

KENTSEL VE GERİ PLAN ALAN TOPRAKLARINDA  
BULUNAN AĞIR METALLERE 'TOZ YUTULMASI, SOLUMA  
VE TEMAS' YOLLARIYLA İNSAN MARUZİYETİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Hatice Kübra AKDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ

2016



**T.C.**  
**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL VE GERİ PLAN ALAN TOPRAKLARINDA  
BULUNAN AĞIR METALLERE 'TOZ YUTULMASI,  
SOLUMA VE TEMAS' YOLLARIYLA İNSAN  
MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hatice Kübra AKDOĞAN**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**BURSA**

**Temmuz 2016**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

“HATİCE KÜBRA AKDOĞAN” tarafından “DOÇ. DR. PERİHAN KURT-KARAKUŞ” yönetiminde hazırlanan “KENTSEL VE GERİ PLAN ALAN TOPRAKLARINDA BULUNAN AĞIR METALLERE ‘TOZ YUTULMASI, SOLUMA VE TEMAS’ YOLLARIYLA İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez, kapsamı ve niteliği açısından incelenmiş ve **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

### Sınav Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Perihan KURT-KARAKUŞ

(Bursa Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü)

Doç. Dr. Sıddık CİNDORUK

(Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü)

Yrd. Doç. Dr. Aşkın BİRGÜL

(Bursa Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü)

Tez Savunma Tarihi: 19/07/2016

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Murat ERTAŞ

19/07/2016

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Hatice Kübra AKDOĞAN

İmzası:

X

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında, değerli zamanını ayırarak çalıőmamı ynlemdiren ve kolaylaőtıran, tecrübelerini benden esirgemeyen tez danıőmanım Doç. Dr. Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ'a, yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaőtım Arő. Gör. Okan KARATAŐ'a, örnekleme safhasında verdiği desteklerden dolayı TÜBİTAK'a ve en sıkıntılı zamanlarımda desteklerini yanımda hissettiğim aileme teőekkürü bir borç bilirim.

Hatice Kübra AKDOğAN



# İÇİNDEKİLER

## sayfa no

Dış Kapak	
İç Kapak	
Tez Sınav Sonuç Formu	
İntihal Beyanı	
Teşekkür	
İçindekiler	v
Şekil Listesi	viii
Çizelge Listesi	ix
Sembol Listesi	x
Kısaltma Listesi	xi
Özet	xii
Abstract	xiv
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. TOPRAK KİRLİLİĞİ</b>	<b>3</b>
2.1. Toprak Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar ve Kirleticiler	3
<b>3. AĞIR METALLER</b>	<b>5</b>
3.1. Ağır Metal Kaynakları	5
3.2. Topraktaki Ağır Metal Kirliliğinin Çevresel Etkileri	6
3.3. Ağır Metallerin Gıda Güvenliği Ve İnsan Sağlığı Yönünden İncelenmesi	8
3.3.1. Arsenik (As)	8
3.3.2. Civa (Hg)	8
3.3.3. Kadmiyum (Cd)	9
3.3.4. Kurşun (Pb)	9
3.3.5. Nikel (Ni)	10
3.3.6. Diğer ağır metaller ve sağlık üzerine etkileri	10
3.4. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri	10

<b>4. LİTERATÜR ÖZETİ</b>	12
<b>5. MATERYAL VE METOT</b>	19
5.1. Araştırma Bölgesinin Tanımı	19
5.2. Örnekleme Stratejisi	21
5.3. Toprak pH, Nem ve Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi	24
5.4. Toprak Örneklerinin Asitle Yakılması ve Enstrümental Analize Hazırlanması	25
5.5. Enstrümental Metodlar	26
5.5.1. ICP-MS analizi	26
5.6. Kalite Kontrol/Kalite Güvencesi	27
5.6.1. Sertifikalı referans madde	27
5.6.2. Tekrarlı analizler	27
5.6.3. Şahit numuneler	28
5.6.4. Cihaz tespit limiti (IDL)	28
5.6.5. Metod tespit limiti(MDL)	28
5.6.6. Geri kazanım verimi	29
5.7. Veri Analizi ve Verilerin Sunumu	30
5.7.1. İstatiksel analiz	30
<b>6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>	36
6.1. Toprak Özellikleri	36
6.2. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Ağır Metal Konsantrasyonu	37
6.3. Ağır Metallerin Yüzde Katkı Oranları	46
6.4. pH-Konsantrasyon İlişkisi	51
6.5. Organik Madde- Konsantrasyon İlişkisi	52
6.6. Ağır Metallerin Birbirleriyle İlişkisinin Pearson Korelasyon Yöntemi İle Değerlendirilmesi	54
6.7. Belirlenen Konsantrasyonların Diğer Ülkelerle Karşılaştırılması	58
6.8. Toprak Kirlenmesi Risk Değerlendirmesi ve Risk Faktörü Hesaplaması	58
6.9. İnsan Maruziyeti, Kanserojen ve Kanserojen Olmayan Risk Hesaplaması	61

6.9.1. Ağır metallere toprak vasıtasıyla insan maruziyetinin hesaplanması	61
6.9.2. Kanserojen Risk Değerlendirmesi	65
6.9.3. Kanserojen Olmayan Risk Değerlendirmesi	67
<b>7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b>	<b>72</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>75</b>
<b>EKLER</b>	<b>85</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>115</b>





## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>sayfa no</u></b>
Şekil 5.1 Türkiye termik santraller haritası	21
Şekil 5.2 Örnekleme noktaları	22
Şekil 5.3 Mikrodalga yakma sistemi	25
Şekil 5.4 ICP-MS cihazı	26
Şekil 5.5 Cd Kalibrasyon grafiği	27
Şekil 5.6. Kentsel alanlarda Cd ve Hg log konsantrasyonlarının dağılımı	30
Şekil 6.1 Kentsel ve kırsal alanlarda Cd konsantrasyonları	40
Şekil 6.2 Kentsel ve kırsal alanlarda Hg konsantrasyonları	40
Şekil 6.3 Kentsel ve kırsal alanlarda Pb konsantrasyonları	41
Şekil 6.4 Kentsel ve kırsal alanlarda V konsantrasyonları	42
Şekil 6.5 Kentsel ve kırsal alanlarda Cr konsantrasyonları	42
Şekil 6.6 Kentsel ve kırsal alanlarda Mn konsantrasyonları	43
Şekil 6.7 Kentsel ve kırsal alanlarda Co konsantrasyonları	43
Şekil 6.8 Kentsel ve kırsal alanlarda Ni konsantrasyonları	44
Şekil 6.9 Kentsel ve kırsal alanlarda Cu konsantrasyonları	45
Şekil 6.10 Kentsel ve kırsal alanlarda Zn konsantrasyonları	45
Şekil 6.11 Kentsel ve kırsal alanlarda As konsantrasyonları	46
Şekil 6.12 Kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal yüzde katkı oranları	47
Şekil 6.13 Kentsel alanlarda Cd konsantrasyonu ve pH ilişkisi	52
Şekil 6.14 Kırsal alanlarda Ni konsantrasyonu ve organik madde ilişkisi	53
Şekil 6.15 Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi	54
Şekil 6.16 Kırsal alanlarda ağır metallerin birbiriyle ilişkisi	56

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>sayfa no</u></b>
Çizelge 3.1 Ekosisteme karışan toksik ağır metal kaynakları	6
Çizelge 5.1 Maden kaynakları	19
Çizelge 5.2 Nüfus verileri	20
Çizelge 5.3 Toprak örneklerine ait koordinatlar	23
Çizelge 5.4 MDL konsantrasyonları	29
Çizelge 5.5 Geri kazanım yüzdeleri	29
Çizelge 5.6 Kentsel alanlara ait Shapiro-Wilk normalite test sonuçları	32
Çizelge 5.7 Kırsal alanlara ait Shapiro-Wilk normalite test sonuçları	33
Çizelge 5.8 Tukey's test sonuçları	34
Çizelge 6.1 Topraklara ait özellikler	36
Çizelge 6.2 Kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal konsantrasyonları	38
Çizelge 6.3 Ağır metal sınır değerleri	39
Çizelge 6.4 pH-konsantrasyon ilişkisi	51
Çizelge 6.5 Organik madde-konsantrasyon ilişkisi	53
Çizelge 6.6 Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi	55
Çizelge 6.7 Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi	57
Çizelge 6.8 Ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda topraklarda elde edilen ağır metal konsantrasyonları ve dünya toprak ortalamaları	59
Çizelge 6.9 Toksik tepki faktörü değerleri	58
Çizelge 6.10 Risk faktörlerine göre ekolojik risk seviyesi	60
Çizelge 6.11 Risk indekslerine göre ekolojik risk seviyesi	60
Çizelge 6.12 Metaller için risk faktörleri (Ei)	60
Çizelge 6.13 İllere ait risk indeksleri (RI)	61
Çizelge 6.14 Kanserojenik ve kanserojenik olmayan kronik günlük alım değerlerinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve değerleri	63
Çizelge 6.15 Kentsel alanlarda kanserojen kronik günlük alım değerleri	64
Çizelge 6.16 Kırsal alanlarda kanserojen kronik günlük alım değerleri	64
Çizelge 6.17 Farklı metaller için $C_{sf_{ing}}$ , IUR, $ABS_{GI}$ ve $Abs_d$ değerleri	65
Çizelge 6.18 Kentsel alanlarda ortalama kanserojen risk değerleri	66
Çizelge 6.19 Kırsal alanlarda ortalama kanserojen risk değerleri	67
Çizelge 6.20 Kentsel alanlarda kanserojen olmayan kronik günlük alım miktarları	68
Çizelge 6.21 Kırsal alanlarda kanserojen olmayan kronik günlük alım miktarları	68
Çizelge 6.22 $RfD_{ing}$ değerleri	69
Çizelge 6.23 $RfD_{inh}$ ve $RfD_{dermal}$ değerleri	69
Çizelge 6.24 Kentsel ve kırsal alanlarda kanserojenik olmayan riskler	71

## SEMBOL LİSTESİ

$\mu\text{g}$	Mikrogram
$\mu\text{m}$	Mikronmetre
$\text{ABS}_d$	Dermal Adsorpsiyon Faktörü
$\text{ABS}_d$	Dermal Adsorpsiyon Faktörü
$\text{ABS}_{\text{GI}}$	Mide-Bağırsak Adsorpsiyon Faktörü
AF	Topraktan Deriye Bağlanma Faktörü
$\text{AT}_{\text{ca}}$	Karsinojenler İçin Ortalama Süre
BW	Ortalama Vücut Ağırlığı
C	Konsantrasyon
CDI	Kronik Günlük Alım
$\text{CSF}_{\text{ing}}$	Kronik Yutma Eğim Faktörü
$\text{DFS}_{\text{adj}}$	Yaşa Bağlı Dermal Temas Faktörü
ED	Maruziyet Süresi
EF	Maruziyet Sıklığı
$E_i$	Risk Faktörü
ET	Maruziyet Süresi
HQ	Tehlike İndeksi
IF	Alım Faktörü
IR	Alım Hızı
IUR	Kronik Soluma Birim Riski
PEF	Topraktan Havaya Geçen Parçacık Halindeki Emisyon Faktörü
RI	Risk İndeksi
$\text{Risk}_{\text{dermal}}$	Temas Yoluyla Risk Faktörü
$\text{Risk}_{\text{ing}}$	Yutma Yoluyla Risk Faktörü
$\text{Risk}_{\text{inh}}$	Soluma Yoluyla Risk Faktörü
SA	Maruziyet İçin Mevcut Deri Yüzey Alanı
$T_i$	Toksik Tepki Faktörü

## KISALTMA LİSTESİ

Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
ASTM	American Standard Test Methods
Be	Berilyum
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
FAAS	Flame Atomik Apsorbsiyon Spektrofotometresi
Fe	Demir
G	Kırsal alan
GFAAS	Grafit Fırın Atomik Apsorbsiyon Spektrofotometresi
Hg	Civa
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer
K	Kentsel alan
kg	Kilogram
km	Kilometre
lt	Litre
mg	Miligram
mM	Milimolar
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
NYSDEC	New York Eyaleti Çevre Koruma Ofisi
Pb	Kurşun
ppb	Milyarda bir parça
ppm	Milyonda bir parça
Rb	Rubidyum
Sb	Antimon
Se	Selenyum
Sn	Kalay
Sr	Stronsiyum
SRM	Standart Referans Madde
TKKY	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
Tl	Talyum
V	Vanadyum
Zn	Çinko

## ÖZET

### KENTSEL VE GERİ PLAN ALAN TOPRAKLARINDA BULUNAN AĞIR METALLERE 'TOZ YUTULMASI, SOLUMA VE TEMAS' YOLLARIYLA İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Hatice Kübra AKDOĞAN**

Bursa Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Doç. Dr. Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ

19/07/2016, 115

Ağır metaller zaman içerisinde toprakta birikmekte ve canlı organizmalara zarar vermektedir. Bunun yanında toprak verimliliğini azaltmaktadır. Bu çalışmada Aksaray, Uşak, Konya, Elazığ, Malatya, Kayseri, Mersin, Kırıkkale, Kars, Kastamonu, Çankırı, İzmir, İstanbul, Antalya ve Van'da kentsel ve geri plan alanlarından alınan toprak numunelerinde kadmiyum (Cd), civa (Hg), kurşun (Pb), vanadyum (V), krom (Cr), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn) ve arsenik (As) metal konsantrasyonları ICP-MS ile belirlenmiş ve insanların bu ağır metallere yutma, soluma ve temas yollarıyla maruziyetleri incelenmiştir.

Çalışma sonucunda kentsel alanlarda ortalama metal konsantrasyonları Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As için sırasıyla; 379, 194, 18034, 32294, 41890, 205343, 5957, 1621, 13215, 34035, 5649 µg/kg, kırsal alanlar için ise sırasıyla; 255, 52, 9621, 18363, 40202, 159140, 5444, 577, 6642, 18023, 3821 µg/kg olarak bulunmuştur. Bulunan ağır metal derişimleri Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında yalnızca As konsantrasyonlarının bu değerleri aştığı görülmüştür. Kentsel alanlarda kanserojen risk çocuklar ve yetişinler için sırasıyla;  $4.71 \times 10^{-3}$ , 1.81

$\times 10^{-3}$ , kırsal alanlarda ise sırasıyla;  $3.56 \times 10^{-3}$ ,  $1.37 \times 10^{-3}$  olarak bulunmuştur. Kanserojen olmayan riskler ise kentsel alanlarda çocuklar ve yetişkinler için sırasıyla;  $304.9 \times 10^{-3}$ ,  $30.7 \times 10^{-3}$ , kırsal alanlarda ise sırasıyla;  $252.4 \times 10^{-3}$ ,  $25.8 \times 10^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Van ve Aksaray'ın çok yüksek, İstanbul'un ise yüksek ekolojik risk seviyesinde olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, insan maruziyeti, kentsel, kırsal, risk değerlendirmesi, toprak kirliliği



## ABSTRACT

### ASSESSMENT OF HUMAN EXPOSURE TO HEAVY METALS VIA INGESTION, INHALATION AND DERMAL CONTACT IN URBAN AND BACKGROUND SOILS

**Hatice Kübra AKDOĞAN**

Bursa Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Environmental Engineering Program

Master of Science Thesis

Assoc. Prof. Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ

19/07/2016, 115

Heavy metals accumulate in soil and pose negative effects on living organisms. Additionally, they affect soil fertility. In this study, soil samples from urban and background sites located in Aksaray, Uşak, Konya, Elazığ, Malatya, Kayseri, Mersin, Kırıkkale, Kars, Kastamonu, Çankırı, İzmir, İstanbul, Antaya and Van provinces of Turkey were analyzed to investigate the concentrations of Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn and As using ICP-MS instrument. Based on the results obtained from the analysis, ecological risk assessment and human exposure calculations were conducted.

Concentrations of Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As in urban areas were 379, 194, 18034, 32294, 41890, 205343, 5957, 1621, 13215, 34035, 5649 µg/kg, respectively whereas it was 255, 52, 9621, 18363, 40202, 159140, 5444, 577, 6642, 18023, 3821 µg/kg, respectively in background sites. It was determined that only the concentration of As was exceeded the limit values set in Legislation on Soil Pollution Control and Areas contaminated by Point Sources. Carcinogenic risk values was detected as  $4.71 \times 10^{-3}$  and  $1.81 \times 10^{-3}$  in urban areas for children and adults, respectively while it was  $3.56 \times 10^{-3}$  and  $1.37 \times 10^{-3}$  at background sites, respectively.

Non-cancerogenic risk values were  $304.9 \times 10^{-3}$  and  $30.7 \times 10^{-3}$  in urban areas for children and adults respectively while it was  $252.4 \times 10^{-3}$  and  $25.8 \times 10^{-3}$  at background sites, respectively. Results showed that Van and Aksaray had the highest ecological risk whereas Istanbul showed the high ecological risk level.

**Keywords:** Heavy metals, human exposure, urban, background, risk assessment, soil pollution





## 1.GİRİŞ

Endüstriyel etkinlikler, enerji üretimi, taşımacılık ve şehirleşmedeki artışlar çevre kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Çevresel kirleticiler insan sağlığı, bitkiler ve diğer eşyalar için tehlike oluştururlar [1-2]. Çevre kirliliği hava, toprak ve su kirliliği olarak doğada üç şekilde oluşmakta ve sonucunda insanın da dahil olduğu tüm ekosistemi etkilemektedir. Toprak kirliliği ise doğada giderilemeyen ve dönüşümü olmayan bir kirliliktir [3].

Hava ve su gibi, canlıların yaşaması için temel unsurlardan bir diğeri de topraktır. Toprak, bitki örtüsünü besleyen kaynakların ana deposudur. Toprağın üst tabakası insanların ve diğer canlıların beslenmesinde başlıca rol oynar. Toprak kirliliği, genel bir tanımla, insan etkinlikleri sonucunda, toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının bozulmasıdır. Toprak ortamı su ve havaya göre dış etkenlere karşı direnç gücü yüksek olan sistemdir. Ancak kirleticiler tarafından bozulmalar meydana geldiğinde karşılaşılan sorunların düzeltilmesi de o ölçüde zor ve masraflı olmaktadır. Toprak kirlenmesine sebep olan başlıca kirleticiler, ağır metaller, gübreler, atıksular, arıtma çamurları ve katı atıklardır [4].

Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir-çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Havaya bırakılan ağır metaller sonuç olarak karaya ulaşmakta, hayvanlar ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunmaktadır [5-7].

Ağır metallerin toprakta birikmesinin toprak verimliliği ve ekosistem üzerinde önemli etkileri vardır [5-7]. Çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller, madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri ile toprağa ulaşmaktadır. Sonuç olarak da bu ağır metaller, kirlenmiş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir [3]. Toprağın ihtiyaç duyulan miktarlarda devamlılığını sağlamak, niteliğini ve verimliliğini insanların yaşam temellerini karşılayacak düzeyde tutmak, bütün ülkelerde ulusal bir politika haline gelmiştir. Bu politikanın başarıya ulaşması için, kirlilik sorununun bütün boyutlarıyla kavranması ve önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması gereklidir [8].

Çalışma kapsamında incelenen toprak numuneleri Şubat 2016 tarihinde tamamlanan 112Y315 no'lu TUBITAK 1001 projesi kapsamında Aksaray, Uşak, Konya, Elazığ, Malatya, Kayseri, Mersin, Kırıkkale, Kars, Kastamonu, Çankırı, İzmir, İstanbul, Antalya ve Van'da kentsel ve geri plan alanlarda bulunan 1'er adet örnekleme noktasından toplanmıştır. Toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiş ve belirlenen ağır metallere yutma, soluma ve temas yoluyla insan maruziyeti durumu incelenmiştir. Kentsel ve geri plan alanlarındaki ağır metal konsantrasyonları baz alınarak kanserojen ve kanserojen olmayan riskler hesaplanmış ve ekolojik risk seviyeleri tespit edilmiştir.



## **2. TOPRAK KİRLİLİĞİ**

Toprak; minerallerin ve organik artıkların parçalanarak ayrışması sonucu oluşan, yeryüzünü ince bir tabaka halinde kaplayan, canlı doğal bir kaynaktır [9]. Toprak kirliliği ise toprağın, insan etkinlikleri sonucu oluşan çeşitli bileşiklere bulaştırılmasını takiben, toprakta yaşayan canlılar ile yetişen ve yetiştirilen bitkilere veya bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide bulunacak ve zarar verecek düzeyde anormal fonksiyonda bulunmasını, toprağa eklenen kimyasal materyalin toprağın özümleme kapasitesinin üzerine çıkması, toprağın verim kapasitesinin düşmesidir [9].

Toprak kirliliği, diğer çevre sorunlarının genelinde olduğu gibi doğanın bilinçsiz ve kötü kullanılması sonucu ortaya çıkmakta, doğal dengenin bozulması ile birlikte giderek artmaktadır. Kentleşme ve endüstrileşme sonucu ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz atıkların topraklara karışmasıyla kirlilik oluşmakta, tarım alanlarının kentsel ve endüstriyel kullanımlara açılması ile de verimli topraklar yok olmaktadır.

### **2.1. Toprak Kirliliğine Neden Olan Kaynaklar ve Kirleticiler**

Toprak, su ve hava ortamlarında ki kirleticiler için nihai depolama yeridir. Ayrıca toprak, karasal ekosistemin taşıyıcı bir bileşenidir ve toprak kalitesindeki değişim, doğal ve tarım ekosisteminin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, toprağın hangi kaynaklar ve bileşenler (özellikle hangi kimyasallar) ile kirlitilebileceğinin bilinmesi, alınacak tedbirlerin belirlenmesi noktasında önem taşımaktadır [10]. Toprak çoğu zararlı materyalin alıcısı konumundadır. Topraklarda kirliliğe neden olan atıklar, topraklara farklı kaynaklardan ulaşabilmektedirler. Bu kaynaklar, tarımsal, endüstriyel, kentsel ya da nükleer kökenli olabilmektedir [11]. Toprak kirliliğine neden olan kaynaklar iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlardan biri, toprak dışındaki ekosistemlerde meydana gelen kirlilik kaynakları, diğeri ise insan faaliyetleri sonucunda toprakta oluşan kirlilik kaynaklarıdır [8]. Kirleticiler kaynaklar, noktasal ve yayılı kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Noktasal kaynaklar küçük bir alanda yüksek konsantrasyonlarda kirlilik oluşturur. Yayılı kaynaklar ise dağılma prosesleriyle ilgilidir ve geniş alanları kaplamaktadırlar. Noktasal kaynaklara örnek olarak madencilik ve dökümcülük gibi insan faaliyetleri, yayılı kaynaklara örnek olarak ise tarım uygulamaları verilebilir [12]. Toprak

kirlenmesine neden olabilecek başlıca kaynaklar; yeraltı depolama tanklarından meydana gelen sızmalar, pestisit uygulamaları, petrol ve yakıt dökülmeleri, kirlenmiş suların yeraltı tabakalarına sızması, düzenli çöp depolama tesislerinin sızıntı suları, endüstriyel atıkların doğrudan toprağa atılması, gübreleme, maden işletmeciliği, yaş ve kuru çökme mekanizmaları ile organik ve inorganik kökenli hava kirlenmeler olarak sayılabilir. Bunların yanında, tarım arazilerinin yakınından geçen karayollarından kaynaklanan egzoz gazları, yerleşim yerlerinde ki atıkların kontrolsüz şekilde araziye atılmaları, tarımsal sahalarda bilinçsiz kimyasal madde kullanımı da, kirlilik kaynakları olarak sınıflandırılabilir.

Toprağın yapısını değiştirebilecek diğer bir faktör ise asit yağmurlarıdır. Her türlü yanma (konut, endüstri, araç kaynaklı) prosesinden kaynaklanan karbon dioksit, azot dioksit, kükürt dioksit gibi gazlar, havadaki su buharı ile birleşerek asit damlacıklarını oluşturur, asit damlacıklarının yağışlarla yeryüzüne inmesi sonucunda da gerek su kaynaklarında gerekse toprakta pH değişikliği meydana gelir. Topraktaki pH değişikliği ise, ağır metaller gibi bazı bileşenlerin serbest hale geçmesine ve toprağın doğal yapısının bozulmasına yol açmaktadır. Toprağın asidi tamponlama kapasitesi iyi ise, pH değişikliği daha az veya hiç olmayacaktır [10]. Toprak kirliliği içerisinde ağır metal kirliliği konusu diğer konulara göre daha fazla önem kazanmakta ve çalışmalar çoğunlukla bu sorun üzerinde yoğunlaşmaktadır [13].

### 3. AĞIR METALLER

Ağır metal, periyodik cetvelin, üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir terimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  ten daha yüksek olan metaller için kullanılır [14]. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir (demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), vanadyum (V), molibden (Mo), kobalt (Co), nikel (Ni), krom(Cr), kurşun (Pb), berilyum(Be), kadmiyum (Cd), talyum (Tl), antimon (Sb), selenyum (Se), kalay (Sn), gümüş (Ag), arsenik (As), civa (Hg), alüminyum (Al)) Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikrobesein (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınır değerleri aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar [15].

#### 3.1. Ağır Metal Kaynakları

Ağır metaller, doğal ve atmosferik kaynaklardan yayılmaktadır. Doğal kaynaklardan Cr, Mn, V ve daha az miktarlarda Cu, Mo, Ni, Zn emisyonları toz olarak yere çökmektedir. Endüstriyel faaliyetler, enerji üretimi, inşaat, araçların egzoz gazları antropojenik kaynakları oluşturmaktadır [16]. Şehirdeki en önemli antropojenik kaynaklı yayılma olan fosil yakıtların kullanılması ve araç emisyonları sonucu kirlenen havadaki partikül maddede Cu, Ni ve Zn bulunmaktadır [17]. Kirleticilerin taşınımı, atmosferden yeryüzüne ıslak ve kuru birikim olmak üzere 2 farklı yolla gerçekleşmektedir. Islak birikimde aerosoller ve gazlar, su damlacıklarında veya buz kristallerinde çözülmüş veya asılı halde bulunmakta, kuru birikimde ise partiküller yerçekimi kuvveti nedeniyle karaya veya su yüzeylerine çökmektedirler. Metal kontaminasyonunda ıslak ve kuru birikim şehir içindeki alanlarda önemli rol oynamaktadır [18-19]. Islak birikimde, rüzgarın etkisiyle asidik bileşenler uzun mesafelere taşınabilmektedir. Asit yağmurları, pH değeri 5'ten küçük olan yağışlardır. Asit yağmurlarıyla iyonların birikimi ıslak birikim olarak adlandırılmaktadır. Kuru birikim ise insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde çok etkili olmaktadır [20]. Ağır metallerin çevreye yayılımının da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Çizelge 3.1'de ekosisteme karışan

toksik ağır metal kaynakları genel olarak gösterilmiştir [21].

**Çizelge 3.1** Ekosisteme karışan toksik ağır metal kaynakları

<b>Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Taşıtlar (Cd, Pb, Mo, )</li><li>• Fosil Yakıtlar (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, V, Pb, Zn)</li><li>• Şehir ve Fabrika (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V )</li></ul>
<b>Endüstri</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)</li><li>• Tekstil (Zn, Al, Sn)</li><li>• Ağaç İşletmeciliği (Cu, Cr, As)</li><li>• Rafineri (Pb, Ni, Cr)</li><li>• Ev aletleri üretimi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)</li></ul>
<b>Metal ve Maden Sanayi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Demir ve çelik Endüstrisi (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)</li><li>• Metal İşletmeciliği (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Pb, As)</li><li>• Metallerin Eritilmesi (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)</li></ul>
<b>Tarım</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sulama (Cd, Pb, Zn)</li><li>• Kimyasal ve Hayvansal Gübreler (As, Cd, Cu, Mn, Zn, V)</li><li>• Kireçler(As, Pb)</li><li>• Metal Aşınması (Fe, Pb, Zn)</li></ul>
<b>Atıklar</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lağım(Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, V, Pb, Zn)</li><li>• Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe, Pb)</li><li>• Küller (Cu, Pb)</li></ul>

### 3.2. Topraktaki Ağır Metal Kirliliğinin Çevresel Etkileri

Topraklar, maden ocakları, maden işleme tesisleri, nükleer enerji santralleri, kimya ve demir-çelik endüstrileri, karayolundaki araç trafiği, atık yakma, fosil yakıtların yakılması, metal içeriği olan pestisit, gübre kullanımı, arıtma çamuru ve atıksu uygulamaları gibi çeşitli antropojenik kaynaklar ile ağır metaller açısından kirlenmiş olabilirler [22]. Ağır metaller topraktan bitkiler aracılığıyla alınmakta ve besin zincirine dahil olarak hayvan ve insanlara ulaşabilmektedir [23-25]. Topraklardaki ağır metallerin fazlalığı çevre kirliliğine neden olurken eksikliği ise toprak-bitki-hayvan sisteminde ciddi dengesizliklere yol açabilmektedir. Bununla birlikte, topraklardaki ağır metaller yüksek konsantrasyonlarda zehirleyici etkiye

bulunabilmektedir [26]. Ağır metalleri diğer toksik elementlerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından oluşturulabilir ya da yok edilebilir olmamalarıdır. Bu yüzden toprak, bitki ve diğer canlı organizmalarda birikme eğilimindedirler. Topraklarda biriken metal miktarları, emisyon seviyelerine, kirlilik kaynağından biriken alanlara metal taşınımına ve toprağın daha önceki metal muhafazasına bağlıdır [13].

Ağır metaller toprağın adsorbsiyonu, kimyasal reaksiyonlar ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulmaktadır [27]. Ağır metallerin toprakta tutulması, toprağın içerdiği organik madde miktarına ve kil minerallerinin tipine göre değişmektedir [8].

Toprakların katyon değişim kapasitesi, pH'ı, organik madde miktarı ve sızıntı suyu miktarları, kirleticilerin toprakta tutulmasında önemli rol oynamaktadır. Killi topraklarda katyon değişim kapasitesi yüksek olduğundan ağır metaller büyük oranda tutulmaktadır. Kil ve organik madde bakımından zengin topraklar, ağır metalleri tutarak zor çözünebilen bileşikler oluştururlar.

Ağır metaller çevre kirliliğinde önemli rol oynamaktadır. Endüstriyel kökenli atıksularla, toprak ekosistemine ulaşan ağır metaller, toprak tarafından tutulmaktadır. Bu metallerin toprak içindeki hareketlilikleri toprakların pH değerleri tarafından kontrol edilmektedir. Ağır metaller genelde düşük pH değerlerinde daha fazla çözünmektedir [13].

Topraktaki kirleticilerin dağılımı doğrudan veya dolaylı olarak mikroorganizmaları etkilemektedir [28]. Ağır metaller çok çeşitli kimyasal, fizikokimyasal ve biyolojik reaksiyonlara girme eğilimine sahiptirler. Çoğunluğu değişken değiştirme özelliklerine sahip olarak oksidasyon-redüksiyon olaylarına katılmaktadırlar.

Ağır metallerin toprakdan katı faza taşınması, bitki kökleri vasıtasıyla onların alımını hızlandırmaktadır. Bunun sonucunda, toprağın fiziksel özellikleri bozulmakta ve toprak verimliliği yüksek oranda azalmaktadır [29].

Ağır metallerin başlıca kaynakları mineral ve organik gübreler ile sanayi atıklarıdır. Mineral gübrelerin içerdikleri metallerin miktarı, hammadde ve onların hazırlanış biçimlerine göre değişir. Buna göre, fosfatlı gübreler en fazla ağır metal içeriğine sahiptirler. Topraktaki ağır metallerin temel kaynağını organik gübreler oluşturur [29].

### **3.3. Ağır Metallerin Gıda Güvenliği ve İnsan Sağlığı Yönünden İncelenmesi**

#### **3.3.1. Arsenik (As)**

Yüzey ve içme sularının 0.5-1.0 mg/l As içermesi insan zehirlenmelerine neden olmaktadır. Tarımda kullanılan ve As içeren bazı pestisitlerin kullanımının son zamanlarda yasaklanmış olmasıyla birlikte, bunlar gıda maddelerinin As ile kontaminasyonunda önemli etkenlerdir. Arsenik ile kirlenmiş süttten zehirlenen bebeklerde, kansızlık belirtileri, karaciğer büyümesi ve bazılarında deride kahverengi pigmentler, tırnaklarda çizgiler, anormal elektrokardiyogramlar saptanmıştır. Sudan zehirlenen yetişkinlerde deride nasır şeklinde kalınlaşma, deri dökülmesi, idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür. Bira zehirlenmelerinde ise, iştah kaybı, kas zayıflığı, acı veren sinirsel krizler, kol ve bacaklarda uyuşma, karaciğer rahatsızlığı, deride kahverengi pigmentler ve deri altında aşırı derecede sıvı toplanması gözlenmiştir. Kemik ve solunum sistemi kanseri de görülebilmektedir [30-31]. Arsenik 70-180 mg alınması halinde canlılarda öldürücü etki göstermektedir. Arsenik zehirlenmelerinde yutmada güçlük, kusma, ishal, karın ağrısı, kaslarda kramp, susuzluk hissi, koma ve ölüm görülmektedir. Arsenik özellikle saç ve tırnakta birikmekte ve deri, mesane, akciğer kanserine neden olabilmektedir. Nefeste sarımsak kokusu, aşırı terleme, kas güçsüzlüğü, deride ki renk değişikliği, el ve ayaklarda his kaybı ve ayakta kangren belirtileri ile kendini gösterir [32-33].

#### **3.3.2. Civa (Hg)**

Civa çoğu sanayi dalında kullanıldığı için, çevresel kontaminasyon ile balık ve deniz hayvanlarına, yapısında Hg bulunduran tarım ilaçlarının sık kullanımı sonucunda da tarım ürünlerinin yapısına girerek beslenme döngüsüne dahil olmakta ve etkisini göstermektedir. Yapılan çalışmalar balık, et ve bazı süt ürünlerinin yüksek oranda Hg içerebildiğini göstermiştir [30-34].

Sanayi kuruluşlarının sahillerde yoğunlaşması, burada yaşayan balıkların dokusunda Hg düzeyinin artmasına neden olmuştur. Civanın bir canlıdan başka bir canlıya aktarımının araştırıldığı bir çalışmada, 8 ppm civa püskürtülen tohumlar ile beslenen civcivlerin kaslarında yaklaşık 2 kat civa birikimi saptanırken, Hg ile kontamine olan civcivlerle beslenen kır sansarlarında 6 kat Hg birikimi saptanmıştır [30].



Civa zehirlenmesi sonucunda akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşmaktadır. Bununla birlikte kronik zehirlenme sonucunda diş etleri iltihabı, titreme, psikolojik değişiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir [32].

### **3.3.3. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyumun birçok endüstriyel alanda kullanılıyor olması toprak, hava ve suyla gıda maddelerine bulaşma riskini arttırmakta ve bazı gıdalarda yüksek düzeyde kontaminasyona neden olmaktadır. Gıdalarda bulunan organik asitlerin ambalajların yapısında bulunan Cd'un çözünürlüğünü artırdığı düşünülmektedir. Kadmiyumun vücuda alınma yollarından biri de içme sularıdır [34]. Uzun süreli olarak Cd maruziyetinde en fazla etkilenecek olan organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalara göre; böbreklerde biriken Cd konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması halinde, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu belirlenmiştir. Böbreklerde oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi net olarak belirlenmiştir [35].

### **3.3.4. Kurşun (Pb)**

Çevre kirliliğine neden olan Pb büyük ölçüde motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucunda ortaya çıkan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların deniz deşarjı ile sulara taşınması sonucu deniz canlılarında Pb bulaşmasına rastlanmaktadır.

Kurşunun vücutta toksik etkilere neden olması için kanda veya yumuşak dokuda belli bir seviyeye kadar birikmesi gerekmektedir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkileri değişmektedir.

Çocuklar için 40-80 µg/100 mL toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg/100 mL ise Pb zehirlenmelerinin görüldüğü seviyedir. Saç, kemik ve dişlerdeki Pb miktarları muhtemel Pb zehirlenmeleri hakkında aydınlatıcı olmaktadır [30]. İnsanlarda Pb zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler beyin hasarı ve ölüme sebep olabilmektedir. Bebekler ve çocukların duyarlı olduğu kronik zehirlenme vakalarında küçük yaşta kurşuna maruz kalmada zekâ geriliği, öğrenme bozuklukları ve hiperaktivite ile kan basıncı yüksekliği periferik sinir hasarı görülebilmektedir [35].

### **3.3.5. Nikel (Ni)**

Bitkisel yağların hidrojenizasyonunda en önemli kontaminasyon kaynaklarından birisi Ni'dir. Ağız yoluyla maruz kalınan Ni büyük kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılabilen, bir kısmı ise akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilen bir elementtir.. Alet ve ekipmanlarla birlikte gıda maddelerine uygulanan bazı işlemler de Ni kontaminasyon düzeyini etkileyebilmektedir. Örneğin, hububatların öğütülmesi veya tahılın parçalanması bu ürünlerde Ni içeriğini azaltırken, pişirme işlemi bu düzeyi artırmaktadır. Nikelin zehirleyici miktarda (7 ila 35 mg/kg) vücuda alımı sonucu gözlenen akut sonuçlarına göre bulantı, kusma, ishal, nefes darlığı, karaciğer ve böbrek hasarı oluşabilmektedir. Kronik zehirlenmeyle ise alerjik reaksiyonlar oluşabilmektedir [32].

### **3.3.6. Diğer ağır metaller ve sağlık üzerine etkileri**

Çinkonun toksik etkileri sonucu oluşan belirtiler mide krampı ve ishal şeklinde gözlenmektedir. Denek hayvanlar üzerinde kanserojenik etkisi saptanmıştır [30].

Bakırın içme sularıyla yüksek miktarda alınması sonucunda bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı, karaciğer ve böbrek yetmezliği (1 yaşın altındaki çocuklarda 14 günden daha fazla süre ile 1000 µg/L'den yüksek miktarda Cu içeren suya maruz kalma sonucunda) gözlenebilmektedir. Yetişkinlerde karaciğer yetmezliği ya da Wilson hastalığı olanların Cu hassasiyeti yüksektir [35].

Kromun fazla miktarda insan vücuduna alınması ile birlikte oluşan akut zehirlenme sonucunda (1–5 g Cr tuzu alınması sonucu); gastrointestinal bulgular, kanama bozukluğu, nöbetler, kalp damar sisteminde şoka bağlı ölüm görülebilmektedir.

## **3.4. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri**

Son dönemlerde madenlerin, metal ve kimya fabrikalarının çok yaygın olarak kullandıkları metal içerikli mantar ilaçları ile ahşap koruyucuları, büyük endüstriyel komplekslerin yaydığı gaz ve toz emisyonlarının toprak ve bitkileri kirlettiği belirtilmektedir [36]. Özellikle ağır metal kirliliği bu tip topraklar üzerinde yetişen bitkiler için büyük bir potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Bu yüzden de bu tür ağır metal kirliliği görülen topraklar üzerinde farklı temizleme işlemleri uygulanarak

verimliliğın artırılmasına yönelik kapsamlı çalışmalar yapılmaktadır [37].

Yüksek konsantrasyonlu bazı ağır metaller, bitkileri ve bu bitkilerle beslenen insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Topraklarda ekstrakte edilebilir ağır metal konsantrasyonları Cd için 1 mg/kg, Co için 10 mg/kg, Cu için 0,1 mg/kg, Se için 10 mg/kg, V için 0,5-1 mg/kg ve Ni için 100 mg/kg in üzerinde olduğunda toksik etkiler oluşabilmektedir [38]. Ağır metaller içinde en yüksek oranda zehirli etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir [8]. Bitkilerde Zn, metabolizma olaylarını düzenleyen enzim sistemi için gereklidir. Fakat Pb ve Hg gibi diğerk metallerin faydalı bir biyokimyasal fonksiyon yerine getirip getirmediğı bilinmemektedir [39].

Topraklardaki Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn gibi bazı ağır metallerin yüksek konsantrasyonları doğal su ve karasal ekosistemlerinin bozulmasına neden olur [40-41]. Bazı ağır metaller düşük miktarlarda bitkiler için önemli mikro-elementlerdir; fakat yüksek miktarları bitki türlerinin bir çoğunun büyümesini engeller ve metabolik düzensizliğe neden olabilir [42-43]. Araştırmacılar bazı bitki türlerinin metal ağırlıklı topraklarda endemik olduğunu ve bu bitkilerin ağır metallerin ve diğerk toksik bileşenlerin yüksek miktarlarını tolere edebileceğini bildirmişlerdir [44-47].

#### 4. LİTERATÜR ÖZETİ

Endüstriyel kaynaklardan kaynaklanmasından dolayı Pb, Cd ve Ni kirliliğinin, kentsel bölgelerde kırsal bölgelere oranla daha yaygın olduğu bilinmektedir [48]. Normal olarak Pb ve Cd bitkilerde bulunmazlar. Bitkilerde bu ağır metallerin çok düşük miktarlarda bulunmaları bile bir kirlenmeyi işaret eder [49]. Bazı ağır metaller yol kenarlarındaki bitkileri etkilemekte ve bu bitkilerin üzerinde birikmektedir [50]. Ağır metallerin etkileri yoldan olan uzaklık arttıkça azalmaktadır. Trafik yoğunluğuna ve hakim rüzgar yönüne bağlı olarak birikme düzeyleri de artıp azalabilmektedir [51].

İnsan ve hayvanlar için toksik olan ağır metaller arasında Pb, Cd, Ni ve Cr sayılabilir [52]. Bu toksik ağır metaller çevreye endüstriyel faaliyetler sonucunda ve motorlu taşıt emisyonlarından atılmaktadır [53]. Çevresel kirleticilerin birikimi onların depolanmasının farklı mekanizmalara, meteorolojik koşullara ve bir bölgeden diğerine değişen farklı faktörlere bağlı olması nedeniyle çok karmaşıktır. Kirletici kaynaklarının ve bunların olası etkilerinin belirlenmesi ileriye dönük tedbirlerin alınması açısından çok önemlidir.

Özkul (2008) tarafından İzmit civarında endüstrileşmenin toprak ağır metal içeriğine etkilerinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Hızlı sanayileşme ve yerleşmenin etkisi altında kalan İzmit için başlıca kirletici kaynaklar; egzoz ve sanayi emisyonları ile katı atık yakma tesisidir. 16 noktadan alınan örneklerde çevre açısından önemli olan Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg ve Se elementlerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca karşılaştırma amacıyla kirletilmemiş geri plan alanlarından 3 adet örnek alınmıştır. Ölçümler Cu, Zn, Ni ve Co elementlerinin konsantrasyon değerlerinin, yer yer, Türkiye Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği limit değerlerinin üstüne çıktığını göstermiştir. Diğer metallerin derişimleri bu limit değerlerin altındadır. İzmit toprak değerlerinin diğer yoğun endüstrileşmiş alanlardaki toprak değerleriyle karşılaştırılması sonucunda, İzmit topraklarının henüz ağır metallerle kirlenmediği ancak, bakır ve çinko için kirlenmenin yeni başladığı görülmektedir [54].

Manno, Varrica ve Dongarrà (2006)'nın Gela (Sicilya)'da şehir alanlarında petrokimya fabrikalarından kaynaklanan metal dağılımının yol tozu numunelerine etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada; Gela şehrinin 3 farklı yerinden 8 yol tozu

numunesi toplanmıştır. Petrokimya fabrikalarından ve şehir trafiğinden kaynaklanan eser elementlerin yol tozuna olan katkısı ve yol tozunun tane boyutu incelenmiştir. Numuneler 6 farklı tanecik boyutuna göre elenmiş (500-250, 250-125, 125-63, 63-40, 40-20, ve <20 µm ) ve 15 eser element analiz edilmiştir. Metallerin tespiti her bir alt örnekte yapılmıştır. Bu analizler tozlardaki metallerin kaynaklarının saptanması için yapılmıştır. Yol tozunda ve anakaya örneğinde eser element konsantrasyonları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yol tozu numunelerinin toprak orjinli olmayan bazı öğeler içerdiğini göstermiştir. Çalışmaya göre, kirliliğe esas etkisi olan faktörün petrokimyasal fabrika yakınındaki araç trafiğinin olduğu görülmüştür. Yüksek seviyedeki Ba, Cu, Cr, Mo, Pb, Sb ve Zn elementinin sorumlusu trafik olarak görülmektedir. Yüksek konsantrasyonlu Ni, V ve kısmen Ba ve Cr, petrokimyasal tesislerin emisyonlarıyla ilişkilendirilmiştir. Yerel bilgilere göre, Sb yol tozlarında yüksek ölçüde bulunan eser elementtir. Burada dikkat çeken nokta ise, çevresel kaynaklardan kaynaklanan ağır metallerin en önemli taşınım mekanizmasının yüzeysel adsorpsiyon ile trafik olduğudur [55].

Tuna (2005) tarafından Muğla’ da yapılan bir çalışmada, termik santrallerden kaynaklanan kirlilik araştırılmıştır. Çalışmada 77’şer adet çam toprağı ve yaprağı, 101’er adet zeytin toprağı ve yaprağı olmak üzere toplam 356 adet örnek (178+178) alınarak analiz edilmiş ve çamlık topraklarında genelde en düşük ağır metal ortalama miktarları Yeniköy’de, en fazla ortalama ağır metal miktarları ise Gökova’da saptanmıştır. Zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde ise en düşük ortalama ağır metal miktarları Yatağan’ da ve en yüksek ortalama ağır metal miktarları ise Yeniköy’ de bulunmuştur. Gökova ve Yeniköy’ deki çamlık ve zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde Ni ağır metali yönünden kirlilik saptanmıştır. Termik santrallere farklı mesafelerde bulunan çamlıklardan alınan toprak örneklerinde genelde en düşük ağır metal miktarı 0-5 km’den alınan örneklerde ve en fazla ağır metal miktarı termik santrallere en uzak mesafelerdeki (10-20 km) çamlık topraklarında belirlenmiştir. Termik santrallere farklı mesafelerde bulunan zeytinliklerden alınan toprak örneklerinde ortalama en düşük ağır metal miktarları genelde 5-10 km uzaklıktaki zeytinliklerde en fazla ağır metal ortalamaları ise genelde 10-20 km uzaklıktaki zeytinliklerde saptanmıştır [56].

Garcia, Maiz ve Millan (2000) tarafından İspanya Gipuzkoa’da yapılan bir araştırmada, yol toprakları ve çimlerde ki ağır metal kirliliği için analizler

yapılmıştır. Trafik yükü altındaki yollara yakın farklı noktalardan toplanan yüzeysel toprak örnekleri ve çimler analiz edilmiştir. Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrometreyle belirlenmiştir. En yüksek değerlere sahip nokta A-8 otoyolunun yakınında belirlenmiştir. Buradaki Zn, Cu ve Pb seviyelerinin topraktaki kritik konsantrasyon seviyelerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada topraktaki Cd, Cu, Pb ve Zn'nun yüksek ölçüdeki korelasyonlarıyla toplam birikimleri arasındaki bağlantı belirlenmiştir. Ayrıca bu metallerin çimlerdeki içerikleri belirlenmiştir. Faktör analizi uygulanarak bulunan ağır metal sonuçları ve Cd, Pb, Zn seviyeleri arasındaki ilişki sonucunda kirlilik kaynağının aynı orijinli yani motorlu araç trafiği kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir [57].

Nijerya'da Fakayode ve Olu-Owalabi tarafından 2003'te yapılan bir araştırmaya göre; çevre kirliliği açısından gelişmiş ülkelerde kurşunsuz benzin kullanımının artmasıyla kurşun emisyonlarında azalma görülmüştür. Bunun yanında gelişmekte olan Nijerya gibi ülkelerde ise kurşunlu benzinlerin hala kullanılıyor olmasından dolayı emisyonlarda artma görülmektedir. Son 20 yılda Nijerya'nın birçok şehrinde araç kullanımının artmasıyla doğrudan kurşunlu benzin kullanımı da artmıştır. Şehir nüfusunun fazla olmasından dolayı da 0-3,5 yaş arası çocukların %80'inden fazlasının kanındaki ortalama kurşun konsantrasyonlarının sağlık standartlarının üzerinde olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından saptanmıştır [58].

S. Önder ve diğerleri tarafından 2003-2004 yılları arasında yapılan bir çalışmada Konya şehir merkezindeki yeşil alanların toprak ve çimlerinde ki ağır metal kirliliği tayin edilmiştir. Çalışmada Konya ilinde ki yeşil alanların 8 farklı noktasından alınan çim ve toprak örnekleri analiz edilmiştir. Örnekler fabrika bahçeleri, ağır trafik yükü altındaki alanlar ve konut yerleşim alanlarından alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre hem çim hem de toprak örneklerinde Cd, Cu, Zn, Co, Cr, V ve Ni seviyeleri numunenin alındığı yere ve yıllara göre değişim göstermiştir. Çalışma sonuçlarına göre toprak ve çim örneklerindeki ağır metal seviyeleri 2004 yılında 2003 yılı değerlerinden yüksektir. Bu çalışmada ağır trafik yükü altındaki alanlar ve fabrika bahçelerinden alınan bazı örneklerde birkaç ağır metal içeriği insan sağlığı için risk oluşturacak seviyelerde saptanmıştır (Toprakta Pb: 5,67 ppm, Çimde Cu 10,69 ppm, Cr: 27,51 ppm, Cd: 0,19 ppm) [59]. 2004 yılında Düzgören-Aydın, Li ve Wong tarafından Hong Kong şehri çevresindeki Pb kirliliğinin kaynağının araştırıldığı bir

çalışmada beş farklı yerden cadde ve tünel tozları, dere sedimentleri ve yol kenarlarındaki topraklar üzerinden numuneler alınmış ve günlük- yıllık trafik miktarıyla bağlantısı incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre bu şehirde Pb kirliliğinin derecesi değişkendir. Farklı noktalardan alınan numunelerdeki Pb konsantrasyonu da farklıdır. Yol kenarlarındaki toprak ( $79\pm 22$  µg/g) ve dere sedimanlarındaki ( $278\pm 88$  µg/g) Pb konsantrasyonu yol tozlarından daha düşük seviyededir ( $327\pm 54$  µg/g). Çalışılan alandaki en yüksek Pb konsantrasyonu tünel tavan tozlarında saptanmıştır. Genel olarak cadde tozlarındaki Pb oranı direkt olarak otomobil emisyonu ve diğer antropojenik kaynaklarla bağdaştırılmıştır [60].

Kök Yetimoğlu, Ercan ve Tosyalı (2004) tarafından İstanbul'da yapılan bir çalışmada E-5 karayolu üzerinde Pendik-Levent arasından alınan 56 adet örnekle trafik kaynaklı çevre kirliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Grafit fırın Atomik Adsorpsiyon Spektrometresi kullanılarak yapılan analizler sonucu yol tozu ve toprak örneklerinde Pb, Mn, Zn, Ni, Cd ve Cu konsantrasyonları sırasıyla 368.3, 747.8, 431.2, 27.1, 0.3 ve 191.1 µg/g olarak saptanmıştır. Çalışmaya göre belirlenen konsantrasyonlar Çevre ve Orman Bakanlığının 2003 yılında belirlemiş olduğu sınır değerlerden daha yüksek çıkmıştır [61].

Prohaska, Wenzel ve Stingeder (2005) tarafından yapılan bir araştırmada toprak profilinde derinliğe göre 11 elementin (rubidyum (Rb), stronsiyum (Sr), kalsiyum (Ca), baryum, bakır, çinko, mangan, demir, kurşun, krom, kadmiyum) toplam konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Analizler ICP-MS kullanılarak yapılmıştır. Çalışmaya göre antropojen kaynaklardan salınan ağır metallerin kısa dönemde toprakların üst kısmında birikirken uzun dönemde daha derin kısımlara indiği saptanmıştır [62].

Samara ve Voutsas (2005) tarafından yapılan çalışmada trafiğin yoğun olduğu bölgelerde partiküllerin taşınımı araştırılmıştır. Selanik şehir merkezinde trafiğin yoğun olduğu bölgelerde havada uzak mesafelere yayılan partiküller ve bunlarla bağlantılı olan ağır metallerden Pb, Cd, Ni, Cr, V, Mn, Cu ve Fe'in kolayca solunulabilir fraksiyonları (<0.8µm, 0.8–1.3µm, 1.3–2.7µm, 2.7–6.7µm ve >6.7µm) belirlenmiştir.

Havadaki parçacıkların en küçük patikül boyutlu olan (<0.8µm) %52'si çift durumlu dağılım gösterirken %20'lik kısmını da kaba boyutlu (>6.7µm) tanecikler

oluşturmaktadır [63]. Kanburoğlu ve Hekimbaşı (2006)'da yapılan çalışmalarında; Gebze, ayırova Deresinden alınan örneklerde tespit edilen muhtelif ağır metal konsantrasyonlarının *Vicia faba L.* üzerine genotoksik etkisini incelenmişler ve 309,57; 501,85 ve 642,04 ppm olan Cu konsantrasyonlarının çimlenmenin gerçekleşmesini engelleyecek derecede toksik olduğunu; Cd konsantrasyonlarının ise 8.45; 30,76 ve 85,04 ppm olduğunda mitotik indeks de azalmaya yol açtığını saptamışlardır. Bu sonuçlar; her iki ağır metalin verilen konsantrasyon derecelerinde toksik olduğunu göstermektedir [64].

Uğur ve Hekimbaşı (2006) ise; Çamlıca Sakarya arası D100 (E5) Karayolu ve Tem Otoyolu boyunca toprak numunelerinde tespit edilen Pb değerlerini model olarak yaptıkları çalışmalarında, konsantrasyonları 0.027 mM ile 1.527 mM tespit edilen Pb'un *Hordeum vulgare* üzerine genotoksik etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, söz konusu konsantrasyonların adı geçen bitkide doğru orantılı olarak genotoksik etkide bulunduğu ve potansiyel olarak toksik etki taşıdığını saptamışlardır [65].

Bilge ve diğ. (2013) tarafından Mardin İline bağlı Viranşehir-Kızıltepe karayolu güzergâhındaki topraklarda trafik kökenli ağır metal kirliliğinin boyutlarını belirlemek ve topraktaki ağır metal miktarlarının kara yoluna olan mesafe ile değişimlerini ortaya koyabilmek amacıyla yapılan çalışmada, karayolunun saç ve sol tarafından 2'şer km'lik 6 farklı noktadan 0, 15, 30 ve 60 m uzaklıklarla 0-15 cm derinlikten dört tekrarlamalı olarak toplam 96 toprak rneği alınmıştır. Sonuç olarak, toprakların ortalama ağır metal içerikleri, Pb; 0.64-2.24, Cd; 0.26-0.40, Ni; 27-42, Cr; 17-28 ve Cu; 9.9-14.2 mg kg<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Pb, Cd, Ni, Cr ve Cu için tüm ağır metallerin konsantrasyonları topraklarda izin verilebilir sınır değerlerine yaklaşamamalarına rağmen, mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştığı ağır metal konsantrasyonlarının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum çalışma alanındaki topraklarda gözlemlenen ağır metal birikiminin trafik kaynaklı olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, miktar bakımından topraklarda ağır metaller Ni>Cr>Cu>Pb>Cd sırasını izlemişlerdir [66].

şahin ve diğ. (2002) tarafından 17 ağustos 1999 depremi sonrası Adapazarı cadde ve sokak tozlarındaki bazı ağır metal (Pb, Cu, Zn, Ni, Cr ve Cu) konsantrasyonlarının Aevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile tayin edilmesine yönelik olarak yapılan bir çalışmada rnekler İzmit, Adnan Menderes, ark, Bankalar, Eski Hendek



caddeleri, Atatürk Bulvarı, Eski Reji sokak ve Erenler Gemi sokaktan Mayıs 2000 ile Ekim 2000 ayları arasında 15 günlük aralıklarla alınmıştır. Uygun çözüldürme işlemlerinden sonra analiz edilen çözeltilerde Ni, Cr, Cd, Zn ve Pb derişimlerinin standartların üzerinde olduğu gözlenirken, Cu düzeyinin kabul edilebilir değerlerde olduğu anlaşılmıştır. Ağustos ayında Çark caddesi en fazla kirliliğin olduğu bölge olurken en düşük kirlilik ise Eski Hendek caddesinde gözlemlenmiştir. Süreç olarak Mayıs ayının geneli ve Eylül ayının ikinci yarısı kirliliğin en düşük olarak gözlemlendiği aylar olmuştur [67].

Yalçın ve diğ. (2006) tarafından Niğde-Kayseri illeri arasındaki bağlantıyı sağlayan D765 numaralı devlet karayolu kenarındaki topraklarda ağır metal birikimlerinin belirlendiği bir çalışma yapılmıştır. Ağır metal birikimleri Spectro-Xepos Benchtop X-Ray Fluorescence Spectrometer ile ölçülmüştür. Toprak örneklerindeki ağır metal analiz sonuçları önemli ölçüde bir kirlenmenin olduğunu göstermiştir. Ağır metal içeriklerinden As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni ve Pb toksik olarak düşünölmüştür ve topraktaki ağır metal birikiminin trafik kökenli olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarında, metaller arasındaki korelasyon ilişkisine göre Ni ile As; Fe ile Cr arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Aynı şekilde metaller arasındaki korelasyon ilişkisine göre orta düzeyde pozitif bir ilişkisi olan metallerin olası kirlenme kaynaklarının, aynı kökenli olduğu düşüncesine varılmıştır. Güzergah boyunca benzer özellik taşıyan istasyonlar arasında aynı oranlarda element içeriğinin bulunması ve farklı bir değişiklik oluşmaması nedeniyle trafik kaynaklı kirlenmenin olduğu saptanmıştır [68].

Hekimbaşı (2008) tarafından yapılan bir çalışmada trafik kökenli ağır metallerin İstanbul'daki bazı çocuk parklarındaki birikimlerinin incelenmesi amacıyla trafiğin yoğun olduğu alanlardaki çocuk parklarının kum havuzlarından alınan örneklerde (33 örnek) Grafit Fırın Atomik Apsorbsiyon Spektrofotometresiyle (GFAAS) kadmiyum, kurşun, krom, nikel ve bakır, Flame AAS (FAAS) ile çinko analizleri yapılmıştır. Hem Anadolu hem de Rumeli yakasında ağır metal içerikleri genellikle oldukça düşüktür. Park Oyun Havuzlarından alınan örneklerin ortalaması Anadolu yakasında Zn; 31,52 µg/lit , Ni; 5,50 µg/lit, Cu; 33,44 µg/lit, Cd; 0,52 µg/lit, Pb; 2,79 µg/lit ve Cr; 1,68 µg/lit, Rumeli yakasında, Zn; 37 µg/lit , Ni; 2,95 µg/lit, Cu; 13,17 µg/lit, Cd; 7,23 µg/lit, Pb; 2,70 µg/lit ve Cr; 2,33 µg/lit olarak saptanmıştır. Konsantrasyonlar toksisite oluşturmayacak kadar düşük seviyelerdedir. İncelenen örneklere ait ağır metal

konsantrasyonlarının tümü toprak, bitki ve çiftlik hayvanları için kabul edilen toksisite eşik değeri limitlerinin çok altındadır. Bu konsantrasyonların genotoksik risk potansiyeli taşımadığı sonucuna ulaşılmıştır [69].

Dış ortamdan iç ortamlara pencere ve kapılardan giren kirleticilerin yanısıra insan giysileri veya evcil hayvanlar vasıtasıyla iç ortamlara taşınan toprak partikülleri ve tozlar kirletici kaynağı olabilmektedir [70-71]. İnsanlar zamanlarının çoğunluğunu (yaklaşık %90) iç ortamlarda geçirmekte olduğundan iç ortam vasıtasıyla kirleticilere maruziyet üzerine çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır [72]. İç ortam kirlilik durumunu etkileyen yüzlerce kirletici ve binlerce kaynak bulunmaktadır [73].

Darus ve diğ. (2012), iç ortamlarda bulunan tozların iç ve dış ortam kaynaklı olabileceğini ve bu tozların ağır metaller gibi kirleticileri biriktirebildiklerini bildirmektedir [74]. Öyle ki, iç ortam tozlarındaki ağır metal mevcudiyeti özellikle kentsel alanlarda sıklıkla rastlanan bir kirlilik olarak değerlendirilmektedir [75]. İç ortam tozu kirleticilere maruziyet açısından çift yönlü bir role sahiptir. Hava kaynaklı dış ortam kirleticilerinin iç ortamlara taşındığı bir transfer ortamı ve insanlar için soluma/yutma yoluyla kirleticilere maruziyet ortamı [76-77]. Organik ve inorganik partiküllerin heterojen bir karışımı olan iç ortam tozunun %58'i 44-149 µm boyut aralığında iken %6-35'i 30-63 µm arasında olup her iki boyuttaki partiküller de soluma ve yutma yoluyla insan vücuduna girebilecek boyuttadırlar [78]. İç ortamlarda bulunan ağır metal düzeylerinin incelenmesi üzerinde önemle durulması gereken hususlardan birisi olmasının asıl nedeni bu kirleticilerin toksik ve biyolojik birikim potansiyelleridir [74].

Chen ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada iç ortam tozunda bulunan ağır metallerin soluma, yutma ve deri yoluyla temas sonucunda kolaylıkla insan vücuduna girebildiğini göstermiştir [79]. Yapılan pek çok çalışmada da toz yutma yoluyla önemli miktarlarda toksik elementlere maruz kalınabileceği rapor edilmiştir [80-84]. Kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller DNA değişimi, DNA onarımı ve gen açılımları ile etkileşim oluşturabilmektedir [85-88].

## 5. MATERYAL VE METOT

### 5.1. Araştırma Bölgesinin Tanımı

Çalışma kapsamında 15 adet ilin kentsel ve kırsal alanlarında ağır metal kirliliği incelenmiştir. Bu iller Aksaray, Antalya, Çankırı, Elazığ, İstanbul, İzmir, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Konya, Malatya, Mersin, Uşak ve Van'dır.

Maden Tetkik ve Arama kurumundan alınan veriler ışığında bu illerde ağır metal kirlenmesine sebep olabilecek maden kaynakları Çizelge 5.1'de verilmiştir [89].

Çizelge 5.1 Maden kaynakları

İller	Maden
Aksaray	Hg
Antalya	Pb, Zn, Mn, Cr
Çankırı	Cr, Ni, Cu, Mn
Elazığ	Cu, Pb, Zn, Cr, Mn
İstanbul	Mn
İzmir	Cu, Pb, Zn, Hg, Mn
Kars	Cr
Kastamonu	Cu, Pb, Zn, Hg, Mn
Kayseri	Cu, Pb, Zn, Cr, Mn
Kırıkkale	Cu, Pb, Mn
Konya	Cu, Pb, Zn, Hg, Cr
Malatya	Cu, Pb, Zn, Cr
Mersin	Cu, Pb, Zn, Cr
Uşak	Hg
Van	Cr

Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere bu illerde Cu, Pb ve Zn en yaygın madenlerdir. Madenler dışında kirlenmeye sebep olabilecek bir diğer faktör nüfus yoğunluğudur.

Nüfus yoğunluğu arttıkça kullanılan motorlu araç sayısı ve evsel ısınma ihtiyacı artmaktadır. Dolayısıyla atmosfere bırakılan ağır metal konsantrasyonları da artmaktadır.

2015 yılı TÜİK verilerine göre bu iller içerisinde en yüksek nüfusa sahip il İstanbul'dur ve bunu İzmir, Antalya ve Konya takip etmektedir. Ayrıca Antalya'da yüksek turist sayıları kirlenmenin oranını artırmaktadır. İllere ait nüfus verileri Çizelge 5.2'de verilmiştir [90].

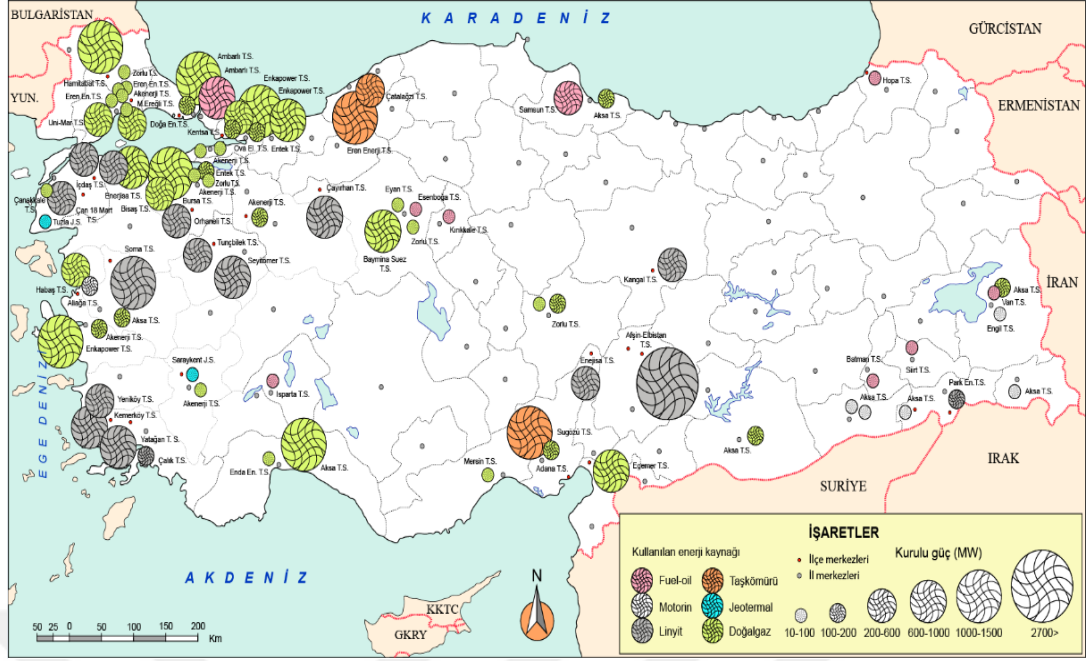
**Çizelge 5.2 Nüfus verileri**

İller	Nüfus (Kişi)
Aksaray	386.514
Antalya	2.288.456
Çankırı	180.945
Elazığ	574.304
İstanbul	14.657.434
İzmir	4.168.415
Kars	292.660
Kastamonu	372.633
Kayseri	1.341.056
Kırıkkale	270.271
Konya	2.130.544
Malatya	772.904
Mersin	1.745.221
Uşak	353.048
Van	1.096.397

İl çevre durum raporlarından alınan bilgiler doğrultusunda Aksaray, Çankırı, Elazığ, Kars, Konya, Malatya ve Van'da tarım ve hayvancılık faaliyetleri diğer şehirlere oranla daha fazladır [91]. Antalya'da seracılık ve seraların ısıtılması amacı ile kömür ve atık yağ kullanımı yüksektir. Atık yağlar yakıldığında, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde ağır metal (1398 µg/g Pb, <10 µg/g Cr, 23 µg/g Cu, 292 µg/g Br) salımı ortaya çıkmaktadır [92-94]. Yüksek ısı kapasiteye sahip atık yağlar (9500-10000 kcal/kg) soba, kazan, çimento fabrikaları gibi çeşitli ortamlarda yakıt veya ek yakıt olarak kullanılabilir [95-96].

Çevre durum raporlarına bakıldığında, Antalya, Kayseri ve Konya'da endüstrileşme diğer illere göre daha fazladır [91]. Trafik durumu ise İstanbul ve İzmir'de önemli derecede yüksektir.

Şekil 5.1'de verilen Türkiye termik santraller haritasında görüldüğü gibi bu illerde önemli bir kirlenme kaynağı olan termik santral yalnızca İzmir İlinin Aliağa ilçesinde bulunmaktadır [97]. Bu termik santralde motorin kullanılarak enerji üretimi yapılmaktadır.



Şekil 5.1 Türkiye termik santraller haritası

## 5.2. Örneklemeye Stratejisi

Toprak örnekleri 2014 yılı Nisan ayında her bir ilden 2 adet (kentsel ve kırsal olmak üzere) toplanmıştır. Ulaşım kolaylığı baz alınarak, ve ayrıca çapı en az 100 km’lik bir dairesel alanı temsil edebilmesi için seçilen örnekleme noktaları arasındaki mesafenin birbirinden 250-300 km olması hedeflenmiş, örnekleme noktalarının kırsal, sanayi veya tarımsal aktivitelerin yoğunluklu olduğu şehirlerin bir karışımı olması gözetilmiştir. Bu ibareler ışığında ülkeyi batı-doğu ve güney-kuzey eksenini doğrultusunda kesen bir hat üzerinde çapı en az 100 km’lik daireler alınarak yapılan örnekleme noktaları belirlenmiştir. Kırsal alan örnekleri muhtemel potansiyel kaynaklardan uzak (yerleşim bölgesi, endüstriyel, tarımsal alanlar) ve kırsal konsantrasyonlarını yansıtacak bölgelerden (şehirlerden en az 5 km uzakta, yoğun trafik olan yollardan en az 2 km uzakta, az trafik yoğunluğuna sahip yollardan en az 500 m uzakta) toplanmıştır [98]. Çalışma kapsamında alınan toprak örnekleme noktalarını gösteren harita Şekil 5.2’de verilmiştir. Örnekler 0-10 cm derinlikten toplanmış ve analize dek  $-20^{\circ}\text{C}$ ’de dondurucuda saklanmıştır. Her bir toprak numunesi oda sıcaklığında kurutulduktan sonra insan maruziyetinin ölçülebilmesi için 100 mesh plastik elekten elenerek toz örneği haline getirilmiştir. Bu bağlamda çalışmada toplam 30 adet toz örneği analiz edilmiştir. Bu illerde kentsel ve kırsal alanlarda örneklerin toplandığı noktaların koordinatları Çizelge 5.3’de verilmiştir.





Şekil.5.2 Örnekleme noktaları

**Çizelge 5.3** Toprak örneklerine ait koordinatlar

<b>Örnekleme Noktası</b>	<b>Enlem-Boylam</b>	<b>K</b>	<b>G</b>
Aksaray	38°22'7.38"K	X	
Aksaray	38°11'1.93"K		X
Antalya	36°53'0.61"K	X	
Antalya	36°59'2.00"K		X
Çankırı	40°35'3.65"K	X	
Çankırı	40°47'3.82"K		X
Elazığ	38°40'2.16"K	X	
Elazığ	38°29'3.77"K		X
İstanbul	41° 9'6.06"K	X	
İstanbul	41° 3'33.89"K		X
İzmir	38°23'33.14"K	X	
İzmir	38°19'4.31"K		X
Kars	40°36'60.00"K	X	
Kars	40°48'25.85"K		X
Kastamonu	41°22'2.87"K	X	
Kastamonu	41°27'11.17"K		X
Kayseri	38°42'7.09"K	X	
Kayseri	38°46'3.49"K		X
Kırıkkale	39°50'34.54"K	X	
Kırıkkale	39°51'59.58"K		X
Konya	37°59'9.82"K	X	
Konya	38° 0'2.97"K		X
Malatya	38°21'2.18"K	X	
Malatya	38°26'49.20"K		X
Mersin	36°47'55.18"K	X	
Mersin	36°45'47.16"K		X
Uşak	38°39'9.64"K	X	
Uşak	38°39'1.78"K		X
Van	38°30'16.63"K	X	
Van	38°17'22.99"K		X

### 5.3. Toprak pH, Nem ve Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

**Toprak nem içeriği;** American Standard Test Methods-ASTM D2974-87 metoduna (ASTM, 1993a), toprak pH değeri American Standard Test Methods-ASTM D4972-01 metoduna (ASTM, 2001) göre belirlenmiştir [99-100]. Organik madde içeriği belirleme işlemi nem içeriği belirlenmiş toprak numuneleri üzerinde yapılmış olup, Organik karbon fraksiyon (fOC) belirleme işlemi ASTM D2974-87 metoduna (ASTM, 1993a), toprak yoğunluğu ve partikül yoğunluğu ise ASTM D2937-10 (ASTM, 1993b) metoduna göre belirlenmiştir [101]. Toprak nem içeriği; 2 mm gözenek büyüklüğüne sahip elekten elenmiş 50 g toprak örneği sabit tartıma gelene dek (yaklaşık 16 saat) 105°C’de bekletilmiş ve Denklem 5.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Nem İçeriği, \%} = [(A - B) \times 100]/A \quad (5.1)$$

A: başlangıç ağırlığı, B: kuru ağırlık

**Toprak pH değeri;** 2 mm gözenek büyüklüğüne sahip elekten elenmiş olan yaklaşık 10 g toprak örneği cam bir kavanoza koyularak üzerine yaklaşık 10 mL ASTM Type III tanımına uygun (iyon değişimi ve ters osmoz bazlı çalışan ultra saf su cihazından sağlanmış) saf su eklenerek 15 dk döner karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra 1 saat dinlendirilmiş ve pH ölçümü gerçekleştirilmiştir.

**Toprak Organik madde içeriği;** Nem içeriği belirlenmiş toprak örnekleri kül fırınına yerleştirilerek toprak ağırlığı sabit tartıma gelene dek 440 °C’de yakılmıştır (yaklaşık 16 saat). Denklem 5.2 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Organik Madde İçeriği, \%} = [(A - B) \times 100]/A \quad (5.2)$$

A: kuru toprak başlangıç ağırlığı, B: 440°C’de yakıldıktan sonra ağırlık

**Toprak Yoğunluğu;** 10 g yaş toprak tartılarak 50 mL hacimli bir mezüre konulup kapladığı hacim belirlenmiş, sonrasında 105 °C’de 24 saat süreyle kurutulan toprak tekrar tartılmıştır. Denklem 5.3 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Toprak kütle ağırlığı (g/cm}^3\text{)} = \text{kuru ağırlık} / \text{yaş toprağın kapladığı hacim} \quad (5.3)$$

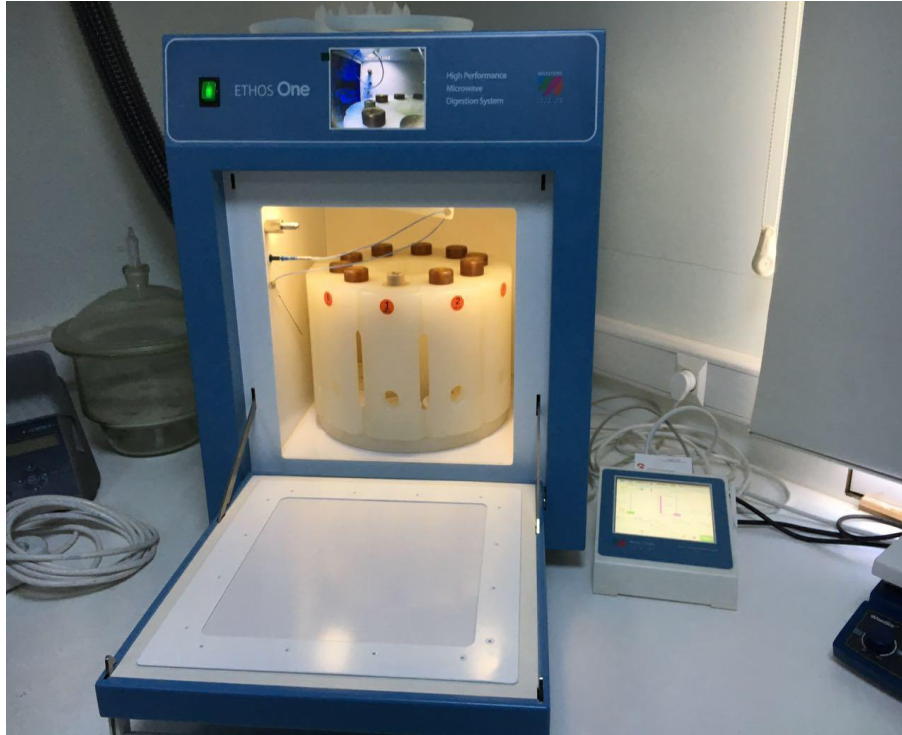


**Toprak Partikül yoğunluğu;** 100 mL hacimli bir mezüre 60 mL saf su konulmuş, üzerine toprak kütlesi belirleme kullanılan 10 g kuru toprak örneği eklenerek hafifçe çalkalanıp hava kabarcıklarının çıkması sağlanmış, bunu takiben hacim artışı kaydedilmiştir. Toprak partikül kütlesi ağırlığı kuru toprak ağırlığının su hacmindeki artışa bölünmesiyle hesaplanmıştır.

#### **5.4. Toprak Örneklerinin Asitle Yakılması ve Enstrümental Analize Hazırlanması**

Toplam ağır metal içeriğinin belirlenmesi için asitle deriştirme işlemi Milestone marka Ethos One (Şekil 5.3) model mikrodalga yakma sistemi kullanılarak, cihazın Uygulama Notlarında belirtilen HPR-EN-36 (Urban Dust) metoduna göre yapılmıştır. Metod, Standard Metod 3030'a benzemektedir. Yakma işlemi yaklaşık 0,23 g toz örneğine 6 mL %65'lik nitrik asit ve 2 mL %96'lık sülfürik asit ilave edilerek gerçekleştirilmiştir. Minerilizasyon için sıcaklık programı:

1. Aşama: 15 dakika 200°C 5 dk 45 bar basınç,
2. Aşama: 15 dakika 200°C 45 bar basınç olarak uygulanmıştır.



**Şekil 5.3** Mikrodalga yakma sistemi

## 5.5. Enstrümental Metodlar

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir. Teknik elektromanyetik indüksiyonla 10,000°K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından örneğin iyonize edilmesi; iyonize elementlerin kütle spektrometresi tarafından ayrıştırılması ve element derişimlerinin elektron çoklayıcı bir dedektör tarafından ölçülmesi prensibine dayanır.

### 5.5.1. ICP-MS analizi

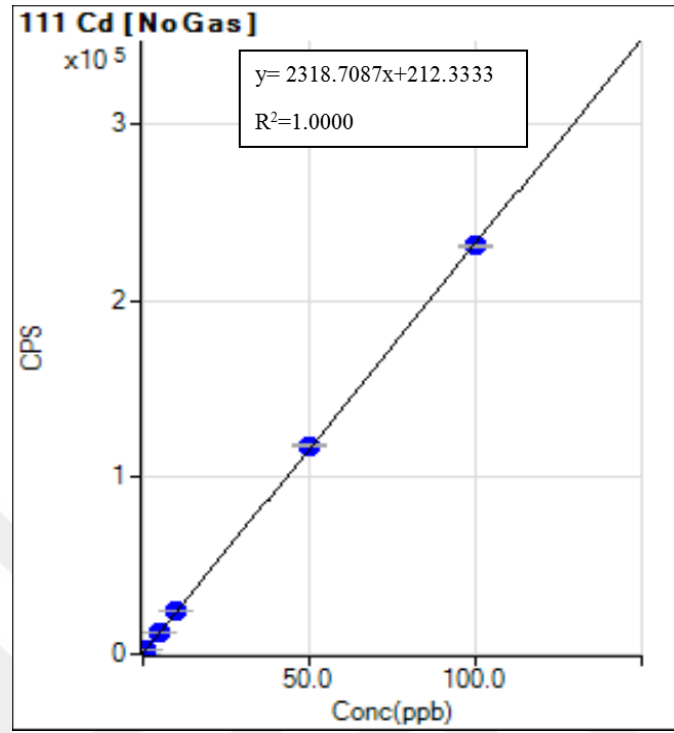
Enstrümental analiz Agilent 7700 model ICP-MS cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5.4). ICP multielement stok çözeltisi kullanılarak 5 noktalı bir kalibrasyon grafiği kullanılmıştır. Kalibrasyon aralığı 1-100 ppb'dir. Analizler internal standart kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.4 ICP-MS cihazı

Cihazın genel işletim parametreleri: integrasyon zamanı: 0,1 s, örnekleme zamanı: 0,31 s, veri toplama zamanı: 22,76 s, RF gücü: 1550 W, RF voltajı: 1,78 V, taşıyıcı gaz: 0,9 L/dk, make up gaz: 0,1 L/dk, nebulizer pompası: 0,1 rps, He gaz akışı: 4,5 mL/dk.'dır. Cihaz okumaları 3'er tekrarlı olarak yapılmıştır. Örnek olarak Cd için elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 5.5'de verilmiştir.

Diğer metallerin kalibrasyon grafikleri EK.1'de verilmiştir. Analiz sonuçları kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir ve birimler µg/kg cinsinden verilmiştir.



Şekil 5.5 Cd Kalibrasyon grafiği

## 5.6. Kalite Kontrol/Kalite Güvencesi

### 5.6.1. Sertifikalı referans madde

Metod değerlendirilmesinin sağlıklı olarak yapılabilmesi ve analizlerin doğruluğunun saptanabilmesi için National Institute of Standards and Technology (NIST) sertifikalı referans madde (SRM 2583) kullanılmıştır. SRM 2583 metal konsantrasyonları; As;  $7.0 \pm 1.6$ , Cd;  $7.3 \pm 3.7$ , Cr;  $80 \pm 22$ , Pb;  $85.9 \pm 7.2$  mg/kg'dır. Bu çalışmada SRM 2583 4 tekrarlı olarak analiz edilmiş ve belirlenen konsantrasyonlar As için  $5.8 \pm 0.3$ , Cd için  $7.5 \pm 0.5$ , Cr için  $54.5 \pm 4.1$ , Pb için ise  $64.6 \pm 11.7$  mg/kg'dır. Analizlerde elde edilen sonuçların SRM 2583 için bildirilen konsantrasyonlara göre relatif standart sapma (RSD) değerleri sırasıyla; % 17.1, 3.1, 24.7, 31.9 olarak hesaplanmıştır.

### 5.6.2. Tekrarlı analizler

Analizlerin tutarlılığının tespit edilebilmesi için Kırıkkale ili kentsel alanına ait numune üç tekrarlı olacak şekilde analiz edilmiştir.

Ortalama metal konsantrasyonları Cd için  $186\pm5$ , Hg için  $40.4\pm2.0$ , Pb için  $107000\pm910$ , V için  $15800\pm820$ , Cr için  $37100\pm1190$ , Mn için  $142500\pm5880$ , Co için  $4570\pm45$ , Ni için  $80\pm9.5$ , Cu için  $5360\pm303$ , Zn için  $13480\pm384$  ve As için  $9260\pm140$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak bulunmuştur. Sonuçların RSD değerleri Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn ve As için sırasıyla % 2.6, 5.2, 1.1, 3.9, 7.9, 5.1, 3.8, 5.2, 9.1, 8.9 ve 4'dür.

### 5.6.3. Şahit numuneler

Her 10 numunede 1 adet olmak üzere toplam 10 adet şahit numune analiz edilmiştir. Şahit numuneler 4 ml nitrik asit ve 2 ml sülfürik asite toprak numuneleriyle aynı prosedürde yakma işlemi uygulanarak hazırlanmış ve ICP-MS ile analiz edilmiştir. Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn ve As için ortalama konsantrasyonlar sırasıyla  $3.4\pm2.4$ ,  $45.8\pm10.8$ ,  $231.3\pm22.8$ ,  $317\pm25.2$ ,  $327.5\pm54.6$ ,  $51.8\pm4.6$ ,  $36.4\pm9$ ,  $1334.2\pm37.5$ ,  $220.7\pm30.1$ ,  $2835.9\pm49.1$  ve  $20.8\pm6.2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak belirlenmiştir.

### 5.6.4. Cihaz Tespit Limiti (IDL)

IDL değeri Method 200.8 Bölüm 3.5'de verilen yönteme göre belirlenmiştir. Bu metoda göre 6 ml  $\text{HNO}_3$  ve 2 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmış ve ICP-MS ile 10 tekrarlı olarak okunmuştur [102]. Bu değerlerin standart sapmasının 3 katı IDL'i vermektedir. Denklem 5.4 ile hesaplanmaktadır.

$$\text{IDL}=3*\sigma \quad (5.4)$$

IDL analizi sonucunda bulunan konsantrasyonlar; Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn ve As için sırasıyla 2.5, 7.5, 20.8, 34.9, 32.2, 89.8, 6.1, 135.5, 20, 90.6 ve 4.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'dır.

### 5.6.5. Metod Tespit Limiti (MDL)

MDL değeri Method 200.8 Bölüm 9.2.4.'de verilen yönteme göre belirlenmiştir [102]. Bu metoda göre kalibrasyon eğrisinde okuyabildiğimiz en düşük konsantrasyon değeri tespit edilmiş (0.1 ppb) ve bunun yaklaşık 2-5 katı konsantrasyona sahip numune hazırlanarak mikrodalgada toprak numuneleriyle aynı yöntemde yakma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra ICP-MS ile 7 tekrarlı olarak

analiz edilmiştir. Denklem 5.5 ile hesaplanmıştır.

$$MDL=(t)*(S) \quad (5.5)$$

Burada;

t: Student's t değeridir ve 7 tekrar (%99 güven aralığında serbestlik derecesi; n-1=6) için t=3,14'dür [103]. Ayrıca S: Standart sapma'dır.

MDL analizi sonucunda bulunan konsantrasyonlar Çizelge 5.4'de verilmiştir.

**Çizelge 5.4** MDL konsantrasyonları

$\mu\text{g/kg}$	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>MDL</b>	7,5	22,6	33,3	122,8	125,6	172,2	163,2	406,5	122,5	941,4	112

EPA Method 200.8 Bölüm 9.2.4'de yer alan MDL, IDL'in 2-3 katına denk gelir ifadesine istinaden IDL için <0 olarak okunan değerler MDL'in 3'te biri olacak şekilde düzeltilmiştir [104].

Ayrıca <IDL ve <MDL olan hedef analit konsantrasyonları istatistiksel testlerin uygulanabilmesi amacı ile MDL'in yarısı olacak şekilde düzeltilmiştir [105].

#### 5.6.6. Geri kazanım verimi

Method 200.8 Bölüm 9.4.3'e göre geri kazanım veriminin hesaplanması için 10 ppm standart içerek şekilde hazırlanan 6 ml HNO<sub>3</sub> ve 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 9 tekrarlı olacak şekilde yakma işlemine tabi tutulmuş ve ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanarak ICP-MS ile analiz edilmiştir. Elde edilen geri kazanım yüzdeleri Çizelge 5.5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.5** Geri kazanım yüzdeleri

% Geri Kazanım	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>Minimum</b>	53,6	61,5	73,3	76,0	72,9	68,7	71,9	70,7	69,6	70,5	74,4
<b>Maksimum</b>	61,4	81,6	94,2	83,3	89,8	77,8	80,4	82,1	77,5	87,9	84,5
<b>Ortalama</b>	57,8	74,9	87,0	78,3	79,6	72,8	75,6	77,2	73,3	78,1	79,4
<b>Standart Sapma</b>	2,27	6,05	6,83	2,22	5,02	2,51	2,50	3,46	2,24	5,19	2,82

Geri kazanım yüzdelerinin çoğunluğu %70'in üzerinde olduğundan numunelerde belirlenen konsantrasyonlar şahit numune konsantrasyonları veya geri kazanım verimi % değerleri ile düzeltilmemiştir.

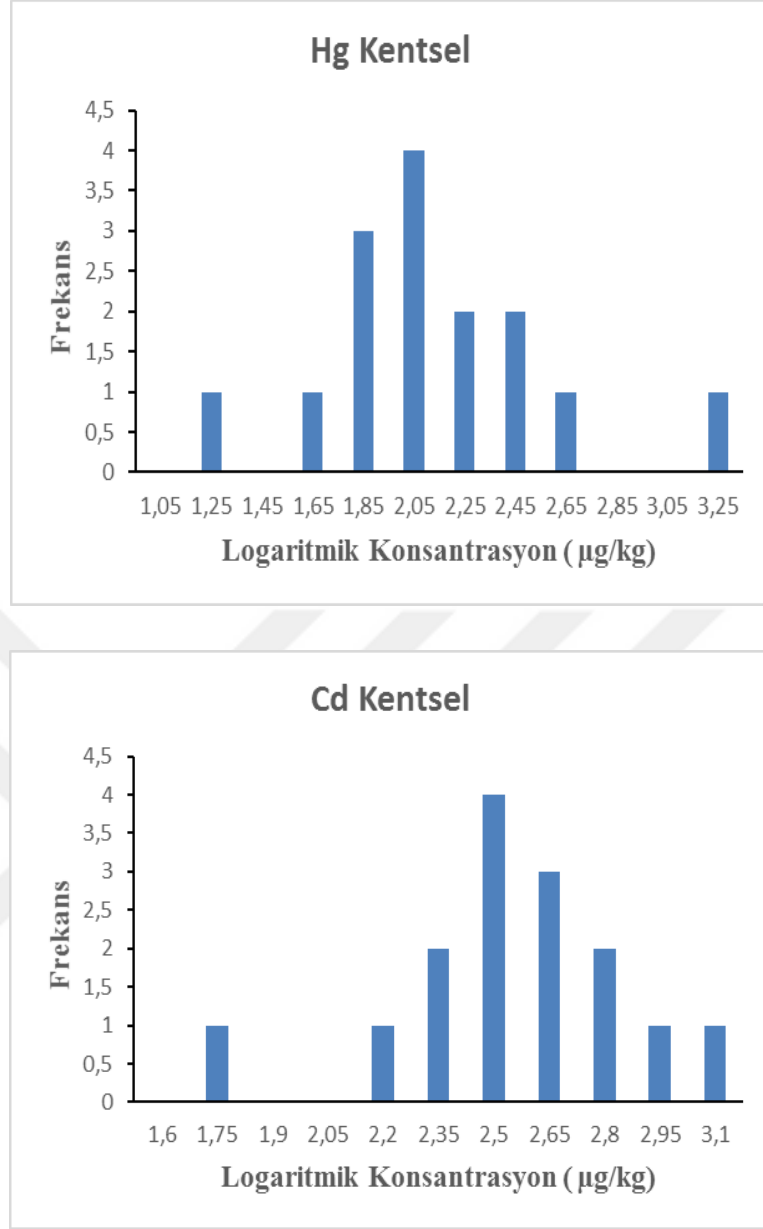
## 5.7. Veri Analizi ve Verilerin Sunumu

### 5.7.1. İstatiksel analiz

İstatistiksel testler, genel olarak "parametrik testler" ve "parametrik olmayan testler" olmak üzere ikiye ayrılabilir. Eldeki bir veri setine, bu testlerden hangisinin uygun olduğunu belirlemek için normallik testi yapılmalıdır. Eğer veriler normal dağılıma sahip ise parametrik testler, veriler normal dağılıma sahip değil ise parametrik olmayan testler uygun olacaktır. İki farklı normallik testi vardır. Bunlardan biri "Kolmogorov-Smirnov", diğeri ise "Shapiro-Wilk" testidir. Kolmogorov-Smirnov testinin sonuçları, veri sayısının az olduğu durumlarda dikkate alınabilir. "Shapiro-Wilk" testi daha çok tercih edilir ve kullanılır. Bu çalışmada dataların sıklık dağılımı Shapiro-Wilk normalite testi (SYSTAT 12 (Version 12.00.08), Systat Software Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Shapiro-Wilk p değerlerinin 0.001' den büyük olduğu durumda "**%99 güvenle veriler normal dağılımlıdır**" denilebilir.

Şekil 5.6'da kentsel alanlarda Cd ve Hg için verilerin dağılımı gösterilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen konsantrasyonların logaritmik dönüşümlü (Log C) değerleri normal dağılım göstermiştir. Verilerin normal dağılımlı olması durumunda Tukey's Test kullanılarak geometrik ortalama karşılaştırması yapılabilir.

Eğrilik (skewness) ve basıklık (kurtosis) ve onların standart hataları SES (standard error of skewness) ve SEK (standard error of kurtosis), SYSTAT 12 kullanılarak hesaplanmıştır. Eğrilik ortalamasının etrafındaki dağılımın asimetrik olup olmadığını ifade eder. Basıklık ise normal dağılımla karşılaştırıldığında belirlenen dağılımın düz veya dik olduğunu ifade eder. Eğrilik/SES ve Basıklık/SEK için >2 olan her değer istatistiksel olarak önemli derecede pozitif eğrilik ve basıklık olduğunu gösterir. Kentsel ve kırsal alanlarda diğer elementlere dair konsantrasyon ve log konsantrasyon histogram grafikleri EK.2 ve EK.3'de verilmiştir. Kentsel ve kırsal alanlarda log C dağılımlarına göre yapılan Shapiro wilk normalite testi sonuçları ile eğrilik-basıklık değerleri Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7'de verilmiştir.



**Şekil 5.6** Kentsel alanlarda Cd ve Hg log konsantrasyonlarının dağılımı

Kentsel ve kırsal alanlarda log konsantrasyonlar için yapılan Shapiro-Wilk testi sonucunda elde edilen p değerlerinin çoğunluğu  $>0,001$  olduğundan log-normal dağılım elde edilmiştir. Bu yüzden Tukey's test ile geometrik ortalamalar karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Kentsel ve kırsal alanlar için Eğrilik/SES ve Basıklık/SEK değerlerine bakıldığında; değerler genellikle (-2) ila (+2) aralığındadır. Bu veriler arasındaki ilişki simetrik ya da her iki yönde de çarpık olabilir. Bunun dışında kentsel alanlarda Mn için negatif eğrilik ve pozitif basıklık, Cr için pozitif basıklık elde edilmiştir. Kırsal alanlarda ise Cd için negatif eğrilik ve pozitif basıklık elde edilmiştir.

Çizelge 5.6 Kentsel alanlara ait Shapiro-Wilk normalite test sonuçları

Kentsel Alan (Log C)	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
Örnek Sayısı	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Minimum	1,65	1,05	3,70	4,14	3,67	4,56	3,14	2,31	3,34	3,83	2,51
Maksimum	3,06	3,12	4,87	4,71	5,14	5,54	4,13	3,97	4,48	5,06	4,45
Medyan	2,50	1,93	4,11	4,52	4,45	5,28	3,75	2,99	4,09	4,41	3,41
Aritmetik Ortalama	2,47	2,01	4,14	4,48	4,51	5,25	3,72	3,01	4,05	4,45	3,52
Aritmetik Ortalamanın Standart Sapması	0,09	0,12	0,08	0,05	0,09	0,07	0,06	0,11	0,07	0,07	0,12
Geometrik Ortalama	2,45	1,96	4,13	4,47	4,50	5,25	3,71	2,98	4,04	4,44	3,49
Standart Sapma	0,34	0,47	0,30	0,19	0,34	0,26	0,25	0,41	0,29	0,28	0,46
Eğrilik	-0,74	0,46	1,07	-0,53	-0,52	-1,33	-0,70	0,33	-0,94	0,11	0,06
Eğriliğin Standart Sapması(SES)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Eğrilik/SES	-1,27	0,80	1,85	-0,91	-0,89	-2,29	-1,21	0,57	-1,62	0,19	0,11
Basıklık	1,57	1,83	1,65	-0,87	2,31	2,28	0,94	1,76	1,50	1,91	1,06
Basıklığın Standart Sapması(SEK)	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Basıklık/SEK	1,40	1,63	1,47	-0,77	2,06	2,04	0,84	1,57	1,34	1,70	0,95
Shapiro-Wilk p-değeri	0,61	0,54	0,11	0,30	0,23	0,05	0,83	0,27	0,28	0,52	0,26



**Çizelge 5.7** Kırsal alanlara ait Shapiro-Wilk normalite test sonuçları

Kırsal Alan (log C)	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>Örnek Sayısı</b>	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Minimum</b>	0,58	1,05	3,71	4,09	4,05	4,95	3,43	2,31	3,52	3,93	3,00
<b>Maksimum</b>	2,67	1,99	4,26	4,53	5,09	5,50	4,09	3,27	4,15	4,59	4,04
<b>Medyan</b>	2,36	1,63	3,96	4,24	4,37	5,09	3,63	2,31	3,75	4,16	3,39
<b>Aritmetik Ortalama</b>	2,19	1,66	3,96	4,25	4,47	5,16	3,68	2,60	3,78	4,21	3,47
<b>Aritmetik Ortalamanın Standart Sapması</b>	0,17	0,06	0,04	0,03	0,09	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,08
<b>Geometrik Ortalama</b>	2,01	1,64	3,96	4,25	4,46	5,16	3,68	2,57	3,77	4,21	3,45
<b>Standart Sapma</b>	0,67	0,25	0,15	0,12	0,34	0,18	0,21	0,38	0,19	0,20	0,32
<b>Eğrilik</b>	-2,14	-0,83	0,25	1,06	0,65	0,86	0,80	0,69	0,86	0,41	0,43
<b>Eğriliğin Standart Sapması(SES)</b>	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
<b>Eğrilik/SES</b>	-3,69	-1,43	0,43	1,83	1,12	1,48	1,38	1,20	1,48	0,70	0,74
<b>Basıklık</b>	3,58	1,38	-0,26	1,19	-0,83	-0,68	-0,21	-1,39	-0,40	-1,05	-0,80
<b>Basıklığın Standart Sapması(SEK)</b>	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
<b>Basıklık/SEK</b>	3,19	1,23	-0,23	1,06	-0,74	-0,60	-0,19	-1,24	-0,35	-0,93	-0,71
<b>Shapiro-Wilk p-değeri</b>	0,00	0,23	0,96	0,10	0,14	0,03	0,16	0,00	0,05	0,45	0,51

**Çizelge 5.8** Tukey's test sonuçları

Geometrik ortalama ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )				
Elementler	Kentsel	Kırsal	Tukey's Test P değeri	Açıklama
<b>Cd</b>	296	155	0.158	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.
<b>Hg</b>	102	46	0.017	<0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarından istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli derecede yüksektir.
<b>Pb</b>	13663	9079	0.052	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.
<b>V</b>	29872	17672	0	<0,001, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarından istatistiksel olarak %99 güven aralığında önemli derecede yüksektir.
<b>Cr</b>	32260	29380	0.746	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.
<b>Mn</b>	179230	145369	0.279	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.
<b>Co</b>	5205	4825	0.698	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.
<b>Ni</b>	1021	395	0.008	<0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarından %95 güven aralığında yüksektir.

**Çizelge 5.8** Tukey's test sonuçları (devamı)

<b>Geometrik ortalama (µg/kg)</b>				
<b>Elementler</b>	<b>Kentsel</b>	<b>Kırsal</b>	<b>Tukey's Test P değeri</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Cu</b>	11115	6000	0.006	<0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarından istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli derecede yüksektir.
<b>Zn</b>	27845	16242	0.014	<0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarından istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli derecede yüksektir.
<b>As</b>	3307	2926	0.717	>0,05, Kentsel alan konsantrasyonları kırsal alan konsantrasyonlarında istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir.

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 6.1. Toprak Özellikleri

Kentsel ve kırsal alanlardan toplanan topraklara ait özellikler Çizelge 6.1’de verilmiştir. pH değerlerinde en düşük değerlere İstanbul’da en yüksek değerlere ise bir kaç farklı alanda rastlanmıştır. Nem içeriğinde birbirinden oldukça farklı olarak yüzde 0.2-26 arasında değişmektedir. Organikler için önemli bir gösterge olan organik madde içeriği yüzde 1.6-12.15 değerleri arasındadır.

Çizelge 6.1 Topraklara ait özellikler

	pH	Nem İçeriği (%)	Org. Madde (%)	Toplam kütle (g/cm <sup>3</sup> )	Partikül kütlesi (g/cm <sup>3</sup> )
Aksaray-K	7,91	6,65	5,62	0,915	1,921
Aksaray-G	7,36	0,22	1,79	1,480	2,072
Antalya-K	7,80	12,35	4,35	0,810	1,783
Antalya-G	7,52	13,08	6,88	0,783	1,723
Çankırı-K	7,29	16,80	7,93	0,685	2,140
Çankırı-G	7,61	16,10	6,29	0,750	1,801
Elazığ –K	7,73	9,66	5,56	0,832	1,595
Elazığ –G	8,30	4,30	2,15	1,099	1,979
İstanbul-K	6,97	7,80	10,03	0,802	1,763
İstanbul-G	6,88	12,03	8,30	0,849	2,228
İzmir-K	7,51	10,69	5,81	0,823	2,262
İzmir-G	8,15	13,79	1,68	0,830	2,179
Kars-K	7,56	26,01	6,27	0,741	1,777
Kars-G	7,58	23,20	7,01	0,677	1,807
Kastamonu-K	7,87	23,37	6,36	0,553	1,936
Kastamonu-G	8,26	26,41	2,95	0,803	1,908

**Çizelge 6.1** Topraklara ait özellikler (devamı)

	<b>pH</b>	<b>Nem İçeriği (%)</b>	<b>Org. Madde (%)</b>	<b>Toplam kütle (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Partikül kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Kayseri-K	8,06	6,23	3,83	0,900	1,890
Kayseri-G	8,07	2,57	2,16	1,162	1,976
Kırıkkale-K	7,93	8,86	2,74	0,992	1,985
Kırıkkale-G	7,92	4,26	6,33	0,766	2,394
Konya-K	8,10	4,60	2,86	1,053	2,000
Konya-G	8,07	3,73	3,37	0,959	2,014
Malatya-K	7,78	9,62	3,87	0,835	1,920
Malatya-G	8,22	6,75	2,20	1,077	1,616
Mersin-K	8,04	20,71	4,30	0,676	1,689
Mersin-G	8,14	23,74	12,15	0,464	1,532
Uşak-K	8,14	12,10	2,92	0,771	1,541
Uşak-G	7,78	18,85	5,40	0,613	2,146
Van-K	8,15	20,14	4,94	0,868	2,062
Van-G	8,21	19,55	2,30	0,995	1,691

K: kentsel; G: kırsal

## **6.2. Kentsel ve Kırsal Alanlarda Ağır Metal Konsantrasyonu**

Kentsel ve kırsal alanlardan alınan toprak numunelerine yapılan analizler sonucunda elde edilen konsantrasyon verileri özet olarak Çizelge 6.2’de verilmiştir. Burada görüldüğü üzere ortalama konsantrasyon değerleri kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha yüksektir. Kentsel alanlarda nüfus yoğunluğu, trafik, sanayileşme ve evsel ısınmada kullanılan yakıtlar gibi kirletici kaynakları daha etkin olduğundan sonuçlar beklenen yönde olmuştur. Detaylı sonuç tablosu EK.4’de verilmiştir.

**Çizelge 6.2** Kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal konsantrasyonları

<b>KENTSEL ALAN (µg/kg)</b>											
	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>
<b>n&gt;MDL</b>	14	15	15	15	15	15	15	10	15	15	15
<b>Minimum</b>	<IDL	11	5055	13683	4685	36388	1382	<IDL	2197	6733	325
<b>Maksimum</b>	1143	1308	74064	51331	139305	346035	13409	9325	30093	114353	28195
<b>Medyan</b>	316	84	13014	32872	28078	189175	5645	972	12415	25538	2540
<b>Geometrik Ortalama</b>	296	102	13663	29872	32260	179230	5205	1021	11115	27845	3307
<b>Aritmetik Ortalama</b>	379	194	18034	32294	41890	205343	5957	1621	13215	34035	5649
<b>Standart Sapma</b>	273	320	17944	12316	33932	94537	3057	2218	7479	25992	7137
<b>KIRSAL ALAN (µg/kg)</b>											
	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>
<b>n&gt;MDL</b>	14	13	15	15	15	15	15	9	15	15	15
<b>Minimum</b>	<IDL	<MDL	5167	12186	11194	89875	2671	<IDL	3325	8527	990
<b>Maksimum</b>	465	98	18308	33525	122347	317226	12389	1858	13989	38605	10904
<b>Medyan</b>	230	43	9063	17202	23636	122630	4281	203	5635	14455	2459
<b>Geometrik Ortalama</b>	155	46	9079	17673	29380	145369	4825	395	6000	16242	2926
<b>Aritmetik Ortalama</b>	255	52	9621	18363	40202	159140	5444	577	6642	18023	3821
<b>Standart Sapma</b>	146	26	3517	5771	35859	76094	3069	547	3399	8873	3092

Kentsel ve kırsal alanlarda Cd, Hg, Pb, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn ve As için box-whisker grafikleri çizilmiştir (Şekil 6.1- Şekil 6.11) Bu grafiklerde görüldüğü üzere medyan değerleri 1. kartile (verilerin ilk %25'lik kısmı) daha yakındır. Yani verilerin dağılımı simetrik olmamakla birlikte sağa çarpıktır. Konsantrasyon değerleri yüksek olduğundan grafiklerde log konsantrasyonlar gösterilmiştir.

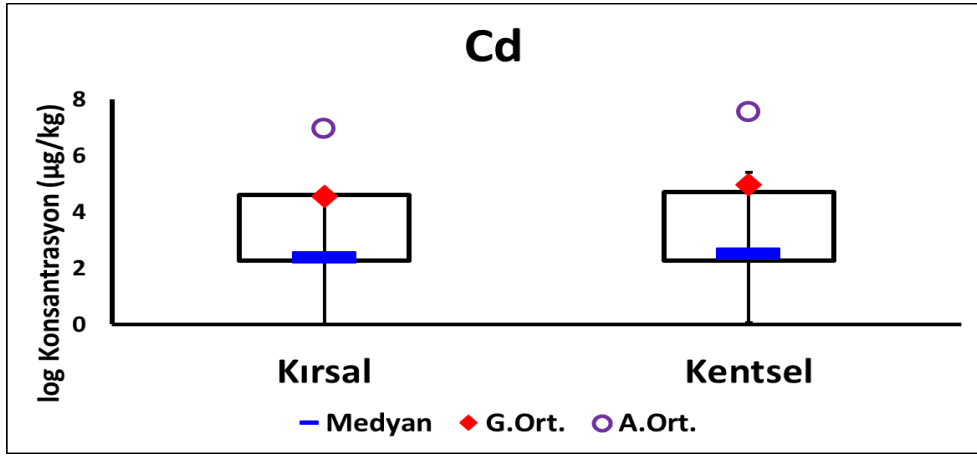
**Çizelge 6.3** Ağır metal sınır değerleri

	US EPA	NYS DEC	TKKY	Direktif 86/278/EEC	Almanya	Fransa	Hollanda	İsveç
Cd	70	0.86	70	1-3	1	2	0,5	0,4
Hg	-	-	23	1-1,5	-	-	-	-
Pb	400	400	400	50-300	70	100	40	40
V	-	-	548	-	-	-	-	-
Cr	230	22	235	100-200	60	150	30	60
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	23	-	-	-	-	-
Ni	1600	140	1564	30-75	50	50	15	30
Cu	-	270	3129	50-140	40	100	40	40
Zn	23,6	2200	23464	-	-	-	-	-
As	-	-	0,4	-	-	-	-	-

Çizelge 6.3'de USEPA'nın toprakta temizlemeyi gerektiren metal seviyeleri, New York eyaleti Çevre Koruma Ofisi (NYS DEC)'nin yerleşim yerleri için verdiği sınır değerleri ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te (TKKY) verilen sınır değerler, Avrupa Birliği Direktifi 86/278/EEC'de verilen sınır değerler ve diğer ülkelerin yönetmeliklerinde verilen sınır değerler gösterilmektedir [106-110]. Kentsel ve kırsal alanlar için bulunan ortalama metal konsantrasyonları Türkiye için verilen sınır değerlerin çok altındadır. Yalnızca As metali için İzmir kentsel alanı dışındaki bütün alanlarda sınır değerler aşılmıştır. Diğer ülkelerin sınır değerleriyle karşılaştığımızda ise İsveç limit değerlerine göre ülkemizde Cd sınırda ve Hollanda limit değerlerine göre Cr sınır değeri aşılmıştır.

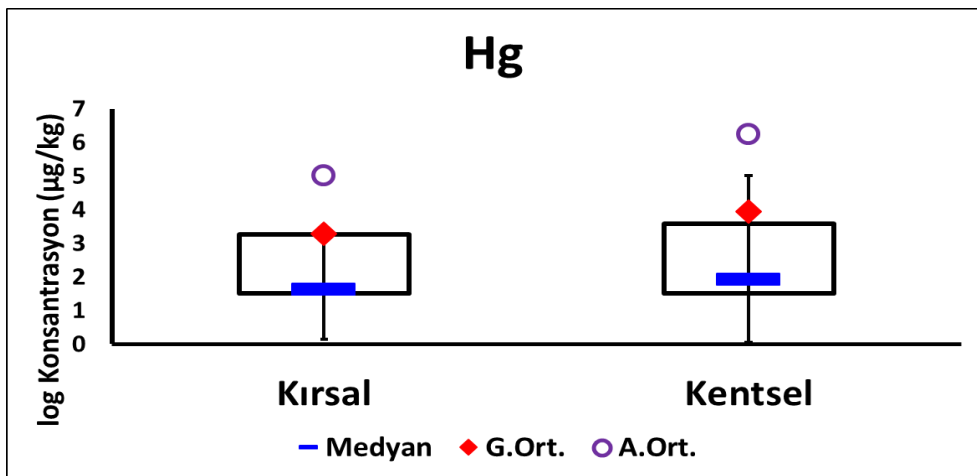
Şekil 6.1'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Cd metali için en yüksek konsantrasyon 1143 µg/kg, en düşük konsantrasyon ise cihaz tespit limitlerinin altında, medyan değeri 316 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 379 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 465, <IDL, 230 ve 255 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara

Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Cd için sınır değerler sağlanmaktadır.



**Şekil 6.1** Kentsel ve kırsal alanlarda Cd konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

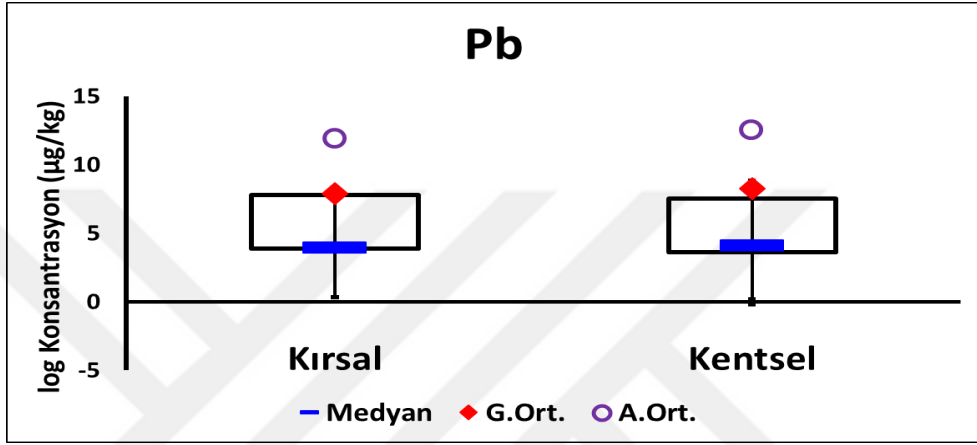
Şekil 6.2'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Hg metali için en yüksek konsantrasyon 1308 µg/kg, en düşük konsantrasyon 11 µg/kg, medyan değeri 84 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 194 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 98, <MDL, 43 ve 52 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Hg için sınır değerler sağlanmaktadır.



**Şekil 6.2** Kentsel ve kırsal alanlarda Hg konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)



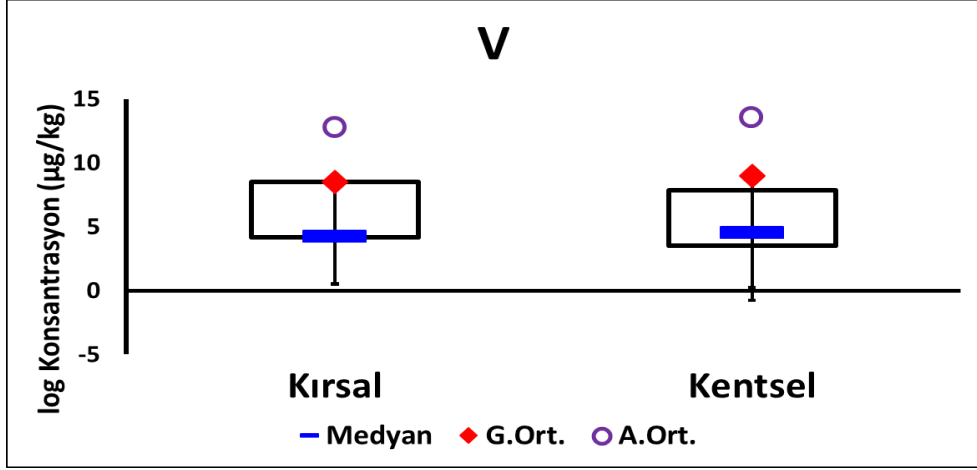
Şekil 6.3'da görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Pb metali için en yüksek konsantrasyon 74064 µg/kg, en düşük konsantrasyon 5055 µg/kg, medyan değeri 13014 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 18034 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 18308, 5167, 9063 ve 9621 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Pb için sınır değerler sağlanmaktadır.



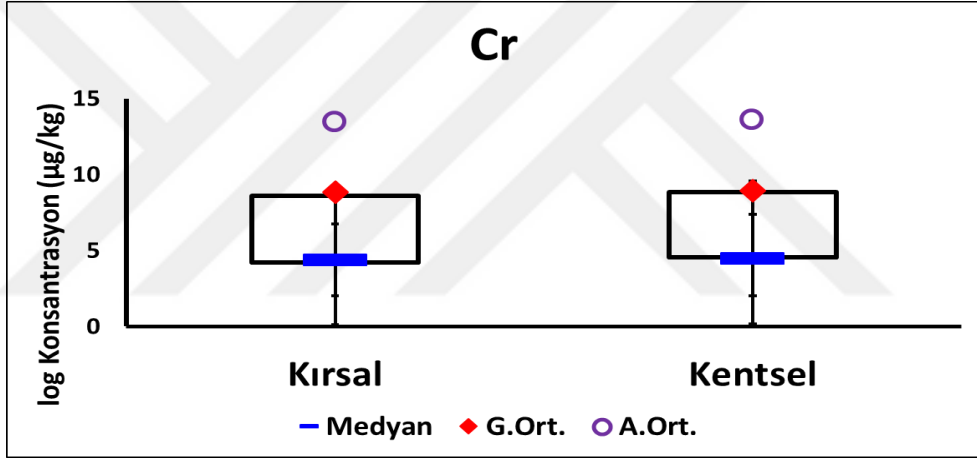
**Şekil 6.3** Kentsel ve kırsal alanlarda Pb konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

Şekil 6.4'da görüldüğü üzere Kentsel alanlarda V metali için en yüksek konsantrasyon 51331 µg/kg, en düşük konsantrasyon 13683 µg/kg, medyan değeri 32382 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 32294 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 33525, 12186, 17202 ve 18363 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında V için sınır değerler sağlanmaktadır.

Şekil 6.5'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Cr metali için en yüksek konsantrasyon 139305 µg/kg, en düşük konsantrasyon 4685 µg/kg, medyan değeri 28078 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 41890 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 122347, 11194, 23636 ve 40202 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Cr için sınır değerler sağlanmaktadır.



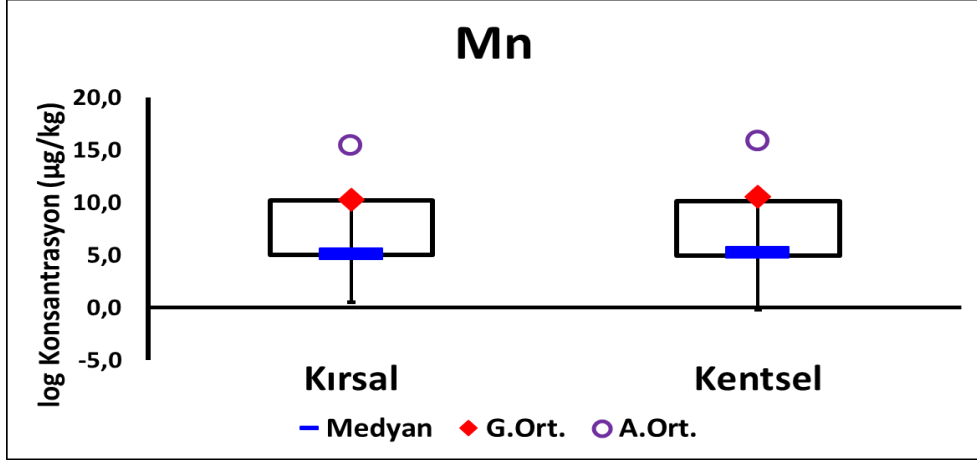
**Şekil 6.4** Kentsel ve kırsal alanlarda V konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)



**Şekil 6.5** Kentsel ve kırsal alanlarda Cr konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

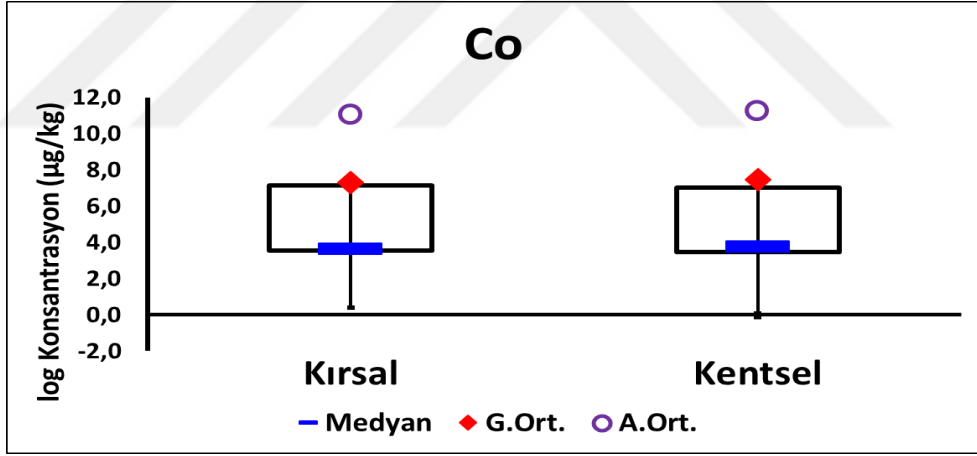
Şekil 6.6'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Mn metali için en yüksek konsantrasyon 346035 µg/kg, en düşük konsantrasyon 36388 µg/kg, medyan değeri 189175 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 205343 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 317226, 89875, 122630 ve 159140 µg/kg olarak bulunmuştur.

Şekil 6.7'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Co metali için en yüksek konsantrasyon 13409 µg/kg, en düşük konsantrasyon 1382 µg/kg, medyan değeri 5645 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 5957 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 12389, 2671, 4281 ve 5444 µg/kg olarak bulunmuştur.



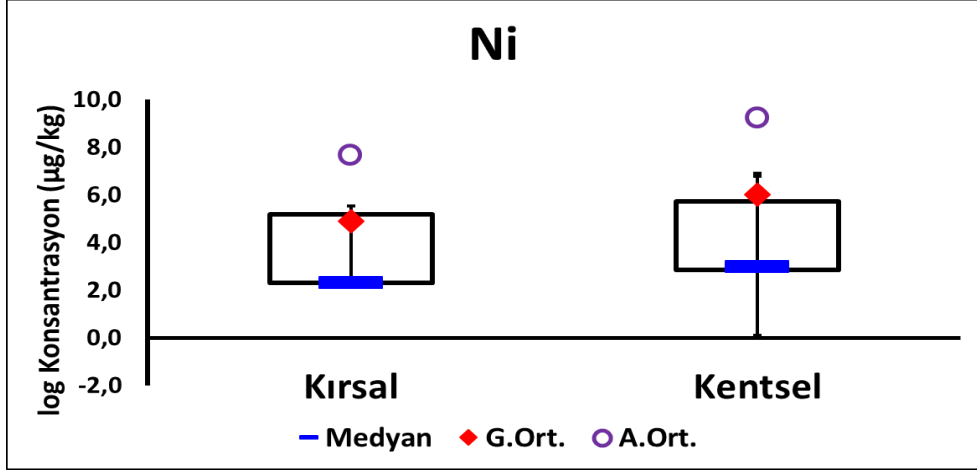
**Şekil 6.6** Kentsel ve kırsal alanlarda Mn konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Co için sınır değerler sağlanmaktadır.



**Şekil 6.7** Kentsel ve kırsal alanlarda Co konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

Şekil 6.8'de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Ni metali için en yüksek konsantrasyon 9325 µg/kg, en düşük konsantrasyon cihaz ölçüm limitinin altında, medyan değeri 972 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 1621 µg/kg'dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 1858, <IDL, 203 ve 577 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Ni için sınır değerler sağlanmaktadır.



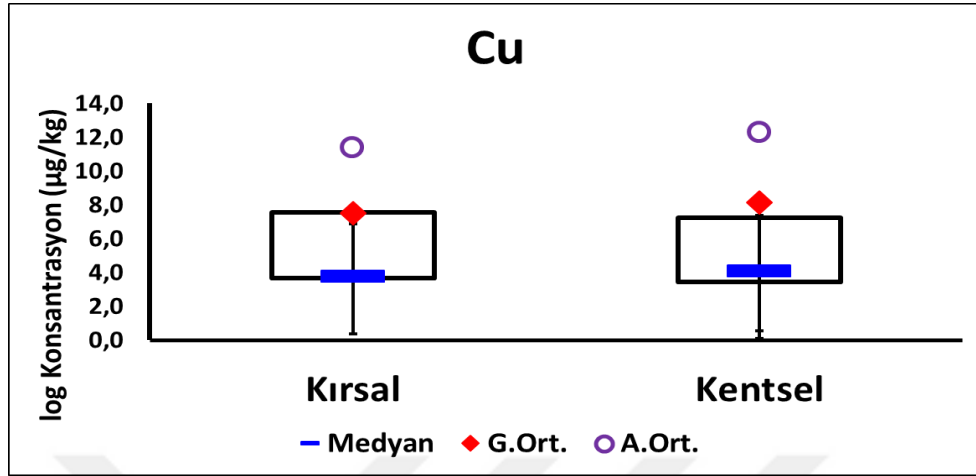
**Şekil 6.8** Kentsel ve kırsal alanlarda Ni konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

Şekil 6.9’da görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Cu metali için en yüksek konsantrasyon 30093 µg/kg, en düşük konsantrasyon 2197 µg/kg, medyan değeri 12415 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 13215 µg/kg’dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 13989, 3325, 5635 ve 6642 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik’te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Cu için sınır değerler sağlanmaktadır.

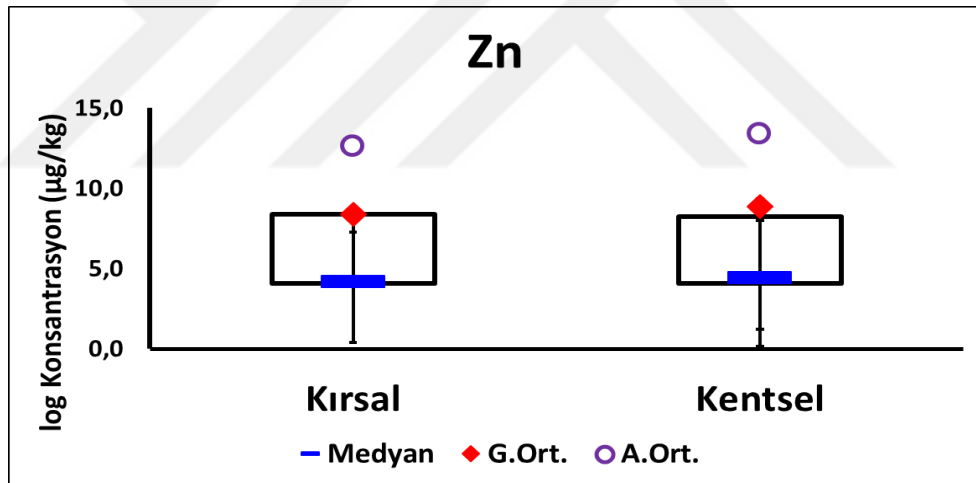
Şekil 6.10’da görüldüğü üzere Kentsel alanlarda Zn metali için en yüksek konsantrasyon 114353 µg/kg, en düşük konsantrasyon 6733 µg/kg, medyan değeri 25538 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 34035 µg/kg’dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 38605, 8527, 14455 ve 18023 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik’te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında Zn için sınır değerler sağlanmaktadır.

Şekil 6.11’de görüldüğü üzere Kentsel alanlarda As metali için en yüksek konsantrasyon 28195 µg/kg, en düşük konsantrasyon 325 µg/kg, medyan değeri 2540 µg/kg ve ortalama konsantrasyon değeri 5649 µg/kg’dır. Kırsal alanlarda ise bu değerler sırasıyla; 10904, 990, 2549 ve 3821 µg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik’te verilen sınır değerler (Çizelge 6.3) ile karşılaştırıldığında As için sınır değerler sağlanamamaktadır. Yönetmelikte 400 µg/kg olarak verilen sınır değer kentsel

alanlarda yaklaşık 70 kat, kırsal alanlarda ise yaklaşık 27 katına kadar aşılmıştır.



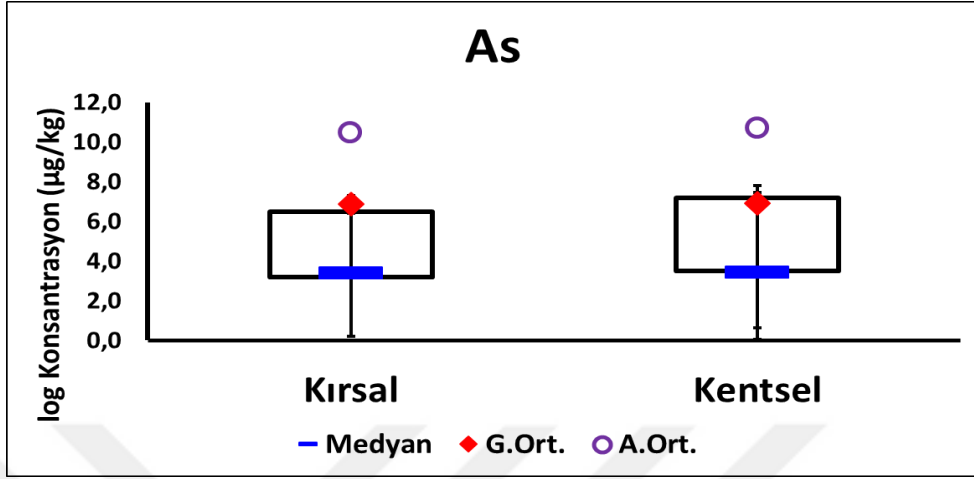
**Şekil 6.9** Kentsel ve kırsal alanlarda Cu konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)



**Şekil 6.10** Kentsel ve kırsal alanlarda Zn konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

Kentsel ve kırsal alanlarda kirletici konsantrasyonları, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında (Çizelge 6.3) yalnızca As konsantrasyonlarının bu değerleri aştığı görülmektedir. As topraklara pestisit kullanımı ve kümes hayvanlarının gübresi ile gübreleme sonucunda kontamine olabilmektedir. Ayrıca enerji üretim tesislerinden yanma sonucunda atılan küller As içermektedir. Çalışmanın yapıldığı alanlarda termik santral bulunmaması ve çalışma alanında seçilen illerin daha çok

tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu iller olması sebebiyle As'in büyük oranda tarımsal faaliyetler sonucunda oluştuğu söylenebilir.



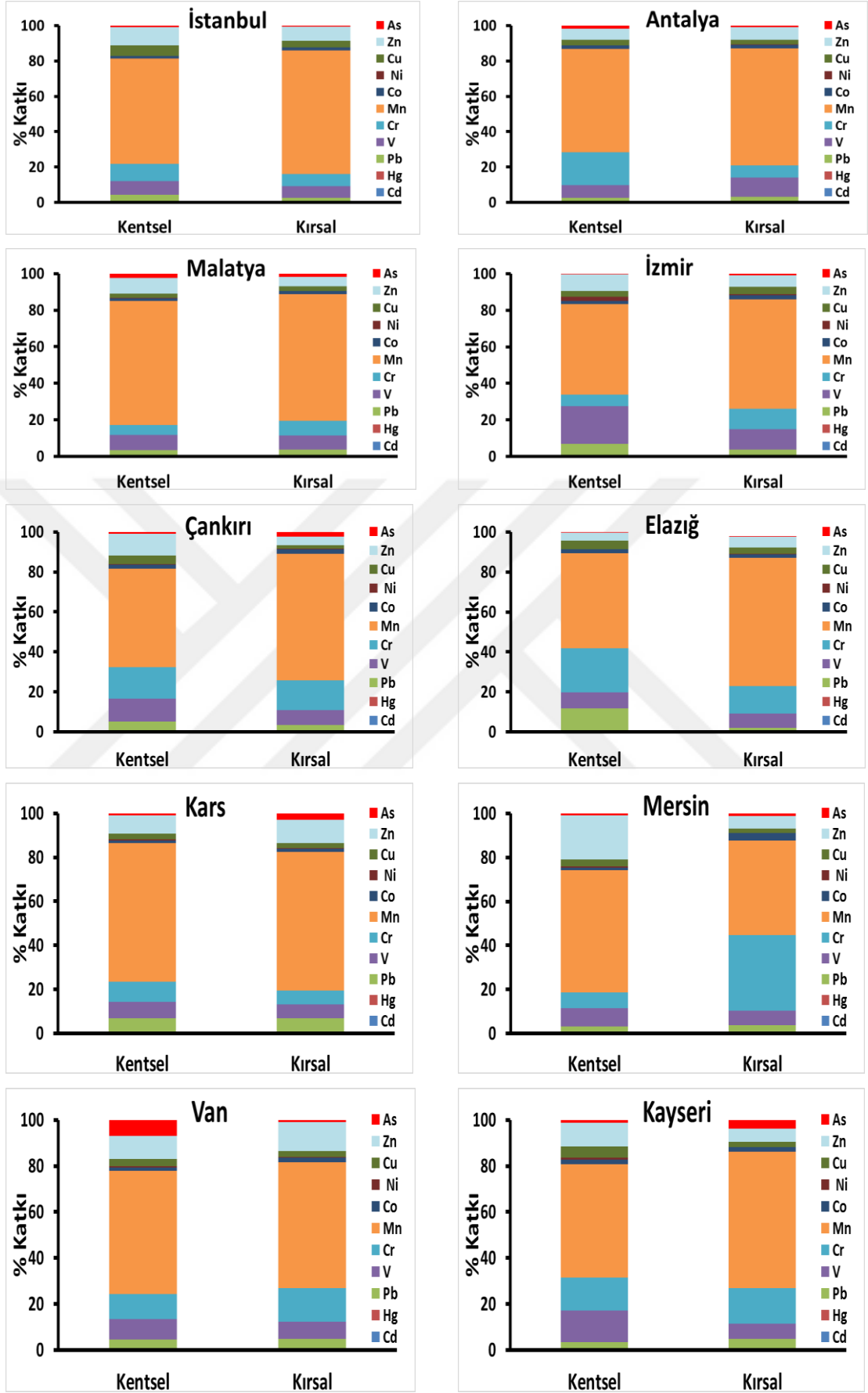
**Şekil 6.11** Kentsel ve kırsal alanlarda As konsantrasyonları (dikdörtgenin alt kenarı 1. kartili, üst kenarı 3. kartili göstermektedir; G.Ort: Geometrik ortalama, A. Ort: aritmetik ortalama)

### 6.3. Ağır Metallerin Yüzde Katkı Oranları

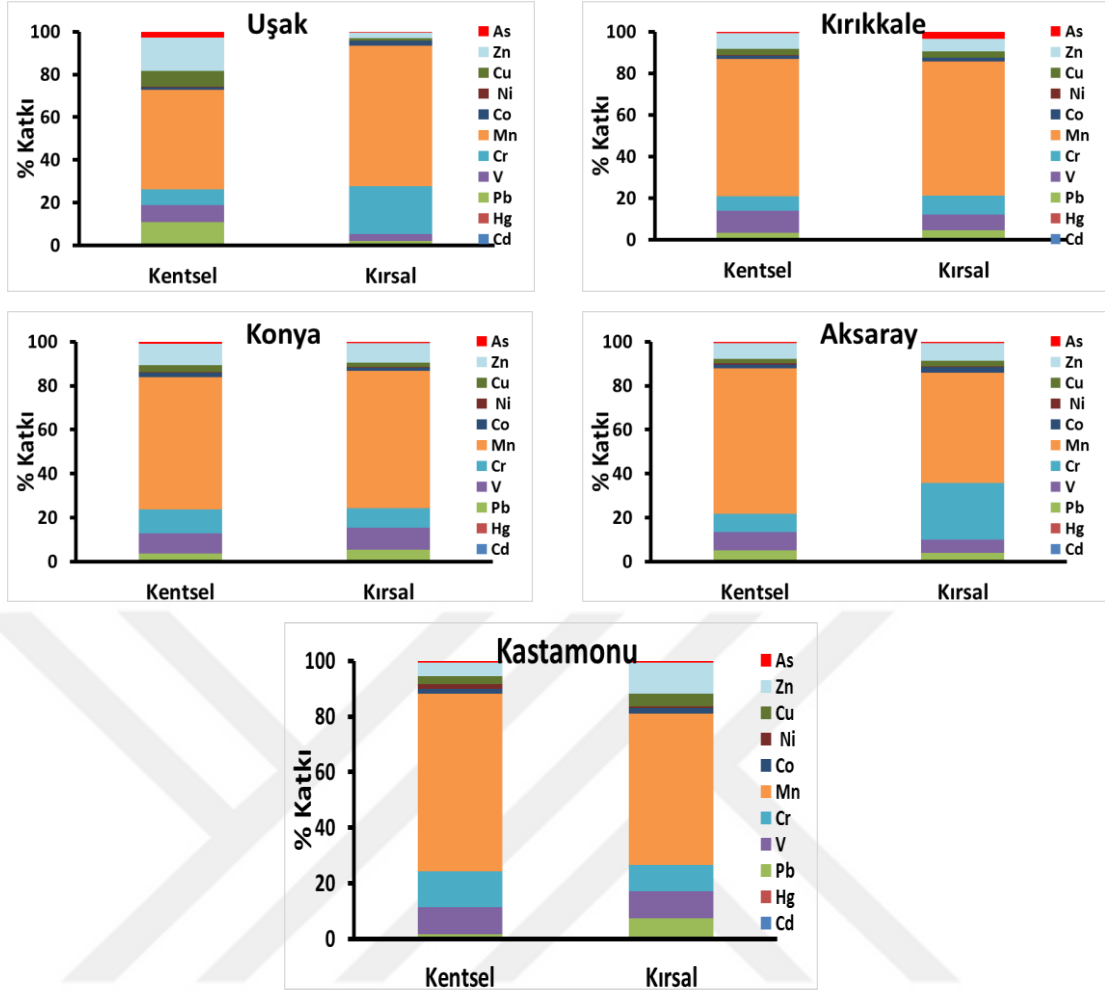
Şekil 6.12'de görüldüğü üzere İstanbul ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %60 ile Mn yapmaktadır. Bunu sırasıyla %10 ile Zn izlemektedir. En düşük oranda katkı %0.05 ile Cd'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %70 ile Mn'a en düşük katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. MTA kurumu verilerine göre İstanbul'da kirlilik kaynağı olabilecek Mn maden kaynakları mevcuttur. Ayrıca Mn metali fosil yakıtlar, kimyasal ve hayvansal gübreler ve lağım suları atıkları ile topraklara ulaşmaktadır [21]. Bunun dışında Hg metali içinde en yüksek değer (11 µg/kg) İstanbul'da gözlemlenmiştir. Hg şehirleşme ve endüstrileşme sonucu topraklara ulaşmaktadır [21]. İstanbul'da gözlemlenen yoğun trafik, endüstriyel faaliyetler ve nüfus yoğunluğu bu ağır metallerin kaynakları arasındadır.

Antalya ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %59 ile Mn yapmaktadır. Bunu %18 ile Cr izlemektedir. En düşük oranda katkı %0.02 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %66 ile Mn'a en düşük katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir.

Mn ve Cr fosil yakıtlardan ve Mn kimyasal veya hayvansal gübrelerden kaynaklanmaktadır [21].



Şekil 6.12 Kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal yüzde katkı oranları



Şekil 6.12 Kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal yüzde katkı oranları (devamı)

Antalya'da tarım uygulamaları ön plandadır. Özellikle yaygın olan seracılık uygulamalarından ve kömür kullanımından kaynaklı olarak Mn ve Cr değerleri yüksektir. Bunun dışında Antalya'da turizm faaliyetleri sebebiyle nüfus ve araç yoğunluğu oldukça yüksektir ve ağır metal kirlenmelerinin nedenlerindedir. Ayrıca MTA verilerine göre Antalya'da kirlenmeye sebep olabilecek Pb, Zn, Cr ve Mn maden kaynakları bulunmaktadır.

Malatya ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %68 ile Mn yapmaktadır. En düşük oranda katkı %0.05 ile Cd ve Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %69 ile Mn'a en düşük katkı ise %0.01 ile Hg'ya aittir. Mn ağır metalinin en yüksek konsantrasyonu (346035  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) Malatya ilinde gözlemlenmiştir. MTA verilerine göre Malatya'da kirliliğe sebep olabilecek Cu, Pb, Zn, Cr maden kaynakları bulunmaktadır. Ayrıca fosil yakıt kullanımı, tarım ve hayvancılık uygulamaları bu ilde ağır metal kirliliğine sebep olan faktörlerdendir.



İzmir ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %49 ile Mn yapmaktadır. Bunu %20 ile V izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %60 ile Mn'a en düşük katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre İzmir'de kirlenmeye sebep olabilecek maden kaynakları Cu, Pb, Zn, Hg ve Mn'dır. Mn ve V fosil yakıtlardan kaynaklanabilir [21]. Ölçülen ağır metallerin çoğunluğunun en düşük değerleri İzmir'de elde edilmiştir. İzmir'de trafik ve nüfus yoğunluğu ve turizm faaliyetleri kirlenme kaynaklarındandır. Ayrıca İzmir ilinde bulunan Aliğa Termik Santrali'de buradaki önemli kirleticilerdendir.

Çankırı ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %49 ile Mn yapmaktadır. Bunu %16 ile Cr ve %11 ile V izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %63 ile Mn'a ve ardından %15 ile Cr'a en düşük katkı ise %0.03 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Çankırı'da kirlenme kaynağı olabilecek Cu, Mn ve Cr maden kaynakları bulunmaktadır. Mn, Cr ve V fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır [21].

Elazığ ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %47 ile Mn yapmaktadır. Bunu %22 ile Cr izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %64 ile Mn'a ve ardından %14 ile Cr'a en düşük katkı ise %0.01 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Elazığ'da kirlenmeye sebep olabilecek maden kaynakları Cu, Pb, Zn, Cr ve Mn'dır. Elazığ'da tarım uygulamaları yoğun olarak yapılmaktadır. Kimyasal veya hayvan gübrelerinin kullanımına bağlı olarak da Mn ve Zn konsantrasyonları daha yüksektir. Pb, V, Cr ve Co metalleri için en yüksek konsantrasyonlar (74064, 51331, 139305 ve 13409 µg/kg) Elazığ ilinde elde edilmiştir.

Kars ilinde kentsel ve kırsal alanlarda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %63 ile Mn yapmaktadır. En düşük oranda katkı ise kentsel alanda %0.02, kırsal alanda ise %0.01 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda Mn'ın ardından %11 ile Zn kentsel alanda ise %9 ile Cr gelmektedir. MTA verilerine göre Kars ilinde kirlilik sebebi olabilecek maden kaynağı Cr'dur. Kars ilinde tarım ve hayvancılık ile fosil yakıtlar başlıca kirletici kaynaklardır. V metali için en düşük değer (12186) Kars'ta bulunmuştur.

Mersin ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %56 ile

Mn yapmaktadır. Bunu %20 ile Zn izlemektedir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %43 ile Mn'a ve ardından %34 ile Cr'a aittir. Kentsel ve kırsal alanda en düşük katkılar %0.03 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Mersin'de Cu, Pb, Zn ve Cr madenleri kirlilik kaynakları olabilir. Zn ve Cr kirliliğinin göstergesi bu madenler olabilir. Bunun dışında fosil yakıtlar ve tarım uygulamaları da Mn kirliliğinin sebeplerindendir. Cd ve Zn için en yüksek değerler (1143, 114353 µg/kg) Mersin ilinde saptanmıştır.

Van ilinde kentsel ve kırsal alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %54 ile Mn yapmaktadır. Kentsel alanda en düşük oranda katkı ise %0.03 ile kırsal alanda ise %0.01 ile Hg'ya aittir. Kentsel alanda Mn'dan sonra As, Zn, Cr ve V ve kırsal alanda Zn, Cr, V yüksek katkı oranlarına sahiptir. MTA verilerine göre Van ilinde Cr maden kaynakları kirlilik sebeplerindendir. As metali için en yüksek değer (28195) Van ilinde saptanmıştır. As metali fosil yakıtlar ve tarım faaliyetlerinin yanında ağaç işletmeciliği faaliyetlerinden kaynaklanır [21]. Van'da ağaç sanayinin mevcudiyeti bu kirliliğinin sebebini açıklamaktadır. V ve Zn metalleri nüfus yoğunluğu, fosil yakıt kullanımı ve tarım faaliyetleri sebebiyle yüksek olabilir.

Kayseri ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %49 ile Mn yapmaktadır. Bunu %14 ile Cr ve V izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.04 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %59 ile Mn'a ve ardından %15 ile Cr'a en düşük katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Kayseri'de kirlenmeye sebep olacak maden kaynakları Cu, Pb, Zn, Cr ve Mn'dır. V metali fosil yakıt ve tarım faaliyetlerinden kaynaklanmıştır.

Uşak ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %46 ile Mn yapmaktadır. Bunu %16 ile Zn izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.09 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %66 ile Mn'a ve ardından %23 ile Cr'a en düşük katkı ise %0.02 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Uşak ilinde kirlenme sebebi olabilecek maden kaynağı Hg'dır. Cu metali için en yüksek konsantrasyon (30093 µg/kg) Uşak ilinde görülmüştür. Cu metali fosil yakıt, tarım faaliyetleri, ağaç işletmeciliği ve demir-çelik endüstrilerinden kaynaklanabilir [21].

Kırıkkale ilinde kentsel ve kırsal alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %65 ile Mn yapmaktadır. Kentsel alanda en düşük oranda katkı %0.02, kırsal alanda ise %0.06 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Kırıkkale ilinde kirlilik

kaynağı olabilecek maden kaynakları Cu, Pb ve Mn'dır.

Konya ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %60 ile Mn yapmaktadır. En düşük oranda katkı ise %0.03 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %62 ile Mn'a ve en düşük katkı %0.02 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Konya ilinde kirlenme kaynağı olabilecek madenler Cu, Pb, Zn, Hg ve Cr'dur. Bunun dışında Konya'da tarım faaliyetlerinin ve endüstrileşmenin yoğun olması kirlenme kaynakları arasındadır.

Aksaray ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %66 ile Mn yapmaktadır. En düşük oranda katkı ise %0.03 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %50 ile Mn'a ve ardından %26 ile Cr'a en düşük katkı ise %0.01 ile Cd ve Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Aksaray ilinde kirlilik sebebi olabilecek maden Hg'dır. Fosil yakıt ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan Mn'ın ardından en yüksek konsantrasyona sahip olan Cr'dur. Aksaray'da Cr kaynağı olabilecek plastik sanayi mevcuttur.

Kastamonu ilinde kentsel alanda ağır metal konsantrasyonlarına en büyük katkıyı %64 ile Mn yapmaktadır. Bunu %12 ile Cr izlemektedir. En düşük oranda katkı ise %0.01 ile Hg'ya aittir. Kırsal alanda ise en yüksek katkı %54 ile Mn'a ve ardından %11 Zn en düşük katkı ise %0.05 ile Hg'ya aittir. MTA verilerine göre Kastamonu ilinde kirliliğe neden olabilecek Cu, Pb, Zn, Cr ve Mn maden kaynakları mevcuttur. Fosil yakıtlar ve tarım faaliyetleri kirlilik sebeplerindedir.

#### 6.4. pH-Konsantrasyon İlişkisi

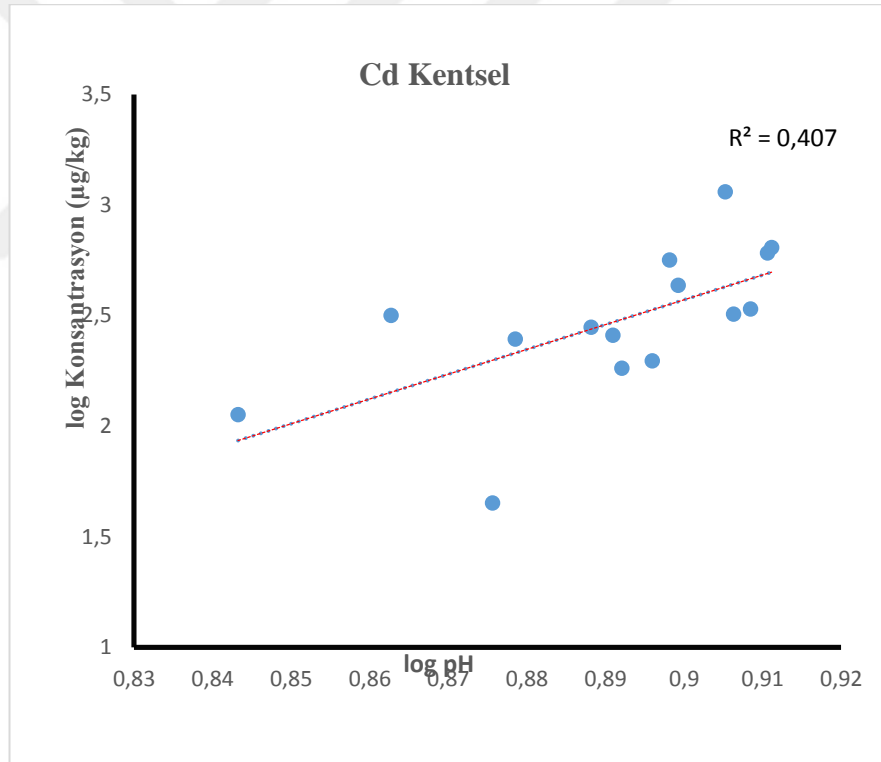
Çizelge 6.4 pH-konsantrasyon ilişkisi

p değeri	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
Kentse l	0,01	0,62	0,50	0,15	0,46	0,25	0,31	0,10	0,44	0,18	0,08
Kırsal	0,75	0,81	0,82	0,76	0,98	0,23	0,54	0,26	0,49	0,36	0,70
R <sup>2</sup> değeri	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
Kentse l	0,40*	0,02	0,03	0,15	0,04	0,09	0,07	0,18	0,04	0,13	0,21
Kırsal	0,008	0,005	0,004	0,007	0,002	0,10	0,03	0,09	0,03	0,06	0,01

\* Korelasyonlar 0,05 seviyesinde önemlidir

Kentsel ve kırsal alanlardan alınan toprak numunelerinin pH değerleri ile konsantrasyon değerleri arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla yapılan regresyon testinin sonuçları Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Bulunan p değerlerine bakıldığında sadece kentsel alanlardaki Cd değerleri ile pH değerleri arasında pozitif lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Kentsel alanlardaki Cd değerleriyle pH değerleri arasındaki lineer ilişki Şekil 6.13’de görülmektedir. Nadaroğlu vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada ortam pH değeri arttığında kadmiyum ve silika partiküllerinin yüzeyi arasındaki elektrostatik kuvvetlerin yüzey kompleks reaksiyonlarını etkileyerek kadmiyum tutulma oranlarını arttırdığını bildirmişlerdir [111]. Kentsel ve kırsal alanlarda Cd dışındaki parametrelere ait log pH-log C grafikleri EK.5’de verilmiştir.



Şekil 6.13 Kentsel alanlarda Cd konsantrasyonu ve pH ilişkisi

## 6.5. Organik Madde-Konsantrasyon İlişkisi

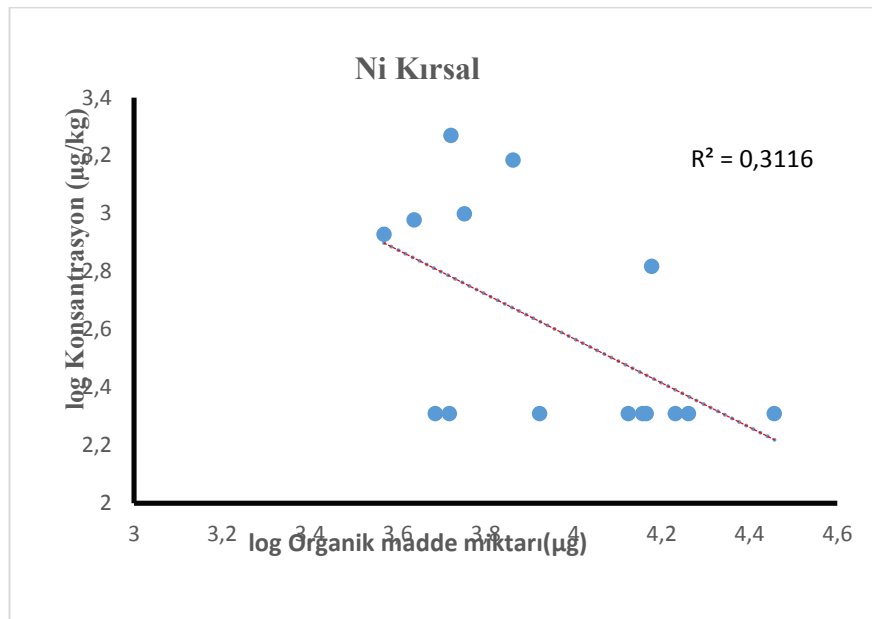
Kentsel ve kırsal alanlardan alınan toprak numunelerinin organik madde içerikleri ile konsantrasyon değerleri arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla yapılan korelasyon testinin sonuçları Çizelge 6.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.5 Organik madde-konsantrasyon ilişkisi

P değeri	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>Kentsel</b>	0,10	0,86	0,587	0,356	0,954	0,49	0,675	0,652	0,51	0,25	0,23
<b>Kırsal</b>	0,13	0,37	0,300	0,060	0,719	0,58	0,743	0,031	0,13	0,37	0,79
R <sup>2</sup> değeri	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>Kentsel</b>	0,18	0,002	0,02	0,066	0,0003	0,03	0,01	0,01	0,03	0,09	0,10
<b>Kırsal</b>	0,16	0,06	0,082	0,252	0,010	0,02	0,009	0,31*	0,16	0,06	0,005

\* Korelasyonlar 0,05 seviyesinde önemlidir

Bulunan p değerlerine bakıldığında kırsal alanlardaki Ni değerleri ile organik madde değerleri arasında negatif lineer bir ilişki olduğu görülmektedir. Kırsal alanlardaki Ni değerleriyle organik madde değerleri arasındaki lineer ilişki Şekil 6.14’de görülmektedir. Misra ve Pande (1974) kırmızı toprağa organik madde eklenmesinin toprakta bulunan nikelin çözünürlüğünü dolayısı ile de topraktan sızma yoluyla uzaklaşma potansiyelini arttırdığını bildirmiştir [112]. Ayrıca, Lockwood vd. (2015) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre de organik madde içeriği yükseldikçe toprakların Ni ve Cu gibi metalleri salıverme kapasitesi artmaktadır [113]. Kentsel ve kırsal alanlarda Ni dışındaki parametrelere ait log organik madde-log konsantrasyon grafikleri EK.6’da verilmiştir.

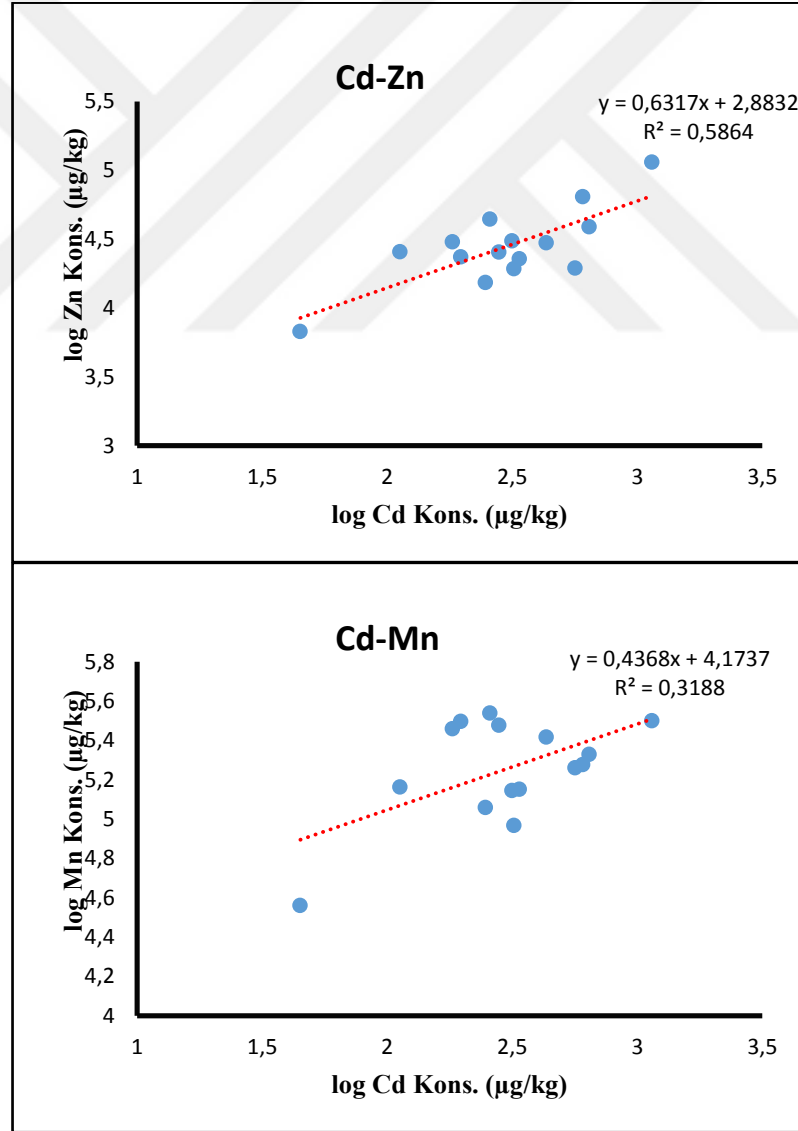


Şekil 6.14 Kırsal alanlarda Ni konsantrasyonu ve organik madde ilişkisi

## 6.6. Ağır Metallerin Birbirleriyle İlişisinin Pearson Korelasyon Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Metallerin birbirleriyle arasında gözlenen pozitif yöndeki istatistiksel olarak önemli olan korelasyonlar topraktaki kirliliğin ortak bir kaynaktan olduğunu göstermektedir. Kentsel alanlarda her bir metalin birbiriyle olan korelasyonları Çizelge 6.6'de verilmiştir.

Burada p değerleri 0,05'den küçük olan metaller %95 güvenilirlikle aynı kaynaktan, 0,001'den küçük olanlar %99 güvenilirlikle aynı kaynaktan kaynaklanmaktadır. Kentsel alanlarda Cd ve Mn %95, Cd ve Zn %99 güvenilirlikle aynı kaynaktan kaynaklanmaktadır. Bu korelasyonlar Şekil 6.15'de görülmektedir.



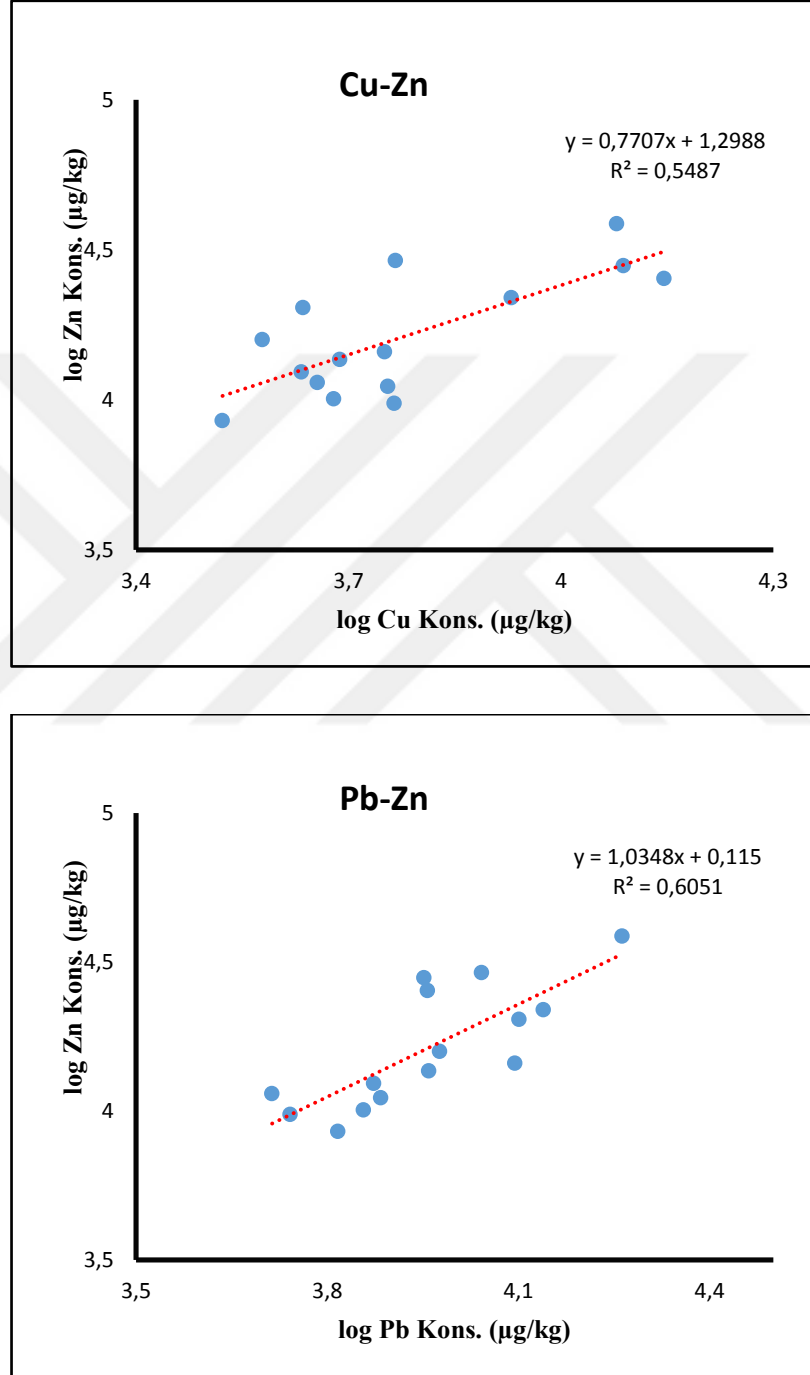
Şekil 6.15 Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi

Çizelge 6.6 Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi

	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
<b>Cd</b>											
<b>Hg</b>	0,095										
<b>Pb</b>	0,217	0,191									
<b>V</b>	0,224	0,072	0,258								
<b>Cr</b>	0,164	0,110	0,336*	0,587**							
<b>Mn</b>	0,319*	0,231	0,296*	0,683**	0,629**						
<b>Co</b>	0,221	0,121	0,357*	0,804**	0,885**	0,827**					
<b>Ni</b>	0,025	0,245	0,228	0,037	0,023	0,0002	0,003				
<b>Cu</b>	0,273*	0,483*	0,498*	0,598**	0,649**	0,597**	0,649**	0,053			
<b>Zn</b>	0,586**	0,386*	0,269*	0,442*	0,260	0,530*	0,389*	0,0005	0,621**		
<b>As</b>	0,331*	0,235	0,172	0,316*	0,287*	0,456*	0,358*	0,0004	0,439**	0,534*	

\*p<0,05; \*\* p<0,001

Kırsal alanlarda Pb ve Zn %99, Cu ve Zn %95 güvenilirlikle aynı kaynaktan kaynaklanmaktadır. Bu korelasyonlar Şekil 6.16’da görülmektedir. Kentsel ve kırsal alanlarda diğer metallerin birbirleriyle korelasyonlarına ait grafikler EK.7 ve EK.8’da verilmiştir.



Şekil 6.16 Kırsal alanlarda ağır metallerin birbiriyle ilişkisi

Kentsel alanlarda her bir metalin birbiriyle olan korelasyonları Çizelge 6.7’de verilmiştir.



**Çizelge 6.7** Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi

	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>
<b>Cd</b>											
<b>Hg</b>	0,138										
<b>Pb</b>	0,191	0,032									
<b>V</b>	0,046	0,009	0,101								
<b>Cr</b>	0,082	0,072	0,149	0,191							
<b>Mn</b>	0,002	0,025	0,122	0,392*	0,399*						
<b>Co</b>	0,046	0,077	0,104	0,284*	0,912**	0,550*					
<b>Ni</b>	0,133	0,009	0,071	0,333*	0,064	0,015	0,059				
<b>Cu</b>	0,033	0,019	0,194	0,750**	0,132	0,387	0,233	0,276*			
<b>Zn</b>	0,258	0,032	0,605**	0,430*	0,130	0,251	0,141	0,173	0,549*		
<b>As</b>	0,000	0,007	0,024	0,006	0,016	0,063	0,003	0,001	0,028	0,001	

\*p<0,05; \*\* p<0,001

## 6.7. Belirlenen Konsantrasyonların Diğer Ülkelerle Karşılaştırılması

Çalışmada gözlemlenen ağır metal konsantrasyonları diğer diğer illerde yapılan bazı çalışmalar ve dünya ortalamaları ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 6.8’de gösterilmiştir. Kentsel ve kırsal alanlara elde edilen konsantrasyonlar genel olarak dünya ortalamalarının altında olup kentsel alanlarda Cd konsantrasyonları ortalamaları aşmış ve yine kentsel alanlarda As değerleri sınırdadır. Türkiye’de Coşkun ve diğ., 2006, Aktaş ve Kocabaş, 2010, Canbay, 2010 ve Bowen, 1979 tarafından yapılan diğer çalışmalarla ise büyük oranda benzerlik göstermektedir [114-117].

## 6.8. Toprak Kirlenmesi Risk Değerlendirmesi ve Risk Faktörü Hesaplaması

Yüzeysel topraklarda ağır metal kirlenmelerinin potansiyel ekolojik riskleri Hakanson (1980) tarafından rapor edilen ekolojik risk indeksi (RI) kullanılarak değerlendirilmiştir [118]. Denklem 6.1 ve 6.2’de verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$RI = \sum E_i \quad (6.1)$$

$E_i$ ; ağır metaller için tekil risk faktörü olup aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$E_i = T_i f_i = T_i \times (C_i / B_i) \quad (6.2)$$

$T_i$  ağır metaller için toksik tepki faktörüdür.  $C_i$  kentsel alan konsantrasyonlarını,  $B_i$  ise kırsal alan konsantrasyonlarını ifade eder. Hakanson (1980) ve Xu ve diğ. (2008)’nin rapor ettiği  $T_i$  değerleri Çizelge 6.9’da verilmiştir [118-119].

**Çizelge 6.9** Toksik tepki faktörü değerleri

$T_i$	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn
	30	40	5	2	2	1
$T_i$	Co	Ni	Cu	Zn	As	
	5	5	5	1	10	

Hakanson (1980), hesaplanan ekolojik risk seviyesine göre sınıflandırmaları Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11’de gösterildiği şekilde bildirmektedir [118].

**Çizelge 6.8** Ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda topraklarda elde edilen ağır metal konsantrasyonları ve dünya toprak ortalamaları

(mg/kg)	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
Trakya[114]	0,03-2	-	5-968	-	20-830	-	-	3-249	2-167	6-165	1,9-51
Edirne[115]	-	-	0,88-12,38	-	-	-	-	53-272	6,64-25,81	161-486	-
İzmit[116]	0,05-0,1	-	29-158	-	-	-	-	3,5-17,80	35-307	23-83	
Dünya Ort. [117]	0,3	-	35	-	70	-	-	50	30	90	6
İstanbul (K/G)	0,1/0,4	1/0,06	9/9	19/22	23/24	145/242	3/5	0,2/0,2	14/12	25/28	2/2
Malatya (K/G)	0,2/0,2	0,2/0,03	17/8	42/17	28/18	346/154	8/4	0,9/0,2	12/6	44/11	11/4
Çankırı (K/G)	0,3/0,2	0,05/0,06	14/6	32/14	44/29	139/123	6/5	0,9/0,7	12/3	30/8	2/4
Kars (K/G)	0,2/0,2	0,04/0,01	12/12	13/12	17/11	114/120	2/3	0,7/0,2	5/4	15/20	2/5
Antalya (K/G)	0,2/0,2	0,08/0,04	13/5	35/17	91/11	288/110	9/3	0,6/0,2	15/4	30/11	9/2
İzmir (K/G)	0,04/0,15	0,01//0,03	5/5	15/16	5/17	36/90	1/4	2/0,8	2/6	7/10	0,3/1
Elazığ (K/G)	0,3/0,4	0,1/0,06	74/9	51/33	139/64	300/299	13/8	0,2/1,9	26/14	25/25	2/11
Mersin (K/G)	1,1/0,3	0,2/0,06	16/7	46/14	40/74	315/92	7/7	2,5/0,2	18/4	114/12	4/2
Van (K/G)	0,6/0,004	0,1/0,03	17/11	35/17	43/34	212/128	6/4	1,3/1	13/5,8	38/29	28/2
Kayseri (K/G)	0,3/0,2	0,08/0,04	6/12	26/17	27/40	92/151	3/5	1,8/0,2	9/5,6	19/14	2/10
Uşak (K/G)	0,6/0,4	0,3/0,08	43/9	33/15	30/109	189/317	4/12	0,7/0,2	30/5	64/13	11/1
Kırıkkale (K/G)	0,4/0,2	0,08/0,1	13/7	42/12	27/15	261/108	5/3	1,1/0,2	12/5	30/10	3/6
Konya (K/G)	0,3/0,3	0,06/0,04	8/9	21/17	25/16	141/111	4/3	0,7/0,2	7/4	23/16	2/1
Aksaray (K/G)	0,5/0,004	0,08/0,03	14/18	23/28	23/122	182/237	4/12	1,4/0,9	6/12	19/39	2/3
Kastamonu (K/G)	0,2/0,5	0,05/0,1	7/13	48/19	63/19	313/106	9/4	9,3/1,5	14/8	23/22	3/1
Bu çalışma (kentsel)	0,4	0,2	18	32	42	-	6	2	13	34	6
Bu çalışma (kırsal)	0,2	0,05	10	18	40	-	5	1	7	18	4

K: Kentsel alan, G: Kırsal alan

**Çizelge 6.10** Risk faktörlerine göre ekolojik risk seviyesi

Tek Metal İçin Risk Faktörü ( $E_i$ )	Ekolojik Risk Seviyesi
<40	Düşük
40-80	Orta derece
80-160	Önemli derece
160-320	Yüksek
>320	Çok yüksek

**Çizelge 6.11** Risk indekslerine göre ekolojik risk seviyesi

Tüm Metaller İçin Risk İndeksi (RI)	Ekolojik Risk Seviyesi
150	Düşük
150-300	Orta derece
300-600	Önemli derece
600-1200	Yüksek
>1200	Çok yüksek

Çalışmada incelenen 15 ilde her bir metal bazında hesaplanan risk faktörleri Çizelge 6.12’de verilmiştir.

**Çizelge 6.12** Metaller için risk faktörleri ( $E_i$ )

	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
İstanbul	8	<b>815</b>	5	2	2	1	3	5	6	1	9
Malatya	29	<b>294</b>	11	5	3	2	10	24	11	4	28
Çankırı	<b>48</b>	32	11	5	3	1	7	7	18	4	6
Kars	<b>42</b>	<b>156</b>	5	2	3	1	5	19	6	1	3
Antalya	24	<b>82</b>	13	4	16	3	14	14	17	3	<b>55</b>
İzmir	9	15	5	2	1	1	2	10	2	1	3
Elazığ	20	<b>108</b>	<b>41</b>	3	4	1	9	1	9	1	2
Mersin	<b>103</b>	<b>120</b>	11	6	1	3	5	<b>62</b>	21	9	18
Van	<b>5093</b>	<b>163</b>	8	4	3	2	7	7	11	1	<b>117</b>
Kayseri	<b>46</b>	<b>78</b>	2	3	1	1	4	<b>44</b>	8	1	2
Uşak	<b>40</b>	<b>174</b>	24	4	1	1	2	19	31	5	<b>70</b>
Kırıkkale	<b>70</b>	34	9	7	4	2	10	27	13	3	5
Konya	32	<b>64</b>	5	2	3	1	8	18	10	1	23
Aksaray	<b>4473</b>	<b>97</b>	4	2	1	1	2	7	3	1	6
Kastamonu	13	19	3	5	7	3	11	31	8	1	23

Koyu renkli sayılar risk faktörü sınır değerlerin aşıldığını göstermektedir.

Hakanson (1980) tarafından bildirilen formüller kullanılarak hesaplanan risk faktörlerinin Çizelge 6.10'a göre hangi ekolojik risk seviyesinde olduğu belirlenmiştir [118]. İzmir ve Kastamonu illerinde bütün metaller için düşük ekolojik risk seviyeleri, Çankırı ve Kırıkkale'de Cd, Kayseri'de Cd, Ni ve Hg, Konya'da ise Hg için orta derecede ekolojik risk seviyeleri elde edilmiştir. Ayrıca Uşak ilinde Cd ve As içinde orta derecede risk elde edilmiştir. Çok yüksek risk seviyeleri, İstanbul ilinde Hg, Van ilinde Cd ve Aksaray ilinde Cd metali için bulunmuştur. Malatya, Van ve Uşak illerinde ise Hg için yüksek risk seviyeleri elde edilirken Kars, Antalya, Elazığ, Mersin, Uşak ve Aksaray illerinde ise Hg metali önemli derecede ekolojik risk seviyesindedir. Değerlerin çoğunluğu düşük ve orta derecede ekolojik risk seviyesindedir. Çalışmadaki 15 ilin bütün metaller bazında hesaplanan risk indeksleri Çizelge 6.13'de verilmiştir.

**Çizelge 6.13** İllere ait risk indeksleri (RI)

Bütün Metaller İçin Risk İndeksi	İstanbul	Malatya	Çankırı	Kars	Antalya	İzmir	Elazığ	Mersin
	857	421	140	242	244	49	199	361
	Van	Kayseri	Uşak	Kırıkkale	Konya	Aksaray	Kastamonu	
	5415	192	369	183	168	4596	124	

Hakanson (1980) tarafından bildirilen formüller kullanılarak hesaplanan risk indekslerinin Çizelge 6.11'e göre hangi ekolojik risk seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda Van ve Aksaray çok yüksek ekolojik risk seviyesinde bulunmuştur. Ayrıca İstanbul yüksek; Malatya, Mersin ve Uşak önemli derecede; Kars, Antalya, Elazığ, Kayseri, Kırıkkale ve Konya orta derecede; İzmir ve Kastamonu düşük ekolojik risk seviyesindedir [118].

## 6.9. İnsan Maruziyeti, Kanserojen ve Kanserojen Olmayan Risk Hesaplaması

### 6.9.1. Ağır metallere toprak vasıtasıyla insan maruziyetinin hesaplanması

Çalışma sonucunda elde edilen kentsel alan ve kırsal alan konsantrasyonları baz alınarak potansiyel kanserojenlere toplam maruziyetin bir sonucu olarak kanserojen risk değerleri hesaplanmıştır. USEPA(1989,1997,2001) ve USDOE(2011)'den uyarlanan Eşitlik 6.3-6.7, yutma ( $CDI_{ing-ca}$ ), soluma ( $CDI_{inh-ca}$ ) ve temas ( $CDI_{dermal-ca}$ )

yollarıyla kansorejenik günlük alımların hesaplanmasında kullanılmıştır [119-121].

- **Toz-toprak yutma yoluyla maruziyetin hesabı:**

$$CDI_{ing-ca}=[C \times IF \times EF \times ED]/AT_{ca} \quad (6.3)$$

$$IF=\{[IR_{yetişkin} \times ED_{yetişkin}]/BW_{yetişkin}\}+\{[IR_{çocuk} \times ED_{çocuk}]/BW_{çocuk}\} \quad (6.4)$$

Burada;

C: topraktaki metal konsantrasyonu (mg/kg),

IF: alım faktörü (mg yıl/kg gün),

EF: maruziyet sıklığı (gün/yıl),

ED: Maruziyet süresi(yıl),

AT<sub>ca</sub>: karsinojenler için ortalama süre(gün),

IR: alım hızı (kg/gün),

BW: ortalama vücut ağırlığı(kg)'dır.

- **Toz-Toprak soluma yoluyla maruziyetin hesabı:**

$$CDI_{inh-ca}=\{[EF \times ET \times ED]/[PEF \times 24 \times AT_{ca}]\} \times 10^3 \quad (6.5)$$

Burada;

ET: maruziyet süresi (saat/gün),

PEF: topraktan havaya geçen parçacık halindeki emisyon faktörü (m<sup>3</sup>/kg)'dür.

- **Toz-Toprağın deriye teması (dermal) yoluyla maruziyetin hesabı:**

$$CDI_{dermal-ca}=\{[C \times ABS_d \times EF \times DFS_{adj}]/AT_{ca}\} \times 10^{-6} \quad (6.6)$$

$$DFS_{adj}=\{[ED_{çocuk} \times SA_{çocuk} \times AF_{çocuk}]/BW_{çocuk}\} \quad (6.7)$$

$$+\{[(ED_{yetişkin}-ED_{çocuk}) \times SA_{yetişkin} \times AF_{yetişkin}]/BW_{yetişkin}\}$$

Burada;

ABS<sub>d</sub>: dermal adsorpsiyon faktörü,

DFS<sub>adj</sub>: yaşa bağlı dermal temas faktörü (mg yıl/kg gün),

SA: maruziyet için mevcut deri yüzey alanı (cm<sup>2</sup>),

AF: topraktan deriye bağlanma faktörü (mg/cm<sup>2</sup>)'dür.

Çizelge 6.14’de farklı maruziyet yollarıyla kanserojenik ve kanserojenik olmayan kronik günlük alım değerlerinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve değerleri verilmiştir.

**Çizelge 6.14** Kanserojenik ve kanserojenik olmayan kronik günlük alım değerlerinin hesaplanmasında kullanılan parametreler ve değerleri

Parametre	Birim	Değerler	Referans
C	mg/kg	-	-
IR <sub>yetişkin</sub>	kg/gün	0,0001	[122,123]
IR <sub>çocuk</sub>		0,0002	
ED <sub>yetişkin</sub>	yıl	30	[123,124]
ED <sub>çocuk</sub>		6	
BW <sub>yetişkin</sub>	kg/gün	73	[125]
BW <sub>çocuk</sub>		12,7	[126]
EF	gün/yıl	350	[122,123,124]
AT <sub>ca</sub>	gün	LT*365	[123,124]
LT <sub>yetişkin</sub>	yıl	78	[90]
LT <sub>çocuk</sub>		6	
AT <sub>nc</sub>	gün	ED*365	[123,124]
IF	mg yıl/kg gün	-	Eşitlik (6.4)
ET	saat/gün	24	[123,124]
PEF	m <sup>3</sup> /kg	1,36x10 <sup>9</sup>	[123,124]
SA <sub>yetişkin</sub>	cm <sup>2</sup>	4991	[123]
SA <sub>çocuk</sub>		1365	
AF <sub>yetişkin</sub>	mg/cm <sup>2</sup>	0,07	[123,124]
AF <sub>çocuk</sub>		0,2	
DFS <sub>adj</sub>	mg yıl/kg gün	360,8	Eşitlik (6.7)

Kentsel ve kırsal alanlarda çocuklar ve yetişkinler için ayrı ayrı hesaplanan kanserojen günlük alım miktarları Çizelge 6.15 ve Çizelge 6.16’da verilmiştir.

**Çizelge 6.15** Kentsel alanlarda kanserojen kronik günlük alım değerleri

<b>Kronik Günlük Alım</b>						
<b>Kentsel</b>						
<b>Çocuklar</b>			<b>Yetişkinler</b>			
	<b>Yutma (mg/kg.gün)</b>	<b>Soluma (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temas (mg/kg.gün)</b>	<b>Yutma (mg/kg.gün)</b>	<b>Soluma (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temas (mg/kg.gün)</b>
<b>Cd</b>	5,55x10 <sup>-3</sup>	2,67x10 <sup>-7</sup>	1,48x10 <sup>-8</sup>	2,14x10 <sup>-3</sup>	1,03x10 <sup>-7</sup>	1,14x10 <sup>-9</sup>
<b>Hg</b>	2,84x10 <sup>-3</sup>	1,37x10 <sup>-7</sup>	7,55x10 <sup>-9</sup>	1,09x10 <sup>-3</sup>	5,26x10 <sup>-8</sup>	5,81 x10 <sup>-10</sup>
<b>Pb</b>	2,64x10 <sup>-1</sup>	1,27x10 <sup>-5</sup>	7,03x10 <sup>-7</sup>	1,02x10 <sup>-1</sup>	4,89x10 <sup>-6</sup>	5,41x10 <sup>-8</sup>
<b>V</b>	4,73x10 <sup>-1</sup>	2,28x10 <sup>-5</sup>	1,26x10 <sup>-6</sup>	1,82x10 <sup>-1</sup>	8,76x10 <sup>-6</sup>	9,68x10 <sup>-8</sup>
<b>Cr</b>	6,14x10 <sup>-1</sup>	2,95x10 <sup>-5</sup>	1,63x10 <sup>-6</sup>	2,36x10 <sup>-1</sup>	1,14x10 <sup>-5</sup>	1,26x10 <sup>-7</sup>
<b>Mn</b>	3,01	1,45x10 <sup>-4</sup>	8,00x10 <sup>-6</sup>	1,16	5,57x10 <sup>-5</sup>	6,16x10 <sup>-7</sup>
<b>Co</b>	8,73x10 <sup>-2</sup>	4,20x10 <sup>-6</sup>	2,32x10 <sup>-7</sup>	3,36x10 <sup>-2</sup>	1,62x10 <sup>-6</sup>	1,79x10 <sup>-8</sup>
<b>Ni</b>	2,38x10 <sup>-2</sup>	1,14x10 <sup>-6</sup>	6,32x10 <sup>-8</sup>	9,14x10 <sup>-3</sup>	4,40x10 <sup>-7</sup>	4,86x10 <sup>-9</sup>
<b>Cu</b>	1,94x10 <sup>-1</sup>	9,32x10 <sup>-6</sup>	5,15x10 <sup>-7</sup>	7,45x10 <sup>-2</sup>	3,58x10 <sup>-6</sup>	3,96x10 <sup>-8</sup>
<b>Zn</b>	4,99x10 <sup>-1</sup>	2,40x10 <sup>-5</sup>	1,33x10 <sup>-6</sup>	1,92x10 <sup>-1</sup>	9,23x10 <sup>-6</sup>	1,02x10 <sup>-7</sup>
<b>As</b>	8,28x10 <sup>-2</sup>	3,98x10 <sup>-6</sup>	2,20x10 <sup>-7</sup>	3,18x10 <sup>-2</sup>	1,53x10 <sup>-6</sup>	1,69x10 <sup>-8</sup>

**Çizelge 6.16** Kırsal alanlarda kanserojen kronik günlük alım değerleri

<b>Kronik Günlük Alım</b>						
<b>Kırsal</b>						
<b>Çocuklar</b>			<b>Yetişkinler</b>			
	<b>Yutma (mg/kg.gün)</b>	<b>Soluma (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temas (mg/kg.gün)</b>	<b>Yutma (mg/kg.gün)</b>	<b>Soluma (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Temas (mg/kg.gün)</b>
<b>Cd</b>	3,74x10 <sup>-3</sup>	1,80x10 <sup>-7</sup>	9,95x10 <sup>-9</sup>	1,44x10 <sup>-3</sup>	6,92x10 <sup>-8</sup>	7,65x10 <sup>-10</sup>
<b>Hg</b>	7,65x10 <sup>-4</sup>	3,68x10 <sup>-8</sup>	2,03x10 <sup>-9</sup>	2,94x10 <sup>-4</sup>	1,42x10 <sup>-8</sup>	1,56x10 <sup>-10</sup>
<b>Pb</b>	1,41x10 <sup>-1</sup>	6,78x10 <sup>-6</sup>	3,75x10 <sup>-7</sup>	5,42x10 <sup>-2</sup>	2,61x10 <sup>-6</sup>	2,88x10 <sup>-8</sup>
<b>V</b>	2,69x10 <sup>-1</sup>	1,29x10 <sup>-5</sup>	7,16x10 <sup>-7</sup>	1,03x10 <sup>-1</sup>	4,98x10 <sup>-6</sup>	5,50x10 <sup>-8</sup>
<b>Cr</b>	5,89x10 <sup>-1</sup>	2,83x10 <sup>-5</sup>	1,57x10 <sup>-6</sup>	2,27x10 <sup>-1</sup>	1,09x10 <sup>-5</sup>	1,21x10 <sup>-7</sup>
<b>Mn</b>	2,33	1,12x10 <sup>-4</sup>	6,20x10 <sup>-6</sup>	8,97x10 <sup>-1</sup>	4,32x10 <sup>-5</sup>	4,77x10 <sup>-7</sup>
<b>Co</b>	7,98x10 <sup>-2</sup>	3,84x10 <sup>-6</sup>	2,12x10 <sup>-7</sup>	3,07x10 <sup>-2</sup>	1,48x10 <sup>-6</sup>	1,63x10 <sup>-8</sup>
<b>Ni</b>	8,46x10 <sup>-3</sup>	4,07x10 <sup>-7</sup>	2,25x10 <sup>-8</sup>	3,25x10 <sup>-3</sup>	1,57x10 <sup>-7</sup>	1,73x10 <sup>-9</sup>
<b>Cu</b>	9,73x10 <sup>-2</sup>	4,68x10 <sup>-6</sup>	2,59x10 <sup>-7</sup>	3,74x10 <sup>-2</sup>	1,80x10 <sup>-6</sup>	1,99x10 <sup>-8</sup>
<b>Zn</b>	2,64x10 <sup>-1</sup>	1,27x10 <sup>-5</sup>	7,02x10 <sup>-7</sup>	1,02x10 <sup>-1</sup>	4,89x10 <sup>-6</sup>	5,40x10 <sup>-8</sup>
<b>As</b>	5,60x10 <sup>-2</sup>	2,69x10 <sup>-6</sup>	1,49x10 <sup>-7</sup>	2,15x10 <sup>-2</sup>	1,04x10 <sup>-6</sup>	1,15x10 <sup>-8</sup>



## 6.9.2. Kanserojen risk değerlendirmesi

Eşitlik 6.8-6.11 kullanılarak farklı maruziyet yolları için kanserojen riskler hesaplanabilmektedir. Formüllerde kullanılması gereken tüm parametreler her bir metal için literatürde mevcut olmadığından, yapılan literatür taraması neticesinde ilgili parametrelerin mevcut olduğu ağır metaller için gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

$$\text{Risk}_{\text{ing}} = \text{CDI}_{\text{ing-ca}} \times \text{CSF}_{\text{ing}} \quad (6.8)$$

$$\text{Risk}_{\text{inh}} = \text{CDI}_{\text{inh-ca}} \times \text{IUR} \quad (6.9)$$

$$\text{Risk}_{\text{dermal}} = [\text{CDI}_{\text{dermal-ca}} \times \text{CSF}_{\text{ing}}] / \text{ABS}_{\text{GI}} \quad (6.10)$$

Farklı metaller için kronik yutma eğim faktörü ( $\text{CSF}_{\text{ing}}$ ), kronik soluma birim riski (IUR), mide-bağırsak adsorpsiyon faktörü ( $\text{ABS}_{\text{GI}}$ ) ve dermal adsorpsiyon faktörü ( $\text{ABS}_{\text{d}}$ ) değerleri Çizelge 6.17’de verilmiştir.

**Çizelge 6.17** Farklı metaller için  $\text{CSF}_{\text{ing}}$ , IUR,  $\text{ABS}_{\text{GI}}$  ve  $\text{ABS}_{\text{d}}$  değerleri

Metal	$\text{CSF}_{\text{ing}}$ ( $\text{mg/kg.gün}^{-1}$ )	IUR ( $\mu\text{g/m}^3$ ) <sup>-1</sup>	$\text{ABS}_{\text{GI}}$	$\text{ABS}_{\text{d}}$
<b>Pb</b>	$8.5 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-5}$	1	$1 \times 10^{-3}$
<b>Cr</b>	-	$1.2 \times 10^{-2}$	$1.31 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-3}$
<b>Cu</b>	-	-	1	$1 \times 10^{-3}$
<b>Zn</b>	-	-	1	$1 \times 10^{-3}$
<b>Referans</b>	[123,124]	[123,124]	[123,124]	[123,124]

Toplam risk her bir maruziyet yolunun kanser risklerinin toplamı olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Risk} = \text{Risk}_{\text{ing}} + \text{Risk}_{\text{inh}} + \text{Risk}_{\text{dermal}} \quad (6.11)$$

Kentsel alanlarda gözlemlenen ortalama kanserojenik risk değerlerinin özeti Çizelge 6.18’de verilmiştir. Çocuklar için farklı maruziyet yollarında metaller için toplam kanserojen riskler;  $\text{Risk}_{\text{dermal}} (4,98 \times 10^{-7}) < \text{Risk}_{\text{inh}} (2,46 \times 10^{-3}) < \text{Risk}_{\text{ing}} (2,25 \times 10^{-3})$  bulunmuştur. Yetişkinler için ise  $\text{Risk}_{\text{inh}} (0,95 \times 10^{-3}) < \text{Risk}_{\text{dermal}} (4,6 \times 10^{-10}) < \text{Risk}_{\text{ing}}$

( $0,86 \times 10^{-3}$ ) sonucu elde edilmiştir. Topraklarda kurşun kontaminasyonu insan sağlığına olan etkilerinden dolayı önemlidir. Çocuklar Pb'nun nerotoksin özelliklerinden dolayı yetişkinlerden daha duyarlıdır [129]. Pb hemoglobin üretimini engeller ve beyin gelişimini etkiler. Bu yüzden kurşun kontaminasyonundan kaynaklanan potansiyel riskin azaltılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Toplam kanserojen risk ise çocuklar için  $4,71 \times 10^{-3}$  yetişkinler için  $1,81 \times 10^{-3}$  olarak bulunmuştur.

**Çizelge 6.18** Kentsel alanlarda ortalama kanserojen risk değerleri

Metal	Kanserojenik Risk					
	Kentsel					
	Çocuklar			Yetişkinler		
	Yutma	Soluma	Temas	Yutma	Soluma	Temas
<b>Cd</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Hg</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Pb</b>	$2,25 \times 10^{-3}$	$3,21 \times 10^{-12}$	$5,97 \times 10^{-9}$	$8,64 \times 10^{-4}$	$1,23 \times 10^{-12}$	$4,60 \times 10^{-10}$
<b>V</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Cr</b>	-	$2,46 \times 10^{-3}$	$4,92 \times 10^{-7}$	-	$9,47 \times 10^{-4}$	-
<b>Mn</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Co</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Ni</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Cu</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Zn</b>	-	-	-	-	-	-
<b>As</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Toplam Risk</b>		$4,71 \times 10^{-3}$			$1,81 \times 10^{-3}$	

Çocuklar için farklı maruziyet yollarında metaller için toplam kanserojen riskler;  $Risk_{inh} (2,36 \times 10^{-3}) < Risk_{dermal} (4,76 \times 10^{-7}) < Risk_{ing} (1,20 \times 10^{-3})$  bulunmuştur. Yetişkinler için ise  $Risk_{inh} (9,09 \times 10^{-4}) < Risk_{dermal} (2,45 \times 10^{-10}) < Risk_{ing} (0,46 \times 10^{-3})$  olarak bulunmuştur. Toplam Kanserojen risk ise çocuklar için  $3,56 \times 10^{-3}$  yetişkinler için  $1,37 \times 10^{-3}$  olarak bulunmuştur. Kırsal alanlarda gözlemlenen ortalama kanserojenik risk değerlerinin özeti Çizelge 6.19'da verilmiştir.

Hesaplanan toplam kanserojenik risk değerleri, herhangi bir bireyin kanser oluşturma potansiyeli olan herhangi bir tehlikeli maddeye ömür boyu maruz kalması durumunda kanser olma ihtimalini ifade etmektedir. Bu bağlamda kabul edilebilir risk değerleri  $1 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-4}$  arasında bildirilmektedir [120]. Çizelge 6.18 ve Çizelge

6.19’da gösterilen verilere göre kentsel ve kırsal alanların her ikisinde de çocuklar ve yetişkinlerde Pb elementi için yutma, Cr elementi için soluma risk değerleri bu değerlerden yüksek çıkmıştır. Hem çocuklar hem de yetişkinler için toplam risk değerleri US EPA tarafından bildirilen değerlerden yüksektir [120].

**Çizelge 6.19** Kırsal alanlarda ortalama kanserojen risk değerleri

Metal	Kanserojenik Risk					
	Kırsal					
	Çocuklar			Yetişkinler		
	Yutma	Soluma	Temas	Yutma	Soluma	Temas
Cd	-	-	-	-	-	-
Hg	-	-	-	-	-	-
Pb	1,20x10 <sup>-3</sup>	2,16x10 <sup>-12</sup>	3,19x10 <sup>-9</sup>	4,61x10 <sup>-4</sup>	8,30x10 <sup>-13</sup>	2,45x10 <sup>-10</sup>
V	-	-	-	-	-	-
Cr	-	2,36x10 <sup>-3</sup>	4,72x10 <sup>-7</sup>	-	9,09x10 <sup>-4</sup>	-
Mn	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	-	-	-
<b>Toplam Risk</b>		3,56x10 <sup>-3</sup>			1,37x10 <sup>-3</sup>	

### 6.9.3. Kanserojen olmayan risk değerlendirmesi

Farklı maruziyet yolları için kanserojen olmayan kronik günlük alımlar Eşitlik 6.12-6.14 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$CDI_{ing-nc}=[C \times IR \times EF \times ED]/[BW \times AT_{nc}] \quad (6.12)$$

$$CDI_{inh-nc}=[C \times EF \times ET \times ED]/[PEF \times 24 \times AT_{nc}] \quad (6.13)$$

$$CDI_{dermal-nc}=\{[C \times SA \times AF \times ABS_d \times EF \times ED]/[BW \times AT_{nc}]\} \times 10^{-6} \quad (6.14)$$

Kentsel alanlarda kanserojen olmayan kronik günlük alım miktarları Çizelge 6.20’de verilmiştir.

Kırsal alanlarda farklı maruziyet yollarında metallerin kanserojen olmayan etkileri için kronik günlük alım değerleri Çizelge 6.21’de verilmiştir. Çocukların (6 yaşına

kadar) ortalama vücut ağırlıklarının çok daha düşük olması ve ellerini ağızlarına götürme sıklığından dolayı genellikle yetişkinlerden daha fazla toprak yutarlar. Bu yüzden özellikle yutma yoluyla farklı metaller için CDI değerleri kentsel ve kırsal alanların her ikisinde de çocuklar için daha yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 6.20** Kentsel alanlarda kanserojen olmayan kronik günlük alım miktarları

Kronik Günlük Alım						
Kentsel						
	Çocuklar			Yetişkinler		
	Yutma (mg/kg.gün)	Soluma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temas (mg/kg.gün)	Yutma (mg/kg.gün)	Soluma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temas (mg/kg.gün)
<b>Cd</b>	$5,72 \times 10^{-6}$	$5,34 \times 10^{-11}$	$7,81 \times 10^{-9}$	$4,98 \times 10^{-7}$	$2,67 \times 10^{-10}$	$1,74 \times 10^{-9}$
<b>Hg</b>	$2,93 \times 10^{-6}$	$2,73 \times 10^{-11}$	$3,99 \times 10^{-9}$	$2,55 \times 10^{-7}$	$1,37 \times 10^{-10}$	$8,89 \times 10^{-10}$
<b>Pb</b>	$2,72 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-9}$	$3,72 \times 10^{-7}$	$2,37 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-8}$	$8,28 \times 10^{-8}$
<b>V</b>	$4,88 \times 10^{-4}$	$4,55 \times 10^{-9}$	$6,66 \times 10^{-7}$	$4,24 \times 10^{-5}$	$2,28 \times 10^{-8}$	$1,48 \times 10^{-7}$
<b>Cr</b>	$6,33 \times 10^{-4}$	$5,91 \times 10^{-9}$	$8,63 \times 10^{-7}$	$5,50 \times 10^{-5}$	$2,95 \times 10^{-8}$	$1,92 \times 10^{-7}$
<b>Mn</b>	$3,10 \times 10^{-3}$	$2,90 \times 10^{-8}$	$4,23 \times 10^{-6}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-7}$	$9,42 \times 10^{-7}$
<b>Co</b>	$9,00 \times 10^{-5}$	$8,40 \times 10^{-10}$	$1,23 \times 10^{-7}$	$7,82 \times 10^{-6}$	$4,20 \times 10^{-9}$	$2,73 \times 10^{-8}$
<b>Ni</b>	$2,45 \times 10^{-5}$	$2,29 \times 10^{-10}$	$3,34 \times 10^{-8}$	$2,13 \times 10^{-6}$	$1,14 \times 10^{-9}$	$7,44 \times 10^{-9}$
<b>Cu</b>	$2,00 \times 10^{-4}$	$1,86 \times 10^{-9}$	$2,72 \times 10^{-7}$	$1,74 \times 10^{-5}$	$9,32 \times 10^{-9}$	$6,06 \times 10^{-8}$
<b>Zn</b>	$5,14 \times 10^{-4}$	$4,80 \times 10^{-9}$	$7,02 \times 10^{-7}$	$4,47 \times 10^{-5}$	$2,40 \times 10^{-8}$	$1,56 \times 10^{-7}$
<b>As</b>	$8,53 \times 10^{-5}$	$7,97 \times 10^{-10}$	$1,16 \times 10^{-7}$	$7,42 \times 10^{-6}$	$3,98 \times 10^{-9}$	$2,59 \times 10^{-8}$

**Çizelge 6.21** Kırsal alanlarda kanserojen olmayan kronik günlük alım miktarları

Kronik Günlük Alım						
Kırsal						
	Çocuklar			Yetişkinler		
	Yutma (mg/kg.gün)	Soluma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temas (mg/kg.gün)	Yutma (mg/kg.gün)	Soluma ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temas (mg/kg.gün)
<b>Cd</b>	$3,85 \times 10^{-6}$	$3,60 \times 10^{-11}$	$5,26 \times 10^{-9}$	$3,35 \times 10^{-7}$	$1,80 \times 10^{-10}$	$1,17 \times 10^{-9}$
<b>Hg</b>	$7,88 \times 10^{-7}$	$7,36 \times 10^{-12}$	$1,08 \times 10^{-9}$	$6,85 \times 10^{-8}$	$3,68 \times 10^{-11}$	$2,39 \times 10^{-10}$
<b>Pb</b>	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,36 \times 10^{-9}$	$1,98 \times 10^{-7}$	$1,26 \times 10^{-5}$	$6,78 \times 10^{-9}$	$4,42 \times 10^{-8}$
<b>V</b>	$2,77 \times 10^{-4}$	$2,59 \times 10^{-9}$	$3,79 \times 10^{-7}$	$2,41 \times 10^{-5}$	$1,29 \times 10^{-8}$	$8,43 \times 10^{-8}$
<b>Cr</b>	$6,07 \times 10^{-4}$	$5,67 \times 10^{-9}$	$8,29 \times 10^{-7}$	$5,28 \times 10^{-5}$	$2,83 \times 10^{-8}$	$1,84 \times 10^{-7}$
<b>Mn</b>	$2,40 \times 10^{-3}$	$2,24 \times 10^{-8}$	$3,28 \times 10^{-6}$	$2,09 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-7}$	$7,30 \times 10^{-7}$
<b>Co</b>	$8,22 \times 10^{-5}$	$7,68 \times 10^{-10}$	$1,12 \times 10^{-7}$	$7,15 \times 10^{-6}$	$3,84 \times 10^{-9}$	$2,50 \times 10^{-8}$
<b>Ni</b>	$8,72 \times 10^{-6}$	$8,14 \times 10^{-11}$	$1,19 \times 10^{-8}$	$7,58 \times 10^{-7}$	$4,07 \times 10^{-10}$	$2,65 \times 10^{-9}$
<b>Cu</b>	$1,00 \times 10^{-4}$	$9,37 \times 10^{-10}$	$1,37 \times 10^{-7}$	$8,72 \times 10^{-6}$	$4,68 \times 10^{-9}$	$3,05 \times 10^{-8}$
<b>Zn</b>	$2,72 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-9}$	$3,71 \times 10^{-7}$	$2,37 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-8}$	$8,27 \times 10^{-8}$
<b>As</b>	$5,77 \times 10^{-5}$	$5,39 \times 10^{-10}$	$7,88 \times 10^{-8}$	$5,02 \times 10^{-6}$	$2,69 \times 10^{-9}$	$1,75 \times 10^{-8}$

Tehlike Oranı (HQ) Eşitlik 6.15’de görüldüğü gibi kanserojen olmayan kronik

günlük alımın ( $CDI_{nc}$ ) referans doza bölünmesiyle hesaplanmıştır. Formüllerde kullanılması gereken tüm parametreler her bir metal için literatürde mevcut olmadığından, yapılan literatür taraması neticesinde ilgili parametrelerin mevcut olduğu ağır metaller için gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

$$HQ = CDI_{nc} / RfD \quad (6.15)$$

Cu, Pb, Cr ve Zn metalleri için  $RfD_{ing}$ ,  $RfD_{inh}$  ve  $RfD_{dermal}$  değerleri Çizelge 6.22 ve Çizelge 6.23’de verilmiştir.

**Çizelge 6.22**  $RfD_{ing}$  değerleri

	$RfD_{ing}$ (mg/kg.gün)	Referans
<b>Cu</b>	$4.0 \times 10^{-2}$	[123,124]
<b>Pb</b>	$3.5 \times 10^{-3}$	[124,127]
<b>Cr</b>	$3 \times 10^{-3}$	[105,122,124]
<b>Zn</b>	0.3	[123,124,128]

**Çizelge 6.23**  $RfD_{inh}$  ve  $RfD_{dermal}$  değerleri

	$RfC_{inh}$ (mg/m <sup>3</sup> )	$RfD_{dermal} = RfD_{ing} \times ABS_{GI}$ [124]
<b>Cu</b>	-	$4.0 \times 10^{-2}$
<b>Pb</b>	-	$3.5 \times 10^{-3}$
<b>Cr</b>	-	$3.9 \times 10^{-5}$
<b>Zn</b>	-	0.3

Kümülatif kanserojen olmayan tehlike, tehlike indeksi (HI) olarak ifade edilir ve her bir maruziyet yolunun tehlike oranlarının toplamıdır. HI; Eşitlik 6.16’da verilen eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$HI = \sum HQ = HQ_{ing} + HQ_{inh} + HQ_{dermal} \quad (6.16)$$

Kentsel ve kırsal alanlarda farklı metaller için yutma ve temas yollarıyla toplam

tehlike oranları ve toplam tehlike indeksleri Çizelge 6.24’de verilmiştir. Buna göre temas yoluyla tehlike oranlar kentsel ve kırsal alanların her ikisinde de yutma yoluyla alımlara göre daha düşüktür. Bu çalışma için çocukların kümülatif kanserojen olmayan tehlike indeksleri yetişkinlerden daha yüksek bulunmuştur. Bunu sebebi yetişkinlerle karşılaştırıldığında çocukların kanserojen olmayan sağlık etkilerine daha duyarlı olmasıdır. Özellikle yutma yoluyla alımlar için dikkatli olunmalıdır.

Hesaplanan toplam tehlike indeksi (HI) değerleri herhangi bir bireyin kanser oluşturma potansiyeli olmayan herhangi bir tehlikeli maddeye ömür boyu maruz kalması durumunda kanser olma ihtimalini ifade etmektedir. Bu bağlamda kabul edilebilir risk değerlerinin 1 değerinin altında olması gerektiği bildirilmektedir (US EPA, 2001). Çizelge 6.24’e göre kentsel ve kırsal alanlarda çocuklar ve yetişkinlerde hesaplanan tehlike indeksleri 1 değerinin altındadır [120].

**Çizelge 6.24** Kentsel ve kırsal alanlarda kanserojenik olmayan riskler

Metal	Kanserojenik Olmayan Risk				Metal	Kanserojenik Olmayan Risk			
	Kentsel					Kırsal			
	Çocuklar		Yetişkinler			Çocuklar		Yetişkinler	
	Yutma	Temas	Yutma	Temas		Yutma	Temas	Yutma	Temas
<b>Cd</b>	-	-	-	-	<b>Cd</b>	-	-	-	-
<b>Hg</b>	-	-	-	-	<b>Hg</b>	-	-	-	-
<b>Pb</b>	7,78x10 <sup>-2</sup>	2,23x10 <sup>-6</sup>	6,77x10 <sup>-3</sup>	2,36x10 <sup>-5</sup>	<b>Pb</b>	4,15x10 <sup>-2</sup>	1,50x10 <sup>-6</sup>	3,61x10 <sup>-3</sup>	1,26x10 <sup>-5</sup>
<b>V</b>	-	-	-	-	<b>V</b>	-	-	-	-
<b>Cr</b>	2,11x10 <sup>-1</sup>	9,53x10 <sup>-3</sup>	1,83x10 <sup>-2</sup>	4,93x10 <sup>-3</sup>	<b>Cr</b>	2,02x10 <sup>-1</sup>	5,08x10 <sup>-3</sup>	1,76x10 <sup>-2</sup>	4,73x10 <sup>-3</sup>
<b>Mn</b>	-	-	-	-	<b>Mn</b>	-	-	-	-
<b>Co</b>	-	-	-	-	<b>Co</b>	-	-	-	-
<b>Ni</b>	-	-	-	-	<b>Ni</b>	-	-	-	-
<b>Cu</b>	4,99x10 <sup>-3</sup>	3,07x10 <sup>-6</sup>	4,34x10 <sup>-4</sup>	1,52x10 <sup>-6</sup>	<b>Cu</b>	2,51x10 <sup>-3</sup>	2,81x10 <sup>-6</sup>	2,18x10 <sup>-4</sup>	7,62x10 <sup>-7</sup>
<b>Zn</b>	1,71x10 <sup>-3</sup>	1,11x10 <sup>-7</sup>	1,49x10 <sup>-4</sup>	5,21x10 <sup>-7</sup>	<b>Zn</b>	9,07x10 <sup>-4</sup>	3,97x10 <sup>-8</sup>	7,89x10 <sup>-5</sup>	2,76x10 <sup>-7</sup>
<b>As</b>	-	-	-	-	<b>As</b>	-	-	-	-
<b>Kümülatif Kanserojen Olmayan Tehlike</b>	2,95x10 <sup>-1</sup>	9,54x10 <sup>-3</sup>	2,57x10 <sup>-2</sup>	4,96x10 <sup>-3</sup>	<b>Kümülatif Kanserojen Olmayan Tehlike</b>	2,47x10 <sup>-1</sup>	5,09x10 <sup>-3</sup>	2,15x10 <sup>-2</sup>	4,74x10 <sup>-3</sup>

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Türkiye genelinde 15 farklı ilin kırsal ve kentsel alanlarından toplanan toprak örneklerinde belirli ağır metaller ölçülerek toprak kirliliği açısından ekolojik risk değerlendirmesi ve insan maruziyeti açısından kanserojen ve kanserojen olmayan risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Konsantrasyon belirleme çalışmaları göstermiştir ki hedef elementler tüm illerin topraklarında belirlenebilir düzeydedir. Kentsel ve kırsal alanlar için bulunan ortalama metal konsantrasyonları Türkiye için verilen sınır değerlerin çok altındadır. Yalnızca As elementi için İzmir ili kentsel alan dışındaki bütün illerde ülkemiz için Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'te verilen sınır değerler aşılmıştır. Diğer ülkelerin sınır değerleriyle karşılaştığımızda ise İsveç limit değerlerine göre ülkemizde Cd sınırdadır ve Hollanda limit değerlerine göre Cr sınır değeri aşılmıştır. Kentsel ve kırsal alanlarda elde edilen konsantrasyonlar genel olarak dünya ortalamalarının altında olup kentsel alanlarda Cd konsantrasyonları ortalamaları aşmış ve yine kentsel alanlarda As değerleri sınırdadır.

Ekolojik risk değerlendirmesi açısından tekil element bazında İzmir ve Kastamonu illerinde bütün metaller için düşük ekolojik risk seviyeleri, Çankırı ve Kırıkkale'de Cd, Kayseri'de Cd, Ni ve Hg, Konya'da ise Hg için orta derecede ekolojik risk seviyeleri elde edilmiştir. Ayrıca Uşak ilinde Cd ve As içinde orta derecede risk elde edilmiştir. Çok yüksek risk seviyeleri, İstanbul ilinde Hg, Van ilinde Cd ve Aksaray ilinde Cd metali için bulunmuştur. Malatya, Van ve Uşak illerinde ise Hg için yüksek risk seviyeleri elde edilirken Kars, Antalya, Elazığ, Mersin, Uşak ve Aksaray illerinde ise Hg metali önemli derecede ekolojik risk seviyesindedir. Tüm metallerden oluşabilecek toplam risk indeksi açısından Van ve Aksaray çok yüksek ekolojik risk seviyesinde bulunmuştur. Ayrıca İstanbul yüksek; Malatya, Mersin ve Uşak önemli derecede; Kars, Antalya, Elazığ, Kayseri, Kırıkkale ve Konya orta derecede; İzmir ve Kastamonu düşük ekolojik risk seviyesindedir.

İnsan maruziyeti değerlendirildiğinde farklı maruziyet yollarında metaller için toplam kanserojen riskler kentsel alanlarda; Riskdermal ( $4,98 \times 10^{-7}$ ) < Riskinh ( $2,46 \times 10^{-3}$ ) < Risking ( $2,25 \times 10^{-3}$ ) bulunmuştur. Yetişkinler için ise Riskinh ( $0,95 \times 10^{-3}$ ) < Riskdermal ( $4,6 \times 10^{-10}$ ) < Risking ( $0,86 \times 10^{-3}$ ) sonucu elde edilmiştir.



Kırsal alanlarda ise çocuklar için farklı maruziyet yollarında metaller için toplam kanserojen riskler; Riskinh ( $2,36 \times 10^{-3}$ ) < Riskdermal ( $4,76 \times 10^{-4}$ ) < Risking ( $1,20 \times 10^{-3}$ ) bulunmuştur. Yetişkinler için Riskinh ( $9,09 \times 10^{-4}$ ) < Riskdermal ( $2,45 \times 10^{-10}$ ) < Risking ( $0,46 \times 10^{-3}$ ) olarak bulunmuştur. Kentsel ve kırsal alanların her ikisinde de çocuklar ve yetişkinlerde Pb elementi için yutma, Cr elementi için soluma yoluyla kanser risk değerleri USEPA tarafından bildirilen kabul edilebilir risk aralığı değerlerinden yüksek çıkmıştır. Hem çocuklar hem de yetişkinler için toplam risk değerleri US EPA tarafından bildirilen değerlerden yüksektir. Kanserojen olmayan risk değerlendirmesi açısından kentsel ve kırsal alanlarda çocuklar ve yetişkinlerde hesaplanan teklike indeksleri 1 değerinin altında olup uzun vadede herhangi bir olumsuz etki oluşmayacağı kanaati oluşmaktadır.

Yukarıda özetlenen sonuçlar ışığında, gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için aşağıdaki öneriler getirilebilir.

- Çalışma her ne kadar ülkemiz genelinde geniş bir alanı kapsamakla birlikte, örneklerin toplandığı illerin sayısı açısından sınırlı kalmıştır. Bu sebeple gelecekte yapılacak çalışmalarda daha fazla ilden örnek toplanması önerilebilir.
- Çalışma kapsamında her bir ilden 1 adet kentsel ve 1 adet kırsal alan toprak örneği alınmıştır. Bu durum iller bazında ağır metal konsantrasyonlarının tam olarak ifade etmekte sınırlı kalmıştır. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda her bir ilden daha fazla örnek toplanarak konsantrasyon aralıklarının daha detaylı çalışılması önerilmektedir.
- Çocukların (6 yaşına kadar) ortalama vücut ağırlıklarının çok daha düşük olması ve ellerini ağızlarına götürme sıklığından dolayı genellikle yetişkinlerden daha fazla toprak yutmaları nedeni ile elde edilen sonuçlar göstermektedir ki özellikle yutma yoluyla farklı metaller için günlük maruziyet konsantrasyonu (CDI) değerleri kentsel ve kırsal alanların her ikisinde de çocuklar için daha yüksektir. Bu sebeple toprakların ağır metal kirliliğine karşı korunması insan sağlığı açısından önem arz etmektedir.
- Toz/toprak yutma yoluyla maruziyetin özellikle çocuklar açısından daha detaylı değerlendirilebilmesi için benzer çalışmaların çocukların dış ortamlarda fazlaca vakit geçirdiği çocuk parkları, oyun sahaları gibi alanlarda gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

- Toprakların ağır metal kirliliğinin uzun vadeli ve mevsimsel değişimler bazında değerlendirilerek çocuk ve yetişkinlerin farklı mevsimlerde ve uzun vadede ağır metal maruziyetlerinin incelenmesi gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] Hodges, L., Environmental Pollution, Holt-Rinehartb and Winston, 2nd Ed., 496, New York. 1977.
- [2] Biggins, P.D.E. ve Harrison, R.M., Chemical speciation of leaf compounds in street dusts, *Env.Sci.Tech.*,**1980**,14, 336.
- [3] Çağlarımak, N., Hepçimen, A. Z., Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi Akademik Gıda 8, **2010**, Derleme Makale, 31.
- [4] Başcı, N., Cr (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009.
- [5] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., Metallerin Çevresel Etkileri, *TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası Dergisi*, **2003**, 136, 47.
- [6] Durak, Z., Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005.
- [7] Köseoğlu, C., Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Bitkisel Arıtımın (Fitoremediyasyon) Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
- [8] Çepel, N., 1997, Toprak Kirliliği Erozyon Ve Çevreye Verdiği Zararlar, Matbaa Teknisyenleri Kollektif Şirketi, İstanbul.
- [9] Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (TKKY), Çevre ve Orman Bakanlığı, 25831 Sayılı Resmi Gazete, 2005.
- [10] Toröz, G., 2009, Çevre Ve Orman Bakanlığı, Çevre Eğitimi Ders Notları.
- [11] Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., Toprak Bilimi, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.557, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 2008.
- [12] Lombi, E., Wenzel, W. W., Adriano, D. C., Soil Contamination, Risk Reduction And Remediation, Land Contamination & Reclamation, 6 (4), **1998**, 183.
- [13] Dağdeviren, G., Çorlu Ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi Ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2007.
- [14] Şener, Ş., Ağır Metallerin Çevresel Etkileri, SDUGEO (Online: www.geo.sdu.edu.tr) ISSN 1309-6656, sayı: 3, **2010**, 33.
- [15] Yıldız, N., Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller, ZT-531, Yüksek

Lisans Ders Notları, Erzurum, 2004.

[16] Sabbak, O. A., Metal Concentration Of Atmospheric Inhalable Particles In Jedda, *Environ. Manag. Health*, 6 (5), **1995**, 7.

[17] Bem, H., Gallorini, M., Rizzio, E., Krzeminska, M., Comparative Studies On The Concentrations Of Some Elements In The Urban Air Particulate Matter In Lodz City Of Poland And In Milan, Italy, *Environ. Int.*, **2003**, 29, 423.

[18] Azimi, S., Ludwig, A., Thévenot, D. R., Colin, J. L., , Trace Metal Determination In Total Atmospheric Deposition In Rural And Urban Areas, *The Science of the Total Environment*, **2003**, 308, 247.

[19] Çizmecioglu, S. C., Müezzinoğlu, A., Solubility Of Deposited Airborne Heavy Metals, *Atmospheric Research*, **2008**, 89, 396.

[20] Alp, K., Yazgan, M. S., Çitil, E., Toros, E., Reis, B., Atmospheric Deposition And Its Effects On Drinking Water Resources Of Istanbul, 2001, Şen, Z., Ed., Proceedings, *International Symposium On Water Resources And Environmental Impact Assessment*, July 11-13, **2001**, Istanbul.

[21] Markert, B. Plants As Biomonitors: Indicators For Heavy Metals in The Terrestrial Environment”, Vch, Weinheim, Frgermany, (**1993**) 640.

[22] Çelik, A., Kartal, A. A., Akdoğan, A., Kaska, Y., Determining The Heavy Metal Pollution In Denizli By Using Robinio Pseudo-Acacia L., *Environment International*, **2005**, 31, 105.

[23] Demir, B., *Kahramanmaraş İlinden Toplanan Toprak Örneklerinden Organik Solvent Tolere Edebilen Mikroorganizmaların İzolasyonu Ve Tanımlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 2007.

[24] Lim, H. Y., Lee, J. S., Chon, H. T., Sager, M., Heavy Metal Contamination And Health Risk Assessment In The Vicinity Of The Abandoned Songcheon Au–Ag Mine In Korea, *Journal Of Geochemical Exploration*, **2008**, 96, 223.

[25] Üstbaş, Y., Taşan, M., Geçgel, Ü., Trakya Bölgesinde Üretilen Ayçiçeği Tohumu (*Helianthus annus L.*) Yağlarında Bakır, Demir, Kadmiyum Ve Kurşun İçeriklerinin Belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **2009** ,6 (1).

[26] Türkoğlu, B., *Toprak Kirlenmesi Ve Kirlenmiş Toprakların Islahı*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.

[27] Karpuzcu, M., Çevre Kirlenmesi Ve Kontrolü, Beşinci Baskı, Kubbealtı Neşriyatı, İstanbul, 1996.

[28] Joubert, A. V. P., Lucas, L., Garrido, F., Jouliau, C., Jauzein, M., Effect Of Temperature, Gas Phase Composition, pH And Microbial Activity On As, Zn, Pb And Cd Mobility In Selected Soils In The Ebro And Meuse Basins In The Context Of Global Change, *Environmental Pollution*, **2007**, 148, 749.

- [29] Mikayilov, F. D., Acar, B., Toprak Ekosistemlerinde Kirleticilerin Taşınım Mekanizmasının İncelenmesi Ve Modellenmesi, *Ekoloji Dergisi*, **1998**, 28, 20.
- [30] Vural, H., Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi* 8: 3, **1993**.
- [31] Beliles, R. V., Metals, in Toxicology. The Basic Science of Poisons. L.J. Casarett & J. Dittel (Editors) Macmillan Publ. Co, Inc., New York, USA, **1975**.
- [32] Tunçok, Y., İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri. *DEÜTF Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji B.D. İlaç ve Zehir Danışma Merkezi*, İzmir, **2008**.
- [33] Demirci, M., Beslenme, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2007, Tekirdağ.
- [34] Concon, J.M., Food Toxicology. Part B: Contaminants and Additives. Marcel Dekker, Inc., 1988, New York.
- [35] Anon, 2008, Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri, Erişim Adresi: <http://www.doktorre.net/forum/arsiv-konu-18053.0-agir-metallerin-insan-sagligina-etkiler.html>.
- [36] Peterson, P.J. Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J., Chapman & Hall, "Plant Adaptation to Environmental Stress: Metal Pollution Tolerance", **1993**, 171.
- [37] Geiger, G., Federer P. and Sticher H., 1993. "Reclamation of Heavy Metal Contaminated Soils: Field Studies and Germination Experiments" *Journal of Environmental Quality*, **1993**, 22:(1) 201.
- [38] Yıldız, N., Toprak Kirleticisi Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Erzurum, 32 (2), **2001**, 207.
- [39] Allan, R., 1997, Introduction: mining and metals in the environment. *J. Geochem. Expl.* 58:95.
- [40] Gardea-Torresdey, J.L., Polette L., Arteaga S., Tiemann K.J., Bibb J. and Gonzales J.H., Determination of the content of hazardous heavy metals on *Larrea tridentata* grown around a contaminated area. Proceedings of the eleventh Annual EPA Conf. On *Hazardous Waste Research*, **1996**, NM, 660.
- [41] Meagher, R.B., Phytoremediation of Toxic elemental and organic pollutants. *C. Op. In Plant Biol.*, 2000, 3, 153.
- [42] Fernandes, J.C. and Henriques F.S.. Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants, *The Botanical Review*, **1991**, 57, 246.
- [43] Claire, L.C., Adriano D.C., Sajwan K.S., Abel S.L., Thoma, D.P. and Driver J.T., Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species.

*Water, Air, and Soil Pollution*, **1991**, 59, 231.

[44] Banuelos, G. S., Ajwa H.A., Mackey B., Wu L., Cook C., Akohoue S., and Zambruski S., Selenium- induced growth reduction in brassica land races considered for phytoremediation. *Ecotoxicol. Environ.* **1997**, Saf., 36, 282.

[45] Blaylock, M.J. and Huang J.W., Phytoextraction of Metals, In: I.Raskin and B.D.Ensley(Ed.) *Phytoremediation of Toxic Metals : Using Plants to Clean Up The Environment*, John Wiley and Sons, Inc, Toronto, Canada, 303, 2000.

[46] Raskin, I. and Ensley (Ed), *Phytoimediaitan of toxic metals: using plants to clean up to enviroment*, John Wiley and Sons, N. York, 303, 2000.

[47] Dahmani-Muller, H., Oort F., Gelie B. and Blabene M., Strategies of Heavy Metal Uptake by Three Plants Species Growing Near a Metal Smelter, *Environ. Pollut.*, 109, 231, 2000.

[48] Noll, K.E., Yuen, P.F. ve Fang. K.Y.P., Atmospheric coarse particulate concentrations and dry deposition fluxes for ten metals in two urban environments", *Atm. Env.* **1990**, 24A.4, 903.

[49] Foy, C.D., Chaney, R.L. ve White, M.C., Physiology of metal toxicity in plants", *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **1978**, 29, 511.

[50] Richard, W.H. ve Van Scoyoc, S., Trace element uptake by sagebrush leaves in Washington", *Env. Exp. Bot.*, **1984**, 24, 101.

[51] Coello, W.F., Saleem, Z.A. ve Khan, M.A.Q., *Ecological Effects of Lead in Auto-Exhaust*, Academic Press, New York-London, **1974**.

[52] Linton, R.W., Natucsh, D.F.S., Solomon, R.L. ve Evans, C.A., Physicochemical characterization of lead in urban dusts. A microanalytical approach to lead tracing", *Env. Sci. Tech.*, **1980**, 14, 158.

[53] Chow, T.J., Lead accumulation in roadside soils and grass", *Nature (London)* 225, 295, 1970.

[54] Özkul, C., İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi, 2008.

[55] Manno, E., Varrica, D. ve Dongarrà, G., "Metal distribution in road dust samples collected in an urban area close to a petrochemical plant at Gela, Sicily, Dipartimento Chimica e Fisica della Terra (CFTA)", Università di Palermo, via Archirafi 36, 90123 Palermo, Italy, Received 16 December **2005**.

[56] Tuna, A. L., Muğla bölgesindeki termik santrallerden kaynaklanan kirlilik üzerine araştırmalar, Muğla Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Muğla, 2005.

[57] Maiz, I., Arambarri, I., Garcia, R. ve Millán, E., Evaluation of heavy metal availability in polluted soils by two sequential extraction procedures using factor analysis, Departamento de Química Aplicada, Química Analítica, Facultad de Químicas, Universidad del País Vasco, Apdo. 1072, 20080 San Sebastián, Spain,

2000.

[58] Fakayode, S. O. ve Olu-Owolabi, B. I., Effect of mineral and organic fertilizers on the status of Cd, Pb and Zn in soils, and their bioaccumulation by food crops in Nigeria, *Recent research developments in chemistry*, 1, 2003, 79.

[59] Onder, S., Dursun, S., Gezgin, S., Demirbas, A., Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey), *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 16, No. 1 **2007**, 145.

[60] Duzgoren, A., Li, X. D. ve Wong, S. C., Lead contamination and isotope signatures in the urban environment of Hong Kong, *Environment International*, Volume 30, Issue 2, April **2004**, 209.

[61] Yetimoğlu, E. K., Ercan, O., Tosyalı, K., Heavy Metal Contamination in Street Dusts of Istanbul (Pendik to Levent) E-5 Highway, Marmara University, Faculty of Science and Letters, Department of Chemistry, 34722 Göztepe, Istanbul, Turkey.

[62] Prohaska, T., Wenzel, W.W. ve Stingeder, G., ICP-MS-based tracing of metal sources and mobility in a soil depth profile via the isotopic variation of Sr and Pb, *International Journal of Mass Spectrometry*, 242, 2-3, **2005**, 243.

[63] Samara, C. ve Voutsas, D., Size distribution of airborne particulate matter and associated heavy metals in the roadside environment, *Chemosphere*, 59, 8, **2005**, 1197.

[64] Kanburoğlu, Y.E. ve Hekimbaşı, T., Muhtelif Ağır Metal Konsantrasyonlarının Genotoksik Etkisi, *Türkiyede Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu V*, 11-12 Mayıs, **2006**, Gebze/Kocaeli.

[65] Pulluk, U.B. ve Hekimbaşı, T., Kurşun Kirliliğinin Hordeum vulgare üzerine Genotoksik Etkisi, *Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu V*, 11-12 Mayıs, 2006, Gebze/Kocaeli.

[66] Bilge, U., Çimrin, K. M., Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, 2013.

[67] DüNDAR, M.Ş., Pala, M.F., 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Adapazarı Cadde Tozlarında Ağır Metal Kirliliği, 2002.

[68] Yalçın, M.G., Battaloğlu, R., Niğde-Kayseri Karayolu Kenarında Toprakta Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi, XX. Ulusal Kimya Kongresi, Erciyes Üniversitesi, 4-8 Eylül 2006, Kayseri.

[69] Hekimbaşı E. B., İstanbul'daki Bazı Çocuk Parklarının Kum Havuzlarındaki Ağır Metal Kirliliğinin Ve Bunun Neden Olduğu Genotoksisitenin Belirlenmesi, 2008.

[70] Hassan, S.K.M., A Study on Indoor Air Quality in Greater Cairo. M.Sc. Thesis, Faculty of Science, Cairo University, 2000.

[71] Srivastava, A., Jain, V.K., Relationships between indoor and outdoor air quality

in Delhi. *Indoor Built Environ.* **2003**, 12, 19e165.

[72] Nastov, J., Tan, R., Dingle, P., The use of Fibre Technology to Control Surface Dust and Bacteria Contamination. Report Series, 1. *Environ Sci.*, **2003**, Australia.

[73] Hays, S.M., Gobbell, R.V., Gamick, N.R., 1995. Indoor Air Quality. Solution and Strategies. McGraw- Hill Inc, New York.

[74] Darus, F. M., Nasir, R. A., Sumari, S. M., Ismail, Z. S., and Omar, N. A. ,Heavy metals composition if indoor dust in nursery schools building. *Procedia of Social Behaviour Science*, **2012**, 38:169.

[75] Yap, C. K., Krishnan, T., and Chew, W. 2011. Heavy metal concentrations in ceiling fan dusts sampled at schools around Serdang Area, Selangor. *Sains Malaysiana* 40(6):569.

[76] Layton, D.W., Beamer, P.I., Migration of contaminated soil and airborne particulates to indoor dust. *Environ. Sci. Technol.***2009**.

[77] Roberts, J.W., Wallace, L.A., Camann, D.E., Dickey, P, Gilbert, S.G., Lewis, R.G., Monitoring and reducing exposure of infants to pollutants in house dust. *Rev Environ Contam Toxicol*, **2009**.

[78] Lidia, M., Indoor particles, combustion products and fibres. The Handbook of Environmental Chemistry; 2004.

[79] Chen, H., Lu, X., and Li, L. Y., Spatial distribution and risk assessment of metals in dust based on samples from nursery and primary schools of Xi'an, China. *Atmospheric Environment* , **2014**.

[80] Mielke, H.W., Gonzales, C.R., Smith, M.K., Mielke, P.W., The urban environment and children's health: soils as an integrator of lead, zinc, and cadmium in New Orleans, Louisiana, USA. *Environ. Res.*, **1999**, A81, 117e129.

[81] Raghunath, R., Tripathi, R.M., Kumar, A.V., Sathe, A.P., Khandekar, R.N., Nambi, K.S.V., Assessment of Pb, Cd, Cu, and Zn exposures of 6- to 10-year-old children in Mumbai. *Environ. Res.*, **1999**, 80, 215e221.

[82] Yáñez, L., Garcia-Nieto, E., Rojas, E., Carrizales, L., Mejia, J., Calderón, J., DNA damage in blood cells from children exposed to arsenic and lead in a mining area. *Environ. Res.*, 2003, 93, 231e240.

[83] Chirenje, T., Ma, L.Q., Lu, L., Retention of Cd, Cu, Pb and Zn by wood ash, lime, and fume dust. *Water Air Soil Pollut.*, **2006**, 171, 301e314.

[84] Inyang, H.I., Bae, S., Impacts of dust on environmental systems and human health. *J. Hazard. Mater.*, **2006**, 132, 5e6.

[85] Whicker, C.L., Hayes, W.J., Khoo, C.S., Bhathal, R.S., Heavy metals in ceiling dust of some Sydney houses, *J. Proc. Roy. Soc.*, **1997**, NSW 130 (3e4), 65e78.



[86] Myers, G.J., Davidson, P.W., Does methylmercury have a role in causing developmental disabilities in children? *Environ. Health Perspect.* **2000**, 108, 413e420.

[87] Gomaa, A., Hu, H., Bellinger, D., Schwartz, J., Tsaih, S.W., Gonzalez - Cossio, T., Maternal bone lead as an independent risk factor for fetal neurotoxicity: a prospective study. *Pediatrics*, **2002**, 110e118.

[88] Menzie, C.A., Ziccardi, L.M., Lowney, Y.W., Fairbrother, A., Shock, S.S., Tsuji, J.S., Hamai, D., Proctor, D., Henry, E., Su, S.H., Kierski, M.W., McArdle, M.E., Yost, L.J., Importance of considering the framework principles in risk assessment for metals. *Environ. Sci. Technol.* **2009**, 43, 8478e8482.

[89] MTA, Maden Tetkik ve Arama İl Maden Haritaları, 2015, Erişim Adresi: [http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=il\\_maden\\_haritalari](http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=il_maden_haritalari).

[90] TÜİK, Hayat Tabloları, İllere ve cinsiyete göre doğuştan beklenen yaşam süreleri istatistiği, 2013-2014, Erişim Adresi: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.

[91] Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Durum Raporları, 2013, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfaicerikhtml&IcId=266&detId=945&ustId=266>.

[92] EPA (2014-b). Waste Oil Combustion. Erişim Adresi: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s11.pdf>.

[93] Gulyurtlu, I., Lopes, H. and Cabrita, I., The determination of emissions of pollutants from burning waste oils, *Fuel*, **1996**, 75 (8), 940. doi: 10.1016/0016-2361(96)00051-8.

[94] Hall, R. E., Cooke, W. M. and Barbour, R. L., Comparison of air pollutant emissions from vaporizing and air atomizing waste oil heaters, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1983,33 (7), 683.

[95] ETKB (2014) Yakıt Kalorifik Değerleri, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü / Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Erişim Adresi: [http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/en\\_tasarufu/uetm/ts13.html](http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/en_tasarufu/uetm/ts13.html).

[96] PETDER (2012-b), 10 Numara, Yağ Sorununa İlişkin Değerlendirmeler ve Çözüm Önerileri, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.

[97] Türkiye Enerji Kaynakları Haritaları, 2014, Erişim Adresi: [http://cografyaharita.com/turkiye\\_enerji\\_haritalari.html](http://cografyaharita.com/turkiye_enerji_haritalari.html).

[98] Meijer, S. N., Ockenden, W. A., Sweetman, Aa, Breivik, K., Grimalt, J. O., Jones, K. C., “Global Distribution and Budget of PCBs and HCB in Background Surface Soils: Implications for Sources and Environmental Processes”, *Environmental Science & Technology*, 2003, 37, 667.

[99] ASTM, 1993a, “ASTM D 2974-87 Standard Test Methods for Moisture, Ash and Organic Matter of Peat and other organic soils, A,S,f,T,a, Materials”, American Society for Testing and Materials”, Philadelphia, PA, 31,

[100] ASTM, 2001, “ASTM D4972-01, Standard Test Method for pH of Soils”, ASTM International, West Conshohocken, PA.

[101] ASTM, 1993b, “ ASTM D 2937-10 Standard Test Method for Density of soil in place by the drive-cylinder method A,S,f,T,a, Materials”, American Society for Testing and Materials”.

[102] Method 200.8, Determination of Trace Elements In Waters And Wastes By Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, Environmental Monitoring Systems Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268, J.T. Creed, C.A. Brockhoff, and T.D. Martin-Revision 5.4 ,1994.

[103] Critical Values of the Student's *t* Distribution, Erişim Adresi: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3672.htm>.

[104] Method 200.7, Determination Of Metals And Trace Elements In Water And Wastes By Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Environmental Monitoring Systems Laboratory Office Of Research And Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268, T.D. Martin, C.A. Brockhoff, J.T. Creed, And Emmc Methods Work Group - Revision 4.4, 1994.

[105] US EPA, 2000, Assigning values ton on-detected/non-quantified pesticide residues in human health food exposure assessments, Office of Pesticide Programs, U.S Environmental Protection Agency, Washington, DC, March 23-2000, Report No: 6047.

[106] US EPA, 2002, Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C. <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/index.htm>.

[107] NYS DEC, 2006, New York State Brownfield Cleanup Program Development of Soil Cleanup Objectives Technical Support Document. New York State Department of Environmental Conservation and New York State Department of Health, Albany, NY. <http://www.dec.ny.gov/chemical/34189.html>.

[108] Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, 2010, Erişim Adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100608-3.htm>.

[109] EU (European Union) 1986, Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, ( 86 / 278 /EEC), of 12 June 1986.

- [110] ECDGE, European Commission Director General Environment. Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilizers. Final Report. July WPA Consulting Engineers Inc, 2010.
- [111] Nadaroğlu, N., Çelebi, N., Kalkan E., Dikbaş, N., The Evaluation of Aff ection of Methylobacterium extorquens - Modified Silica Fume for Adsorption Cadmium (II) Ions from Aqueous Solutions Aff ection, *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, **2013**, 19 (3): 391.
- [112] Misra, S. G. , Pande, P., Effect of organic matter on availability of nickel; *Plant and Soil*, **1974**, 40, 3, 679.
- [113] Lockwood, C. L., Stewart, D. I., Mortimer, R. J. G., Mayes, W.M., Jarvis, A. P., Gruiz, K., Burke, I. T., Leaching of copper and nickel in soil-water systems contaminated by bauxite residue (red mud) from Ajka, Hungary: the importance of soil organic matter; *Environ Sci Pollut Res*, **2015**, 22:10800.
- [114] Coşkun, M., Steinnes, E., Frontasyeva, M.V., Sjobakk, T.E and Demkina, S., Heavy metal pollution of surface soil in the Thrace Region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assesment*, 2006, 119:545.
- [115] Aktaş, Y.K., Kocabaş, A., Heavy metal content of roadside soil in Edirne, Turkey. *Analytical Letters*, **2010**, 43:1869.
- [116] Canbay, M., Investigation of the relation between heavy metal contamination of soil and its magnetic susceptibility. *International Journal of Physical Sciences* , **2010**, (5), 393.
- [117] Bowen, H.J.M., Elements in lithosphere and biosphere. Environmental Chemistry of the Element, *Academic Press Beijing*, **1979**, 174.
- [118] Hakanson, L., An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Res*, **1980**, 14(8):975.
- [119] Xu, Z., Ni, S., Tuo, X., Zhang, C., Calculation of heavy metals' toxicity coefficient in the evaluation of potential ecological risk index, **2008**, Huangjin Kexue yu Jishu 31(2):112.
- [120] USEPA, 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A), EPA/540/1-89/002. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, USA.
- [121] USEPA, 1997, Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002Fa. Office of Research and Development, Washington, DC, USA.
- [122] USEPA, 2001, Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III—Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment, 20460, EPA 540-R-02-002. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC, USA.
- [123] USDOE (US Department of Energy), 2011, The Risk Assessment Information System (RAIS), US Department of Energy's Oak Ridge Operations Office (ORO),

Oak Ridge, TN, USA.

[124] Grzetic, I. and Ghariani, R.H.A., 2008, Potential health risk assessment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia), *J Serb Chem Soc* 73:923.

[125] Luo, X.S., Ding, J., Xu, B., et al. 2012a, Incorporating bioaccessibility into human health risk assessments of heavy metals in urban park soils, *Sci Total Environ* 424:88.

[126] Gungormus, E., Tuncel, S., Tecer, L.H., Sofuoglu, S.C., 2014, Inhalation and dermal exposure to atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and associated carcinogenic risks in a relatively small city, *Ecotox Environ Safety*; 108:106.

[127] Neyzi, O., Günöz, H., Furman, A., Bundak, R., Gökçay, G., Darendeliler, F., Baş, F., Türk çocuklarında vücut ağırlığı, boy uzunluğu, baş çevresi ve vücut kitle indeksi referans değerleri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 2008, 51:1.

[128] USEPA, 2011, Regional Screening Level table (RSL), Regional Screening Levels of Chemical Contaminants at Superfund Sites, Available at <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration-table/index.htm>.

[129] Schmidt, C.W., Lead in air adjusting to a new standard, *Environ Health Perspect*, **2010**, 117:A76-A79.

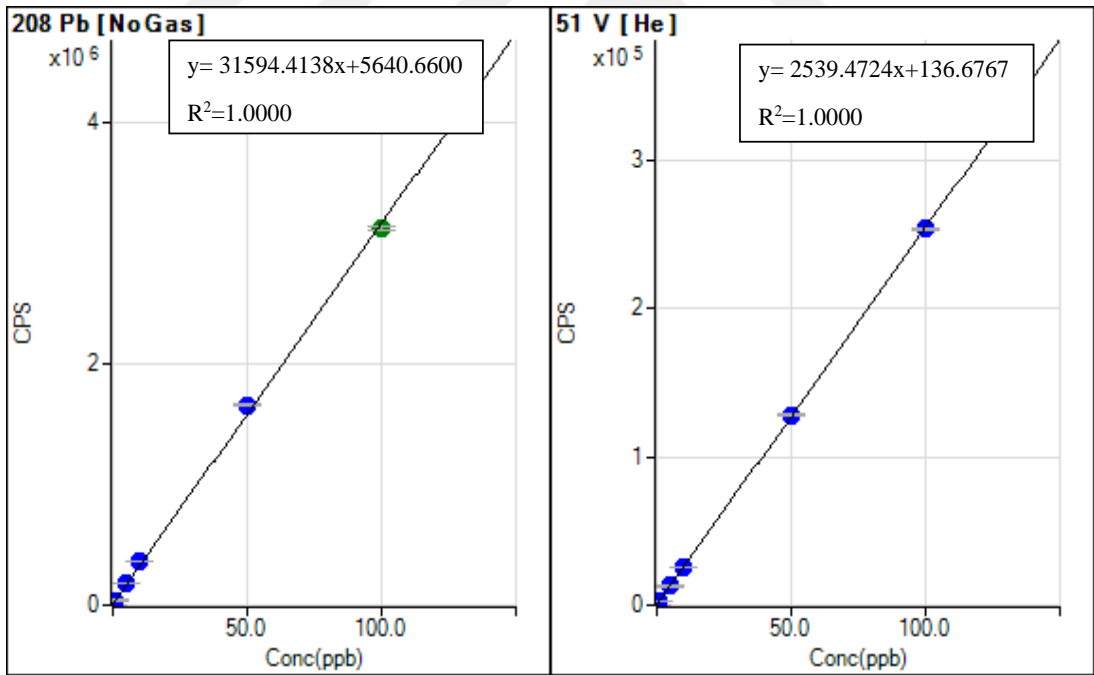
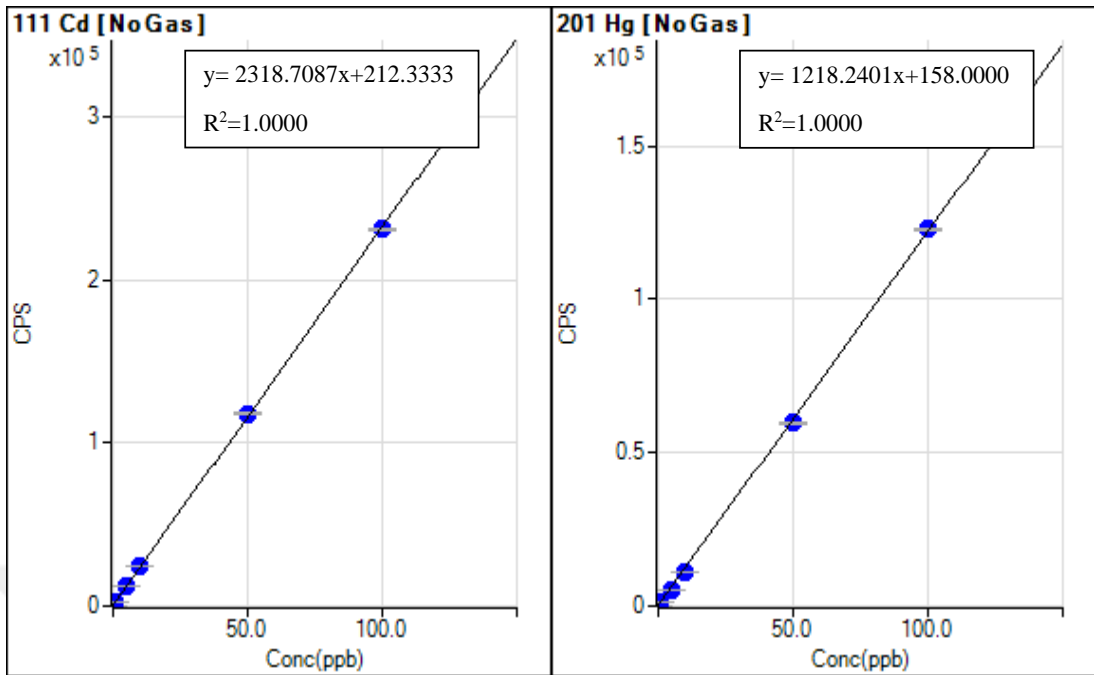
[130] Faiz, Y., Siddique, N., and Tufail, M., Pollution level and health risk assessment of road dust from an expressway. *J Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subt Environ Engr*, **2012**, 47(6):818.

[131] Zhang, X., Tang, X., Zhao, C., et al., Health risk evaluation for the inhabitants of a typical mining town in a mountain area, *South China. Ann NY Acad Sci*, **2008**, 1140:263.

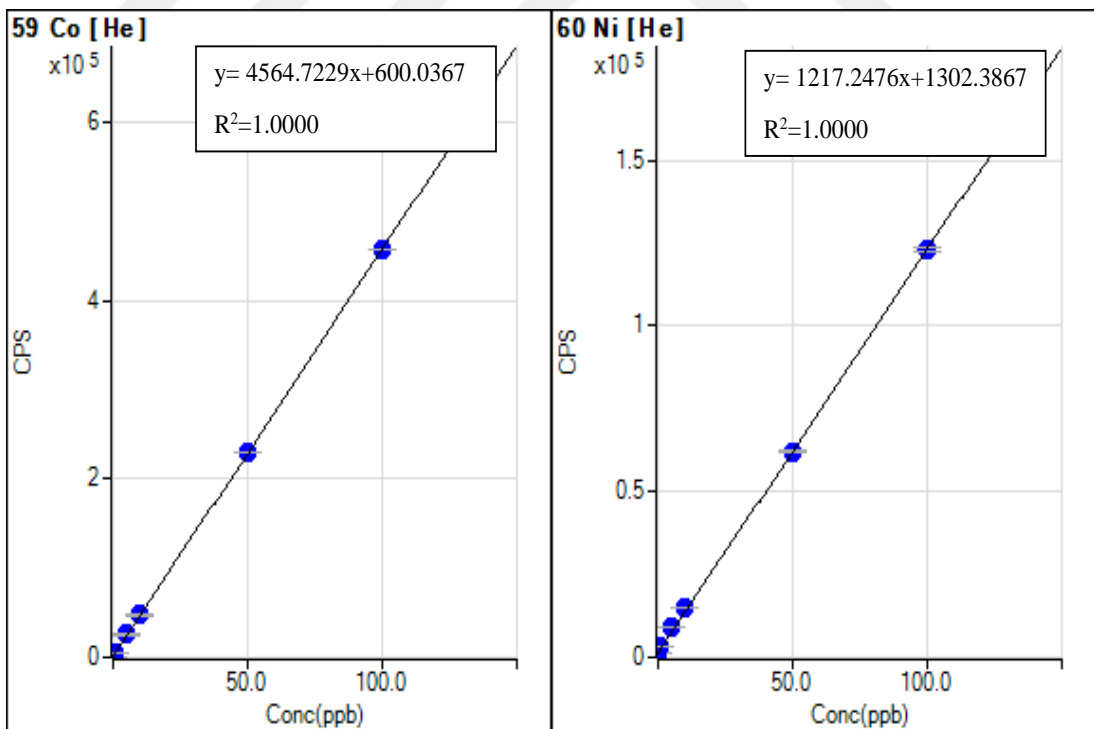
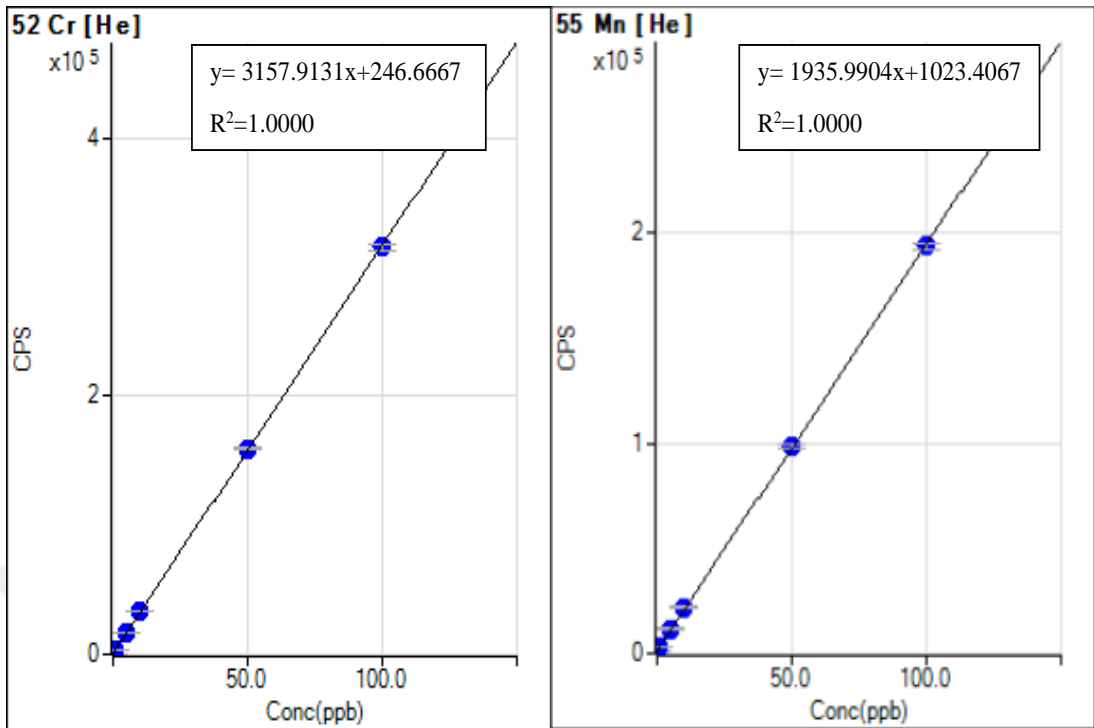


# EKLER

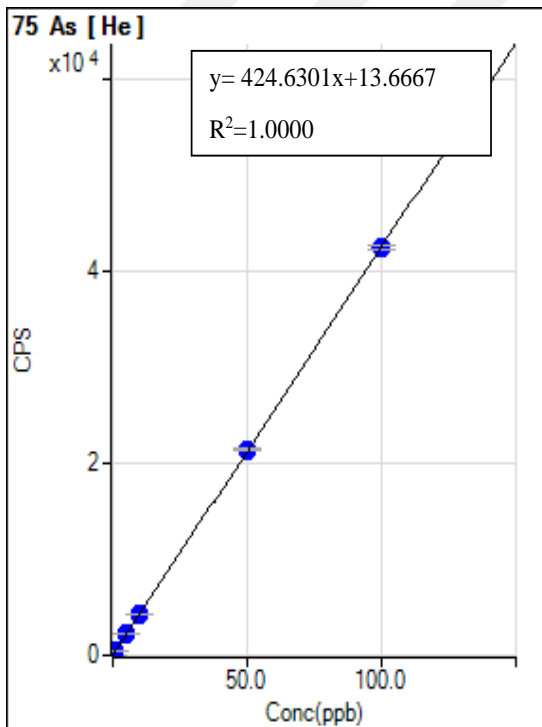
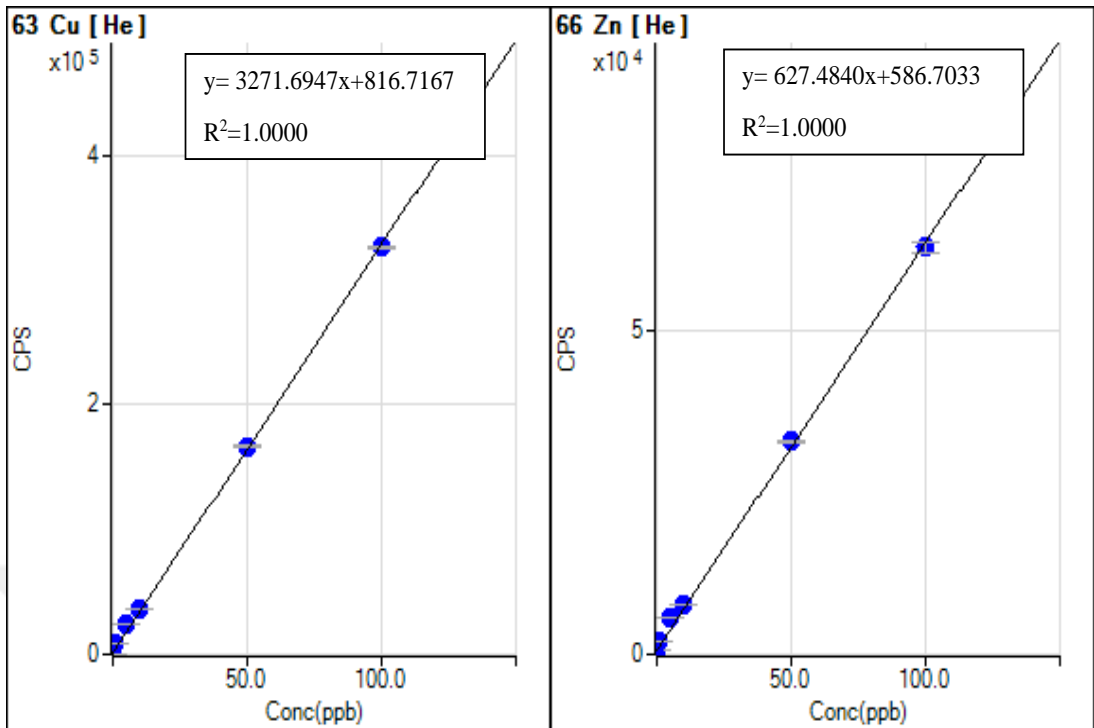
EK.1 Kalibrasyon grafikleri



EK.1 Kalibrasyon grafikleri (devamı)

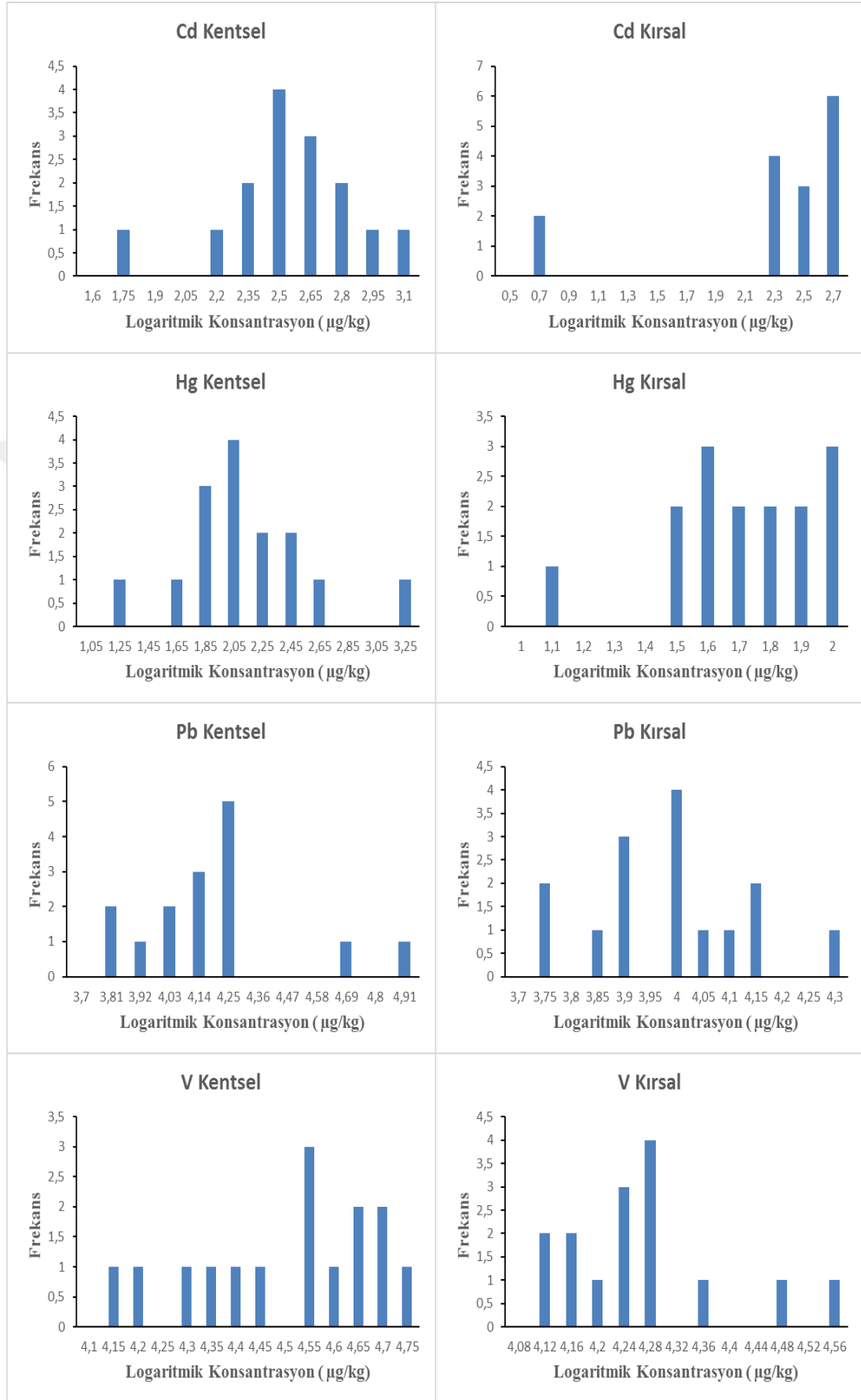


EK.1 Kalibrasyon grafikleri (devamı)

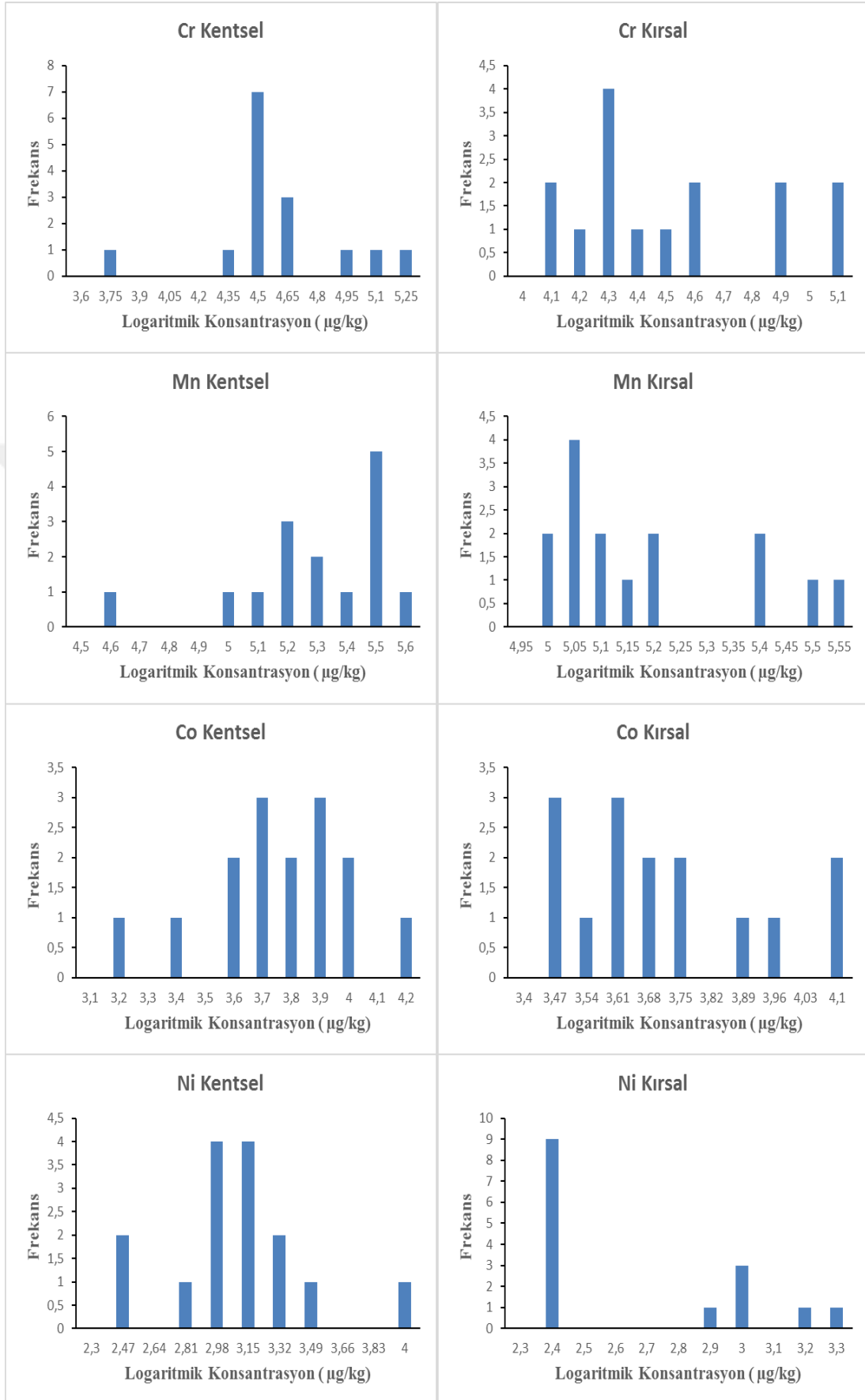




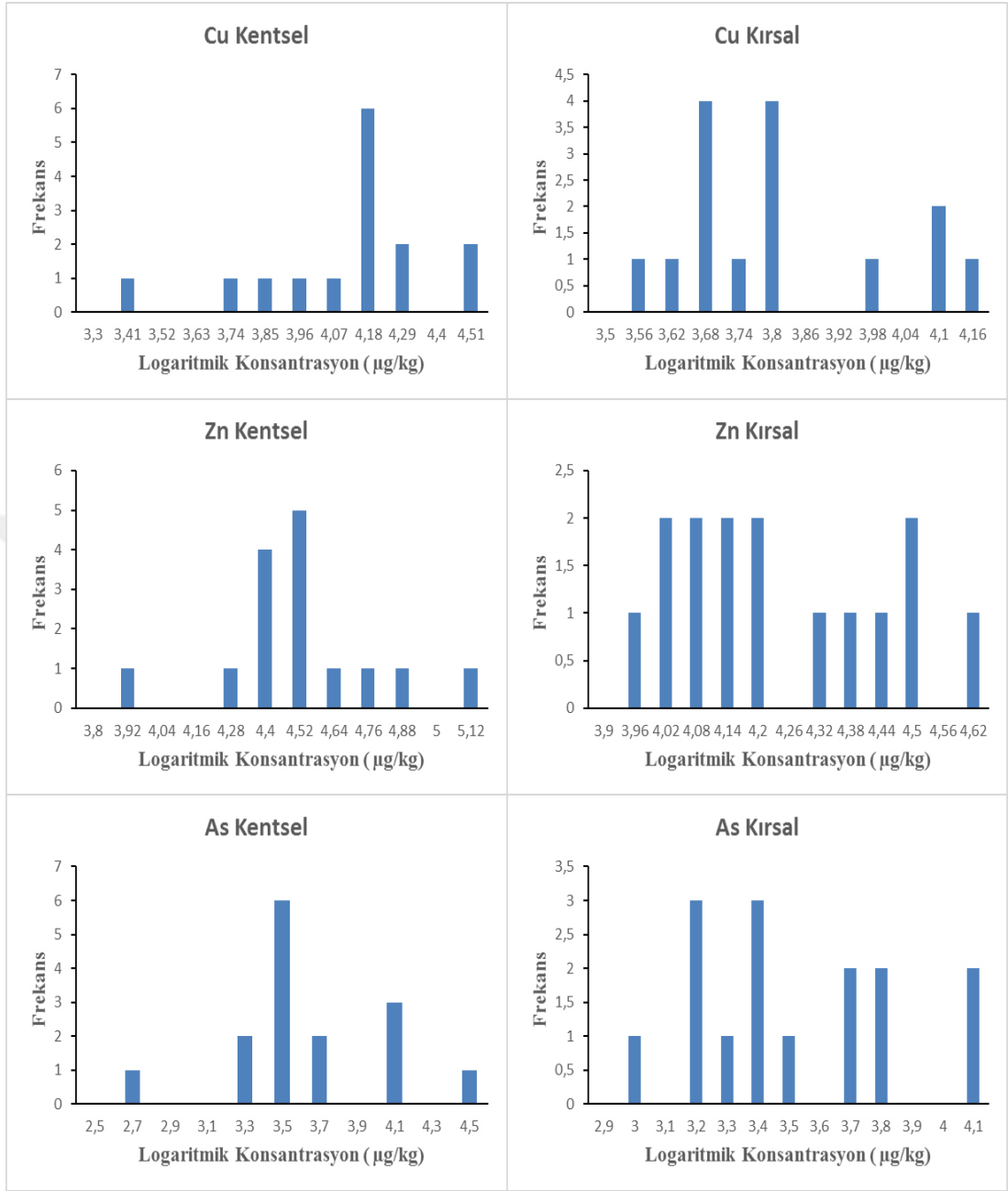
EK.2 Histogramlar-log konsantrasyon



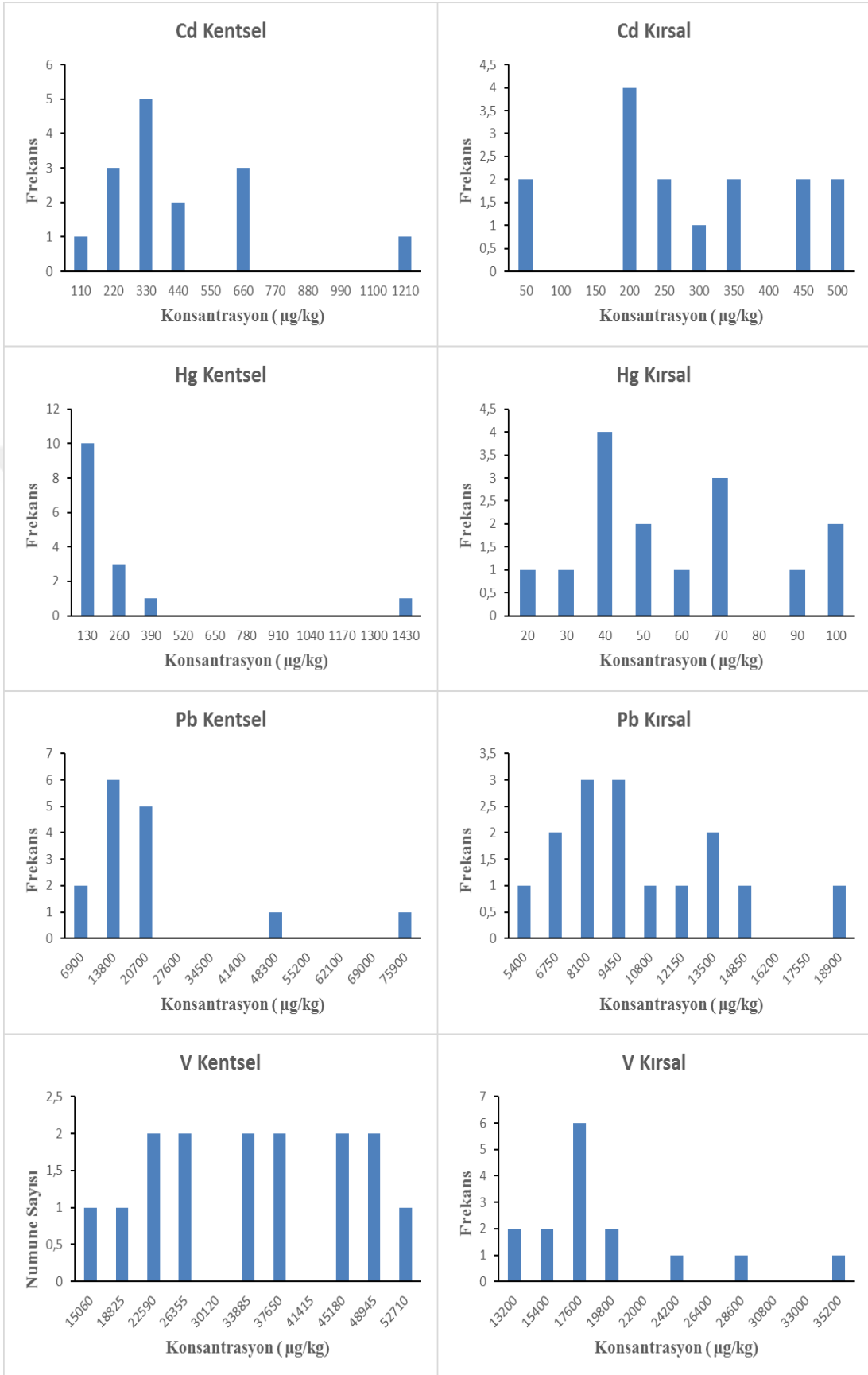
EK.2 Histogramlar-log konsantrasyon (devamı)



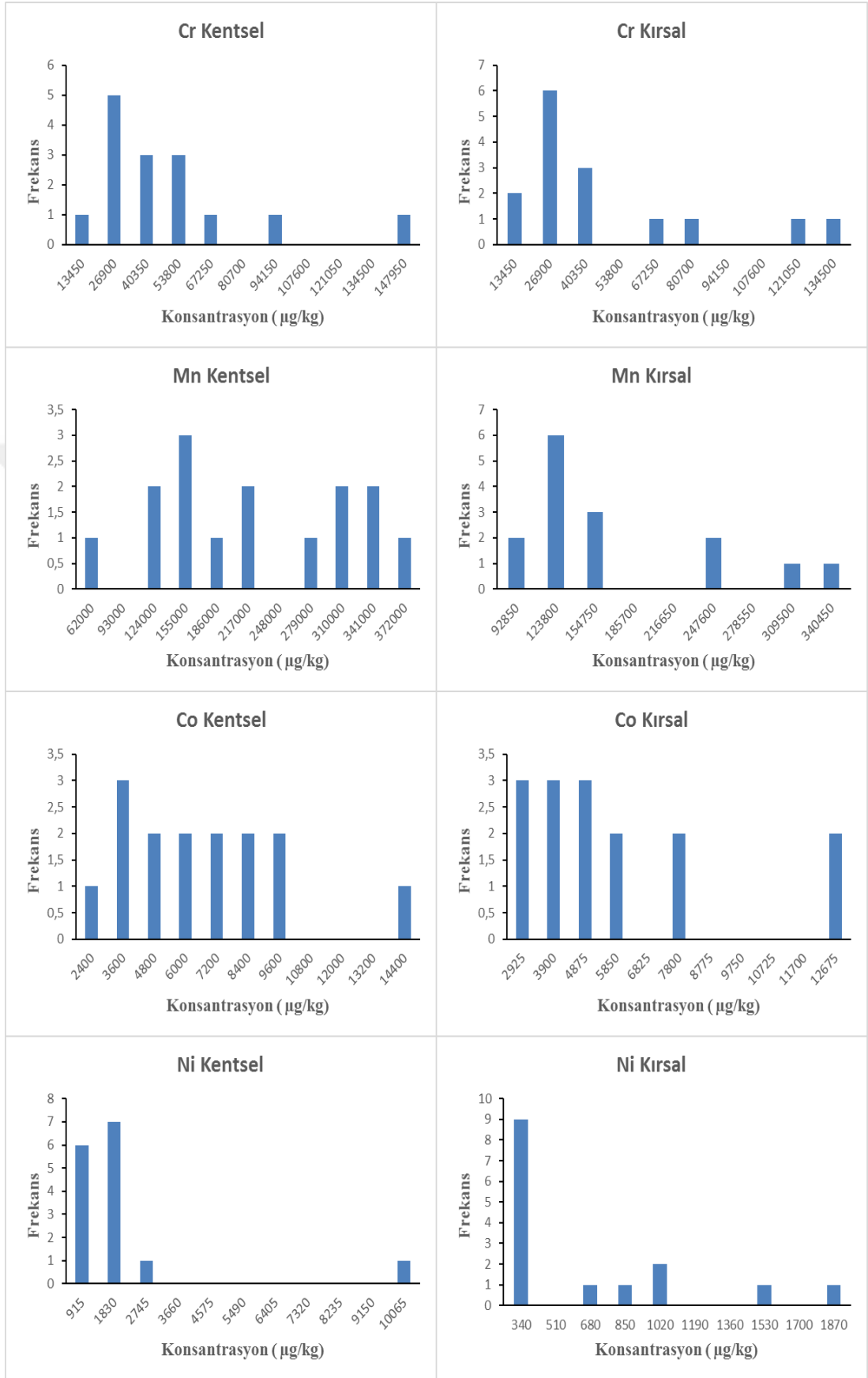
EK.2 Histogramlar-log konsantrasyon (devamı)



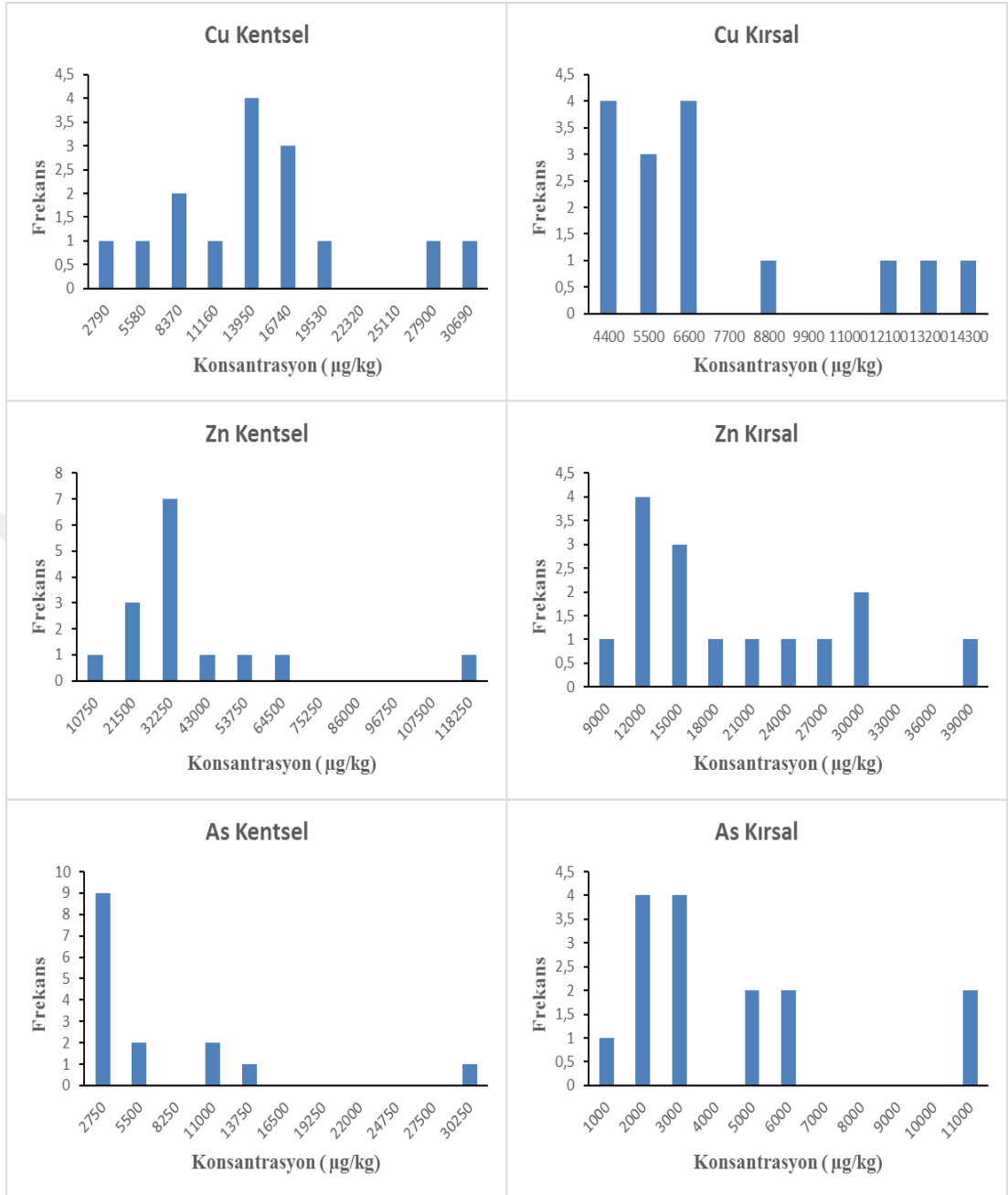
EK.3 Histogramlar-konsantrasyon



EK.3 Histogramlar-konsantrasyon (devamı)



EK.3 Histogramlar-konsantrasyon (devamı)



EK.4 Toprak özellikleri ve ağır metal konsantrasyonları

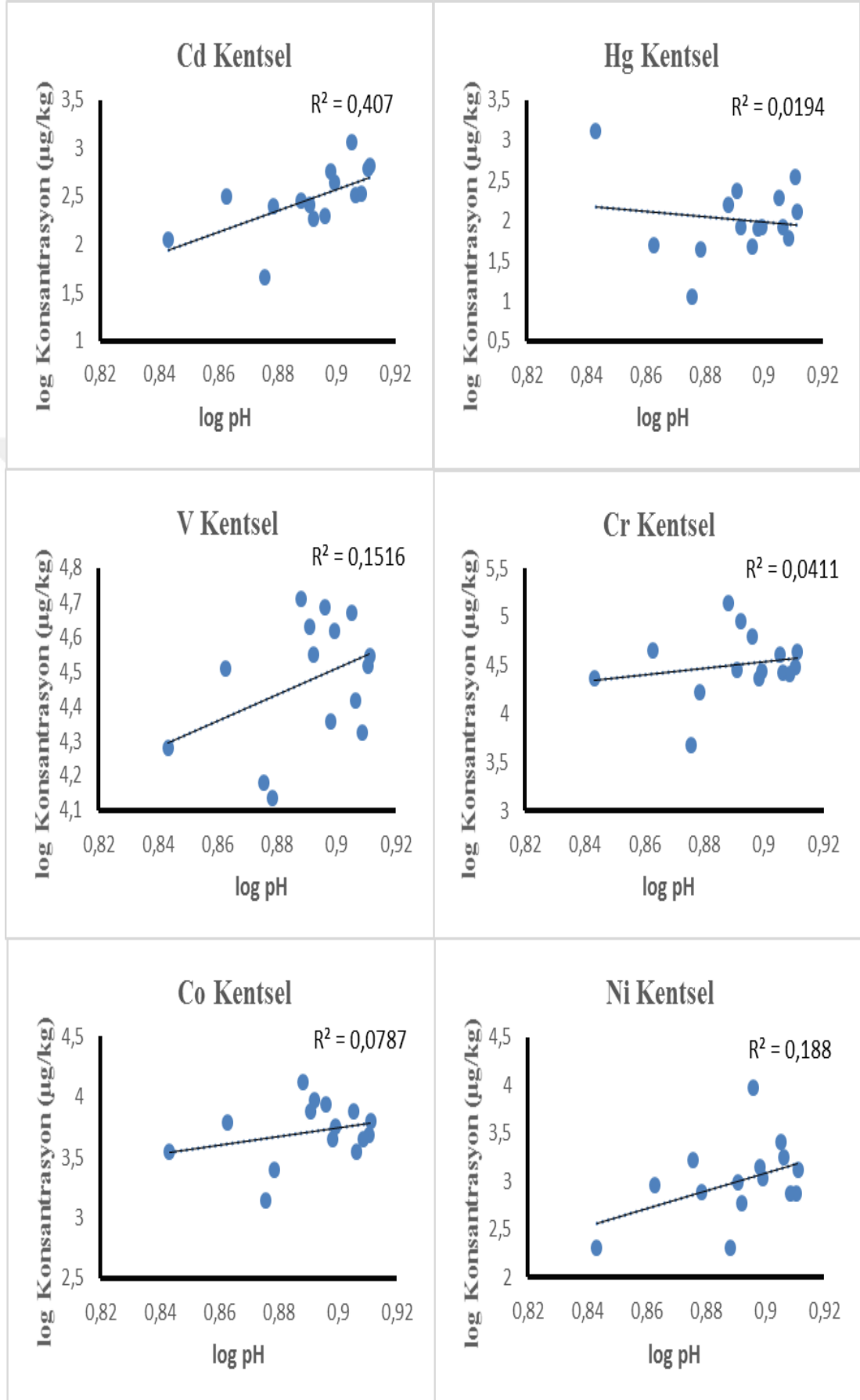
Örnekleme Noktası	pH	Nem İçeriği (%)	Org. Madde (%)	Toplam kütle (g/cm <sup>3</sup> )	Partikül kütlesi (g/cm <sup>3</sup> )	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
İstanbul-K	6,97	7,8	10,03	0,802	1,763	112	1308	9176	19128	23277	145342	3519	<MDL	14108	25538	2004
İstanbul-G	6,88	12,03	8,3	0,849	2,228	258	230	16966	42735	28078	346035	7612	972	12415	44251	11467
Malatya-K	7,78	9,62	3,87	0,835	1,92	316	50	14320	32242	44385	139595	6102	928	12132	30650	2540
Konya-G	8,07	3,73	3,37	0,959	2,014	247	44	12288	13683	16725	114463	2476	784	4769	15303	1628
Çankırı-K	7,29	16,8	7,93	0,685	2,14	183	84	13005	35497	90971	288247	9431	588	15404	30207	9065
Aksaray-G	7,36	0,22	1,79	1,48	2,072	45	<MDL	5055	15090	4685	36388	1382	1654	2197	6733	325
Elazığ –G	8,3	4,3	2,15	1,099	1,979	279	156	74064	51331	139305	300406	13409	<IDL	26540	25402	2000
Kars-K	7,56	26,01	6,27	0,741	1,777	1143	190	16268	46827	40761	315671	7559	2540	17840	114353	4441
Antalya-K	7,8	12,35	4,35	0,81	1,783	642	129	17238	34977	43489	212834	6322	1334	13382	38879	28195
Kastamonu-G	8,26	26,41	2,95	0,803	1,908	321	83	5868	26118	26680	92906	3518	1809	9146	19307	2343
İzmir-K	7,51	10,69	5,81	0,823	2,262	606	350	43517	32872	30039	189175	4814	756	30093	64433	10684
Elazığ –K	7,73	9,66	5,56	0,832	1,595	433	84	13014	41639	27536	261441	5645	1089	12346	29776	2706
Van-G	8,21	19,55	2,3	0,995	1,691	338	61	8553	21035	25955	141438	4431	740	7505	22728	2327
İzmir-G	8,15	13,79	1,68	0,83	2,179	563	78	13840	22712	22975	182266	4521	1392	6257	19482	1701
Çankırı-G	7,61	16,1	6,29	0,75	1,801	197	47	7334	48527	63495	313939	8614	9325	14086	23488	3300
Kars-G	7,58	23,2	7,01	0,677	1,807	403	64	8953	22330	23636	241512	5529	<IDL	12249	27977	2178
Kayseri-G	8,07	2,57	2,16	1,162	1,976	321	39	9474	17566	16007	110707	2807	<IDL	3788	15846	990
Mersin-K	8,04	20,71	4,3	0,676	1,689	<IDL	32	18308	28341	122347	237339	12389	949	11983	38605	2653
Van-K	8,15	20,14	4,94	0,868	2,062	418	58	9063	33525	63768	299494	7764	1858	13989	25342	10904
Kayseri-K	8,06	6,23	3,83	0,9	1,89	465	97	13785	18848	18794	106017	3836	1525	8509	21879	1441
Mersin-G	8,14	23,74	12,15	0,464	1,532	<IDL	32	11019	17495	34136	127962	4281	996	5840	29121	2416

EK.4 Toprak özellikleri ve ağır metal konsantrasyonları (devamı)

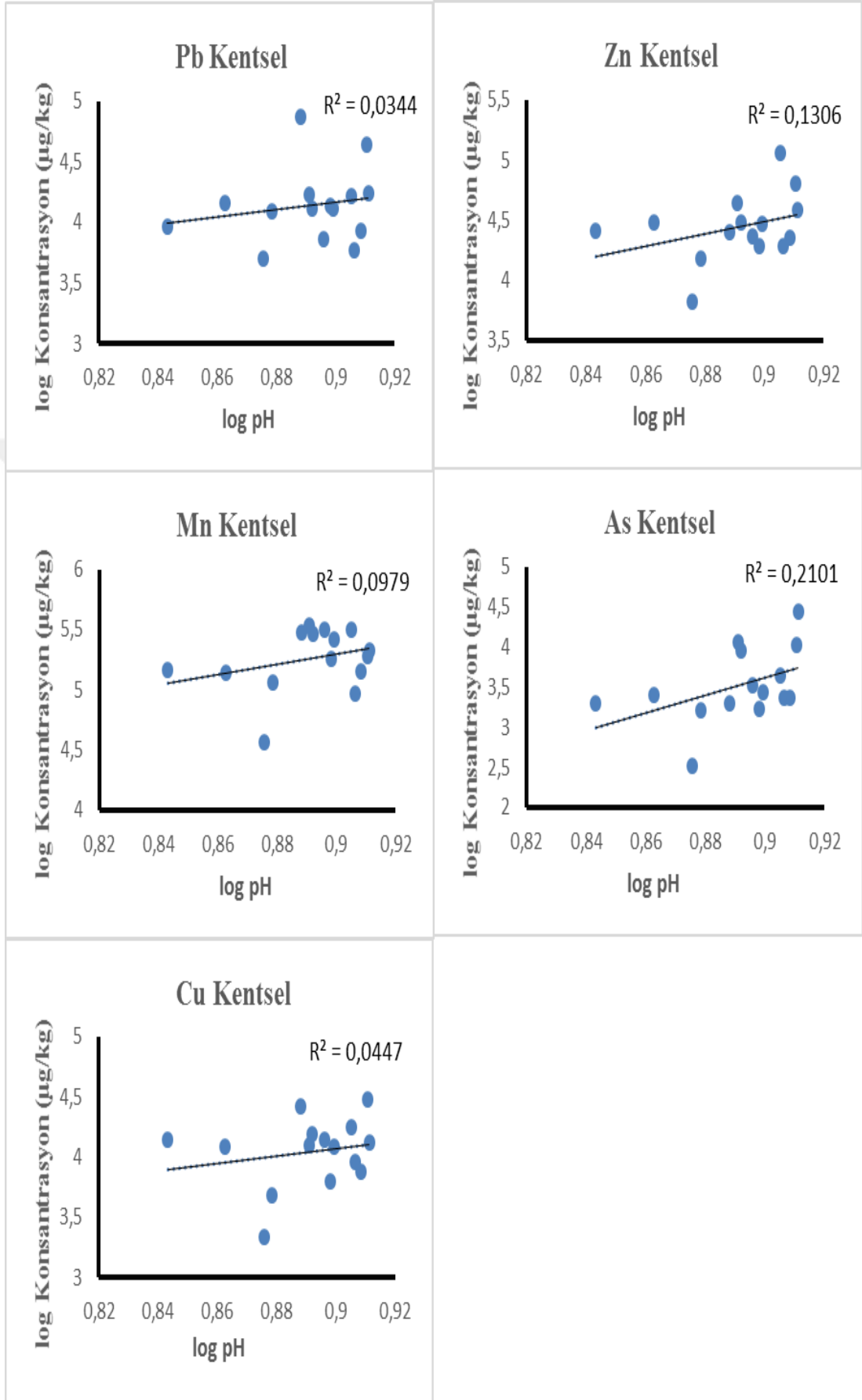
Örnekleme Noktası	pH	Nem İçeriği (%)	Org. Madde (%)	Toplam kütle (g/cm <sup>3</sup> )	Partikül kütlesi (g/cm <sup>3</sup> )	Cd	Hg	Pb	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As
Malatya-G	8,22	6,75	2,2	1,077	1,616	157	29	5519	16811	17017	89875	3726	847	5817	9724	1269
Uşak-K	8,14	12,1	2,92	0,771	1,541	199	63	6557	14304	28668	122630	4671	656	3325	8527	4341
Kırıkkale-G	7,92	4,26	6,33	0,766	2,394	175	<MDL	12621	12186	11593	119507	2671	<MDL	4322	20299	5459
Kırıkkale-K	7,93	8,86	2,74	0,992	1,985	208	43	12427	16671	39665	151447	4967	<IDL	5635	14455	10028
Uşak-G	7,78	18,85	5,4	0,613	2,146	334	63	7463	14412	73759	92493	7096	<IDL	4299	12367	2459
Konya-K	8,1	4,6	2,86	1,053	2	264	31	7658	17202	17831	153588	3994	<IDL	5697	11074	4157
Aksaray-K	7,91	6,65	5,62	0,915	1,921	186	98	7192	12527	15353	107609	2877	<IDL	4778	10083	5835
Antalya-G	7,52	13,08	6,88	0,783	1,723	460	81	9102	15506	109261	317226	11757	<IDL	4871	13630	1519
Kastamonu-K	7,87	23,37	6,36	0,553	1,936	230	41	5167	17721	11194	109699	3297	<IDL	4527	11415	1663



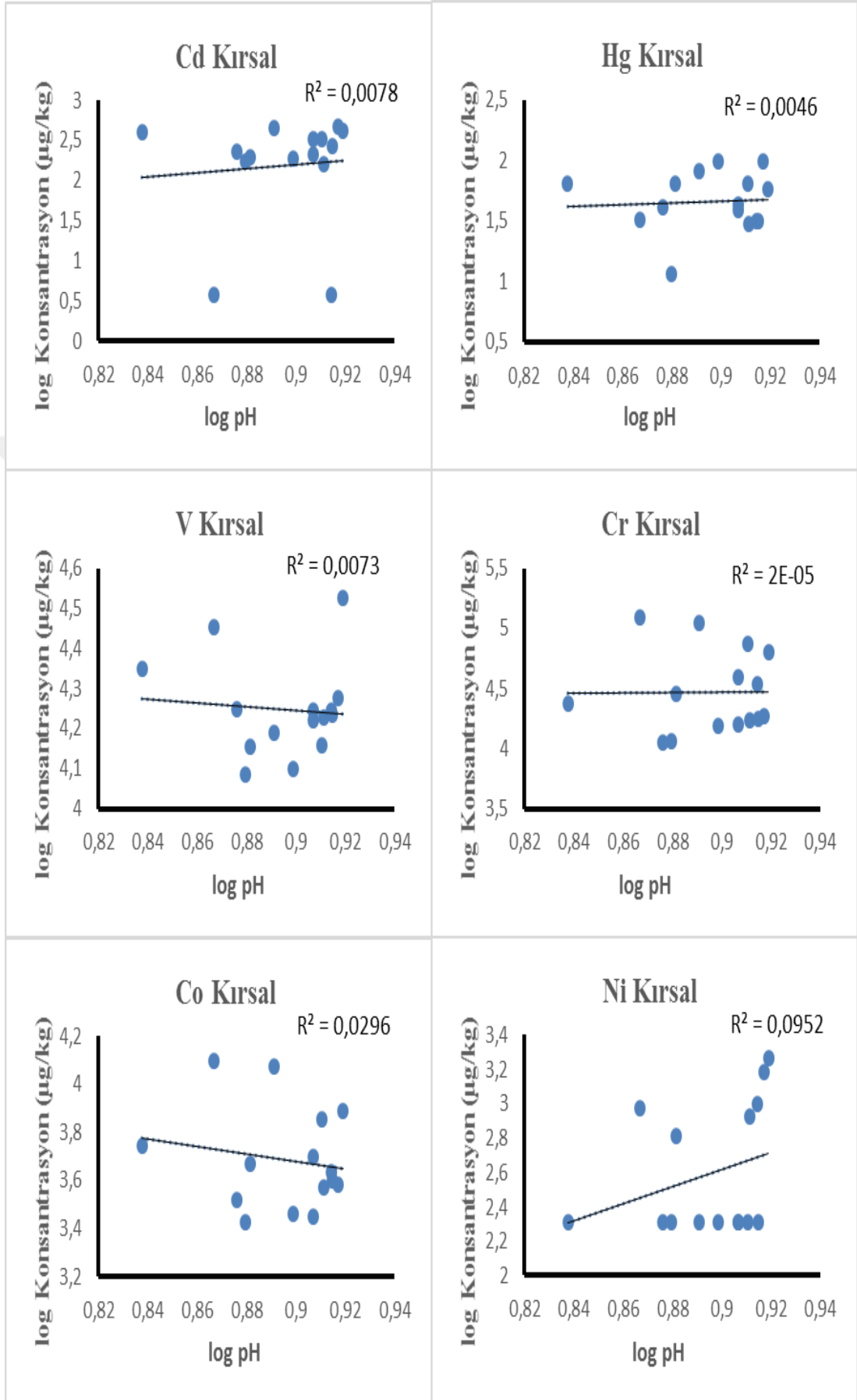
Ek 5. pH-Log C ilişkisi



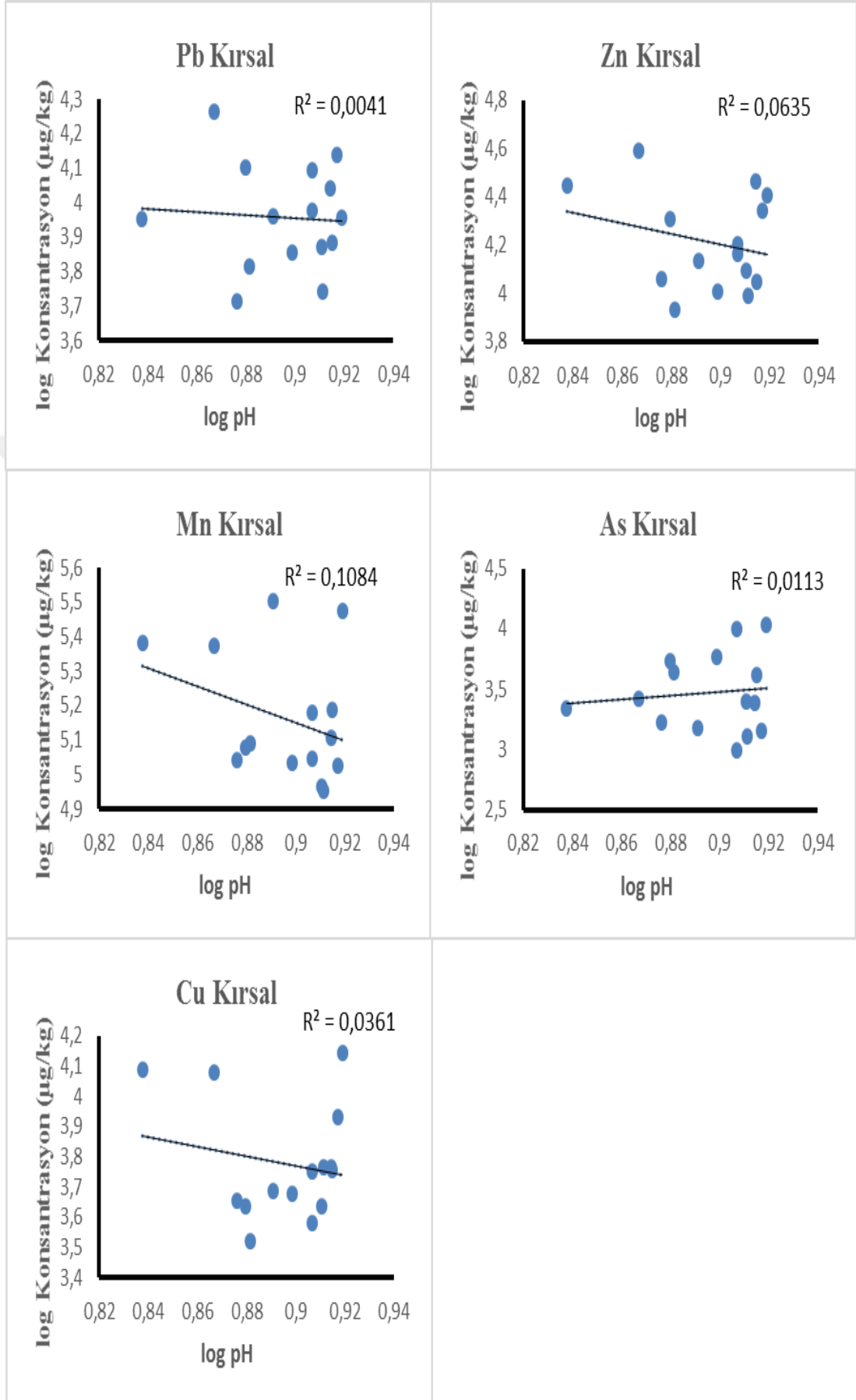
Ek 5. pH-Log C ilişkisi (devamı)



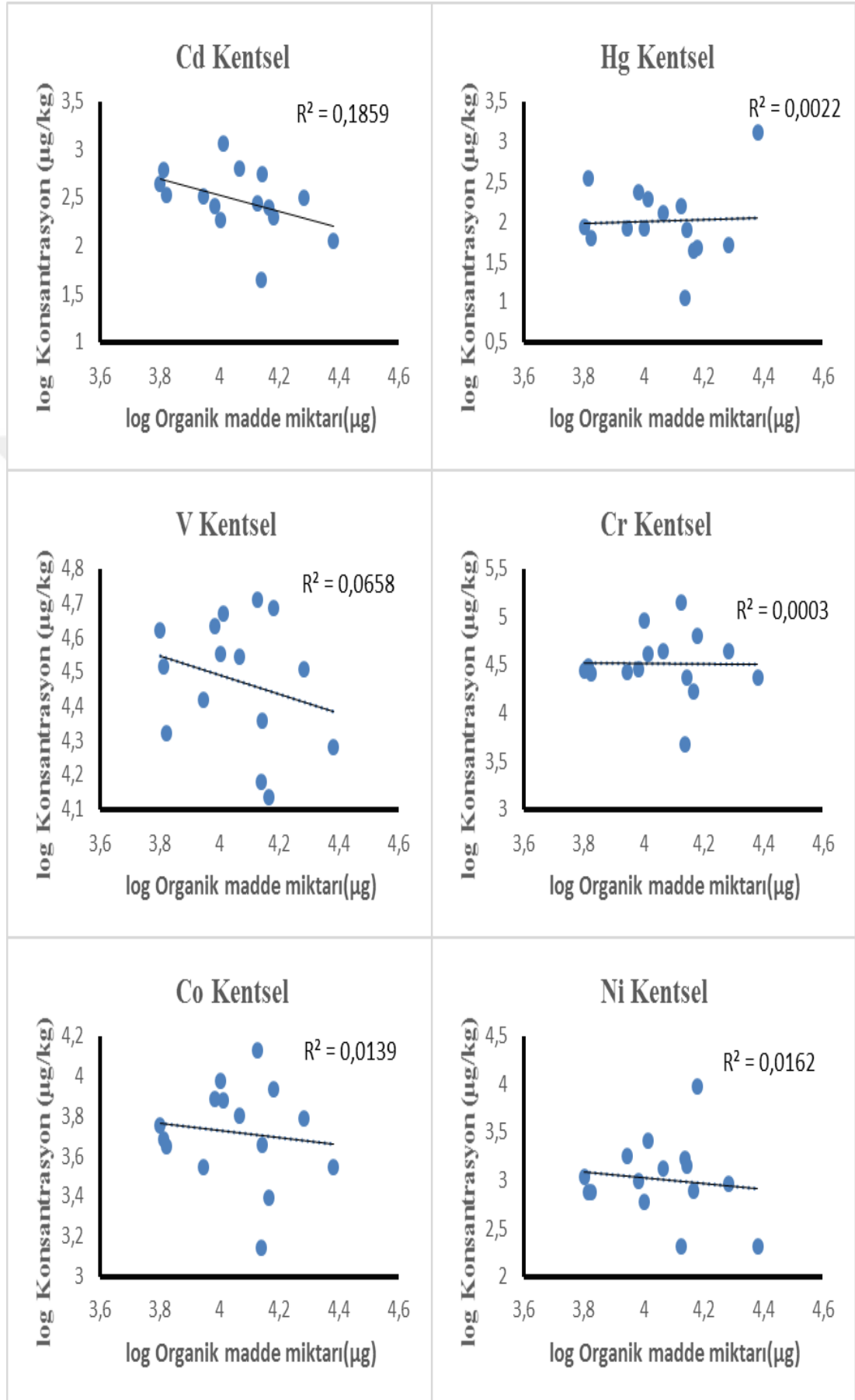
Ek 5. pH-Log C ilişkisi (devamı)



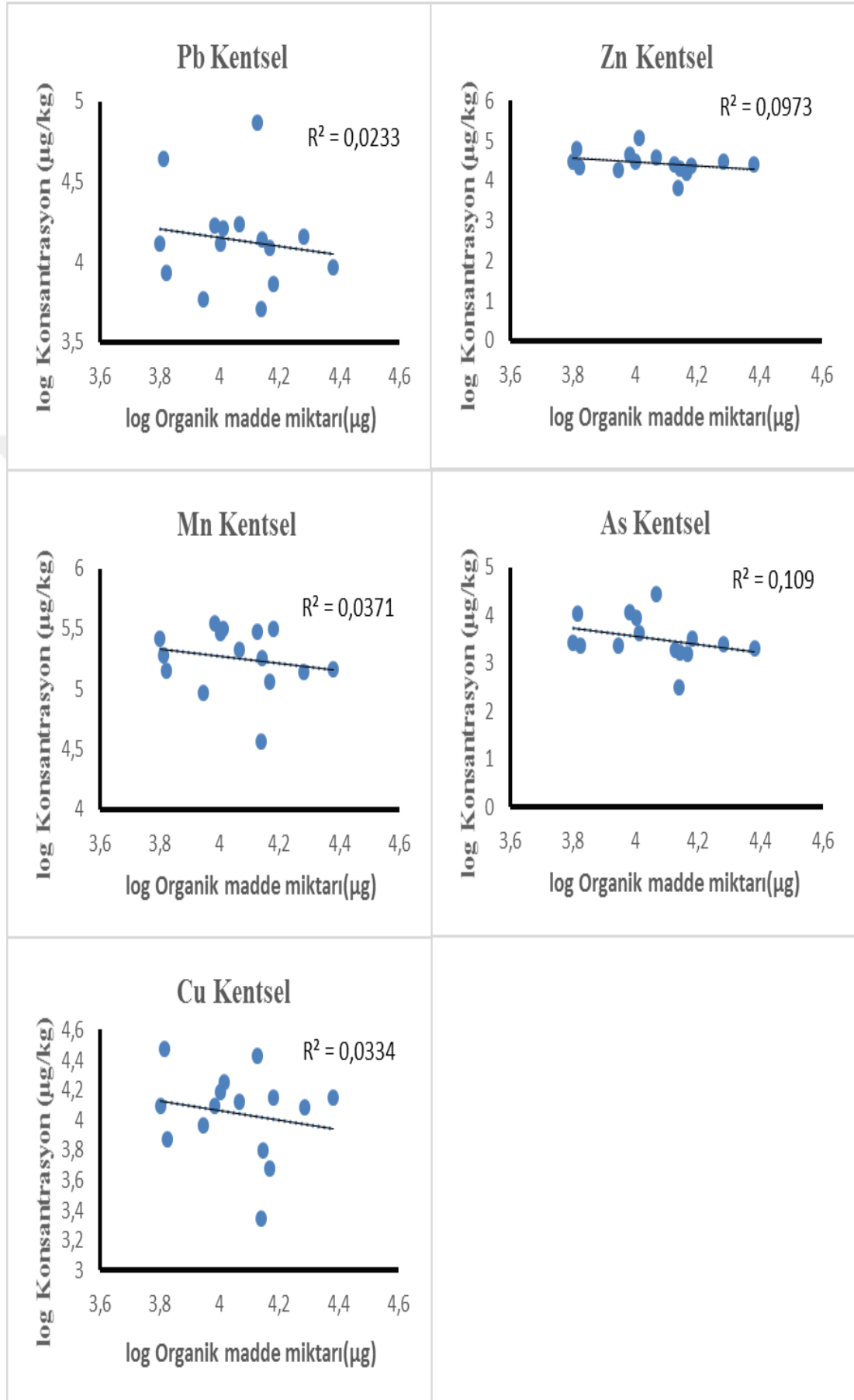
Ek 5. pH-Log C ilişkisi (devamı)



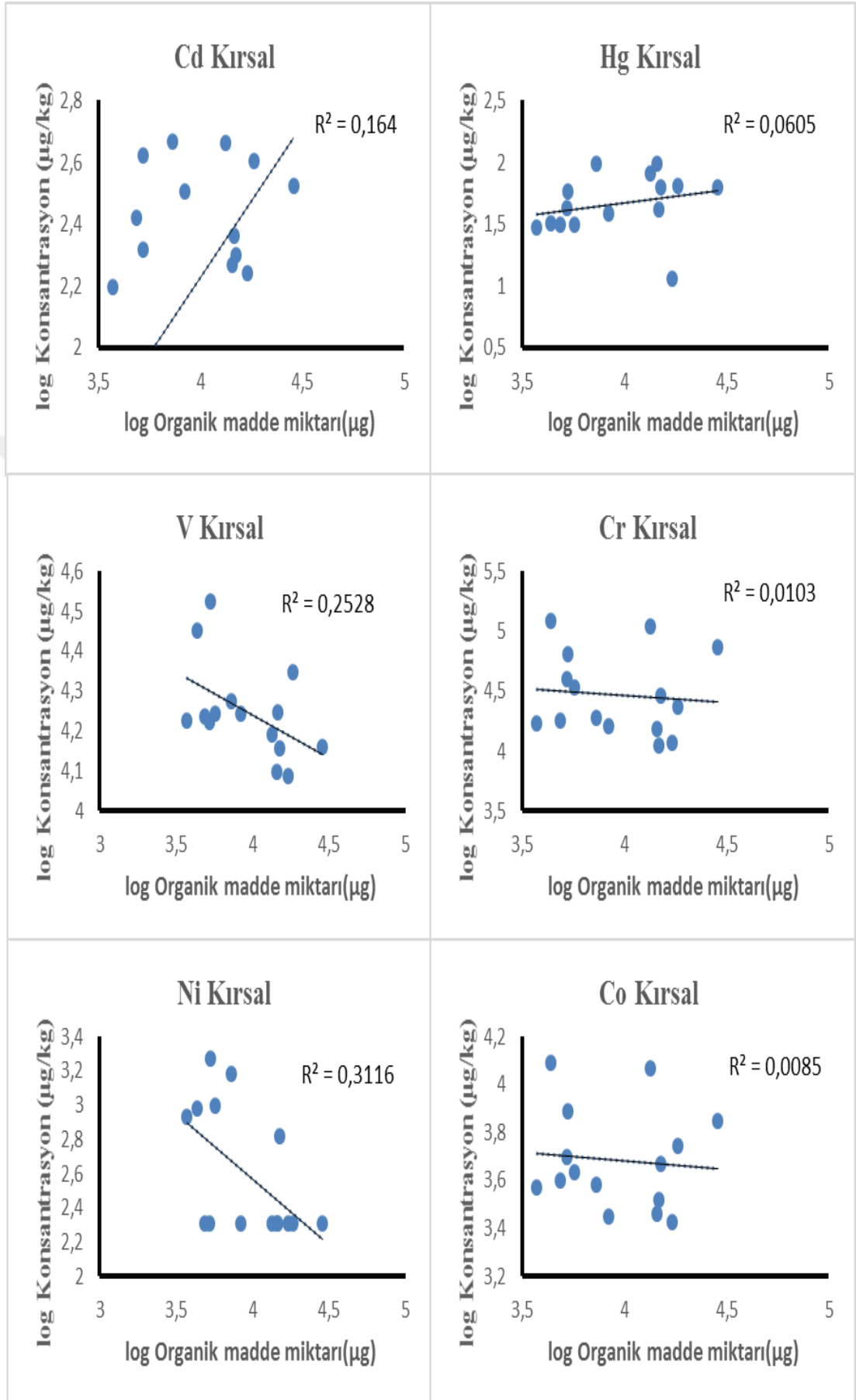
Ek 6. Organik madde-konsantrasyon ilişkisi



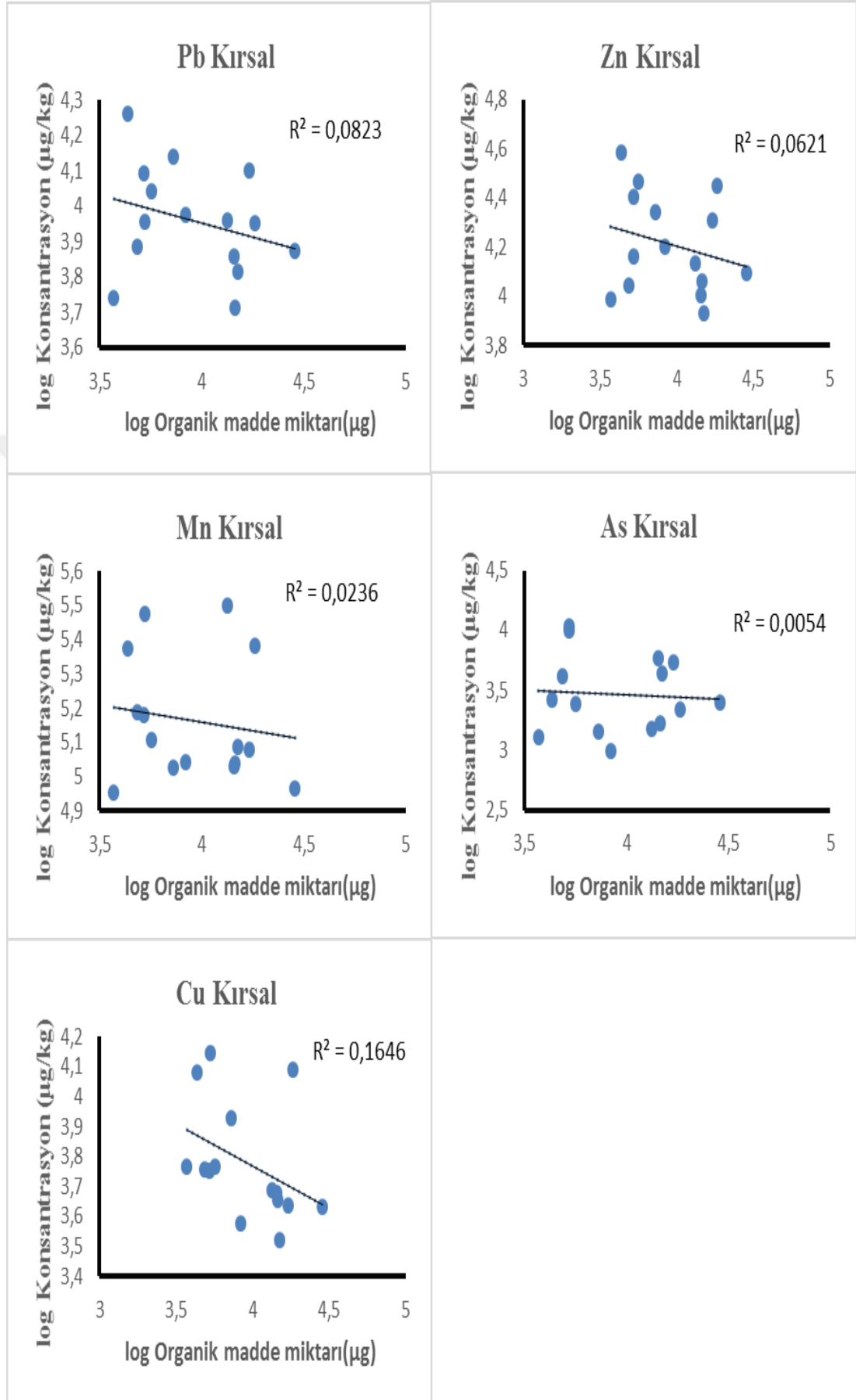
Ek 6. Organik madde-konsantrasyon ilişkisi (devamı)



Ek 6. Organik madde-konsantrasyon ilişkisi (devamı)

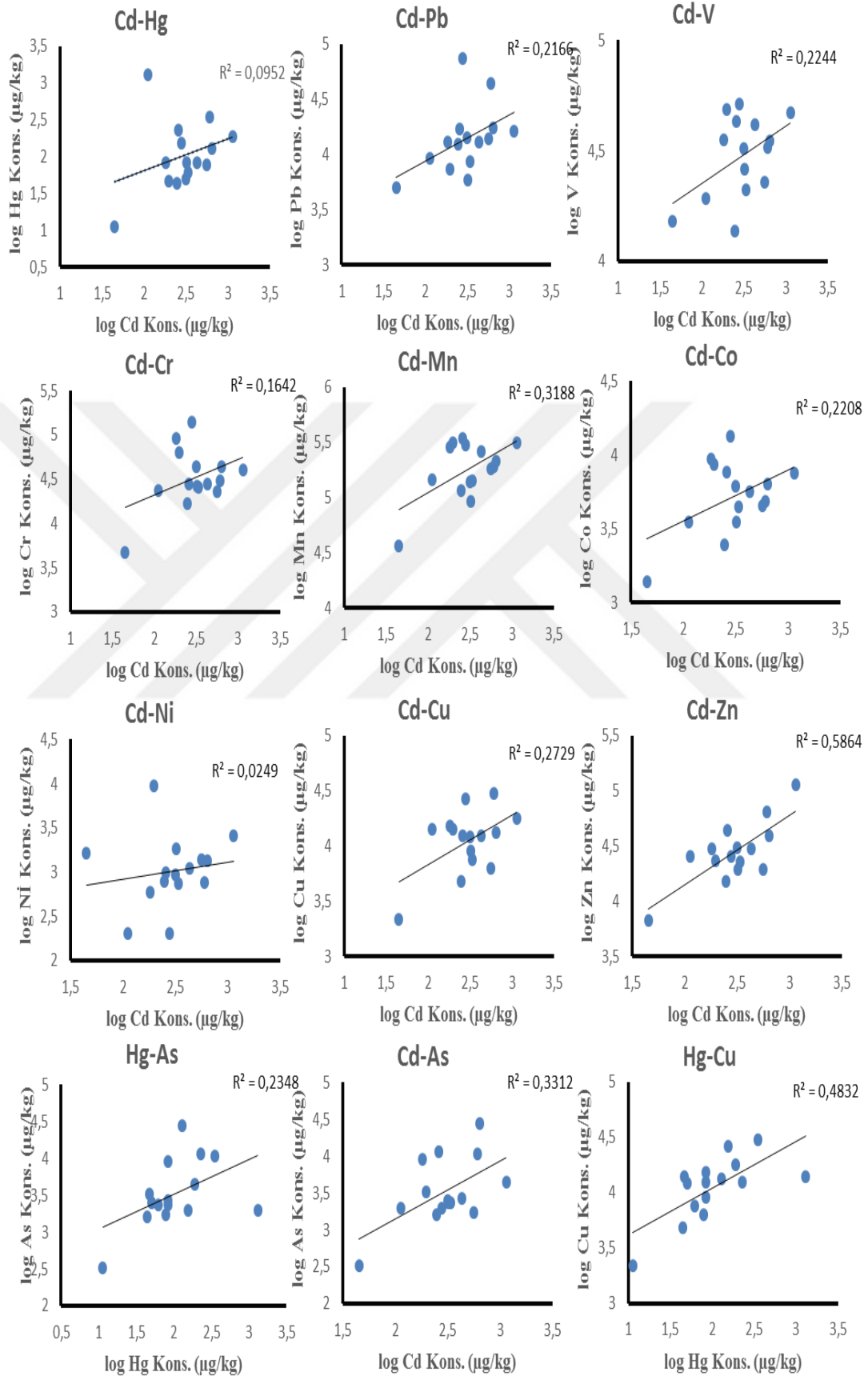


Ek 6. Organik madde-konsantrasyon ilişkisi (devamı)

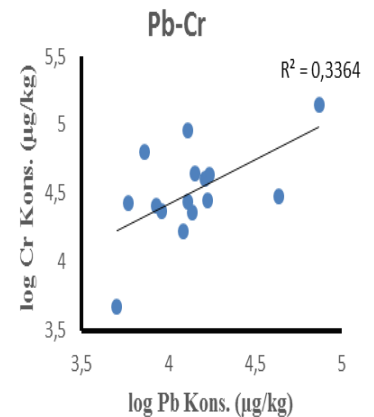
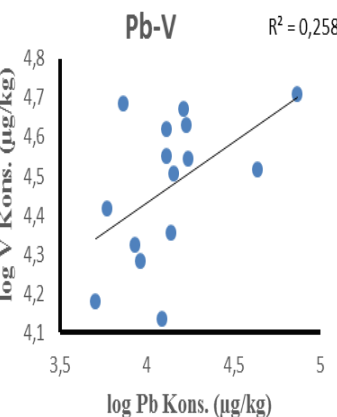
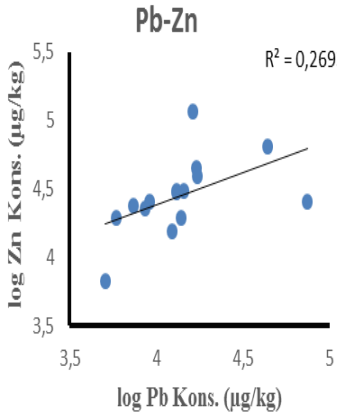
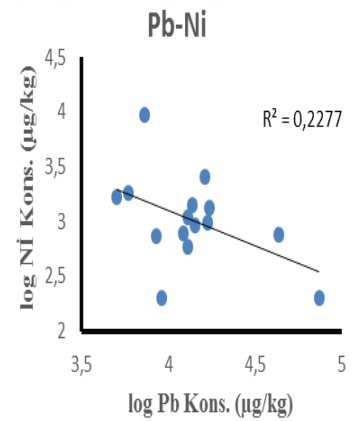
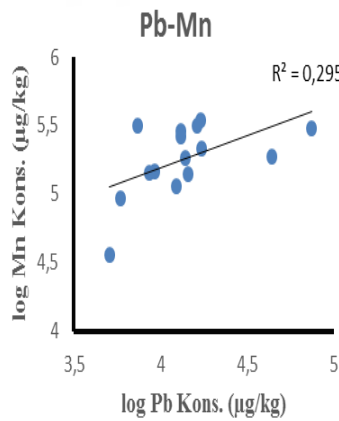
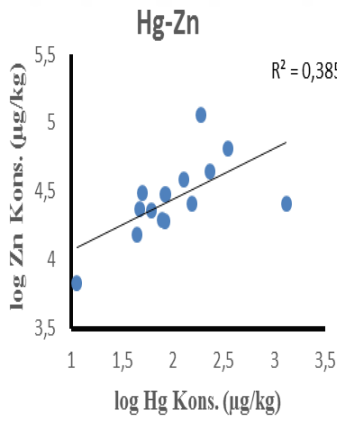
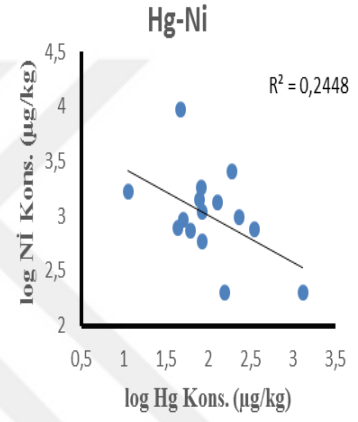
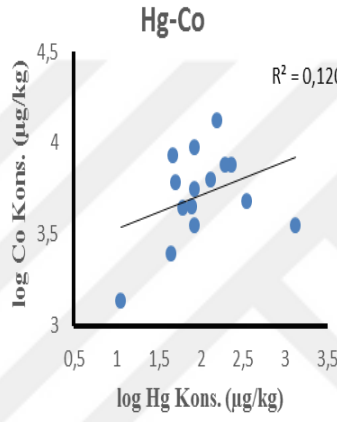
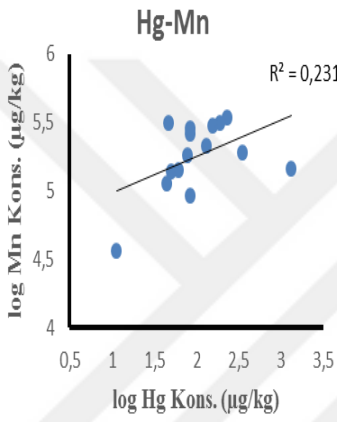
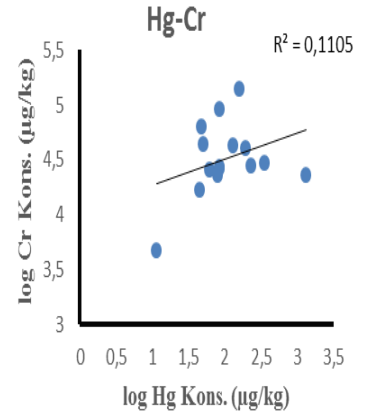
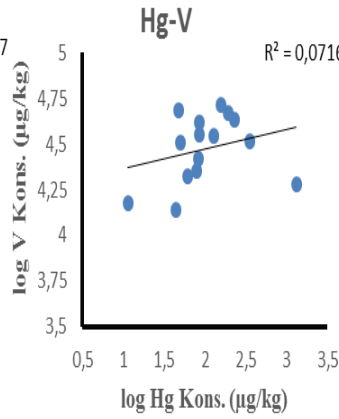
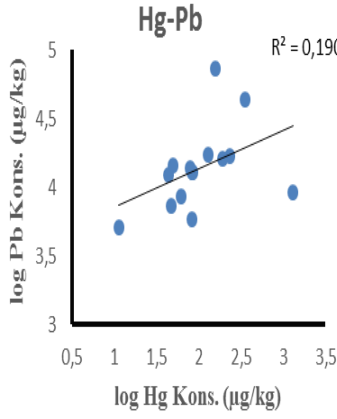




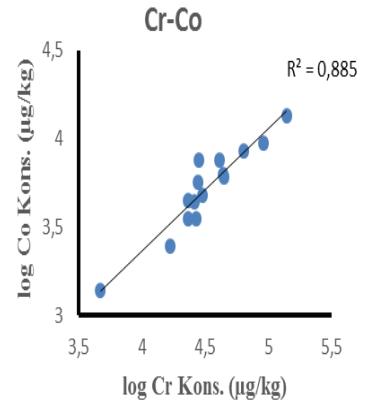
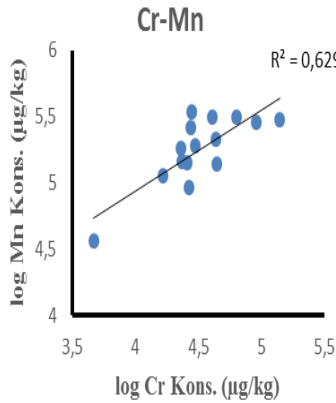
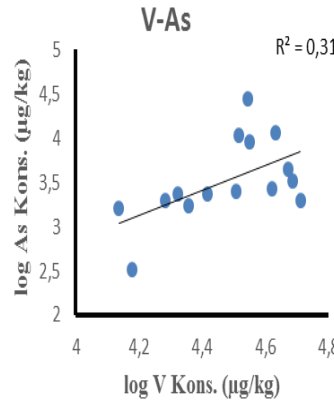
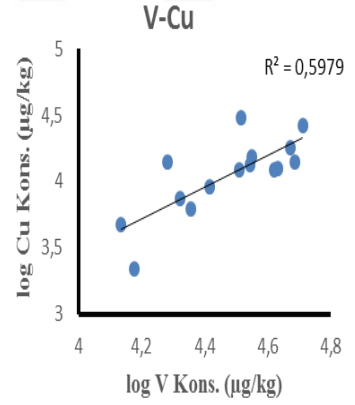
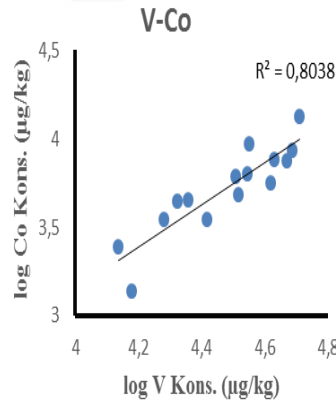
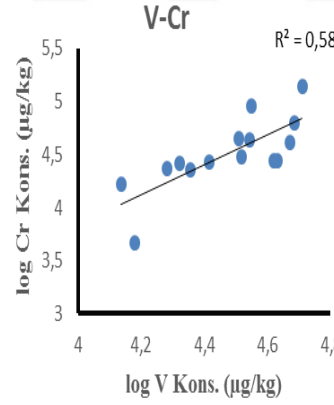
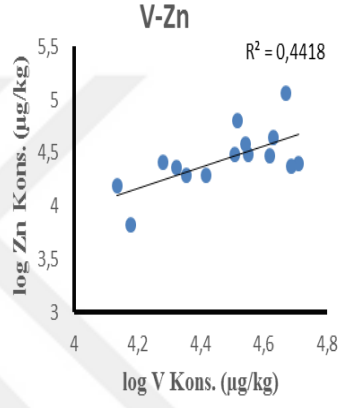
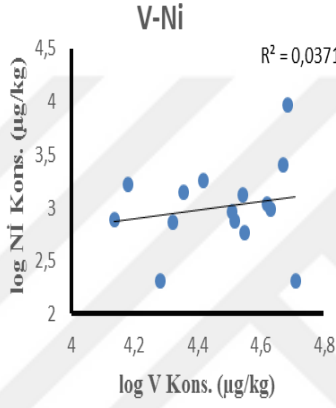
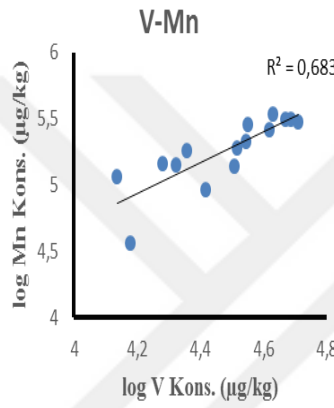
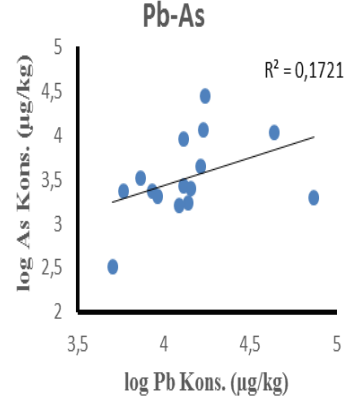
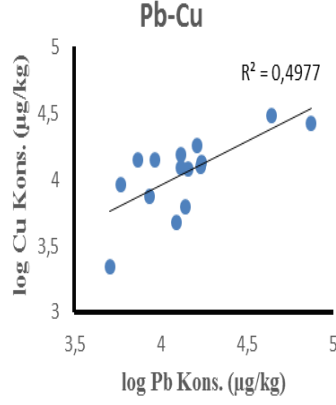
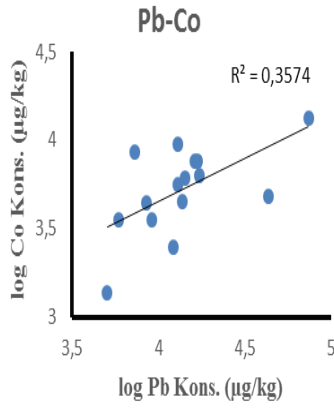
Ek 7. Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi



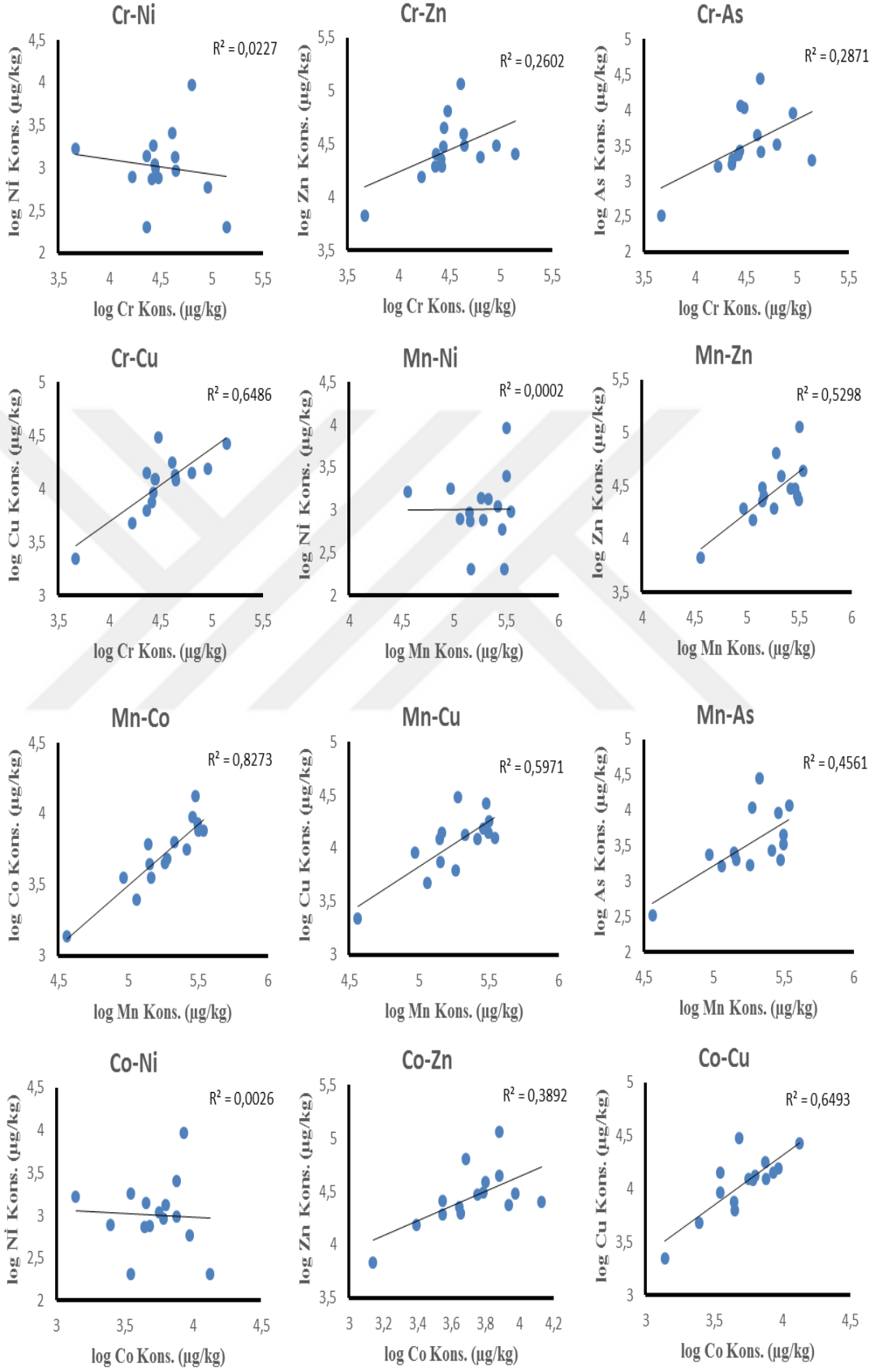
Ek 7. Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



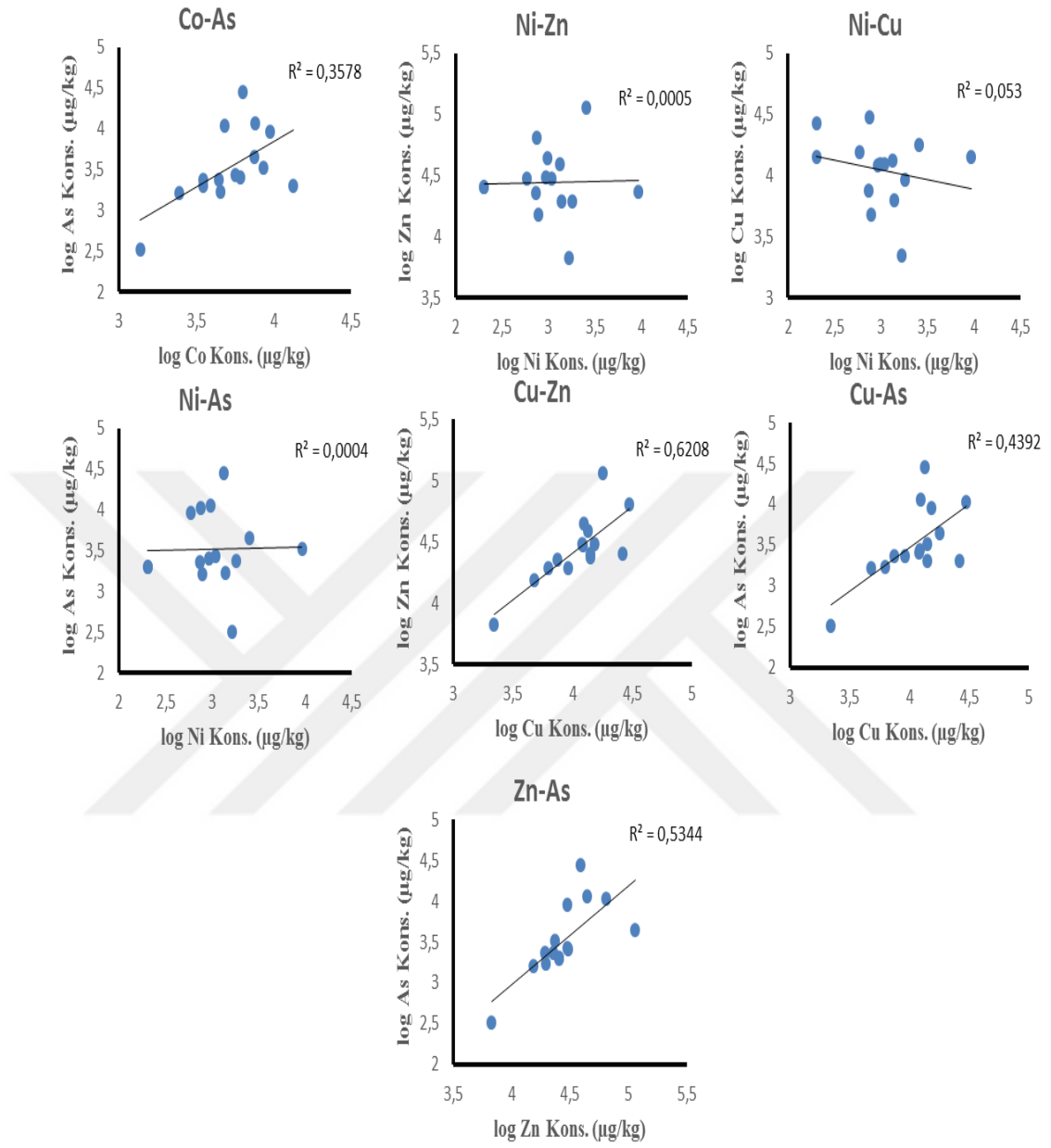
Ek 7. Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



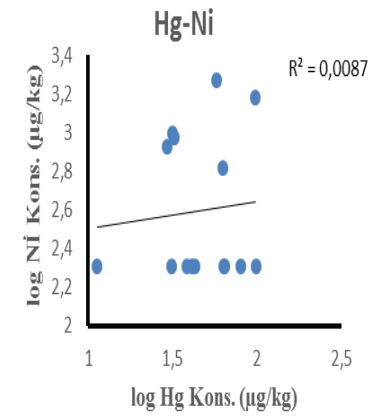
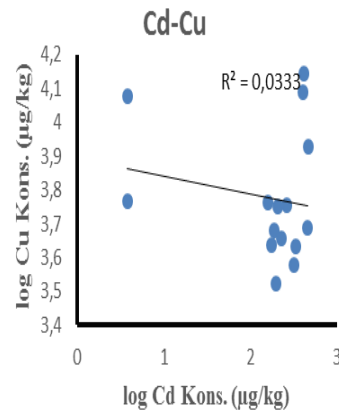
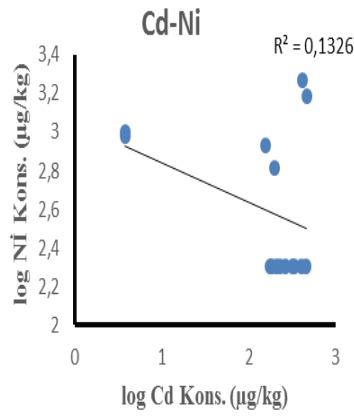
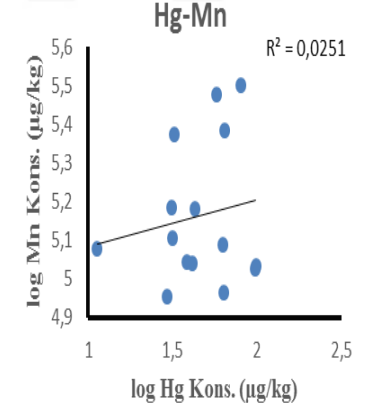
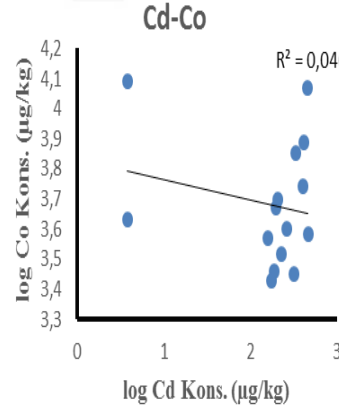
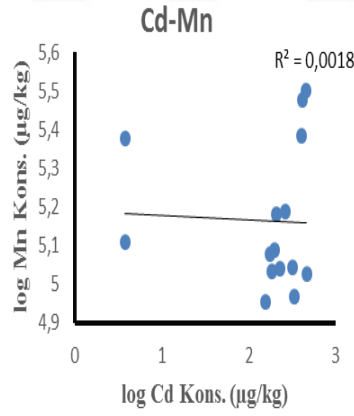
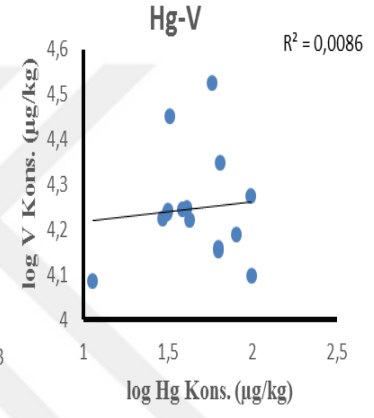
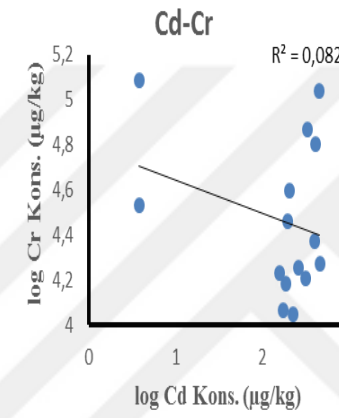
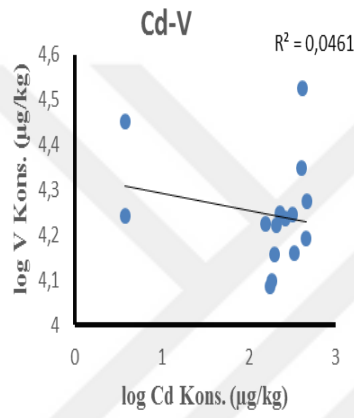
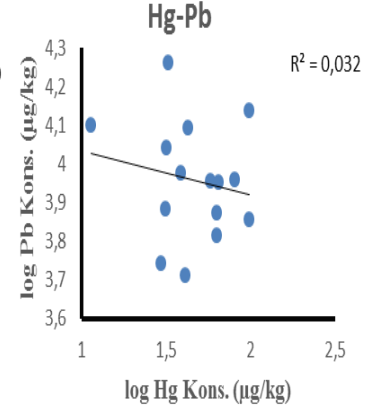
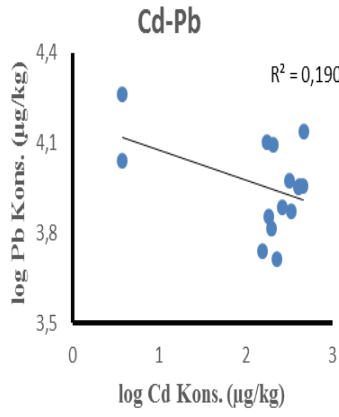
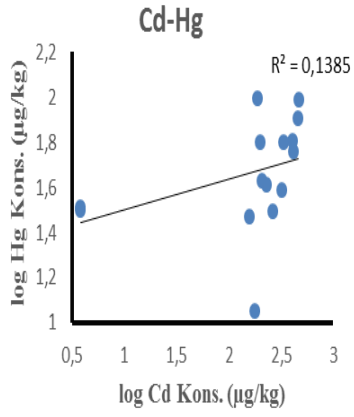
Ek 7. Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



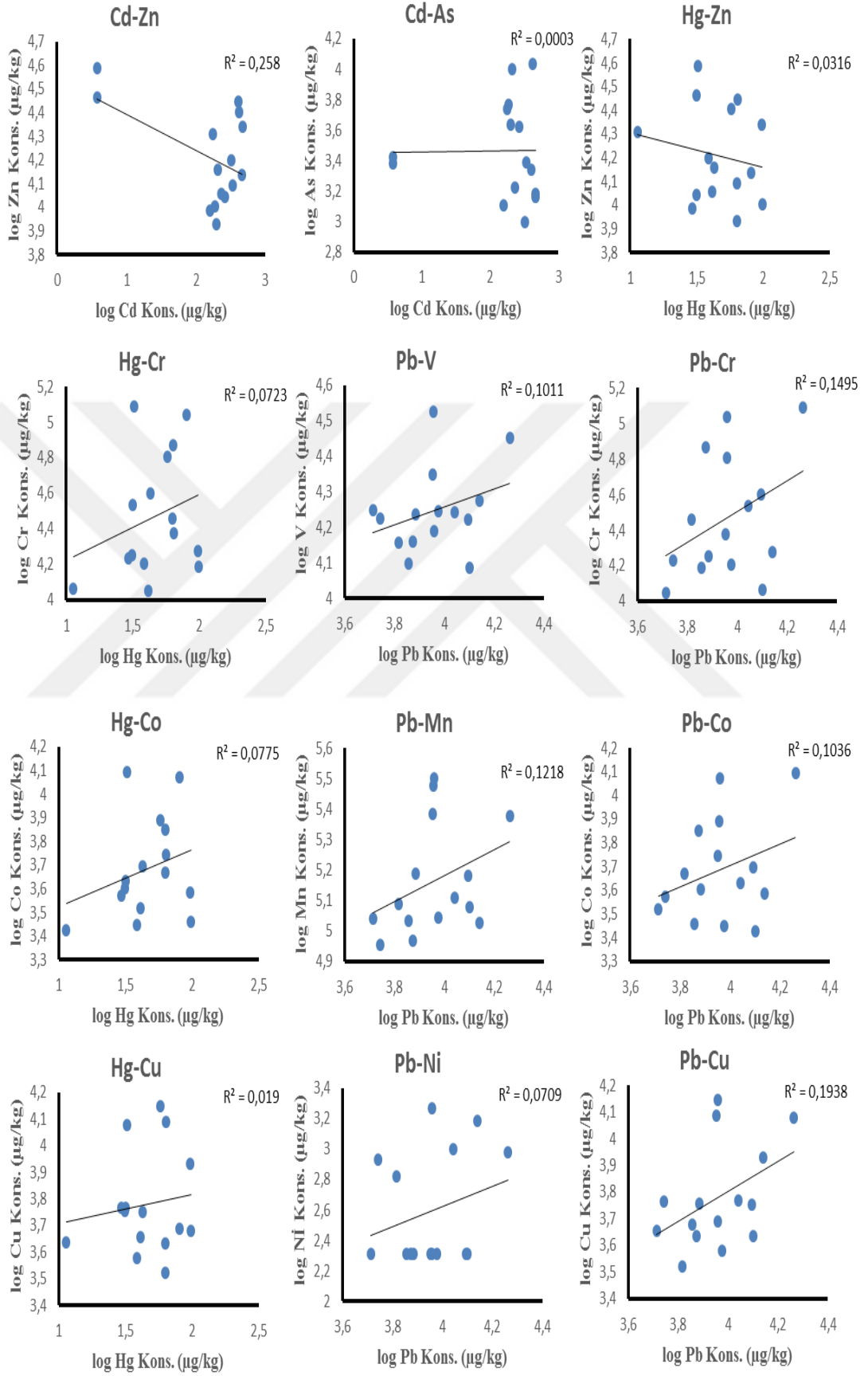
Ek 7. Kentsel alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



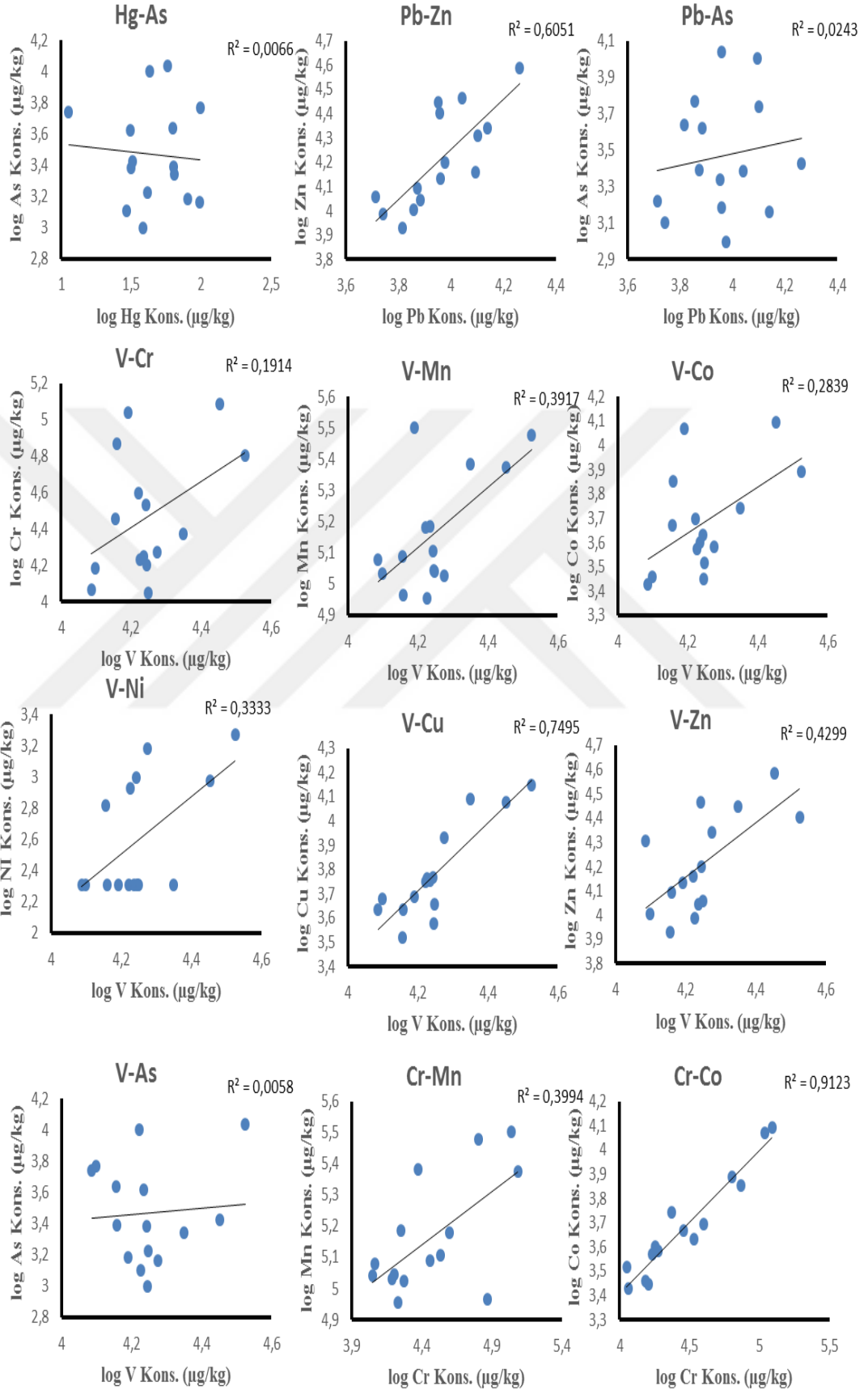
Ek 8. Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi



Ek 8. Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)

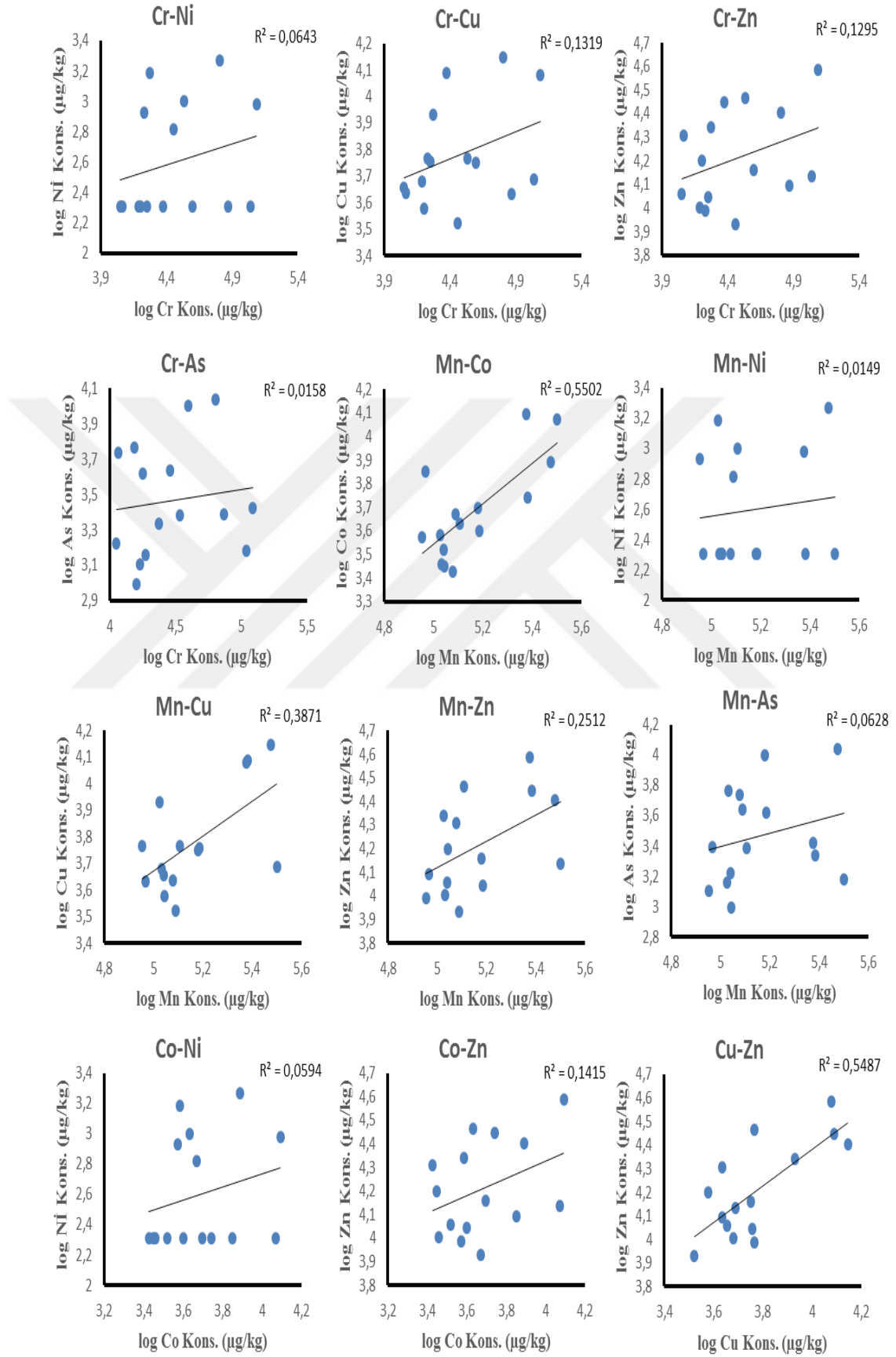


Ek 8. Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)

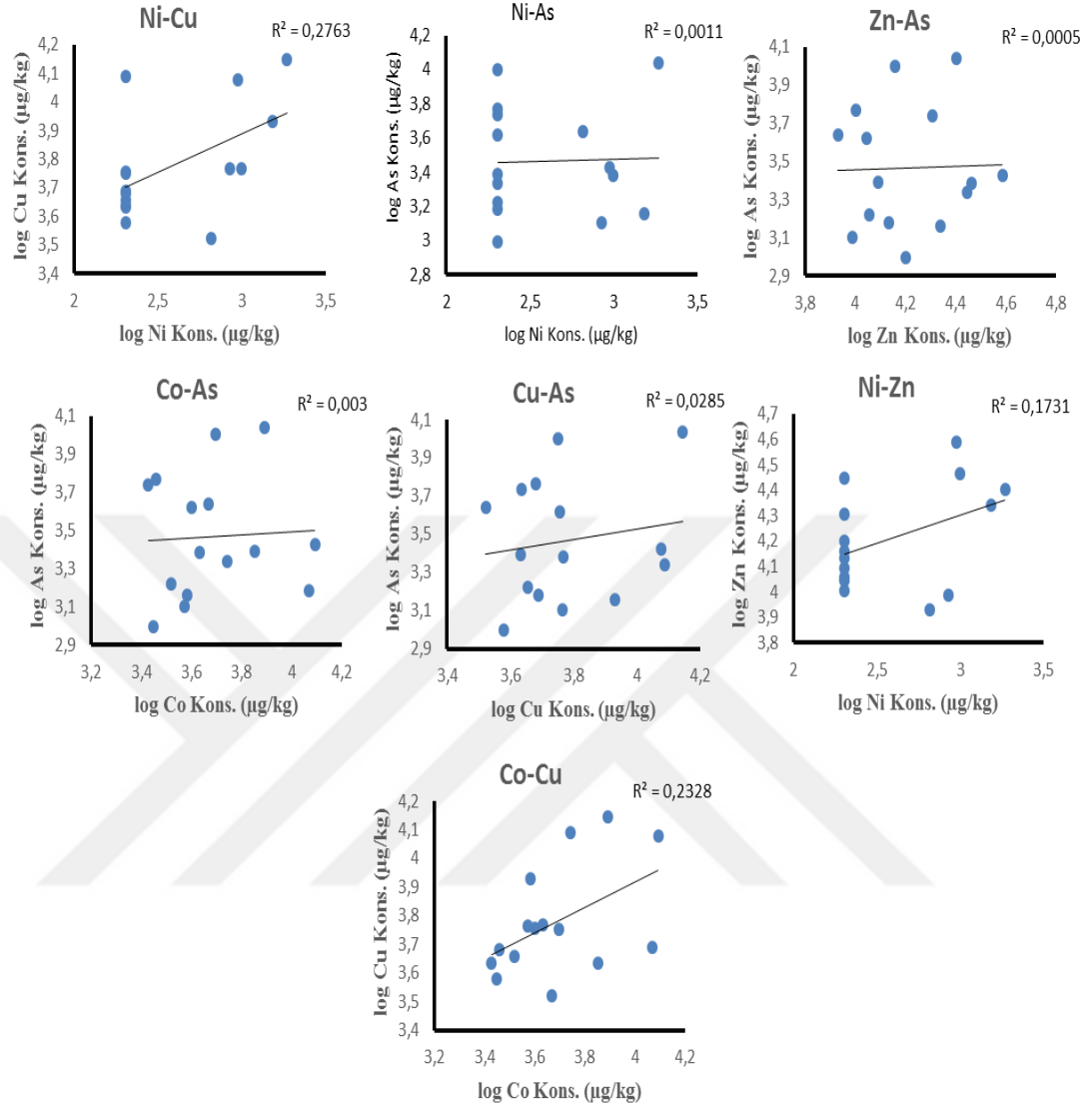




Ek 8. Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



Ek 8. Kırsal alanlarda ağır metallerin birbirleriyle ilişkisi (devamı)



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı SOYADI** : Hatice Kübra Akdoğan  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 01.03.1990,Üsküdar  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : kubra.akdogan@btu.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU

<u>Derece</u>	<u>Alan</u>	<u>Üniversite Adı</u>	<u>Mezuniyet Yılı</u>
<u>Lisans</u>	Çevre Mühendisliği	Selçuk Üniversitesi	2013

### İŞ TECRÜBESİ

<u>Yıl</u>	<u>Firma/Kurum</u>	<u>Görevi</u>
2016 - ...	Bursa Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi