir. Şekil 4.18' de verilen Aski ve Buski Batı tesislerindeki aylık çinko değerlerinin yönetmelik sınır değeri ile karşılaştırıldığı zaman ise Buski Batı tesisinde ayların tamamında yönetmelik değeri aşılırken, Aski tesisinde Mart ve Mayıs aylarının dışında kalan dönemlerde, bu sınır değerini aşıldığı görülmektedir.

Güneri (2003), tarafından yapılan bir çalışmada kullanılan Aski AAT' ne ait arıtma çamurunun toplam çinko içeriğinin, aynı şekilde  $8458 \text{ mg kg}^{-1}$  ile yönetmelik sınır değerinin çok üzerinde olduğu vurgulanmıştır.



**Şekil 4.19** Aylara göre Buski Batı ve Aski arıtma çamurlarının çinko kapsamındaki değişimler

İçeriğinde çinkoyu diğer elementlerden daha fazla bulunduran arıtma çamurlarının tarımda kullanılması, özellikle düşük pH' lı topraklarda çinko içeriğine büyük ölçüde etki etmektedir. Mays *et al.* (1973), kentsel katı atıklar ve atık çamurlarla oluşturulan kompostun, birkaç yıl boyunca, toplam birkaç yüz  $\text{Mg ha}^{-1}$  oranlarında uygulandığı taktirde, çinkonun potansiyel toksik miktarının toprakta akümüle edilebileceğini ifade etmişlerdir.



Şekil 4.20 Aylara göre arıtma çamurlarının çinko kapsamlarındaki değişimler

Uzun yıllar işlenen topraklarda Zn ve Cu gibi iz elementlerin sık sık eksikliğinin ortaya çıkabileceği Martens and Westermann (1991) ve arıtma çamuru uygulamalarının bu metallere eksikliğini gidermede yardımcı olabileceği Logan and Chaney (1983) tarafından bildirilmiştir.

Türkiye topraklarının % 49.83' ünün çinko kapsamının  $0.5 \text{ mg kg}^{-1}$  kritik değerin altında olduğu, Eyüpoğlu vd. (1998) tarafından ifade edilmiştir. Çinko içeriği yüksek olan arıtma çamurlarının, içeriğindeki diğer ağır metaller dikkate alınarak uygulanması, ülkemiz toprakları için avantajlı bir durum oluşturabilecektir.

#### 4.10 Atıksu Arıtma Çamurlarının Kadmiyum Kapsamları

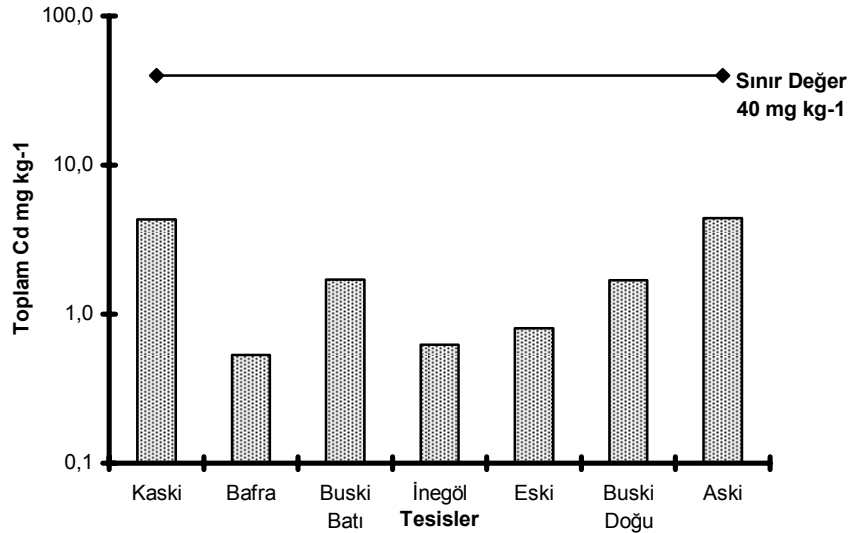
Arıtma tesisleri çamurlarının kadmiyum içerikleri incelendiğinde (Çizelge 4.10, Şekil 4.21), Aski ve Kaski tesislerindeki kadmiyum değerlerinin birbirine yakın ve  $4.43, 4.33 \text{ mg kg}^{-1}$  ortalamalar ile en yüksek içeriklere sahip tesisler olduğu anlaşılmaktadır. Buski Batı ve Doğu, Eski, İnegöl, Bafra AAT' nde bu değerler sırasıyla,  $1.70, 1.69, 0.80, 0.63$  ve  $0.53 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. İnegöl ve Bafra tesislerinde kadmiyumun diğer tesislerden daha düşük ve aylar arasında bir stabilite gösterdiği Şekil 4.22 ve 4.23' de

görülmektedir. Tesislerin tamamında toplam kadmiyum içeriklerinin aylara bağlı olarak 0.40-7.51 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği ve bu değişimlerin istatistiki anlamda p<0.01 seviyesinde önemli olduğu Çizelge 4.10’ da görülmektedir.

**Çizelge 4.10** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kadmiyum kapsamları, mg kg<sup>-1</sup>

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	4.01d	0.50abc	1.65bcd	0.66ab	1.00bc	1.90a	3.76e
Nisan	5.16bc	0.50abc	1.55cde	0.70a	1.06b	1.90a	4.40d
Mayıs	4.66cd	0.60a	1.85b	0.70a	0.86cd	1.85ab	3.45f
Haziran	5.81b	0.60a	1.80b	0.70a	0.81cde	1.70bc	3.30f
Temmuz	4.91c	0.60a	1.85b	0.70a	0.81cde	1.90a	4.95c
Ağustos	5.76b	0.60a	1.70bcd	0.70a	0.71def	1.70bc	4.85c
Eylül	7.51a	0.45bc	1.75bc	0.60abc	0.71def	1.35e	5.80a
Ekim	4.86c	0.60a	1.50de	0.55bc	1.26a	1.50de	5.00c
Kasım	2.86e	0.55ab	1.75bc	0.55bc	0.81cde	1.65cd	5.50b
Aralık	2.21ef	0.40c	1.20f	0.50c	0.61ef	1.55cd	4.55d
Ocak	2.06f	0.50abc	2.50a	0.55bc	0.56f	1.50de	4.30d
Şubat	2.21ef	0.45bc	1.35ef	0.60abc	0.56f	1.50de	3.20f
<b>Minimum</b>	2,06	0,40	1,20	0,50	0,56	1,35	3,20
<b>Maksimum</b>	7,51	0,60	2,50	0,70	1,26	1,90	5,80
<b>Ortalama</b>	4.33	0.53	1.70	0.63	0.80	1.69	4.43

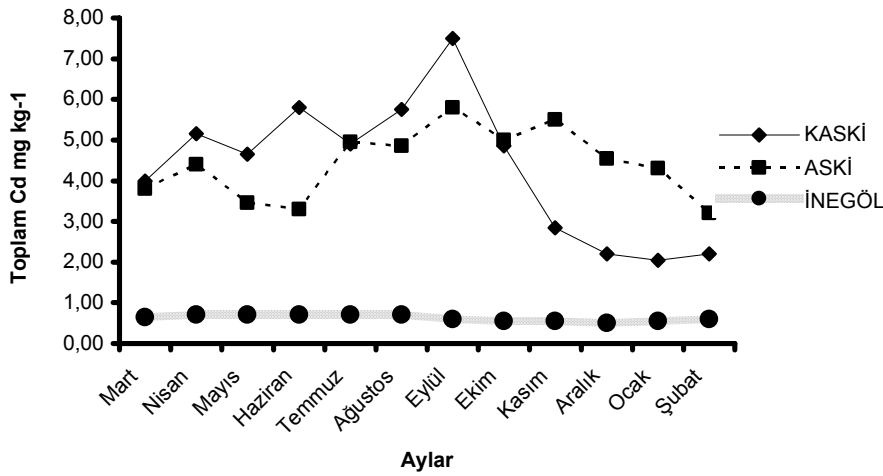
Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01)



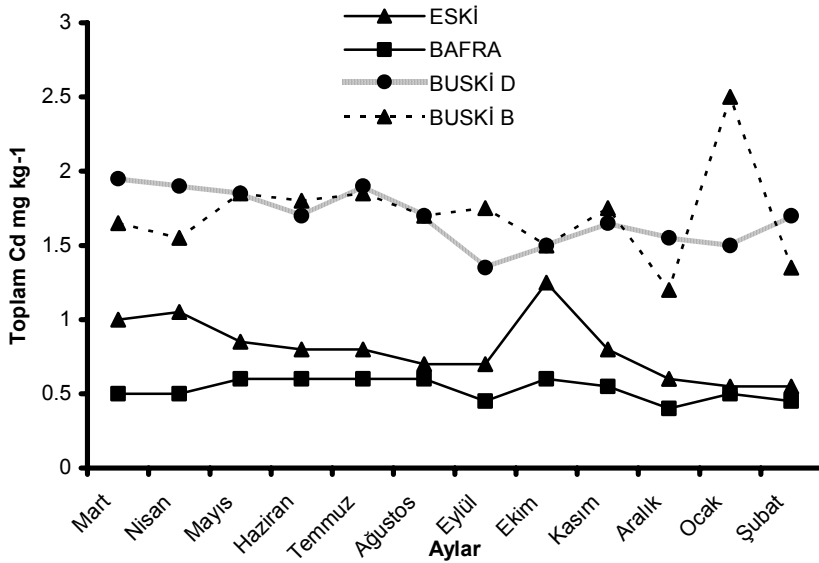
**Şekil 4.21** Atıksu Arıtma Tesislerinin kadmiyum kapsamları

Atıksu arıtma tesislerinin toplam kadmiyum içeriklerinin, TKKY’ nde kadmiyum için verilen 40 mg kg<sup>-1</sup> toksiklik sınır değerinin altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.21).

Kaski AAT' de toplam kadmiyumun 2.05-7.50 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermesi ve içeriğin diğer tesislerden yüksek olmasına Kayseri' deki deterjan ve kimya sanayinin etkili olduğu düşünölmektedir. Kaski tesisinde fosfor giderimi olmasına rağmen, diğer tesislere göre toplam fosforunda yüksek olması aynı nedene bağlanabilir. Çünkü günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel-kadmiyum pillerde korozyona karşı dayanım nedeniyle çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde, kadmiyum empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunmaktadır.



Şekil 4.22 Aylara göre Kaski, Aski, İnegöl AAT arıtma çamurlarının kadmiyum kapsamlarındaki değişimler



Şekil 4.23 Aylara göre arıtma çamurlarının kadmiyum kapsamlarındaki değişimler

Yapılan çalışmalarda Özdemir vd. (2005), Kaski AAT arıtma çamurunun toplam kadmiyum içeriğinin  $14.6 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu, Karuç vd. (2001) yaptıkları başka bir çalışmada ise, Aski AAT' ne ait arıtma çamurunun yıl içerisinde farklı tarihlerde yapılan örneklemelelerinde toplam kadmiyumun  $8.50-15.6 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Aski, Kaski, İnegöl AAT arıtma çamurlarında daha önce yapılan çalışmalardaki kadmiyum değerlerinin farklı olması, çamurda zamana bağlı olarak değişebilen ağır metal konsantrasyonlarının evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere (özellikle fosforlu gübreleme, pestisit kullanımı ) bağlı olduğu söylenebilir.

#### **4.11 Atıksu Arıtma Çamurlarının Krom Kapsamları**

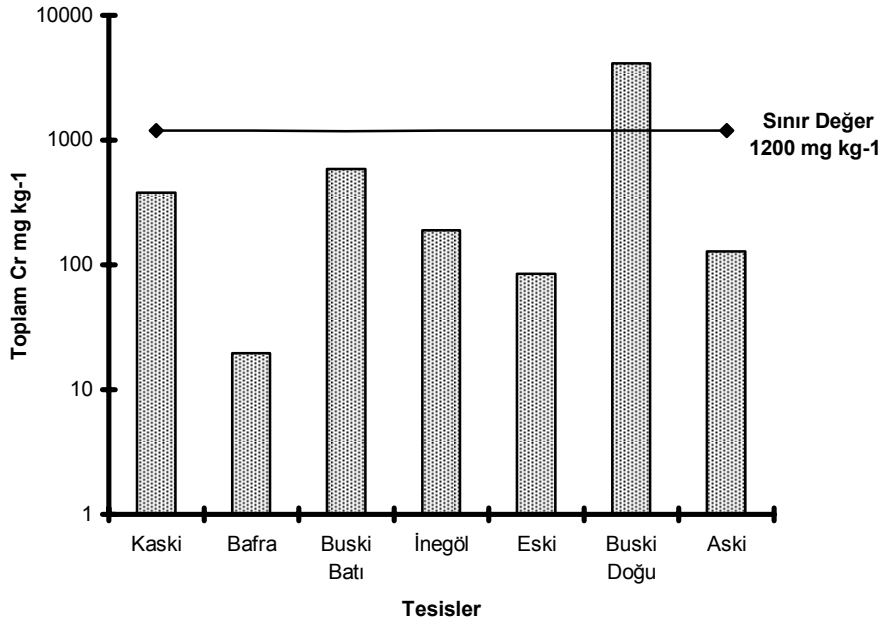
Atıksu arıtma tesislerinden alınan arıtma çamurlarının toplam krom kapsamlarının yıllık ortalama değerleri Şekil 4.24' te, yıl içerisindeki aylara bağlı dağılımlar ise Çizelge 4.11' de verilmiştir. Bafra AAT arıtma çamurunda toplam krom değerlerinin diğer tesislerden oldukça düşük olduğu ve toplam kromun  $16.4-29 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiği, Eski AAT' de  $56.4-123 \text{ mg kg}^{-1}$  değerleri ile geniş bir aralıkta değişimin olduğu, Aski AAT' nin  $107-152 \text{ mg kg}^{-1}$  toplam krom içeriği ile aylar arasında daha stabil bir değişim gösterdiği, İnegöl tesisinde ise krom değerlerinin biraz daha yükselerek  $160-210 \text{ mg kg}^{-1}$  a ulaştığı Şekil 4.25' te görülmektedir. Kaski AAT' de toplam krom içerikleri  $213$  ile  $544 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterirken Ağustos ayında bu değer yükselerek  $602 \text{ mg kg}^{-1}$  a ulaştığı, Buski Batı tesisinde ise ayların tamamında stabil bir yüksekliğin olduğu ( $532-688 \text{ mg kg}^{-1}$ ) Şekil 4.26' nın incelenmesinden anlaşılmaktadır. Buski Doğu tesisinde ise tüm aylarda toplam kromun yüksek olduğu (Şekil 4.27) ve bu değer yıllık ortalama  $4114 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11).

Arıtma çamurlarının toplam krom değerleri ile ilgili varyans analizi çizelgesi değerlendirildiğinde, zamana bağlı olarak toplam kromdaki bu değişimlerin tesislerin tamamında  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının krom kapsamları, mg kg<sup>-1</sup>

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	213h	18.9c	575bcd	171f	80.9cd	4643ab	113d
Nisan	261g	19.4c	576bcd	198d	72.5de	4862ab	129c
Mayıs	312f	18.6c	630b	212a	75.6cde	4792ab	139b
Haziran	254g	24.5b	544d	209ab	79.9cd	3982cde	115d
Temmuz	391d	29.0a	583bcd	211ab	123a	5202a	152a
Ağustos	602a	19.1c	688a	205bc	84.6c	3877de	148a
Eylül	544b	18.5c	532d	199cd	103b	2455g	130c
Ekim	432c	17.5c	561cd	180e	80.8cd	3104f	115d
Kasım	404cd	17.9c	574bcd	181e	100b	3894de	128c
Aralık	414cd	19.0c	575bcd	181e	99.0b	3665ef	139b
Ocak	351e	16.6c	616bc	179e	56.4f	4348bcd	125c
Şubat	383d	16.4c	574bcd	160g	68.3e	4542bc	108e
<b>Minimum</b>	213	16.4	532	160	56.4	2455	108
<b>Maksimum</b>	602	29.0	688	212	123	5202	152
<b>Ortalama</b>	380	19.7	586	190	85,3	4114	128

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01)



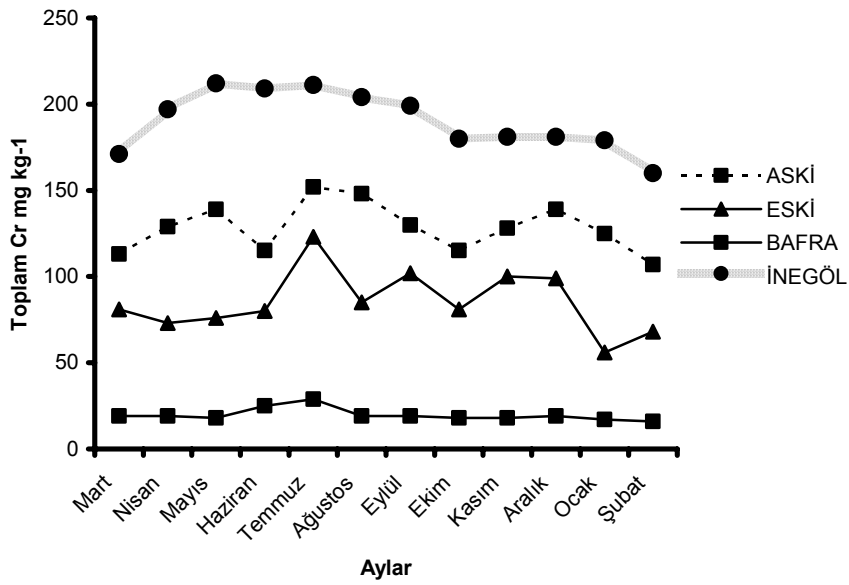
**Şekil 4.24** Atıksu Arıtma Tesislerinin krom kapsamları

Atıksu Arıtma Tesisleri' nin yıl içindeki ortalama krom değerlerine bakıldığında, Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği' nde verilen 1200 mg kg<sup>-1</sup> krom sınır değerinin Buski Doğu AAT'nde yüksek miktarlarda aşıldığı görülmektedir (Şekil 4.24).

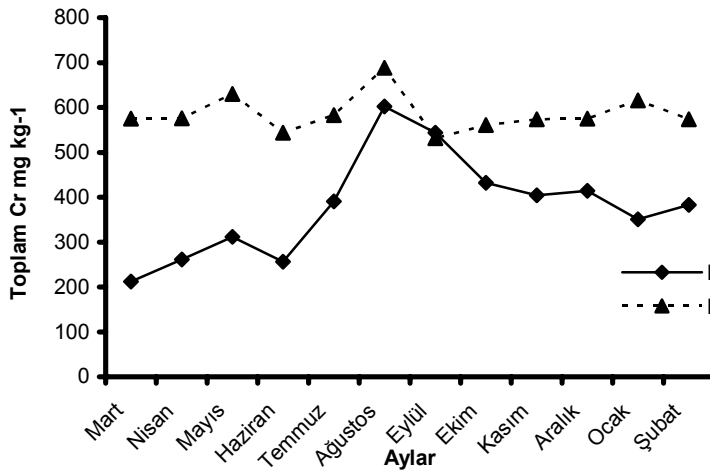


Kaski ve Buski Batı tesislerinde ise yıl içerisinde ortalama krom değerlerinin, yönetmelik sınır değerini geçmesede, sırasıyla 380 ve 586 mg kg<sup>-1</sup> ile yüksek olduğu ve bu tesisleri İnegöl, Aski, Eski ve Bafra AAT' nin izlediği belirlenmiştir.

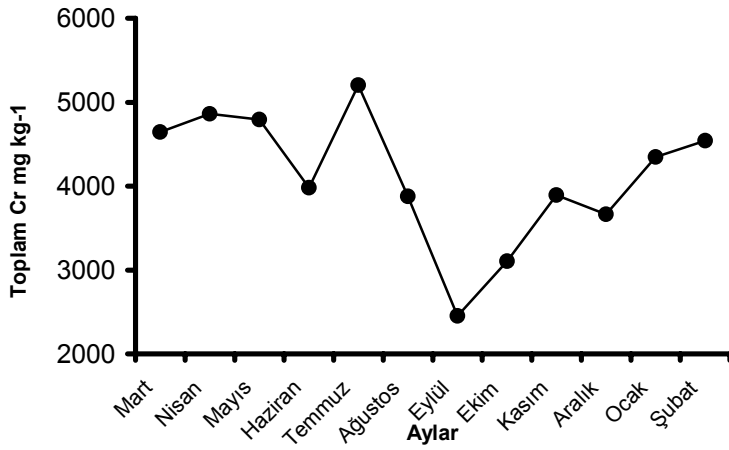
Sanayinin yoğun olduğu Kayseri ili için, 2004 yılı ÇED Raporu'nda Kaski kanalizasyonuna atıksu deşarjı yapan sanayi tesislerinin tekstilde 4, metalde 5 adet olmak üzere toplam 9 adet olduğu ifade edilirken, Kaski ve Buski Doğu AAT' ndeki krom değerlerinin yüksek olmasında bu illerdeki tekstil, özellikle deri ve metal sanayinin rolünün büyük olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.25 Aylara göre arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler



Şekil 4.26 Aylara göre Kaski ve Buski Batı AAT arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler



**Şekil 4.27** Aylara göre Buski Doğu AAT arıtma çamurlarının krom kapsamlarındaki değişimler

Aydınalp (1997), tarafından yapılan bir çalışmada, Buski Atıksu Arıtma Tesisleri' nin arıtım suyunu deşarj ettiği Nilüfer Çayı' nın akış istikameti boyunca altı noktasından alınan su örneklerinde pH' nın 7.04' ten 6.62' ye düştüğü ve içerisindeki Ag, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Ni, Pb, U ve Zn konsantrasyonlarında bir artışın meydana geldiği ve elde edilen bu bulgularla yöredeki bu su kaynaklarının ciddi bir şekilde kentsel ve sanayi kökenli atıklarla kirletildiği ve bu su kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanılmasından dolayı çevre için tehlike arz eden bu elementlerin besin zincirine de girmesiyle uzun vadede sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olunabileceği bildirilmiştir.

#### 4.12 Atıksu Arıtma Çamurlarının Nikel Kapsamları

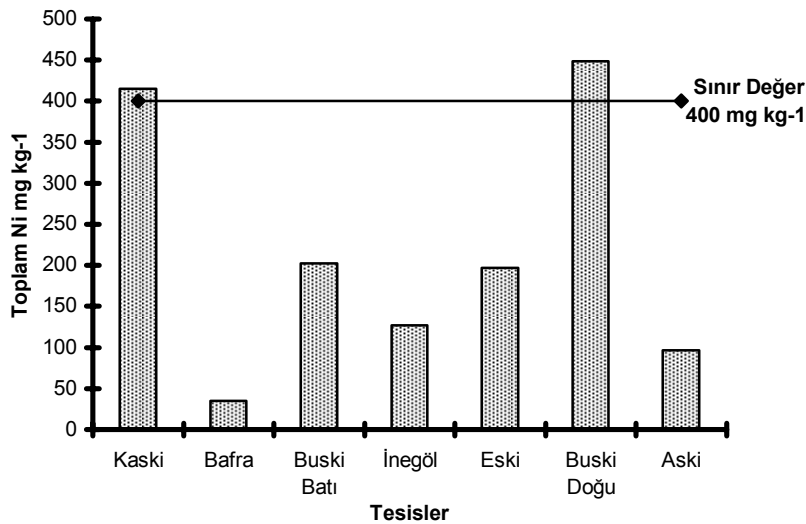
Araştırmaya konu olan atıksu arıtma tesislerinden alınan arıtma çamurlarının toplam nikel içeriklerinin aylara bağlı değişimleri Çizelge 4.12 ve tesislerin yıl içerisindeki ortalama nikel dağılımları ise Şekil 4.28' de verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde yıllık nikel içeriklerinin Buski Doğu ve Kaski tesislerinde ayların tamamında yüksek olduğu anlaşılmaktadır. İnegöl AAT' nde, toplam nikel içeriklerinin aylar arasında fazla değişim göstermediği ve değerlerin 120-135 mg kg<sup>-1</sup> arasında stabil bir izlenim gösterdiği, Bafra AAT' ndeki nikel değerlerinin 31-42 mg kg<sup>-1</sup> ile düşük olduğu ve bu tesisleri sırasıyla Aski ve Buski Batı tesislerinin takip ettiği görülmektedir

(Çizelge 4.12 ve Şekil 4.30). Eski ve Kaski AAT' nde ise bu değişimin aylar arasında çok dalgalanma gösterdiği ve toplam nikel içeriklerinin sırasıyla 117-322 ve 284-647 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği Şekil 4.29' da görülmektedir. Arıtma çamurlarında nikel ile ilgili varyans analiz sonuçlarına göre, aylar arasındaki bu değişimler p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.12** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının nikel kapsamları, mg kg<sup>-1</sup>

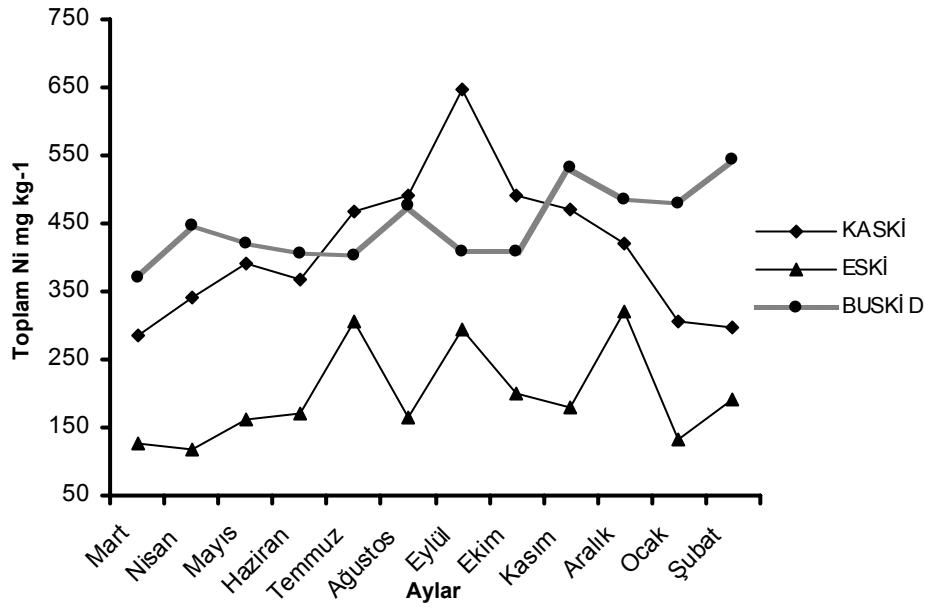
Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	284e	31.3c	157e	131ab	126gh	371e	86.9ef
Nisan	342de	31.0c	169de	132ab	117h	448bcd	87.8def
Mayıs	391bcde	31.5c	188cd	128bc	161f	420bcde	88.3de
Haziran	368cde	31.7c	189cd	125cde	170ef	405de	91.5d
Temmuz	469bc	39.7ab	201bc	131ab	305b	403de	137a
Ağustos	490b	42.0a	217ab	135a	164f	477abc	109b
Eylül	647a	33.4bc	217ab	132ab	293b	409de	107b
Ekim	491b	41.5a	226ab	120e	200c	408cde	96.8c
Kasım	470bc	40.0ab	216ab	122de	180de	531a	96.5c
Aralık	422bcd	33.2bc	200bc	122de	322a	486ab	89.3de
Ocak	307e	34.6abc	233a	126cd	133g	478ab	84.3f
Şubat	297e	31.5c	213abc	120e	192cd	544a	84.2f
<b>Minimum</b>	284	31.0	157	120	117	371	84.2
<b>Maksimum</b>	647	42.0	233	135	322	544	137
<b>Ortalama</b>	415	35,2	202	127	197	448	96,7

Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir (p < 0.01)

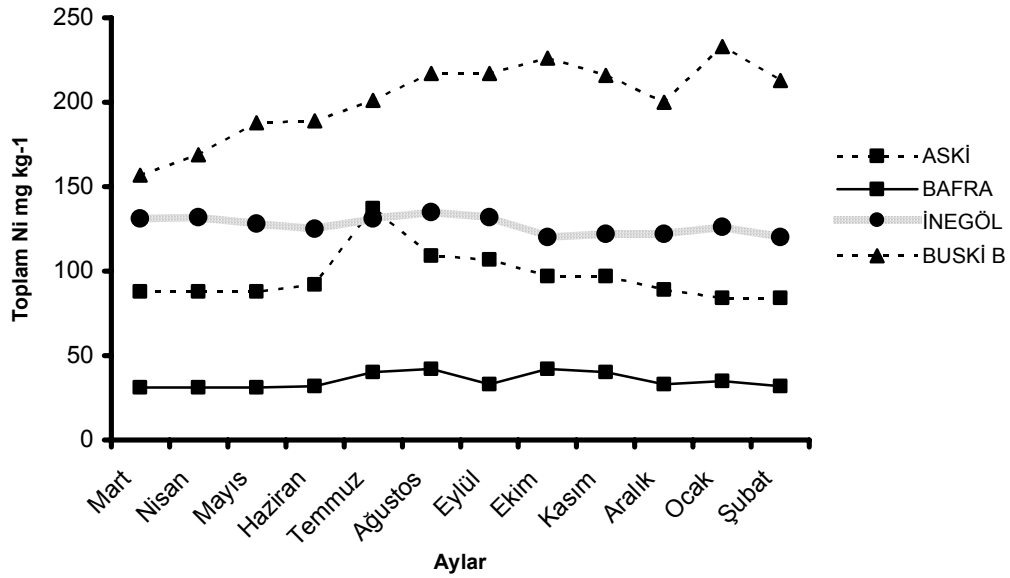


**Şekil 4.28** Atıksu Arıtma Tesislerinin nikel kapsamları

Tesislerin toplam nikel dağılımlarına bakıldığında Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen  $400 \text{ mg kg}^{-1}$  nikel sınır değerini,  $448 \text{ mg kg}^{-1}$  ile Buski Doğu AAT'nin ve  $415 \text{ mg kg}^{-1}$  ile Kaski AAT'nin aştığı belirlenmiştir (Şekil 4.28). Kaski AAT'nde yıl içindeki ortalama nikel değerinin, yönetmelik sınır değerini aşmış olduğu fakat aylara göre değerlendirildiği zaman, sadece, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında toplam nikel değerlerinin  $400 \text{ mg kg}^{-1}$  sınır değerinin altında kaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.12).



**Şekil 4.29** Aylara göre Kaski, Eski ve Buski Doğu AAT arıtma çamurlarının nikel kapsamlarındaki değişimler



**Şekil 4.30** Aylara göre arıtma çamurlarının nikel kapsamlarındaki değişimler

Öbek vd. (2004), tarafından yapılan, kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi arıtma çamurlarındaki ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada, belediye ve kesimhane AAT arıtma çamurlarında, TKKY nikel sınır değerinin aşıldığı ifade edilmektedir.

#### 4.13 Atıksu Arıtma Çamurlarının Kurşun Kapsamları

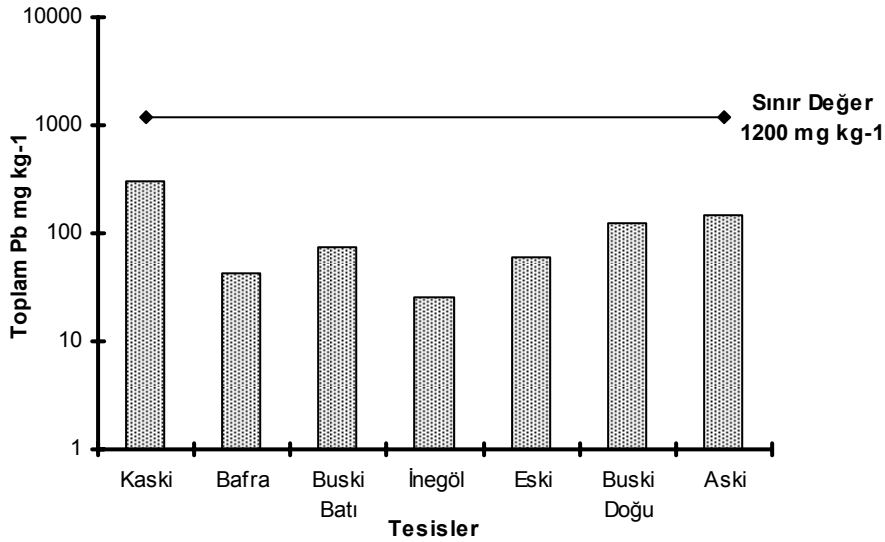
Atıksu arıtma tesislerinden alınan arıtma çamurlarının toplam kurşun kapsamlarının yıl içerisindeki aylara bağlı dağılımları Çizelge 4.13’ te verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi tesislerin yıllık ortalama kurşun değerlerinin, Kaski, Bafra, Buski Batı, İnegöl, Eski, Buski Doğu ve Aski tesislerinde sırasıyla, 301, 43.3, 73.3, 26.1, 58.8, 126 ve 146 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İnegöl AAT’nin diğer ağır metallerde olduğu gibi stabil bir görünüm çizdiği ve toplam kurşununun 20.5-31.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişen değerler ile en düşük kurşun içeriğine sahip tesis olduğu tesbit edilirken, Bafra ve Eski tesislerinin toplam kurşun içeriklerine bakıldığında aylar arasındaki değişim eğiliminin benzer olduğu Şekil 4.33’ de görülmektedir. Toplam kurşunun aylara bağlı değişimlerinin 220-390 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği Kaski AAT’ nde, kurşunun yıl içerisinde giderek yükselen bir eğilime sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.32).

Kaski AAT'nin dışında kalan tesislerin tamamında düşük olan toplam kurşun içeriklerinin aylara bağlı değişimlerine bakıldığında, bu değişimlerin, tesislerin tümünde  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.13** Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının kurşun kapsamı,  $\text{mg kg}^{-1}$

Aylar	Tesisler						
	Kaski	Bafra	Buski B	İnegöl	Eski	Buski D	Aski
Mart	220f	27.7f	61.5f	20.5c	52.6d	116d	156b
Nisan	241ef	34.0e	71.4bcd	21.2c	48.3e	126bc	165a
Mayıs	275de	40.2d	69.8cde	24.5abc	48.8e	116d	147cd
Haziran	271de	41.0d	62.2ef	22.5bc	54.9d	129abc	146cd
Temmuz	290cd	62.2a	68.4def	25.9abc	73.2a	131ab	146cd
Ağustos	293cd	55.0b	76.9bc	21.4c	66.0b	132ab	137e
Eylül	293cd	43.5cd	78.8b	25.7abc	64.2bc	110d	143d
Ekim	319bc	47.6c	75.5bcd	30.1ab	60.9bcd	123c	145cd
Kasım	323bc	47.0c	74.5bcd	31.5a	59.7cd	133ab	148cd
Aralık	334b	40.3d	73.6bcd	31.0a	59.1cd	136a	149c
Ocak	371a	43.4cd	86.9a	31.1a	57.4d	124c	137e
Şubat	390a	39.3de	78.5b	27.5abc	57.3d	136a	135e
<b>Minimum</b>	220	27.7	61.5	20.5	48.3	110	135
<b>Maksimum</b>	390	62.2	86.9	31.5	73.2	136	165
<b>Ortalama</b>	301	43.3	73.3	26.1	58.8	126	146

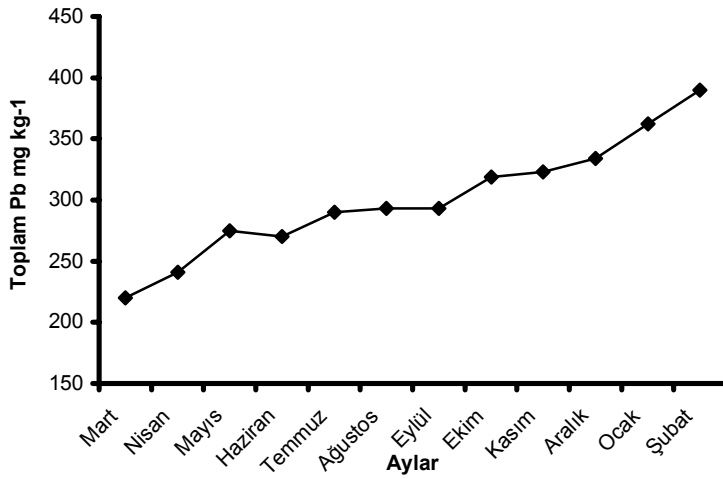
Her bir sütunda benzer harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan Testine göre önemli değildir ( $p < 0.01$ )



**Şekil 4.31** Atıksu Arıtma Tesislerinin kurşun kapsamı

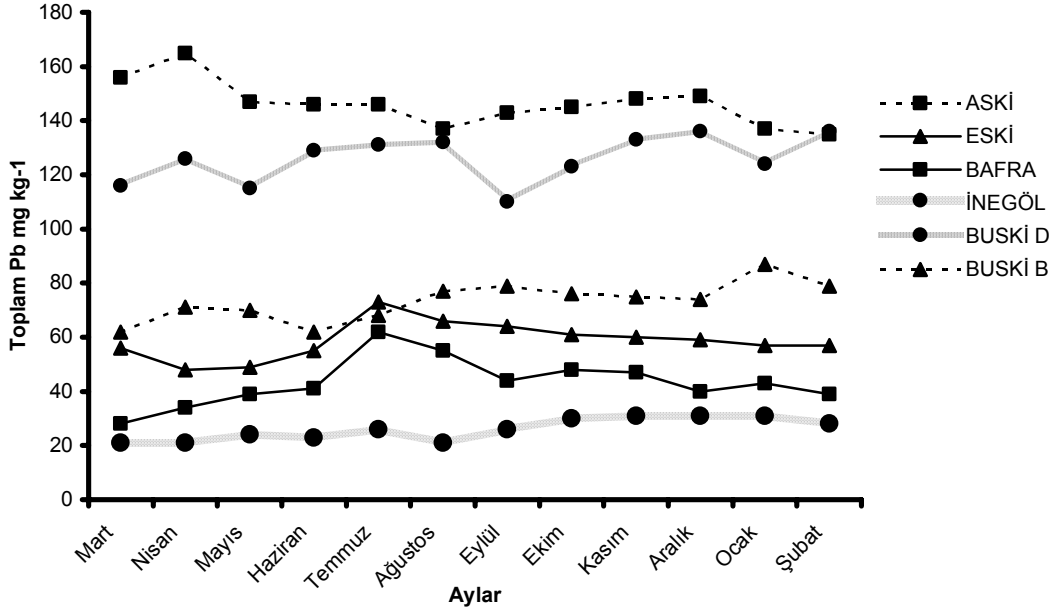
Tesislerin toplam kurşun içeriklerinin, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen  $1200 \text{ mg kg}^{-1}$  kurşun sınır değeri ile karşılaştırıldığında, tesislerin tamamında bu sınır değerin aşılmadığı Şekil 4.31' de görülmektedir.

Bu bulgulara benzer sonuçları Güçdemir vd. (2005), İnegöl AAT arıtma çamuru ile yaptıkları bir çalışmada bulmuşlar, farklı zamanlarda alınan arıtma çamuru örneklerinde toplam kurşun değerlerinin  $18.7, 32.9 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini ve toplam ağır metal içeriklerinin, mevsimlere ve fabrika atıklarındaki değişime bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen toksiklik sınır değerlerinin altında olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. 32 Aylara göre Kaski AAT arıtma çamurlarının kurşun kapsamındaki değişimler

Karuç vd. (2001) tarafından Aski AAT arıtma çamuru ile yapılan bir çalışmada toplam kurşunun  $168-246 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği ifade edilirken, Türkmen (2004), aynı tesisin arıtma çamurunda bu değerleri 2002 ve 2003 yıllarında sırasıyla  $74.04$  ve  $62.57 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ise Aski tesisine ait arıtma çamurunda yıllık ortalama kurşun değeri  $146 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13). Kaski tesisine ait arıtma çamurunun yıllık ortalama kurşun değeri  $301 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak tesbit edilirken (Çizelge 4.13) Özdemir vd. (2005) tarafından, aynı tesise ait arıtma çamurunun kurşun kapsamı,  $120 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak ifade edilmiştir. Atıksu arıtma tesisleri arıtma çamurlarının, zamana bağlı olarak değişebilen ağır metal konsantrasyonlarının evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak değişim gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.33 Aylara göre arıtma çamurlarının kurşun kapsamlarındaki değişimler



## 5. SONUÇ

Türkiyedeki bazı arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarının bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerinin yıl içerisindeki aylara bağlı değişimini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada Kayseri, Bafra, Bursa Batı, Bursa Doğu, İnegöl, Eskişehir, ve Ankara AAT olmak üzere 7 tesisten, 2005 yılının Mart ayı ile 2006 yılının Şubat ayı arasında kalan 12 aylık dönemde her ay arıtma çamuru örnekleri alınmıştır.

Arıtma çamuru örneklerinde, iklime, zamana ve tesislerdeki proseslere bağlı olarak kuru madde oranlarının değiştiği ve bu değerlerin Buski Doğu ve Batı tesislerinde düşük, diğer tesislerde birbirine benzer ve daha yüksek, organik madde kapsamının ise tesislerin tamamında yüksek olduğu görülmüştür.

Toplam azot kapsamının tesislerin tümünde yüksek olduğu ve bu yüksekliğin yaz aylarında daha da arttığı, aylar arasındaki bu değişimlerin % 1 seviyesinde önemli olduğu ve Bafra AAT' nde toplam azotun diğer tesislerden oldukça yüksek olduğu tesbit edilmiştir.

Tesislerin toplam fosfor ve potasyum içeriklerine bakıldığında, fosfor içeriklerinin arıtma çamurlarının genel içeriklerine göre yeterli fakat potasyum yönünden çamurların oldukça fakir olduğu, fosforun, Buski Doğu ve Batı tesislerinde diğer tesislere göre daha da düşük olduğu görülmüştür.

Yapılan çoğu çalışmalarda arıtma çamurlarının içerdiği yüksek tuzun, çamurların tarımda kullanımına gölge düşürdüğü ifade edilmektedir. Bu çalışmada da tesislerin tamamında, özellikle Bafra AAT' de tuz içeriklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Arıtma çamurlarının kullanımını sınırlayan en önemli etmenlerden biriside içerdiği ağır metallerdir. Arıtma çamurlarının tarımsal amaçlı kullanımı düşünüldüğünde, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen toprakta kullanılacak arıtma çamurlarında izin verilen maksimum ağır metal sınır değerlerinin aşılması gerekmektedir. Araştırmaya konu olan tesislerden Kaski AAT' nde ortalama bakır değerlerinin, yönetmeliği geçmese de yüksek olduğu, Aski ve Buski Batı AAT' nde

toplam çinkonun, Buski Doğu AAT' nde krom ve nikelin, Kaski AAT' nde (altı aylık dönemde) nikelin, yönetmelik sınır değerlerini geçtiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, ağır metal kirliliğini önleme açısından Bafra, İnegöl gibi küçük kent atık su çamurlarının tarımsal amaçlı kullanıma daha uygun olduğunu, ancak bunlarda da tuzluluğun kontrol edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Araştırmaya konu olan arıtma tesisleri içerisinde farklı bir prosese sahip olan Bursa tesislerinden elde edilen çamurların, gerek kuru madde ve organik madde, gerekse N, P, K içeriği açısından oldukça düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Bulgulardan da anlaşılacağı gibi, arıtma çamurlarının zengin organik madde ve mineral içeriği ile, bitki beslenmesine ve toprak verimliliğine önemli katkı sağlayacağı düşüncesini tuz ve ağır metal içerikleri sınırlandırabilecektir.

Bir başka sorun ise arıtma çamurunun endüstriyel girdilere ve bu girdilerin yoğun olduğu aylara bağlı değişkenlik göstermesidir. İnegöl AAT' nin dışındaki tesislerde, incelenen parametrelerin zamana bağlı olarak bir stabilite göstermediği görülmektedir. Bunun sonucu olarak arıtma çamurlarının daha sık aralıklarla analiz edilmesi ve bu sonuçlara göre, ayrı ayrı depolama alanları oluşturularak, en ekonomik bertaraf şekli olarak düşünülen tarımda, kullanım için uygun olan çamurların tercih edilmesi, sürdürülebilir toprak yönetimi ve tarımda güvenli geri kazanım açısından avantaj oluşturacaktır.

Araştırmada incelenen arıtma çamurlarında, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği' nde belirtilen ağır metal sınır değerlerine yaklaşıldığı ve bazı tesislerde ise bu sınır değerlerin aşıldığı düşünülürse, atıksu arıtma tesislerinin bulunduğu bölgelerdeki mevcut sanayilerin sınıflandırılması, bu sanayilerin atıksularının ön arıtılabilirlik durumlarının, Atıksu Deşarj Yönetmeliği' ne göre ortaya konulması ve ön arıtması olan kuruluşlardaki arıtma tesislerinin denetimlerinin sık ve düzenli olarak yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Sanayi kesiminin çevre kirliliği konusunda bilinçlendirilmesinin çok önemli olduğu gerçeğinden hareketle, Organize Sanayi Bölgelerinin oluşturulmasına hız kazandırılmalı, benzer üretim yapan sanayi kolları bir arada oluşturulmalı ve ortak arıtım tesisleri kurulmalı ve desteklenmelidir.

Kentlerin kanalizasyon sistemine atıksuyu katılan nüfusun artması, endüstrileşmenin yaygınlaşması sonucu kimyasal çeşitliliğin artması nedeniyle, ağır metal sınır değerlerinin aşıldığı araştırma bulgularından anlaşılmaktadır. Özellikle büyük kentlerde veya sanayi atıklarının kanalizasyon sistemine katıldığı kentlerde, ağır metal içeriğinin yüksek ve kimi aylarda da sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Kent nüfuslarının artması ve sanayileşmenin gelişmesi ile daha fazla sayıda atıksu arıtma tesislerinin hizmete girmesi sonucunda sorunlu arıtma çamuru miktarının gittikçe artacağı düşünülürse, bu konuda önlem alınması çevre sağlığı açısından zorunlu görülmektedir.

Bu amaçla yapılacak ilk işlemin, atıklardaki mevsimsel değişimin izlenerek, özellikle ağır metal ve tuz içeriğinin sorun oluşturacağı çamurların ayrı depolanması ve kesinlikle tarımsal amaçla kullanılmaması gerektiği araştırmada ulaşılan sonuç olarak özetlenebilir.

Ağır metaller açısından sınır değerlerin aşılmadığı, atıksu çamurlarının ise Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen aralıklarla ve yine anılan yönetmelikte açıklanan analizlerin toprakta periyodik olarak yapılması, izlenmesi koşulu ile bitkisel üretimde kullanılabilmesi anlaşılmaktadır. Böylece, ucuz bir bitki besin maddesi ve toprak düzenleyicisi kaynağı olan bu materyal tarımda değerlendirildiği gibi, depolanması ile yaratacağı önemli çevre sorunları da belirli ölçüde aşılabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Akça, L., Çitil, E. ve Tüfekçi, N. 1996. Arıtma çamurlarının tarım alanlarında değerlendirilmesi. Tarım çevre ilişkileri sempozyumu doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı bildiri kitabı. s. 39-40 Mersin, 13-15 Mayıs.
- Alloway, B.J. 1990. Heavy Metals in soils, Glasgow: Blackie.
- Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. Blackie, London.pp;122-152
- Alloway, B.J. and Jackson A.P. 1991. The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. The science of the total environment, 100; 151-176. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- Anonim. 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim. 2005. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazete. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonmyous. 1996. The use of reclaimed water and sludge in food crop production. Environmental Protection Agency. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C.
- Aşık, B.B. ve Katkat, A.V. 2004. Gıda sanayi arıtma tesisi atığının tarımsal alanlarda kullanım olanakları. U.Ü. Zir.Fak. Dergisi. 18(2):59-71.
- Aydınalp, C. Bursa Çevre-97 Forumu Kitabı. Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı Yerel Gündem 21 Şube Müdürlüğü Yayın No: 2, Burfaş Ofset Tesisleri, Bursa, Eylül 1997 : 11
- Basta, N.T. and Tabatabai, M.N. 1992. Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils. I. Single-metal adsorption. Soil Sci., 153(2): 108-114.
- Bilgin, N., Eyüpoğlu, H. ve Üstün, H. 2002. Biyokatıların (Arıtma Çamurlarının)Arazide Kullanımı. ASKİ Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisi Daire Başkanlığı ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü. Ankara
- Bozkurt, M.A., Yılmaz, İ. ve Çimrin, K.M. 2000a. Kentsel arıtma çamurunun kışlık arpada azot kaynağı olarak kullanılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 7(1); 105-110.
- Bozkurt, M. A., Erdal, İ., Çimrin, K. M., Karaca, S. ve Sağlam, M. 2000b. Kentsel arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısır bitkisinin besin elementi ve ağır metal kapsamına etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4), 35-43.

- Bozkurt, M.A. ve Yarılgaç, T. 2003. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk. J. Agric. 27(2003)285-292. Tübitak.
- Chaney, R.L. 1990. Twenty years of land application research. Biocycle, September, 54-59.
- Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M. J., and Graham, R.D. 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. Aust. J. Soil Res., 38: 37-45
- Çevresel Etki Değerlendirme. 2004. Web sitesi. <http://www.cedgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 16.10.2006
- Çimrin, K.M., Bozkurt M.A. ve Erdal, İ. 2000. Yüzüncü Yıl Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi( J. Agric. Sci.), 10(1): 85-90
- Devlet İstatistik Enstitüsü. 2002. Web sitesi. <http://www.die.gov.tr/> Erişim Tarihi: 16.10.2006
- Devlet İstatistik Enstitüsü. 2004. Web sitesi. <http://www.die.gov.tr/> Erişim Tarihi: 16.10.2006
- Dündar, İ.V. 2002. Aktif çamur sistemlerindeki mikrobiyolojik sorunların tanımlanması ve bunların kinetik kontrolü. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Düzgüneş, O. 1963. Bilimsel araştırmalarda istatistik prensipleri ve metodları. S. 375. Ege Üniv. Matb., İzmir.
- EPA 3052. Web sitesi. <http://www.ccservices.ru/Milestone/EPA3052.html>. Erişim Tarihi: 16.10.2006
- Ergene, A. 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniv. Yay. No.568, Sayfa 429, Erzurum.
- Evans, K.J., Mitchell, I.G. and Salau, B. 1979. Heavy metal accumulation in soils irrigated by sewage and effect in the plant-animal system. Progressive Water Technology. Pergamon Press, 11(4/5), pp 339-352.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S. 1998. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikroelementler bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 220 Teknik Yayın No: T-67, Ankara.

- Güçdemir, İ., Keçeci, M. ve Usul, M. 2005. İnegöl Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Çamurunun Tarımda Değerlendirilme İmkanlarının Araştırılması. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, (Basılmamış, Rapor). Ankara.
- Güneri, E. 2003. Atık çamur uygulanan kireçli bir toprakta yetiştirilen kıvırcık bitkisinde kadmiyum ve çinkonun biyolojik alınabilirlik indeksinin saptanması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Gardiner, D.T. and Miller, R.W. 1995. Effects of repeated sewage sludge applications on plant accumulation of heavy metals. Agriculture, ecosystems and environment ISSN 0167, Vol. 55(1) pp. 1-6.
- Henning, B.J., Snyman, H.G. and Aveling, T.A.S. 2001. Plant-Soil interactions of sudge borne heavy metals and the effect on maize (*Zea mays* L.) seedling growth Water S.A. Vol. 27, No. 1, P; 71-78. ISSN 0378-4738.
- Hernandez, T., Moreno, J.I. and Costa, F. 1991. Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. Soil Sci. Plant Nutr., 37: 201-210
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jackson, A.P. and Alloway, B.J. 1992. The transfer of cadmium from agriculture soils to the human food. Chain. In: Adriado, D.C.
- Johanson, M., Stenberg, B. and Torstensson, L. 1999. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments. Bio. Fertil. Soils, 30: 160-167
- Kabata Pendias, A. and Pendias, H. 1992. Trace elements in soils and plants. 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press, Baton Rouge, Fa. Websitesi. [http://ec.europa.eu/enterprise/chemicals/legislation/fertilizers/cadmium/reports/erm\\_501711.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/chemicals/legislation/fertilizers/cadmium/reports/erm_501711.pdf). Erişim Tarihi: 16.10.2006
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. A. Ü. Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3. s: 705 Ankara.
- Karuç, K., Güçdemir, İ., Altuntaş, S., Cebel, N., Kalınbacak, K., Terzi, D., Peker, M. ve Güven, E. 2001. Ankara Atıksu Arıtma Çamurunun Tarımda Değerlendirilmesi (Basılmamış, Rapor), Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Katkat, A.V., Özgümüş, A., Tümsavaş, Z., Çil, N., Korkmaz, C. ve Başar, H. 1996. Gemlik Gübre Sanayi A.Ş. Atık Sularının Tarımda Kullanılma Olanakları Tr.J. of Agriculture and Forestry 20(1996) 507-514. Tübitak.

- Katkat, A.V. 2004. Gıda sanayi arıtma tesisi atığının tarımsal alanlarda kullanım olanakları. U.Ü. Zir. Fak. Derg., 18(2): 59-71
- Linden, D.R., Clap, C.E. and Dowdy, R.H. 1983. Hydrologic management: nutrients, pp 79-103 in Proceedings of the workshop on utilization of municipal wastewater and sludge on land. Riverside, University of California,U.S.A.
- Logan, T.J. and Chaney, R.L. 1983. Utilization of municipal waste water and sludge on land-metals. pp: 235-323. In: Page A.B. (ed),. Proc. 1983 work shop on utilization of municipal waste water and sludge on land, Denver, CO. January. University of California, Riverside.
- Lopez-Mosquera, M.E., Morion, C. and Seoane, S. 2002. Changes in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Invest. Agro. Prod. Veg. Vol. 17(1): 78-86.
- Magdoff, F.R. and Amadon, J.F. 1980. Nitrogen availability from sewage sludge. J. Environ. Qual., Vol. 9(3) : 451-455.
- Martens, D.C.and Westermann D.T. 1991. Fertilizer applications for correcting micro-nutrient deficiencies in micronutrients in agriculture. Soil. Sci. Soc. Of America Book Series No. 4, Madison, Wis. American Midland Nat-uralist 111: 342-357.
- Mays, D.A., Terman, G.L. and Duggan J.C. 1973. Municipal compost. Effects on crop yields and soil properties, J.Environ. Qual., 89-92.
- McBride, M.B. 2003. Toxic metals in sewage sludge-amended soils; has promotion of beneficial use discounted the risk. Advences in Enviromental Research (2003), 5-19
- McClaslin, B.D. and O'connor, G.A. 1982. Potential fertilizer value of gamma-irradiated sewage sludge on calcareous soils. New Mexico Agric.Exp.Stn. Bull. 692:1-30.
- Mcgrath, S.P., Zhao, F.J. and Dunham, S.J. 2000. Long term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. J. Environ. Qual., 29: 875-883.
- McLaughlin, M.J. and Singh, B.R. 1999. Cadmium in soils and plants. Volume: 85, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Menelik, G., Renau, R.B., Martens, D.C. and Simpson, T.W. 1991. Yield and elemental composition wheat grain as influence by source and rate of nitrogen. Journal of plant nutrition, 14(2): 205-217

- Misra, S.G., Dinesh, M. and Mani, D. 1995. Uptake of pollutants from sewage sludge as affected by phosphate addition. *Environ and Ecology*, 13: 2, 297-299
- Moolenaar, S.W. and Lexmond, T.M. 1999. Heavy Metal Balances, Part I. General Aspects of Cadmium, Copper, Zinc and Lead Balance Studies in Agro-Ecosystems. *Journal of Industrial Ecology* Volume 2, Number 4. P. 45-60. Copyright 1999 by the Massachusetts Institute of Technology and Yale University.
- Moreno, J.L., Hernandez, T. and Garcia. C. 1999. Effects of a cadmium-contaminated sewage sludge compost on dynamics of organic matter and microbial activity in an arid soil. *Biol. Fertil. Soils*. 28:230-237.
- Navas, A., Bermudez, F. and Machin, J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of gypsisols. *Geoderma*. 87: 123-135.
- Öbek, E., Tatar, Ş.Y., Hasar, H., Arslan, E.I. ve İpek, U. 2004. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 31-38.
- Önal, M.K., Topcuoğlu, B. ve Arı, N. 2003. Toprağa uygulanan kentsel arıtma çamurunun domates bitkisine etkisi, gelişme ve meyve özellikleri ile meyvede mineral içerikleri. *Akdeniz Üniv. Zir. Fak. Dergisi.*, 16(1), 97-106.
- Önal, M.K. ve Topcuoğlu, B. 2004. Toprağa uygulanan evsel atıksu arıtma çamurunun şekerpancarında ağır metal birikimine etkisi. *Akdeniz Üniv. Teknik Bil. Mes. Yük. Okulu, Antalya*.
- Özdemir, Ö., Arkalı, S. ve Ayyıldız, H. 2005. I. Ulusal arıtma Çamurları Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, İzmir.
- Özgüven, N.Ç. ve Katkat, A.V. 2001. Mis süt sanayi arıtma tesisi atığının tarımda kullanılma olanakları. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi Dergisi*, Cilt: 15, s. 139-149.
- Pedreno, N.J., Gomez, I., Moral, R. and Mataix, J. 1996. Improving the agricultural value of a semi-arid soil by addition of sewage sludge and almond residue, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 58: 115-119.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements saline and alkali soils. *U.S. Dep. Agr. Handbook* 60.
- Smith, S. R. 1996. *Agricultural Recycling of sewage sludge and the Environment*, CAB International, Guildford.
- Sommers, L.E., Nelson D.W. and Yost, K.J. 1976. Variable nature of chemical composition of sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 5: 303-306.



- Sommers, L.E. 1977. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizer. *J. Environmental Quality*, 6:225-232
- Soon, Y.K., Bates, T.E. and Moyer, L.R. 1978. Land application of chemically treated sewage sludge: II. Effect on plant and soil phosphorus, potassium, calcium and magnesium and soil pH. *J. Environ. Qual.*, 7: 269-273.
- Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G. and Verloo, M.G. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology*, 81:97-101.
- Tabatabai, M.A. and Frankerberger, W.T. 1979. Chemical composition of sewage sludge in Iowa. Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University of Sci. And TECH. Research Bulletin, 586.
- Taşatar, B. 1997. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, 81 s.
- Toprak, H. 1998. Atıksu stabilizasyon havuzlarının ve mekanik lagünlerin tasarım, inşaat ve işletme esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Yay. No: 266, İzmir.
- Türkmen, C., Karaca, A. ve Arcak, S. 2001. Influence of sewage sludge application on heavy metal availability of soil and barley crop. *Soil Sci. Agrochemistry and Ecology* , Vol. 36, No: 4-6, Sofia.
- Türkmen, C. 2004. Kireçli toprak sisteminde kentsel arıtma çamurunun arpa bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metallerin alımı üzerine etkisi. A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Ankara.
- Utsching, J.M. 1985. Sewage sludge versus nitrogen fertilizer application on dry land winter wheat. M.S. Thesis, Colorado State Univ. Ft. Collins.
- Utsching, J.M., Barbarick, K.A., Westfall, D.G., Follett, R.H. and McBride, T.M. 1986. Evaluating crop response: Liquid. Biosolids vs. Nitrogen-fertilizer. *Biocycle*., 27(7), 30-33.
- Ünal, M.A. ve Katkat, A.V. 2003. Bisküvi ve şekerleme sanayii arıtma çamurunun toprak özelliklerine ve mısır bitkisinin kimi mineral madde içeriği üzerine etkileri, *U.Ü.Z.F. Dergisi*, 17(1): 107-118.
- World Health Organization. 1989. Health Guidelines for the use of waste water in agriculture and aquaculture. Final report submitted to Community and Water Supply Sanitation Unit. Washington, D.C.

## **EKLER**

- EK 1 Ankara iline ait iklim verileri**
- EK 2 Kayseri iline ait iklim verileri**
- EK 3 Bursa iline ait iklim verileri**
- EK 4 Eskişehir iline ait iklim verileri**
- EK 5 Bafra iline ait iklim verileri**
- EK 6 Kaski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 7 Bafra Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 8 Buski Batı Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 9 İnegöl Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 10 Eski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 11 Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**
- EK 12 Aski Atıksu Arıtma Tesisine ait bulgular**

**EK 1** Ankara iline ait iklim verileri

<b>ANKARA</b>	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Uz Yıl Ort Sıc (°C)	Uz Yıl Ort Yağış (mm)
Mart	0	67,6	6	35,3
Nisan	11,6	78,6	11,2	53,9
Mayıs	16,6	86,7	15,9	51,2
Haziran	19,5	37,1	19,9	33,6
Temmuz	25	11,9	23,4	15,7
Ağustos	25,4	0,1	22,9	13,1
Eylül	18,7	42,6	18,5	15
Ekim	10,8	28	12,9	30,6
Kasım	6,1	48,1	6,6	37
Aralık	3	14,4	2,3	42,7
Ocak	-1,7	35,5	0,4	40,8
Şubat	0,4	67,2	1,9	32,3

**EK 2 Kayseri iline ait iklim verileri**

<b>KAYSERİ</b>	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Uz Yıl Ort Sıc (°C)	Uz Yıl Ort Yağış (mm)
Mart	6,1	77	4,6	39,8
Nisan	11,3	29,5	10,7	56,3
Mayıs	15,1	47,3	14,8	59,1
Haziran	19	23,3	18,8	35,8
Temmuz	24,9	0,1	22,4	12,3
Ağustos	24,3	2,1	21,7	5,8
Eylül	17	15,4	17,1	10,3
Ekim	9,6	31,3	11,3	32,5
Kasım	5,1	17,2	4,7	37,9
Aralık	1,6	25,7	0,1	40,6
Ocak	-2,2	29,4	-1,8	32
Şubat	1,6	35,9	-0,2	32,3

**EK 3 Bursa iline ait iklim verileri**

<b>BURSA</b>	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Uz Yıl Ort Sıc (°C)	Uz Yıl Ort Yağış (mm)
Mart	8,5	77,9	8,3	61,2
Nisan	14	43,1	13	68,8
Mayıs	17,9	35,5	17,6	46,2
Haziran	21,6	20,9	22,3	32,4
Temmuz	24,9	54,8	24,6	20,2
Ağustos	25,4	3,4	24,1	15
Eylül	20,4	94,1	20,1	35,6
Ekim	13,2	33	15,3	68,9
Kasım	9,3	109,3	10,4	83,8
Aralık	8,3	87,7	7,2	96,7
Ocak	3,4	59,9	5,5	81,6
Şubat	5,4	132,5	5,9	66,2

**EK 4** Eskişehir iline ait iklim verileri

<b>ESKİŞEHİR</b>	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Uz Yıl Ort Sıc (°C)	Uz Yıl Ort Yağış (mm)
Mart	4,9	48,3	4,5	26,2
Nisan	10	38,3	9,7	44,3
Mayıs	14,7	53,6	14,7	38,4
Haziran	18,2	33,8	18,8	21,1
Temmuz	22,4	48,5	21,8	13,1
Ağustos	22,8	16,2	21,3	9,9
Eylül	16,8	8,2	16,7	11,7
Ekim	9,5	11,5	11,7	25,5
Kasım	5,2	48	5,8	30,4
Aralık	2,5	17	1,5	35,6
Ocak	-2,8	45,3	-0,3	26,9
Şubat	-1,8	34,5	0,8	22,8

**EK 5** Bafra iline ait iklim verileri

<b>BAFRA</b>	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Uz Yıl Ort Sıc (°C)	Uz Yıl Ort Yağış (mm)
Mart	6,2	129,5	7,2	60,4
Nisan	11	102,3	10,9	60,2
Mayıs	15,3	33,1	15,2	50,4
Haziran	19,5	15,1	19,8	47,1
Temmuz	23,6	8,4	22,7	29,1
Ağustos	24,6	0,2	22,6	43,4
Eylül	20,2	78,7	19	62,2
Ekim	14,3	100,2	14,9	101,2
Kasım	10,9	89,5	11	99,9
Aralık	8,5	51,2	7,6	94,5
Ocak	3,3	75,1	5,8	82,4
Şubat	4,9	93,4	5,7	64,4

**EK 6 KASKI AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			dSm <sup>-1</sup>	%			mg kg <sup>-1</sup>					
<b>Mart</b>	15.9	64.6	6.31	6.28	5.33	1.15	0.46	690	1639	4.01	213	284	220
<b>Nisan</b>	16.3	64.1	6.36	6.84	5.47	1.23	0.40	708	1670	5.16	261	342	241
<b>Mayıs</b>	18.0	61.9	6.46	6.86	4.99	1.12	0.47	770	1834	4.66	312	391	275
<b>Haziran</b>	18.6	62.4	6.49	4.36	4.21	1.82	0.31	1076	1798	5.81	254	368	271
<b>Temmuz</b>	18.2	59.4	6.59	4.46	4.11	0.89	0.25	1745	2208	4.91	391	469	290
<b>Ağustos</b>	20.9	59.8	6.70	4.54	4.27	0.78	0.26	1285	2123	5.76	602	490	293
<b>Eylül</b>	20.2	63.2	6.55	5.68	4.69	0.92	0.23	2177	2176	7.51	544	647	293
<b>Ekim</b>	17.9	58.6	6.52	5.74	4.25	1.12	0.34	1463	2024	4.86	432	491	319
<b>Kasım</b>	18.4	61.2	6.56	6.27	3.95	1.24	0.43	1283	2145	2.86	404	470	323
<b>Aralık</b>	16.8	63.0	6.57	7.17	4.16	1.28	0.54	1451	1888	2.21	414	422	334
<b>Ocak</b>	17.9	61.6	5.97	9.46	4.24	1.09	0.37	1682	1846	2.06	351	307	371
<b>Şubat</b>	15.5	61.3	6.15	7.96	4.20	1.04	0.56	1808	1774	2.21	383	297	390
<b>Minimum</b>	15.5	58.6	5.97	4,36	3.95	0,78	0,23	690	1639	2,06	213	284	220
<b>Maksimum</b>	20.9	64.6	6.70	9,46	5.47	1,28	0,56	2177	2208	7,51	602	647	390
<b>Ortalama</b>	17.8	61.6	6.43	6,29	4.49	1,05	0,38	1345	1927	4.33	380	415	301



**EK 7 BAFRA AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%	dSm <sup>-1</sup>		%									
<b>Mart</b>	11.9	80.8	6.30	9.10	8.48	0.86	0.43	92.5	467	0.50	18.9	31.3	27.7
<b>Nisan</b>	12.0	76.9	6.16	10.7	8.26	0.82	0.44	96.8	462	0.50	19.4	31.0	34.0
<b>Mayıs</b>	11.0	79.9	6.28	11.6	8.28	0.86	0.37	111	501	0.60	18.6	31.5	40.2
<b>Haziran</b>	12.0	79.8	6.41	10.0	7.51	0.87	0.37	131	504	0.60	24.5	31.7	41.0
<b>Temmuz</b>	13.0	72.8	6.50	9.17	7.71	0.81	0.30	135	641	0.60	29.0	39.7	62.2
<b>Ağustos</b>	13.2	76.3	6.43	8.89	8.39	0.78	0.20	133	557	0.60	19.1	42.0	55.0
<b>Eylül</b>	10.3	86.5	6.19	10.6	7.69	1.13	0.30	108	556	0.45	18.5	33.4	43.5
<b>Ekim</b>	10.2	77.8	6.20	8.84	7.66	0.91	0.25	136	655	0.60	17.5	41.5	47.6
<b>Kasım</b>	10.2	77.7	6.14	10.0	7.61	0.92	0.23	135	653	0.55	17.9	40.0	47.0
<b>Aralık</b>	11.4	82.7	6.19	10.9	7.65	0.82	0.30	120	458	0.40	19.0	33.2	40.3
<b>Ocak</b>	11.5	80.1	6.01	15.0	7.22	0.79	0.32	114	552	0.50	16.6	34.6	43.4
<b>Şubat</b>	11.7	81.9	6.15	13.3	7.29	0.76	0.29	112	525	0.45	16.4	31.5	39.3
<b>Minimum</b>	10.2	72.8	6.01	8,84	7.22	0,76	0,20	92.5	458	0,40	16.4	31.0	27.7
<b>Maksimum</b>	13.2	86.5	6.50	15.00	8.48	1,13	0,44	136	655	0,60	29.0	42.0	62.2
<b>Ortalama</b>	11.6	79.4	6.24	10,67	7.81	0,86	0,31	119	543	0.53	19.7	35,2	43.3

**EK 8 BUSKİ BATI AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			dSm <sup>-1</sup>									
<b>Mart</b>	1.70	52.6	7.21	2.25	5.44	0.69	0.24	346	7574	1.65	575	157	61.5
<b>Nisan</b>	2.31	50.6	7.11	1.90	5.35	0.72	0.25	354	7409	1.55	576	169	71.4
<b>Mayıs</b>	3.11	50.6	6.82	2.23	4.71	0.76	0.23	372	7257	1.85	630	188	69.8
<b>Haziran</b>	1.82	52.6	6.22	2.02	4.66	0.73	0.25	332	7400	1.80	544	189	62.2
<b>Temmuz</b>	4.06	52.6	6.85	2.57	3.95	0.67	0.30	361	6203	1.85	583	201	68.4
<b>Ağustos</b>	1.86	50.8	6.97	2.12	4.21	0.61	0.27	355	7330	1.70	688	217	76.9
<b>Eylül</b>	5.50	50.2	7.16	2.41	4.14	0.62	0.19	354	7470	1.75	532	217	78.8
<b>Ekim</b>	7.43	55.7	7.22	3.21	3.50	0.67	0.24	404	7622	1.50	561	226	75.5
<b>Kasım</b>	4.04	51.9	7.34	2.61	3.31	0.71	0.27	340	7267	1.75	574	216	74.5
<b>Aralık</b>	1.68	56.7	7.48	1.77	3.47	0.54	0.24	326	7088	1.20	575	200	73.6
<b>Ocak</b>	8.41	49.6	6.85	2.28	3.53	0.61	0.22	339	9132	2.50	616	233	86.9
<b>Şubat</b>	9.19	51.2	6.76	3.33	3.53	0.51	0.25	357	7656	1.35	574	213	78.5
<b>Minimum</b>	1.68	49.6	6.22	1,77	3.31	0,51	0,19	326	6203	1,20	532	157	61.5
<b>Maksimum</b>	9.19	56.7	7.48	3,33	5.44	0,76	0,30	404	9132	2,50	688	233	86.9
<b>Ortalama</b>	4.25	52.1	6.99	2,38	4.15	0,65	0,24	353	7451	1.70	586	202	73.3

**EK 9 İNEGÖL AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%	dSm <sup>-1</sup>		%									
<b>Mart</b>	19.7	67.2	6.51	5.23	5.44	0.22	0.37	309	481	0.66	171	131	20.5
<b>Nisan</b>	22.8	66.3	6.93	6.36	5.35	0.26	0.48	327	498	0.70	198	132	21.2
<b>Mayıs</b>	21.9	67.7	7.24	4.91	4.71	0.26	0.44	311	529	0.70	212	128	24.5
<b>Haziran</b>	22.8	69.8	7.17	4.01	4.66	0.24	0.25	283	541	0.70	209	125	22.5
<b>Temmuz</b>	22.5	63.8	7.23	4.29	3.95	0.24	0.29	289	547	0.70	211	131	25.9
<b>Ağustos</b>	22.9	62.3	7.32	3.73	4.21	0.21	0.21	295	610	0.70	205	135	21.4
<b>Eylül</b>	26.0	61.5	7.35	4.41	4.14	0.22	0.17	298	563	0.60	199	132	25.7
<b>Ekim</b>	24.6	59.4	7.59	3.44	3.50	0.31	0.16	295	504	0.55	180	120	30.1
<b>Kasım</b>	22.8	60.6	7.31	3.28	3.31	0.31	0.25	285	459	0.55	181	122	31.5
<b>Aralık</b>	24.2	61.5	7.31	3.62	3.47	0.27	0.25	274	468	0.50	181	122	31.0
<b>Ocak</b>	20.7	60.4	7.66	2.99	3.53	0.26	0.28	276	483	0.55	179	126	31.1
<b>Şubat</b>	21.9	60.7	7.34	3.31	3.53	0.19	0.25	259	437	0.60	160	120	27.5
<b>Minimum</b>	19.7	59.4	6.51	2,99	3.31	0,19	0,16	259	437	0,50	160	120	20.5
<b>Maksimum</b>	26.0	69.8	7.66	6,36	5.44	0,31	0,48	327	610	0,70	212	135	31.5
<b>Ortalama</b>	22.7	63.4	7.24	4,12	4.15	0,24	0,28	292	510	0.63	190	127	26.1

**EK 10 ESKİ AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			dSm <sup>-1</sup>	%			mg kg <sup>-1</sup>					
<b>Mart</b>	22.1	77.7	5.47	2.23	4.61	0.39	0.13	162	1172	1.00	80.9	126	52.6
<b>Nisan</b>	13.4	80.5	5.92	10.10	7.67	0.72	0.16	176	1196	1.06	72.5	117	48.3
<b>Mayıs</b>	15.5	83.3	5.76	2.80	5.53	0.54	0.17	155	851	0.86	75.6	161	48.8
<b>Haziran</b>	15.7	77.4	5.83	4.61	5.01	0.40	0.16	162	1172	0.81	79.9	170	54.9
<b>Temmuz</b>	20.7	77.5	5.98	4.75	4.15	0.35	0.16	167	1588	0.81	123	305	73.2
<b>Ağustos</b>	16.4	79.3	5.83	6.11	4.21	0.42	0.13	161	2174	0.71	84.6	164	66.0
<b>Eylül</b>	15.3	82.4	6.09	5.59	5.71	0.48	0.13	162	1440	0.71	103	293	64.2
<b>Ekim</b>	15.4	80.7	5.72	7.09	4.88	0.50	0.13	176	1209	1.26	80.8	200	60.9
<b>Kasım</b>	15.1	79.7	5.82	8.28	6.14	0.58	0.17	138	1563	0.81	100	180	59.7
<b>Aralık</b>	16.6	81.7	5.47	5.32	4.33	0.42	0.12	208	1254	0.61	99.0	322	59.1
<b>Ocak</b>	16.7	83.4	5.47	4.97	4.61	0.41	0.12	131	711	0.56	56.4	133	57.4
<b>Şubat</b>	20.3	82.2	5.46	5.02	4.79	0.39	0.14	151	885	0.56	68.3	192	57.3
<b>Minimum</b>	13.4	77.4	5.46	2,23	4.15	0,35	0,12	131	711	0,56	56.4	117	48.3
<b>Maksimum</b>	22.1	83.4	6.09	10,10	7.67	0,72	0,17	208	2174	1,26	123	322	73.2
<b>Ortalama</b>	16.9	80.5	5.73	5,57	5.23	0,46	0,14	163	1268	0.80	85,3	197	58.8

**EK 11 BUSKİ DOĞU AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			dSm <sup>-1</sup>	%			mg kg <sup>-1</sup>					
<b>Mart</b>	7.83	53.1	7.02	1.79	2.85	0.40	0.28	272	2224	1.90	4643	371	116
<b>Nisan</b>	2.76	52.2	6.96	1.69	2.57	0.40	0.27	285	2394	1.90	4862	448	126
<b>Mayıs</b>	6.78	53.3	6.87	2.36	2.45	0.43	0.24	280	2382	1.85	4792	420	116
<b>Haziran</b>	6.33	56.2	6.72	1.61	2.61	0.34	0.26	277	2205	1.70	3982	405	129
<b>Temmuz</b>	3.40	54.0	6.79	2.19	2.41	0.47	0.24	284	2137	1.90	5202	403	131
<b>Ağustos</b>	8.76	54.4	7.10	2.11	2.69	0.38	0.24	310	2276	1.70	3877	477	132
<b>Eylül</b>	0.56	54.2	7.88	1.60	2.60	0.40	0.24	249	2743	1.35	2455	409	110
<b>Ekim</b>	8.13	49.1	7.15	2.18	2.66	0.47	0.28	282	2025	1.50	3104	408	123
<b>Kasım</b>	5.66	56.0	7.29	2.10	2.71	0.46	0.28	291	2256	1.65	3894	531	133
<b>Aralık</b>	5.13	53.9	7.27	1.49	1.89	0.44	0.22	286	2219	1.55	3665	486	136
<b>Ocak</b>	1.85	46.8	7.48	1.70	2.12	0.40	0.27	278	2156	1.50	4348	478	124
<b>Şubat</b>	1.84	50.9	6.62	1.54	2.27	0.40	0.25	309	2321	1.50	4542	544	136
<b>Minimum</b>	0.56	46.8	6.62	1,49	1.89	0,34	0,22	249	2025	1,35	2455	371	110
<b>Maksimum</b>	8.76	56.2	7.88	2,36	2.85	0,47	0,28	310	2743	1,90	5202	544	136
<b>Ortalama</b>	4.91	52.8	7.09	1,86	2,48	0,41	0,25	284	2278	1.69	4114	448	126

**EK 12 ASKİ AAT' ne ait bulgular**

Aylar	Kuru Mad	Org Mad	pH	EC	N	P	K	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			dSm <sup>-1</sup>	%			mg kg <sup>-1</sup>					
<b>Mart</b>	23.9	54.4	5.93	3.08	3.87	0.66	0.20	269	3390	3.76	113	86.9	156
<b>Nisan</b>	23.3	54.9	5.77	3.77	4.03	0.67	0.21	280	4059	4.40	129	87.8	165
<b>Mayıs</b>	23.0	55.1	6.11	4.12	4.03	0.71	0.22	267	3652	3.45	139	88.3	147
<b>Haziran</b>	24.7	50.6	5.97	4.13	3.25	0.71	0.23	280	4182	3.30	115	91.5	146
<b>Temmuz</b>	22.9	56.0	6.09	3.18	4.11	0.62	0.26	310	5738	4.95	152	137	146
<b>Ağustos</b>	23.0	57.3	6.12	3.77	4.20	0.66	0.29	284	5434	4.85	148	109	137
<b>Eylül</b>	23.2	56.5	5.82	3.08	3.91	0.75	0.25	312	5920	5.80	130	107	143
<b>Ekim</b>	20.7	58.2	6.04	4.53	4.01	0.74	0.20	298	4940	5.00	115	96.8	145
<b>Kasım</b>	21.3	58.8	6.65	4.05	4.20	0.88	0.19	260	6363	5.50	128	96.5	148
<b>Aralık</b>	21.7	57.7	6.11	3.89	3.20	0.92	0.18	255	5436	4.55	139	89.3	149
<b>Ocak</b>	23.9	52.4	6.19	3.27	3.31	0.75	0.18	239	5586	4.30	125	84.3	137
<b>Şubat</b>	26.8	50.9	6.18	2.76	2.64	0.65	0.26	199	4105	3.20	108	84.2	135
<b>Minimum</b>	20.7	50.6	5.77	2,76	2.64	0,62	0,18	199	3390	3,20	108	84.2	135
<b>Maksimum</b>	26.8	58.8	6.65	4,53	4.20	0,92	0,29	312	6363	5,80	152	137	165
<b>Ortalama</b>	23.2	55.2	6.08	3,63	3.73	0,72	0,22	271	4900	4.43	128	96,7	146



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Dilek TERZİ  
**Doğum Yeri:** Niğde  
**Doğum Tarihi:** 15.10.1972  
**Medeni Hali:** Evli  
**Yabancı Dili:** İngilizce

### Eğitim Durumu:

**Lise** : Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Koleji (1986-1990)  
**Lisans** : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü (1992-1996)  
**Yüksek Lisans** : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Şubat 2003 - Mart 2007)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar:

- Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi (1990-1992)
- Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi (1992-1997)
- Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü (1997-2007)

### Yayınları:

1. Gedikoğlu, İ., Güçdemir, İ., Işık, E., **Terzi, D.** Mazıdağı fosfat işletmesi atığı şlamın asit tepkimeli topraklarda kullanılma olanakları. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997. Yayın No:106, 346-359, 1998 Ankara
2. Eyüpoğlu, F., Peker, M., **Terzi, D.** Fosforlu gübrelemenin haşhaşın verim ve kalite özelliklerine etkisi. Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ
3. Karuç, K., Güçdemir, İ., Altuntaş, S., Cebel, N., Kalınbacak, K., **Terzi, D.**, Peker, M., Güven, E. 2001. Ankara Atıksu Arıtma Çamurunun Tarımda Değerlendirilmesi (Basılmamış Rapor), Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.



