

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**İSTANBUL'DA BELİRLENMİŞ SAHİL
ŞERİTLERİNDE TOPRAK KALİTESİ VE AĞIR
METAL KİRLİLİĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAN KARAÇAĞIL

Tez Danışmanı: DOÇ. DR. GÖKSEL DEMİR

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜ
KENTSEL SİSTEMLER ve ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

Tezin Adı: İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliği

Öğrencinin Adı Soyadı: Doğan KARAÇAĞIL

Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Enstitümüz tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

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

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

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

Jüri Üyeleri
Ünvan, Adı ve SOYADI

İmzalar

Tez Danışmanı
Doç.Dr. Göksel DEMİR

Üye
Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN

Üye
Yrd.Doç.Dr. Kurtuluş ÖZCAN

TEŐEKKÜR

Bu tez çalıőması sűresince çalıőmamın konusu, deneysel çalıőmalarımın yűnlendirilmesi, sonuçların deęerlendirilmesinde yapmıő olduęu bűyűk katkılarından dolayı tez danıőmanım sayın Doç. Dr. Gűksel DEMİR' e, program koordinatűrűműz sayın Prof. Dr. Mustafa ILICALI' ya, teőekkűrlerimi sunarım.

Őrneklerin toplanmasında, analizlerin yapılmasında her daim yanımda olan İstanbul Bűyűkőehir Belediyesi Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Műdűrlűęű Kalite Kontrol Araőtırma ve Geliőtirme Laboratuvarı tűm personeline teőekkűrlerimi sunarım.

Her zaman yardım ve desteklerini arkamda hissettięim ailem ve her tűrlű bilgi ve manevi desteęini aldıęım sevgili eőim Ziraat Műhendisi Elif CAN KARAçAęIL' a sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Ocak 2013
İSTANBUL

Doğan KARAçAğIL

ÖZET

İSTANBUL'DA BELİRLENMİŞ SAHİL ŞERİTLERİNDE TOPRAK KALİTESİ VE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Doğan Karaçağıl

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Göksel Demir

Ocak 2013, 81 Sayfa

Bu araştırma, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda belirlenmiş sahil boyundaki yeşil alanların toprak kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bunun için 202 ayrı noktadan toplam 404 adet toprak örneği alınmıştır. Bu toprak örneklerine toprak kalitesi amaçlı fiziksel ve kimyasal analizleri, toprak kirliliği kapsamında Kadmiyum, Krom, Bakır, Kurşun, Nikel ve Çinko analizleri yapılmıştır.

Elde edilen bulgulardan, bu toprakların pH değerleri %96,5 oranında hafif alkali, %90 oranında kireçli ve orta kireçli seviyede, organik madde içerikleri yüzey topraklarında orta ve iyi derecede derin topraklarda az ve orta derece, yarayışlı (alınabilir) fosfor değeri topraklarda her sınıfa eşit dağılmış, yarayışlı (alınabilir) potasyum değeri %80 yeter ve yüksek seviyede bulunmuştur. Ağır metal kirlilik oranları 7 adet Krom, 1 adet Bakır ve 2 adet Nikel dışında sınır değerler içerisinde bulunmuştur. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında bazı istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Toprak, Ağır Metal, İstanbul Sahil, Kirlilik, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn

ABSTRACT

SOIL QUALITY AND HEAVY METAL CONTAMINATION IN SPECIFIED COASTAL AREAS AT ISTANBUL

Doğan Karaçağıl

Urban Systems and Transport Management

Thesis Consultant: Doç. Dr. Göksel Demir

January 2013, 81 Pages

In this research, soil quality and heavy metal contamination of green areas at specified coastal areas in Anatolian Side of İstanbul had been investigated. For this project, totally 404 soil sample had been taken from 202 different points. For inspecting soil quality, physical and chemical analyses, and for soil contamination, Cadmium, Chrome, Copper, Lead, Nickel and Zinc analyses had been made to this samples.

From the results, these soils' pH values have %96,5 percent low alkali, 90% percent at limy or middle lime levels, organic material contents are at medium and good levels in surface soils and in deep soils these values are at low and medium ranges; useful (obtainable) phosphorus content is equally diversified in soil at each class, useful (obtainable) potassium content is found at %80 percent and higher. Heavy metal contamination contents are found in limit ranges except 7 unit Chrome, 1 unit Copper and 2 unit Nickel. There has been some statical correlations identified between heavy metal contents and physical and chemical specifications of soil.

Key Words: Soil, Heavy Metal, İstanbul Coast, Contemination, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn

İÇİNDEKİLER

TABLolar	viii
ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER (LİTERATÜR TARAMASI)	4
2.1 AĞIR METALLERİN DOĞADA BULUNUŞU VE YAYILIMI	4
2.2 AĞIR METALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ	5
2.3 TOPRAKTA AĞIR METALLERİN KAYNAKLARI	6
2.4 TOPRAKTA TOKSİK ETKİLERİ YOĞUN OLAN BAZI AĞIR METALLER	8
2.4.1 Kurşun (Pb)	8
2.4.2 Kadmiyum (Cd)	9
2.4.3 Nikel (Ni)	10
2.4.4 Krom (Cr)	11
2.4.5 Çinko (Zn)	12
2.4.6 Bakır (Cu)	13
2.5 TOPRAK KİRLİLİĞİ ÜZERİNE YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR	14
3. VERİ VE YÖNTEM	17
3.1 ÇALIŞMA ALANI VE ÖRNEKLEME	17
3.2 TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE ANALİZE HAZIRLANMASI	19
3.3 TOPRAK ÖRNEKLERİNE UYGULANAN ANALİZ İŞLEMLERİ	19
3.4 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
3.5 KALİTE KONTROL VE GÜVENCE	23
4. BULGULAR	27
4.1 TOPRAK ANALİZ SONUÇLARI	27
4.2 TOPRAK KALİTESİ ANALİZ DEĞERLERİ	30
4.2.1 Toprağın bünye yapısı analizleri	30
4.2.2 Toprağın pH analizleri	32
4.2.3 Toprağın % tuz analizleri	33
4.2.4 Toprakların kireç analizleri	34
4.2.5 Organik Madde analizleri	36
4.2.6 Yarayışlı Fosfor analizleri	37

4.2.7 Yarayışlı Potasyum	39
4.3 TOPRAĞIN AĞIR METAL ANALİZ DEĞERLERİ.....	40
4.3.1 Kadmiyum analizleri	43
4.3.2 Krom analizleri	43
4.3.3 Bakır analizleri.....	44
4.3.4 Nikel analizleri	44
4.3.5 Kurşun analizleri	45
4.3.6 Çinko analizleri	45
4.4 AĞIR METALLERİN TOPRAK KALİTESİ ANALİZ DEĞERLERİ İLE İLİŞKİSİ	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	50
KAYNAKÇA	53

TABLolar

Tablo 1.1 :	Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri	2
Tablo 2.1 :	Sektörel bazda ağır metal kaynakları	5
Tablo 2.2 :	Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması	6
Tablo 3.1 :	Bölgelere göre toprak kalitesi ve metal kirliliği Örnek Sayıları	17
Tablo 3.2 :	Tekstür üçgenine göre toprak sınıfları.....	21
Tablo 3.3 :	Referans materyal ile yapılan analiz sonuçları	24
Tablo 4.1 :	Analiz sonuçlarının ortalama, maximum ve minimum değerleri	27
Tablo 4.2 :	0-20 cm derinlik numunelerinin bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları	28
Tablo 4.3 :	20-40 cm derinlik numunelerinin bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları	29
Tablo 4.4 :	Toprak bünye yapısı değerleri (0-20)	30
Tablo 4.5 :	Toprak bünye yapısı değerleri (20-40)	30
Tablo 4.6 :	Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması	32
Tablo 4.7 :	pH değerlerinin toprak kalitesi analizleriyle değişimi (0-20cm)	32
Tablo 4.8 :	pH değerlerinin toprak kalitesi analizleriyle değişimi (20-40cm)	33
Tablo 4.9 :	Toprakların toplam tuz değerlerinin sınıflandırılması	34
Tablo 4.10 :	Toprakların kireç içeriklerinin sınıflandırılması	35
Tablo 4.11 :	Derinlik profilleri için kireç sınıflamalarının dağılımı	35
Tablo 4.12 :	Toprakların organik madde içeriklerinin sınıflandırılması	36
Tablo 4.13 :	Derinlik profilleri için organik madde sınıflamalarının dağılımı	36
Tablo 4.14 :	Sahil topraklarının organik madde sınıflaması	37
Tablo 4.15 :	Toprakların yarayışlı Fosfor bakımından sınıflandırılması	38
Tablo 4.16 :	Derinlik profilleri için fosfor sınıflamalarının dağılımı	38
Tablo 4.17 :	Yarayışlı Fosfor analizlerinin sınıflara göre dağılımı	38
Tablo 4.18 :	Toprakların yarayışlı potasyum bakımından sınıflandırılması	39
Tablo 4.19 :	Derinlik profilleri için potasyum sınıflamalarının dağılımı	39
Tablo 4.20 :	Potasyumun sınıflama değerleri	40
Tablo 4.21 :	Ağır metal analizlerinin 0-20 cm derinlik profili ortalamaları	41
Tablo 4.22 :	Ağır metal analizlerinin 20-40 cm derinlik profili ortalamaları	41
Tablo 4.23 :	Bölgelere göre ortalama ağır metal değerleri	41
Tablo 4.24 :	pH sınıflamasına göre Ağır metal analiz ortalamaları	42
Tablo 4.25 :	Organik madde sınıflamasına göre ağır metal analiz ortalamaları	43

Tablo 4.26:	Kireç sınıflarına göre ağır metal dağılımı	46
Tablo 5.1 :	Analiz sonuçlarına göre ağır metallerin bulunan alt ve üst sınır değerleri.....	50

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 :	Alınan örneklerin bölgelere göre dağılımı	18
Şekil 3.2 :	Tekstür Üçgeni (Kum, Kil, Silt oranı).....	20
Şekil 3.3 :	Kadmiyum kalite kontrol grafiği	25
Şekil 3.4 :	Krom kalite kontrol grafiği	25
Şekil 3.5 :	Bakır kalite kontrol grafiği	25
Şekil 3.6 :	Kurşun kalite kontrol grafiği	26
Şekil 3.7 :	Nikel kalite kontrol grafiği	26
Şekil 3.8 :	Çinko kalite kontrol grafiği	26
Şekil 4.1 :	Su tutma kapasitesi yüzdelерinin bölgelere göre dağılımı	31
Şekil 4.2 :	Kum, Kil ve Silt Oranlarının Bölgelere Göre Değişimi	31
Şekil 4.3 :	pH değerlerinin bölgelere göre değişimini	33
Şekil 4.4 :	Toprağın % tuz miktarlarının bölgelere göre değişimi	34
Şekil 4.5 :	Kireç oranlarının bölgelere göre dağılımı	36
Şekil 4.6 :	Bölgelere göre organik madde içerikleri	37
Şekil 4.7 :	Yarayışlı Fosfor değerlerinin bölgelere göre dağılımı	39
Şekil 4.8 :	Potasyum değerlerinin bölgelere göre dağılım	40
Şekil 4.9 :	Kadmiyum analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	43
Şekil 4.10 :	Krom analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	44
Şekil 4.11 :	Bakır analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	44
Şekil 4.12 :	Nikel analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	45
Şekil 4.13 :	Kurşun analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	45
Şekil 4.14 :	Çinko analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı	46
Şekil 4.15 :	Kireç oranı ile ağır metal ilişkisi	47
Şekil 4.16 :	Organik madde içeriği ile ağır metal derişimi ilişkisi	47
Şekil 4.17 :	0-20 cm derinlik profili için ağır metal değerlerinin frekans dağılımı	48
Şekil 4.18 :	20-40 cm derinlik profili için ağır metal değerlerinin frekans dağılımı	49

KISALTMALAR

mg/kg	: Miligram/Kilogram
ark.	: Arkadaşları
ICP	: İnductively Coupled Plasma
g/cm ³	: Gram/Santimetreküp
DAP	: Diamonyumfosfat
TSP	: Triple süper fosfat
CO ₂	: Karbondioksit
µg/ml	: Mikrogram/mililitre
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
meq	: Milieşdeğergram
HCl	: Hidroklorikasit
HNO ₃	: Nitrikasit
WEPAL	: Wageningen Evaluating Programs for Analytical Laboratories
ISE	: İnternational Soil – Analytical Exchange
µmhos/cm	: mikromilimhos/santimetre
kg/da	: Kilogram/Dekar
cm	: Santimetre
EC	: Elektriksel İletkenlik
XRF	: X-Ray fluorescence
CCF	: Coppercliff
FBR	: Falconbridge
CON	: Coriston
°C	: Santigrat derece

v/v	: Hacim/Hacim oranı
C	: Killi
CL	: Killi Tın
L	: Tın
LS	: Tınlı Kum
SCL	: Kumlu Killi Tın
Sl	: Siltli Tın

SEMBOLLER

Cd : Kadmiyum

Cr : Krom

Cu : Bakır

Ni : Nikel

Pb : Kurşun

Zn : Çinko

P : Fosfor

K : Potasyum

Fe : Demir

Mn : Mangan

V : Vanadyum

Mo : Molibden

Co : Kobalt

Be : Berilyum

Tl : Talyum

Sb : Antimon

Se : Seryum

Sn : Kalay

Ag : Gümüş

As : Arsenik

Hg : Civa

Al : Alüminyum

1.GİRİŞ

Günümüzde sanayileşmenin yoğun olarak yaşandığı, nüfusun hızlı artış gösterdiği bölgelerde çevresel sorunlar ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Yirminci yüzyılın başından itibaren modern tarıma geçilmesi ve sanayileşmenin hızlanması ile birlikte hızla artan dünya nüfusunun oluşturduğu etkiyle doğal kaynaklar, ekosistemler büyük ölçüde tahrip edilmiş, kirletilmiş ve bunların sonucunda hava ve toprak kirliliği de bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır.

Endüstriyel faaliyetlerle çevreye yayılan ağır metaller çok önemli kirlilik unsuru olup, canlı ekosistemlere zarar vermektedirler. Doğal ve yapay yollarla ortama katılan ağır metaller, kolayca birikip çevrede ve toprakta kompleks yapılar oluşturmaları nedeniyle, tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanmaktadırlar. Ağır metaller, çoğunlukla buldukları ortamda biyodegradasyona uğramadıklarından kolayca birikirler ve çok kompleks yapılar oluşturarak zehirlilik etkilerini de arttırabilirler. Günümüzde endüstrileşmenin artmasıyla çevrede ve toprakta ağır metal kirliliği yüksek miktarlara ulaşmıştır.

Yoğun sanayileşmenin ve yoğun nüfusun bulunduğu İstanbul'da çevresel kirleticilerin ve dolayısıyla çevresel kirliliğin havada toprakta ve suda fazla olması muhtemeldir. Bu nedenle İstanbul'da da ağır metal kirliliğinin araştırılması gerekliliğini doğurmuştur. Bunun için insanların gezinti, piknik, spor v.b. faaliyetlerde bulunduğu, toprak ile birebir etkileşim halinde olduğu sahil parkları öncelikli olarak ağır metal kirliliğinin belirlenmesi için seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında İstanbul Anadolu Yakası sahil boyunda ağır metallerin belirlenmesi amacıyla sahil boyundan toprak örnekleri alınarak ağır metal içeriği incelenmiştir. Sahil boyunda ölçülen parametreler toprak kalitesi kapsamında Su tutma kapasitesi, Bünye analizi (kum, kil, silt oranları), pH analizi, Elektriksel İletkenlik analizi, % tuz miktarı, Kireç analizi, Organik Madde analizi, Yarayışlı (alınabilir) Fosfor ve Potasyum analizleri yapılmıştır. Toprak kirliliği kapsamında Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Ayrıca toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında bazı istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.

Ülkemizde toprakta bulunabilecek bazı ağır metallere ilişkin çıkarılan ‘Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’ne göre toprakta toplam izin verilebilir ağır metal sınır değerleri yönetmeliğe göre Tablo 1.1 de verilmiştir.

Tablo 1.1: Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri

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

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

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

Polonya’da farklı bölgelerde trafik kökenli ağır metal kirliliğinin bitki ve topraktaki birikimini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, şehir merkezine uzak olan bölgelerdeki ağır metal kirliliği trafik ağından oldukça uzakta olan Bela Crkva bölgesinden alınan örneklerle karşılaştırılmış ve şehir merkezine yakın olan bölgelerde alınan örneklerdeki Pb, Ni, Zn, ve Mn konsantrasyonlarının daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Knezević ve ark. 2009).

Çin’in Shanghai şehrindeki trafik yoğunluğunun farklı olduğu bölgelerdeki parklarda ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, Pb, Zn, Cu, Cr, Cd ve Ni oranlarının çok yüksek seviyelerde olduğu, parklardaki ağır metal kirliliğinin kaynağının trafik ve sanayi kökenli olduğu belirtilmiştir (Tao ve ark. 2007).

Damascus Ghauta şehrinde trafiğin yoğun olduğu 22 farklı alandan, 51 toprak örneği alınarak; Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının çok yüksek olduğu belirtilmiştir (Möller ve ark. 2004).

Trafik yoğunluğunun farklı olduğu iki şehirde yapılan çalışmada, topraktaki çinko, kurşun ve kadmiyum yoğunluklarının fazla olduğu, en yüksek ağır metal oranlarının ise karayollarına yakın olan 5 ile 20 m' lik alanlarda olduğu tespit edilmiştir (Viard ve ark. 2004).

Yeşil alanlardan alınan toprak numunelerine, Su tutma kapasitesi (toprağın bünyesine alabildiği su yüzdesi), Bünye analizi (kum, kil, silt oranları, Bouyoucos hidrometre metodu), pH analizi (1:5 su süspansiyonunda elektrotla ölçüm, Elektriksel İletkenlik analizi, % tuz miktarı, Kireç analizi (Schibler kalsimetresi ile volümetrik analizi), Organik Madde analizi (titrimetrik metot), Yarayışlı (alınabilir) Fosfor (spektrofotometrik metotla) ve Potasyum analizleri (fleymfotometrik metod), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) analizleri (kral suyu ile mikrodalgada ekstraksiyon ve ICP ile ölçüm) yapılmıştır.

2.GENEL BİLGİLER (LİTERATÜR TARAMASI)

2.1 AĞIR METALLERİN DOĞADA BULUNUŞU VE YAYILIMI

Ağır metaller antik çağlardan beri insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere ve toprağa yayılmaya başlamışlardır. Her gün yüzlerce kirletici doğaya deşarj edilmektedir. İnsanlığı tehdit eden kirleticilerin en önemlileri; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar, sentetik deterjanlar, pestisitler, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı canlılardır. Bu kirleticilerin içinde yer alan ağır metallere alıcı ortamların en ciddi kirleticileri gözüyle bakmak gerekmektedir (Schüürmann ve Markert, 1998; Sunlu ve Egemen. 1998).

Endüstri uğraşları sırasında meydana gelen su ve hava kirleticileri kimyasal yollarla toprağa karışma eğilimindedir. Endüstrileşme beraberinde ağır metal kirliliğini getirmiş ve yıllar geçtikçe aşırı boyutlara ulaşmıştır. Dış ortamda maruz kalınan 35'den fazla metal vardır, bunların 23 tanesi ağır metaldir. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kursun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), nikel (Ni), cıva (Hg) ve çinko (Zn) gibi metaller dahildir. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton Cd, 18,800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332,000 ton kursun atmosfere bırakılırken insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan miktarlar doğal salınımlara kıyasla kadmiyum için 8 kat, cıva, kursun, kalay için 6 kat, arsenik, nikel ve krom içinse 3 kat daha fazladır (Kahvecioğlu ve Ark. 2007).

Ağır metalleri diğer toksik elementlerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından oluşturulabilir ya da yok edilebilir olmamalarıdır (Karakaş, 2000). Bu yüzden toprakta, sedimentte, temiz su kaynaklarında ve deniz suyunda birikmeye eğilimlidirler. Ağır metaller çevre kirliliğinde önemli fonksiyonlara sahiptir (Demirezen ve Aksoy. 2005).

Ağır metaller çok farklı kaynaklardan ve farklı işlem kademelerinden atmosfere yayılmaktadır. Atmosfere farklı kaynaklardan bırakılan ağır metaller, kuru ve yas çökeltme ile toprağa yüzeysel sulara ardından yer altı sularına karışarak ekolojik dengeye zarar verebilmektedir. Farklı sektörlerden atmosfere yayılan bu kirleticiler Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1: Sektörel bazda ağır metal kaynakları

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor- alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir- Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

(Kahvecioğlu ve ark. 2007)

2.2 AĞIR METALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Genel anlamda; canlı bünyesine girdiği zaman ona zararlı olan metallere toksik metaller veya ağır metaller denir. Ağır metaller periyodik tablonun 2A ve 6A grubunda yer alan elementler olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel açıdan sıvı, katı ve gaz aerosol halde bulunurlar. Ağır metaller yoğunluğu 5 g/cm³' den büyük olan metallerdir. Bu grupta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko dahil olmak üzere 60'tan fazla metal yer almaktadır. Bu elementler yapıları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar (Haktanır ve Arcak. 1998).

Ağır metalleri diğer toksik elementlerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından oluşturulabilir ya da yok edilebilir olmamalarıdır (Karakaş, 2000). Bu yüzden toprakta, sedimentte, temiz su kaynaklarında ve deniz suyunda birikmeye eğilimlidirler. Ağır metaller çevre kirliliğinde önemli fonksiyonlara sahiptir (Demirezen ve Aksoy. 2005).

Ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al). Bunların bir kısmı bitki ve hayvanlar için mikrobesein (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız. 2004).

Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması Tablo 2.2 de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması

Element	Özgül ağırlık g/cm ³	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Ag Gümüş	10.5	-	K
Cd Kadmiyum	8.5	-	K
Cr Krom	7.2	G	K
Co Kobalt	8.9	G	K
Cu Bakır	8.9	G	K
Fe Demir	7.9	G	K
Hg Civa	13.6	-	K
Mn Mangan	7.4	G	-
Pb Kurşun	11.3	-	K
Mo Molibden	10.2	G	K
Ni Nikel	8.9	G	K
Pt Platin	21.5	-	-
Tl Talyum	11.9	-	K
Sn Kalay	7.3	-	K
U Uranyum	19.1	G	K
V Vanadyum	6.1	G	K
W Tungstem	19.3	G	K
Zn Çinko	7.1	G	K
Zr Zirkon	6.5	-	-

(Yıldız, 2004)

Ağır metaller çevrede jeolojik ve biyolojik olarak transformasyonlara uğrayabilmektedirler. Bunların parçalanması ve taşınması sonucunda buldukları yerlerden çok uzaklarda birikerek konsantrasyonları artabilmektedir. Grönland buzullarında kursun konsantrasyonunun geçmiş yıllara göre çok fazla artması, bu metalin yeniden dağılım ve taşınma uğradığının bir göstergesidir (Karakaş 2000).

2.3 TOPRAKTA AĞIR METALLERİN KAYNAKLARI

Toprak canlıların doğrudan kullandıkları bir ortamdır. Ancak toprakta meydana gelen çeşitli olaylar ve etkileşimler su ve hava ortamındaki gibi kısa sürede fark edilemez. Bunun sebebi toprağın tampon gücünün toksik etkili bileşenlere olan direnci kimyasal yolla meydana gelebilecek olan kirlilik parametrelerinin belirlenmesini zorlaştırabilmektedir. Toprağın üzerindeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda doğal yapısı tamamen veya kısmen yabancı maddeler tarafından kirletilir. Bu maddelerin pek çoğu toprağın bünyesinde belirli oranlarda ve çoğunlukla eser miktarlarda bulunur. Bu bakımdan kimyasal kirlilik denince ilk akla gelen kirleticiler ağır metallerdir (Mater 1998).

Tarımda verimliliği yükseltmek için topraklara uygulanan DAP, TSP ve diğer fosforlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanılması ile toprakların en verimli olan üst kısımlarında fazla Cd olmak üzere bazı ağır metaller önemli miktarlarda birikebilmektedir (Camelo ve ark. 1997).

Topraklar bileşimlerine bağlı olarak farklı oran ve formlarda ağır metaller içerirler. Ağır metallerin toprak ekosistemi içerisindeki jeolojik nedenlerle oluşan doğal dağılımı son yıllarda antropojen etkileşim ile önemli ölçüde değişmeye başlamıştır (Başkaya ve Teksoy 1997).

Ağır metallerin topraktaki hareketi bitki ve taban suları için büyük önem taşımaktadır. Ağır metallerin toprak içerisinde taban suyuna doğru olan hareketinde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri etkilidir. Kimyasal özellikler arasında toprağın pH değeri, redoks potansiyeli, katyon değişim kapasitesi, organik maddenin miktar ve çeşidinin önemli ölçüde etkili olduğu bilinmektedir (Lodenius 1989).

Ağır metaller topraklardaki biyokimyasal tepkimeleri doğrudan etkilemektedirler. Toprakta organik maddenin mineralizasyonu, solunum aktivitesi, enzim aktivitesi ve nitrifikasyon olayları bunların arasında gelmektedir. Toprak içerisinde mikroorganizmalar tarafından CO₂ üretimi, topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı gibi bazı biyokimyasal tepkimeler dizisi ağır metallerin toprak ve bitkideki toksik etkilerini inceleyebilmek için birer indikatör olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte ağır metallerin topraktaki biyokimyasal tepkimeler üzerindeki toksik etkileri, onların mobiliteleri ve topraktaki konsantrasyonları ana materyalin kimyasal bileşimi ile doğrudan ilişkilidir (Dağdeviren 2007).

Toprakta pH değerinin düşmesiyle çoğunlukla artan ağır metal aktivitesi topraktaki organik bileşiklerin immobilizasyon hareketi tarafından önlenmektedir. Bu durum Cd, Mn, Ni ve Zn'nun yararlılığını azaltabilmektedir (Sommer 1984).

Asit yağmurlarının etkilediği bölgelerdeki topraklarda artan asitleşme ve dolayısıyla topraklarda ağır metal hareketliliğinin artışı Mo hariç bitkiler tarafından ağır metallerin alınmasını artırmaktadır (Ulrich 1980).

Toprak, doğal şartlarda içerisinde yüksek düzeyde bulunabilecek elementleri nötralize edebilmekte ve üzerinde yasayan canlılar için toksik etki göstermesini engelleyebilmektedir. ancak, tarım alanlarında evsel ve endüstriyel atıklar, bilinçsiz gübreleme ve yoğun karayolu taşımacılığının olduğu yerlere yakın olan tarım alanlarında ağır metal kirliliği meydana gelebilmektedir (Mikanova 2006).

Toprağın tekstürü, katyon değişim kapasitesi, pH değeri, organik madde miktarı gibi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ağır metallerin toprakta birikmesinde önemlidir. Özellikle ağır bünyeli topraklarda katyon değişim kapasitesinin yüksek oluşu nedeniyle ağır metalleri büyük ölçüde absorbe edebilmektedirler. Ayrıca organik madde bakımından zengin topraklar da ağır metalleri daha fazla absorbe ederek zor çözünebilir bileşiklerin oluşmasına neden olmaktadır (Bakıs ve Bilgin 1998).

Otoyollardaki yoğun araç trafiği otoyol kenarlarındaki tarım topraklarını ağır metal kirliliği bakımından önemli ölçüde etkilemektedir. Bu tip tarım arazilerinde özellikle Cd, Pb ve Ni kirliliğini önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır (Hakerlerler ve ark. 1995).

2.4 TOPRAKTA TOKSİK ETKİLERİ YOĞUN OLAN BAZI AĞIR METALLER

2.4.1 Kurşun (Pb)

Çevre kirliliğine neden olan kursunun büyük bölümü motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların suyla taşınması sonucu deniz canlılarında kurşun bulaşmasına rastlanmaktadır. Kurşunun vücutta toksik etki yaratması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişmektedir. Çocuklar için 40-80 µg Pb/ 100 mL toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg Pb/ 100 mL kurşun zehirlenmelerinin görüldüğü düzeydir. Saçlar, kemikler ve dişlerdeki kurşun miktarı muhtemel kursun zehirlenmeleri hakkında bilgi vermektedir (Vural, H. 1993).

Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500–1000 katı kadar fazla kursun bulunduğunu göstermektedir (John, H. D. 1996)

İnsanlarda kurşun zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerde beyin hasarı ve ölüm, bebekler ve çocukların çok duyarlı olduğu kronik zehirlenme vakalarında ise küçük yasta kurşuna maruz kalmada zekâ geriliği, öğrenme bozuklukları ve hiperaktivite ile kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı görülebilmektedir (Anon 2008).

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en çok zarar veren bir ağır metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevre kirliliği yaratan en önemli ağır metallerden biridir.

Kurşun otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak Pb- tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasıyla birlikte Pb içeren pestisitlerin tarımsal mücadelede kullanılmasıyla da topraklara ulaşabilmektedir. Tarım alanlarında toplam Pb genellikle 15- 25 mgkg-1 dolaylarında bulunmaktadır (Kaçar ve İnal 2008).

Kurşun, yaklaşık 16 mg/Kg konsantrasyonla yer kabuğunun doğal bir bileşenidir. Ancak, 1920'lerde kurşun bileşikleri (Kurşun tetraetil) benzine ilave edilmeye başlanmıştır. Bu kullanım alanı Pb'un ekolojik sisteme yayılmasında önemli rol oynamaktadır. Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere Pb yayılımı azalmakla beraber, bileşiminde bulunan Pb birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere Pb ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir (Deniz 2003).

2.4.2 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun birçok sanayi dalında kullanılması toprak, hava ve suyla gıda maddelerine bulaşma riskini arttırdığı ve bazı gıdalarda yüksek düzeyde kontaminasyona neden olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Kadmiyumun çinko ile birlikte galvanize çinko kaplı ambalajlarda kullanılması, bu tür ambalaj materyallerinin asitliği yüksek gıdalarda zehirlenme olayları oluşturduğu saptanmıştır. Gıdalarda bulunan organik asitlerin ambalaj duvarının yapısında bulunan kadmiyumun çözünürlüğünü artırdığı düşünülmektedir. Kadmiyumun vücuda alınma yollarından biri de içme sularıdır (Vural,H.1993; Concon 1988).

Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir.

Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Anon 2008).

Kadmiyum doğada oldukça az bulunan bir elementtir. Toprakta Cd'un toplam tolere edilebilir miktarı 3 mg/kg-1 (Topbaş ve ark. 1998); ekstrakte edilebilir Cd'un tolere edilebilir miktarı ise 0.2 mg/Kg'dır (Alloway 1995).

Topraklarda Cd birikimi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, kanalizasyon atıkları, yoğun trafik olan otoban kenarlarındaki tarım alanlarında motor yağları ile taşıt lastikleri yoluyla oluşmaktadır. Nitekim Brümmer ve ark. (1991) Almanya'nın Bonn şehrinde araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarından uzaklaştıkça topraktaki Cd miktarının 9,4 mg/Kg'dan 0,7 mg/Kg'a düştüğünü belirlemiştir. Ayrıca bitki ve topraklarda Cd'un birikmesinde Cd içeren toz zerreciklerinin havadan çökmesinin de etkileri vardır. Yoğun trafik akışı gösteren yolların yakınındaki topraklarda toz çökelmeleriyle yılda metrekareye 0.2– 1.0 mg Cd ilave olduğu belirlenmiştir. Kirlenmeyen alanlarda ise toprağın toplam Cd kapsamı genellikle 1 mg/Kg'ın altındadır (Kaçar ve İnal 2008).

Fabrikasyonla üretilen fosforlu gübrelerden de toprağa önemli miktarlarda Cd bulaşması olmaktadır. Trikalsiyum fosfattaki Cd miktarı 1- 2 mg/Kg iken, süperfosfat ve diğer fosfor içeren kompoze gübrelerde Cd miktarı 50- 170 mg/Kg değerlerine ulaşabilmektedir. Topraktaki toplam Cd miktarı 1 mg/Kg' dan fazla olduğunda Cd kirliliğinin meydana geldiği kabul edilmektedir. Toprakta biriken Cd kültür bitkileri tarafından kolaylıkla alınabilmektedir. Bitkilerdeki Cd konsantrasyonu genellikle 0.1- 1.0 mg/Kg arasındadır. Toprakta artan Cd miktarı bitkilere olumsuz etki yapmaya başlamakta ve toksisite 3 mg/Kg Cd değerinden sonra daha da artmaktadır (Kabata- Pendias ve Pendias 1992; Tok 1997).

2.4.3 Nikel (Ni)

Bitkisel yağların hidrojenizasyonunda en önemli kontaminasyon kaynaklarından biridir. Ağız yoluyla alınan nikelin büyük kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir. Nikel organizmada ribonükleik asit gibi moleküllerle kuvvetlice bağlanabilir. Alet ve ekipmanla beraber gıda maddelerine uygulanan bazı işlemler de nikel kontaminasyonu düzeyini etkilemektedir, örneğin, hububatın öğütülmesi veya tahılın parçalanması bu ürünlerin nikel içeriğini azaltırken, pişirme işlemi bu

düzeyi artırmaktadır. Yapılan bir çalışmada bir saatlik pişirme sonrası çelikten gıda maddesine 0.13-0.22 ppb düzeyinde nikelin geçtiğini göstermiştir. Rusya'da nikel rafinasyon işçileri üzerinde yapılan bir çalışmada, mide ve akciğer kanserine yakalanma oranının yüksekliği dikkat çekicidir. Aynı sonuçlar İngiltere ve Japonya'daki rafinasyon işçileri üzerinde de saptanmıştır (Vural, H., 1993). Nikelin zehirleyici miktar olarak vücuda 7 ila 35 mg/kg alımı sonucu gözlenen akut sonuçlarına göre bulantı, kusma, ishal, nefes darlığı, karaciğer ve böbrek hasarı oluşabilmekte, kronik zehirlenme ile de alerjik reaksiyonlar oluşabilmektedir (Tunçok, Y. 2008).

Toprakta bulunan Ni'in tolere edilebilir toplam miktarı 50 mg/Kg (Kabata- Pendias ve Pendias 1992); ekstrakte edilebilir miktarı ise 10 mg/Kg (Gerendas ve ark. 1999) civarındadır. Topraklarda Ni'in temel kaynağı bazik kayalar içerisinde çoklukla bulunan Pentlandit (Fe, Ni)₈S₈) mineralidir. Nikel az ya da çok bütün tarım topraklarında bulunmaktadır. Ancak killi topraklarda daha fazla bulunmaktadır (Kaçar ve İnal 2008).

Trafiğin yoğun olduğu yerlerde yol kenarlarından uzaklaştıkça topraktaki Ni miktarı da azalmakta ve bu durum da Ni içeren yakıtların kullanılması ile açıklanmaktadır (Tok 1997).

Nikel toksisitesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır (Topbaş ve ark. 1998).

2.4.4 Krom (Cr)

Tarım topraklarında izin verilebilir toplam Cr düzeyi 100 mg/Kg ve ekstrakte edilebilir Cr düzeyi ise 1 mg/Kg dolayındadır. Serpantin ana maddesinden oluşan topraklar Cr yönünden zengindir. Doğada daha çok Cr-demir taşı şeklinde bulunmaktadır. Kromun topraklardaki miktarı ana materyale göre değişmekle birlikte 7- 750 mg/Kg arasındadır. Topraklar krom içeriklerine bakımından tekstürlerine göre değerlendirildiğinde ortalama olarak kumlu topraklarda 30 mg/Kg, killi topraklarda 40 mg/Kg ve kireçtaşından oluşmuş topraklarda ise 83 mg/Kg bulunmaktadır. Krom toksisitesi özellikle ultrabazik kayalardan oluşan topraklarda görülmektedir (Bowen 1966; Tok 1997; Kaçar ve İnal 2008).

Deri endüstrisi ve tabakhane artıkları % 5- 10 N ve yaklaşık % 1- 2 Cr içermektedir. Bunlar organik gübreye dönüştürülüp toprağa uygulandığında tarım alanlarında Cr kirliliğine neden olmaktadırlar (Özbek ve ark. 1993).

Bitkilerde Cr kapsamının artışı fazla görülmemektedir. Çoğu topraklarda Cr'un hareketsiz duruma geçmesi nedeniyle suda çözünürlüğü fazla olan Cr tuzlarının kullanılması durumunda bile genellikle zararlı bir etkiye rastlanmamıştır. Kromun bitki bünyesinde hareketi de oldukça sınırlıdır. Buna karşılık çok yüksek düzeylerde uygulanan Cr, bitkilerde toksik etkiye bulunabilmektedir. Krom zehirlenmesinde bitki kökleri küçük, yapraklar dar ve kahverengi kırmızı bir renktedir. Yapraklarda küçük yanık lekeler oluşur (Topbaş ve ark. 1998).

2.4.5 Çinko (Zn)

Topraklarda toplam Zn kapsamı genellikle 10 - 300 mg/Kg, ortalama olarak ise 30 - 50 mg/Kg arasındadır. Yıkanmanın fazla olduğu bazı asit topraklar, 10 - 30 mg/Kg gibi düşük düzeylerde Zn içermektedir. Çinko sadece yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Kanalizasyon artıkları 50 000 mg/Kg'a kadar Zn içerebilir. Bu tip bir materyal toprağa ilave edildiği zaman, toprakta Zn birikimi oluşabilmektedir. Bakır ve Ni'de olduğu gibi, Zn toksisitesi de büyük ölçüde pH ile ilgili bulunmaktadır. Aynı düzeydeki Zn'nin toksisitesi, düşük pH düzeylerinde daha fazla olmaktadır (Tok 1997).

Bitkilerdeki Zn konsantrasyonu genellikle kuru madde esasına göre 5 - 100 mg/Kg arasındadır. Çinko toksisitesi bitkilerde çoğunlukla 400 mg/Kg'dan sonra başlamaktadır. Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır ve bitkilerde kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Rout ve Das 2003; Asri ve Sönmez 2006).

Çinko, insanlar, hayvanlar ve bitkiler için mutlak gerekli bir elementtir. Özellikle enzim faaliyetlerinde rol oynamakta ve enzimlerin yapısında yer almaktadır. Başlıca görevleri: RNA, DNA, protein sentezi, insülinin aktivasyonu, Vitamin-A'nın hücrelere taşınması ve kullanımı, yaraların iyileşmesi, hücrelerin bölünerek çoğalabilmesidir. Ayrıca tad alma, sperm yapımı, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, davranış ve öğrenme performansının artışı, anne karnındaki ve doğmuş bebek ve çocukların büyüme ve gelişimi, kanda yağların taşınması gibi birçok olayla görev almaktadır (Deniz 2003).

Diğer taraftan Zn eksikliği, Türkiye ve dünya'da en sık gözlenen mineral element eksikliklerinden birisidir. Ülkemizde tarım yapılan topraklardaki yaygın Zn miktarı yüksek değildir ve eksikliği söz konusudur (toprakların % 49,83'ünde alt sınır olarak belirlenen 0,5 mg/Kg'dan düşük ve % 32,76'sında 0,5 – 1,0 mg/Kg arasındadır). Dünyada ise Zn eksikliği yaklaşık % 30 dolaylarındadır (Eyüpoğlu 2002).

2.4.6 Bakır (Cu)

Topraklarda Cu konsantrasyonu 5- 100 mg/Kg arasında bulunmaktadır. Doğal olarak toprakta bulunan toplam Cu'nun miktarı, toprak ana maddesinin Cu içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Mineral ayrışmanın şiddeti ve gelişen bitkilerin etkisi nedeniyle Cu konsantrasyonu toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha yüksektir. Genellikle aşırı derecede parçalanıp ayrılmış ve yıkanmış toprakların toplam Cu kapsamı daha düşüktür. Bakır toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlandığından oldukça hareketsizdir. Bu nedenle çoğu toprakların Cu içeriği alt profile doğru azalma göstermektedir (Topbaş ve ark. 1998).

Toprakta genellikle toplam Cu 100 mg/Kg veya ekstrakte edilebilir Cu 0.2 mg/Kg; bitki kuru maddesinde ise genellikle 15- 30 mg/Kg'dan fazla bulunması toksik etkiye neden olabilmektedir. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar. Bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Kuru madde üzerinden 15-20 mg/Kg Cu içeren ot ya da karma yemler ruminant beslenen hayvanlara kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir. Ancak organizmada, Cu ve Mo arasında bir antagonizm vardır. Bu nedenle, Mo yetersizliği olan yemler (Mo düzeyi, kuru madde üzerinden 1-2 mg/Kg'ın altında olanlar), 8-12 mg/Kg Cu içermeleri halinde bile kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir (Deniz 2003).

2.5 TOPRAK KİRLİLİĞİ ÜZERİNE YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

İspanya-Sevilla’da yapılan başka bir çalışmada halka açık yeşil alanlar ve parklardaki kirlilik, ağır metallerin dağılımı ve örnekleme sonuçları incelenmiştir. Toprak örnekleri 0-10 cm ve 10-20 cm olmak üzere iki farklı derinlikten 31 örnek alınmıştır. Elek analizi, pH, kimyasal analizler, CaCO₃ analizi, P ve K analizi ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Sevilla’da ki Cu, Pb ve Zn değerleri açısından önemli metal kirliliği gözlenmiştir. Seviyeler genelde yüksek olmasa da, tarihi yerlere yakın alanlarda kurumsal, dinlenme ve ikametgah yerleri için maksimum kabul edilebilir limitin üzerinde olduğu, tarihi yerler endüstri alanına yakın olmadığından artan kirliliğin kaynağının endüstriden kaynaklanmadığı metallerin asıl kaynağının trafik olduğu anlaşılmıştır. E ve NE yönünde düşük metal içeriği görülmüştür. Bu sonuçlarda günde 100.000 aracın geçtiği modern yollar, yolların yaşı ve son 5 yılda ki kurşunsuz benzin kullanımı da etkili olmuştur (Madrid ve diğ. 2002).

Kuzey Kıbrıs-Lefke bölgesinde yapılan bir çalışmada topraktaki ağır metal kirliliği ve sahil boyu deniz suyu yüzeyine olan etkisi incelenmiştir. Lefke’de demir-bakır madenciliği ve eritme faaliyetleri yapılmaktadır (Yükselen, 2002). Madencilik aktiviteleri 1900’lü yıllarda başlamış ve 1970’li yıllarda sona ermiştir. Kıbrıs’ta 1930 ve 1980’li yıllar arasında 25 milyon tondan fazla bakır-demir sülfat madeni çıkarılmıştır (Constantinou, 1994). Sıkıştırma, eritme operasyonları ve madencilik aktiviteleri Lefke’nin Akdeniz sahiline 50-100 m yakınındaki Gemikonagi-Xeros bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Yörede 1974’den beri yaklaşık 2.5 milyon ton atık madde olduğu tahmin edilmektedir (Erdem, 1999). Ağır metaller yağmur akıntılarıyla denize taşınmış ve deniz suyunun renginin değiştiği gözlenmiştir (Yükselen ve ark. 1998). Örnekleme alanından 50 toprak örneği 0-15 cm derinlikten alınmıştır. Ort. pH 4.7, org. madde içeriği (%)2.7, değişebilir katyon kapasitesi 10 meq/100 g toprak bulunmuştur. Tane boyu analizi yapılmış, toprağın genel olarak siltli ve kumlu olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde yüksek Cu konsantrasyonunu Fe izlemiştir. Cu dışındaki tüm metal konsantrasyonları Türkiye Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kirlilik ve ekstrem kirlilik seviyelerine göre düşüktür (TSPCR, 2000). Bazı değerler As, Cd, Pb ve Zn için kirlilik limitini, bazı örnekler ise As ve Cu için ekstrem kirlilik limitini aşmıştır (Yükselen 2002).

Bir başka çalışmada İtalya’nın endüstri bölgesi haline gelmiş Porto Marghera’dan 2-40 km’lik alandan toplanan toprak örneklerindeki metal konsantrasyonları (As, Cd, Cr, Hg, Ni ve Pb) ile aynı kaynağa karşılaştırılabilir uzaklıktaki atmosfer kirletici birikim değerleri ile

karşılaştırılmıştır (Scazzola, et al., 2004). 0-15 cm'den alınan 42 toprak örneğinin 34'ü kaynağa uzaklığı artırılarak endüstri alanından, 5'i Mestre şehir merkezinden ve 3'ü tarım arazisinden alınmıştır. Toprağın tane boyu analizi, org. madde, katyon değişim kapasitesi, pH ve karbonat tayini İtalya tarım bakanlığının standart metotlarına göre belirlenmiştir (Ministero Dele Riorse Agricole, 1994). Örneklerde iz element analizleri (As, Cd, Cr, Pb, Zn,) yapılmıştır. Şehir toprağında Pb değeri yüksek, şehirden uzaklaştıkça As, Cd, Pb, değeri düşük, Cr ve Ni değeri ise yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak Cd ve Pb konsantrasyonunun, Portha Marghera'dan uzaklaştıkça azalmakta olduğu, endüstri alanına yakın yerlerde ise tarla toprağı ve ekilmemiş toprak arasında fark olmadığı görülmüştür. As, Cr ve Ni'in ise mesafeye bağlı bir eğilim göstermediği, ekili ve ekilmemiş toprak arasında önemli farklar olmadığı görülmüştür (Scazzola ve diğ. 2004).

İtalya'nın Palermo şehrinde yapılan toprak kirliliği çalışmasında metallerin dağılımının incelenmesi, doğal veya insan kaynaklı etkilerin ayırt edilmesi ve muhtemel kirlilik kaynaklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yeşil alanlardan ve parklardan 0-10 cm derinlikten 70 adet toprak örneği toplanmış ve Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V ve Zn konsantrasyonları ölçülmüştür. Örnekleme alanları olarak son 10 yıldır kimyasalların kullanılmadığı (pestisit gibi) ve kanalizasyon akıntılarının olmadığı alanlar seçilmiştir. Toprak örneklerinde org. madde miktarı, kireç tayini, pH, katyon değişim kapasitesi analizleri yapılmıştır. Toprak minerolojisi incelenmiş, ağır metal analizleri yapılmış ve major elementler belirlenmiştir. Org. madde miktarı ortalama olarak %6, pH değeri 7.2-8.2 arasında genelde alkali yapıda, katyon değişim kapasitesi ortalama 26 meq/100 g, CaCO₃ değeri ortalama %32 olarak bulunmuştur (Manto ve diğ. 2002; Wilckle, 1998).

Japonya'nın Kyoto şehrinde yapılan çalışmada; toprak kirliliğinin izlenmesi, XRF metodunun, iz element konsantrasyonlarının hesaplanmasında uygulanabilir olup olmadığının kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra bitkilerin bölgesel toprak kirliliğini izleme göstergesi olarak ve kirlenmiş toprağın iyileştirilmesi için bir araç olarak kullanılabilir olmasının teknik olasılığı da tartışılmıştır. Toprak örnekleri Imedegava ve Marutamaci sokaklarından ve spor salonu yakınından, 5 cm derinlikten rastgele olarak toplanmıştır. Tüm örneklerdeki metal konsantrasyonları XRF ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar özetlenirse XRF metodunun toprak örneklerini çabuk izlemek için kullanışlı bir yöntem olduğu saptanmış, Kyoto şehrinde iki sokak boyunca toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonlarının şehir merkezinde daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve otlaklardaki bazı metal konsantrasyonlarının

topraktaki bazı element konsantrasyonlarıyla arasında negatif bir bağıntı olduğu görülmüştür. İlk sokakta örnekler doğudan batıya doğru toplanmış ve şehir merkezinden uzaklaştıkça Cu ve Zn konsantrasyonlarında artış olmuştur. Diğer sokakta ise batıdan doğuya doğru toplanmış ve Cu, Pb, Re ve Zr için batıdan doğuya azalma olmuştur (Katahira ve diğ. 2000).

Kanada-Sudbury'de benzer kirlilik çalışması yapılmıştır. Sudbury dünyanın nikel ve bakır açısından en geniş maden cevherlerini içeren bir havzadır. Bölgedeki eritme operasyonları, madencilik ve fabrika aktiviteleri ile birleştiğinde alandaki ağır metal kirliliğine katıldığı görülmüştür (Dudka, 1995). Sudbury yakınlarında kazılan (maden çıkarılan) ve eritilen alanının kazılan üst toprağındaki mevcut Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn' nin kimyasal ve madensel biçimlerini tespit etmek ve ölçmek amaçlanmıştır. Sudbury'den 3 eriticinin bulunduğu (rüzgar yönü doğu ve güneydoğu) CopperCliff (CCF), Falconbridge (FBR) ve Coriston (CON) alanlarından 20 toprak örneği toplanmıştır. Eriticilere olan uzaklık 0.5-6.2 cm arasında değişmiş ve 0-20 cm derinlikten örnek alınmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde Cu ve Ni'in toprakta geniş aralıklardaki başlıca metal kirletici olduğu görülmüştür. Analiz edilen örnekleri çoğunda Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn, ve artık mineral kısımları (ortalama %50'nin üzerinde) tespit edilmiştir. Cu tüm örneklerde aynı dağılımı göstermiş, Ni'e göre daha hareket edebilir biçimde ve Ni'ye oranla artma eğilimi içinde olduğu görülmüştür. Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Cd konsantrasyonlarının Sudbury toprağında background değerlerine yakın olduğu görülmüştür (Adamo ve Dudka, 2002).

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1 ÇALIŞMA ALANI VE ÖRNEKLEME

Toprak örnekleri İstanbul Anadolu Yakası sahil boyunca Kadıköy İlçesi Caddebostan parkından Pendik parkına kadar sahil boyunu ve Tuzla parkını içermektedir. Toprak örnekleri 0-20 cm ve 20-40 cm olmak üzere 2 farklı derinlikten 202'şer adet olmak üzere toplamda 404 adet toprak örneği analiz edilmiş olup, bu toprak örneklerinin 404 tanesine toprak verimliliği kapsamında Su tutma kapasitesi, Bünye analizi (kum, kil, silt oranları), pH analizi, Elektriksel İletkenlik analizi, % tuz miktarı, Kireç analizi, Organik Madde analizi, Yarayışlı (alınabilir) Fosfor ve Potasyum analizleri, 134 tanesine toprak kirliliği kapsamında Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) analizleri yapılmıştır.

Alınan toprak örnekleri yedi farklı bölgeye ile gruplandırılmıştır. Bu bölgeler şekil 3.1 de ve örnek miktarları Tablo 3.1' de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 : Bölgelere göre toprak kalitesi ve metal kirliliği örnek sayıları

Bölge Adı	Toprak kalitesi Örnek Sayısı	Ağır Metal Kirliliği Örnek Sayısı
Caddebostan	30	10
Suadiye	34	12
Küçükyalı	50	16
Dragos	118	40
Kartal	68	22
Pendik	68	24
Tuzla	36	10
Toplam	404	134

Şekil 3.1 : Alınan örneklerin bölgelere göre dağılımı



3.2 TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE ANALİZE HAZIRLANMASI

Toprakta ağır metal analizlerinin yapılacağı toprak numuneleri belirlenmiş olan sahil boyundaki yeşil alanlardan belirli kurallar çerçevesinde toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri 0-20 cm yüzey toprağı ve 20-40 cm derinlik toprağı olmak üzere iki farklı profilden alınmıştır.

Toprak örnekleri alanın gerekliliğine göre burgu, sonda veya kürek ile alınmıştır. Örnekler yeşil alanı en iyi şekilde temsil edebilecek bölgelerden alınmıştır, farklı özellik gösteren (eğim durumu, drenaj durumu, yaya yolu v.b.) alanlardan alınmamıştır.

Alınan toprak örnekleri 15 mm yi geçmeyen kalınlıkta bir tabaka halinde, nem çekmeyen ve buharlaşmaya sebep olmayan bir tepsiye serilip, 40°C yi geçmeyen sıcaklıktaki fırında kurutulmuş, ezilmiş, el ile veya mekanik çalkalayıcı ile 2 mm lik elekten elenmiştir. (TS 10308 ISO 11464/Nisan 1997)

Ağır metal analizi yapılacak toprak örneklerine metal bulaşma olmaması için ahşap kurutma kabında 105 °C Etüvde kurutulmuş, yine ahşap kap içerisinde ahşap tokmak ile öğütülerek 0,5 mm göz açıklığı bulunan elekten elenmiş ve analize başlamadan önce nem almaması için kapalı kap içerisinde muhafaza edilmiştir.

3.3 TOPRAK ÖRNEKLERİNE UYGULANAN ANALİZ İŞLEMLERİ

Su tutma kapasitesi: Toprağa istenilen özelliklerde çamur elde edilinceye kadar karıştırılarak verilen suyun miktarının tespitidir. (TS 8333/Nisan 1990)

Bünye analizi (kum, kil, silt oranları) : 50 gram hazırlanmış toprak örneği üzerine 1N 5 ml NaOH , 5 ml doygun sodyum oksalat ilave edildikten sonra 100-150 ml saf su konarak karıştırılıp bir gece dispersiyona bırakılır. Ertesi gün beherde hiç toprak zerresi kalmayacak şekilde karıştırıcının kabına konulur ve saf su ilave edilir. Karıştırıcı kabı karıştırıcıya yerleştirilir ve kumlu topraklar için 6, kumlu tınlı topraklar için 10, killi topraklar için 15 dakika karıştırılır. Karıştırma işleminden sonra yine hiç toprak zerresi kalmayacak şekilde cam silindire aktarılır. Hidrometre daldırılarak 1130 çizgisine kadar saf su ile tamamlanır. El karıştırıcısıyla silindirdeki süspansiyon yaklaşık 20 defa iyice karıştırılır ve zaman tutulur. 15-

20. sn hidrometre daldırılır ve 40. sn okuma yapılarak kaydedilir. Sıcaklık ölçülerek kaydedilir. İki saat sonra, süspansiyon herhangi bir karıştırma işlemi yapılmadan doğrudan hidrometrenin daldırılmasıyla okuma işlemi gerçekleştirilir. İkinci okuma için de sıcaklık değeri kaydedilir. Hesaplama

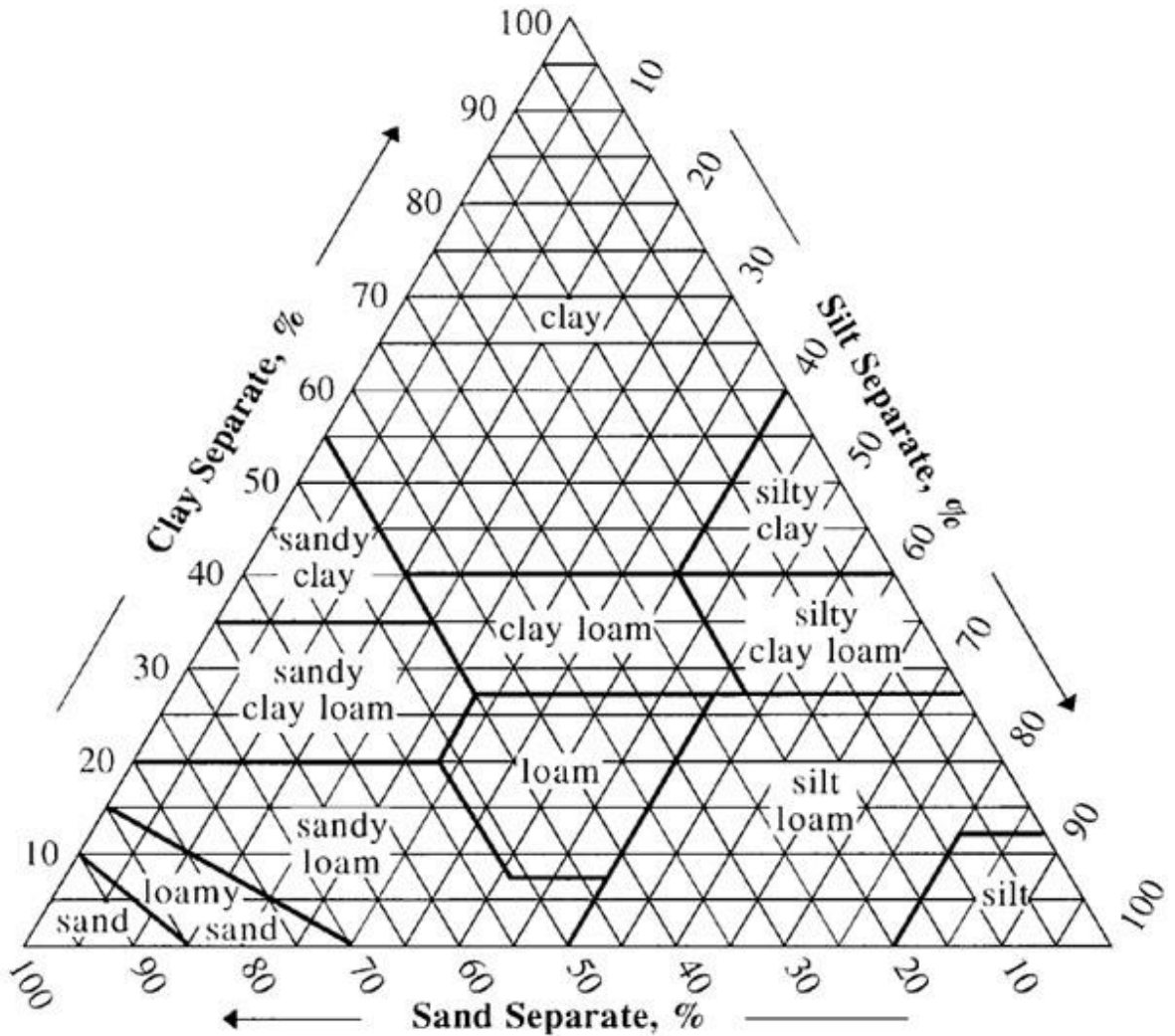
$$\% \text{ Kum} = 100 - [(t_1 - 20) * 0.36 + 1. \text{Okuma}] * 100(\%) / 50 \text{ (Toprak ağırlığı)}$$

$$\% \text{ Kil} = (t_2 - 20) * 0.36 + 2. \text{Okuma}] * 100(\%) / 50 \text{ (Toprak ağırlığı)}$$

$$\% \text{ Silt} = 100 - (\% \text{ Kum} + \% \text{ Kil})$$

(t_1 = 40. saniyedeki sıcaklık, t_2 = 2.saat sonundaki sıcaklık, 1. Okuma= 40. saniyedeki hidrometre değeri, 2. Okuma= 2.saatdeki hidrometre değeri) formülleri ile yapılır. Kum Kil ve Silt yüzdeleri Şekil 3.2 Tekstür Üçgeninde yerine konularak toprağın sınıfı belirlenmiş olur (Bouyoucos , 1954).

Şekil 3.2 : Tekstür üçgeni (Kum Kil Silt oranı)



Tablo 3.2 Tekstür üçgenine göre toprak sınıfları

Kısaltma	Soil Classes	Toprak Sınıfları
C	Clay	Killi
SC	Sandy Clay	Kumlu Kil
SiC	Silty Clay	Siltli Kil
CL	Clay Loam	Killi Tın
SCL	Sandy Clay Loam	Kumlu Killi Tın
SiCL	Silty Clay Loam	Siltli Killi Tın
L	Loam	Tınlı
S	Sand	Kumlu
LS	Loamy Sand	Tınlı Kum
SL	Sandy Loam	Kumlu Tın
SiL	Silty Loam	Siltli Tın
Si	Silty	Siltli

pH analizi: 5 ml'lik deney numunesi alınır. Deney numunesi, numune şişesine konularak hacminin 5 katı su ilave edilir. Süspansiyon mekanik çalkalayıcı kullanılarak 5 dk. şiddetlice çalkalanır, en az 2 saat bekletilir ve pH metre (WTW pH/COND. 340 İ cam elektrod) ile pH ölçümü yapılır (TS 8332 ISO 10390/Aralık 1995).

Elektriksel İletkenlik analizi: Toprak örneğinden 20 g tartılır çalkalama şişesine aktarılır. Üzerine 20 °C ± 1 °C sıcaklıktaki 100 ml deiyonize su ilave edilir. Yatay duruma çalkalayıcıya yerleştirilir 180 devir/dk, 30 dk süreyle yatay olarak çalkalanır. Süzgeç kağıdından süzülür. Süzüldüğü kaptaki WTW pH/COND. 340 İ cihazı kullanılarak Elektriksel İletkenlik değeri ölçülür (TS ISO 11265/Ocak 1996).

Kireç analizi: Toprağın Schibler kalsimetresi ile volümetrik analizi (1 gr toprak örneğinin hidroklorik asit ile muamelesi sonucu oluşan karbondioksit hacminin ölçülmesi) esasına dayanır (Hızalan ve Ünal 1966).

Organik Madde analizi: 1 g toprak numunesi tartılarak 500 ml'lik erlenmayere yerleştirilir. Üzerine önce 10 ml potasyum dikromat çözeltisi, sonra 20 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek 1 dk. Elle çalkalanır. 150 ° C ye ayarlı hotplate üzerine konur ve 1 dk. ısıtıldıktan sonra indirilir. Soğuyan erlenmayerin üzerine 200 ml saf su ilave edilir ve çalkalanır. Üzerine 12-13 damla baryum difenilamin sülfonat ilave edilir. Daha sonra bu karışım demir sülfat ile titre edilir. Titrasyon sırasında erlenmayerdeki sıvının rengi önce morumsu-laciverte sonra bir iki damla ilavesiyle yeşile döner ki bu noktada titrasyon kesilir. Bu noktada büretten harcanan demir sülfat miktarı yazılır. Aynı şekilde içerisinde toprak numunesi olmayan bir erlene yukarıdaki işlemler yapılarak şahit numune hazırlanır ve harcanan demir sülfat miktarı tespit edilir. Organik Madde miktarı % Organik Madde = $\frac{(A - B * Nk) * 0.581}{T}$ formülü ile hesaplanır.

A: 1.0 N potasyum dikromattan alınan hacim (ml)

B: Titrasyonda harcanan standart demir sülfat çözeltisinin miktarı (ml)

Nk: Standart demir sülfat çözeltisinin kesin normalitesi

T: Analize alınan toprak miktarı (g)

(TS 8336/Nisan 1990)

Yarayışlı (alnabilir) Fosfor : Stok fosfor çözeltisinden belirli konsantrasyonlar alınarak, UV Spektrofotometreden konsantrasyona karşı absorbans değerleri okunarak standart eğri elde edilir ve UV Spektrofotometreye kaydedilir. Analize hazır hale getirilmiş toprak örneğinden 5 g alınır ve çalkalama şişesine konur. Üzerine 100 ml ekstraksiyon çözeltisi (sodyum bikarbonat 0.5 M pH:8.5) ilave edilir. Ağzları kapatılarak yatay çalkalama aletine konur ve 30 dk. 250 devir/dk da çalkalanır. Huni yardımıyla erlenmayerlere Whatman 42 filtre kağıdından geçirilerek aktarılır. Bu süzükten 5 ml çekilerek 25 ml'lik bir balona konulur. Üzerine 5 ml amonyum molibdat çözeltisi ilave edilerek çalkalanır. Balonun ağzı saf su ile yıkanarak 20 ml ye getirilir. Üzerine 1 ml sulandırılmış kalay klorür çözeltisinden ilave edilerek hacmi 25 ml'ye saf su ile tamamlanır. Ağzı kapatılarak tekrar çalkalanır. 15 dk. rengin tam oturması için beklenir. Şahit numune için 5 ml ekstraksiyon çözeltisi (sodyum bikarbonat 0.5 M pH:8.5) alınır ve üzerine 5 ml amonyum molibdat çözeltisi ilave edilir. İşlemden olduğu gibi çalkalanarak gaz çıkışı sona erdiği zaman 20 ml. saf su ilave edilir ve 1 ml. sulandırılmış kalay klorür çözeltisi ilave edilerek 25 ml'ye tamamlanır. UV Spektrofotometrede ilk başta dalga boyu 660 nm ye ayarlandıktan sonra auto-zero yapılarak

Şahit çözelti uygun küvete yerleştirilir. Daha sonra numuneler sırası ile okutulur.(Olsen ve ark.1954)

Yarayışlı (alnabilir) Potasyum: Toprak numunesinden 10 g alınarak behere konur. Üzerine 100 ml ekstraksiyon çözeltisi (1.0 N Amonyum Asetat, pH:7) ilave edilerek yarım saat yüksek devirde çalkalanır. Bir huni yardımıyla filtre kağıdından bir erlene süzülür. Alev fotometresinden potasyum okuması yapılır (TS 8341/Nisan 1990).

Ağır Metal Analizleri: Toprak numunesinden 0,20-0,30 gr numune tartılarak mikrodalga (BERGHOF Mikrodalga Yakma Ünitesi) tüplerine konulur. Üzerine 10 ml kral suyu (3 HCl:1 HNO₃) ilave edilerek 30-45 dakika çeker ocak içerisinde bekletilir. Daha sonra mikrodalga yakma ünitesinde yakma işlemi yapılır. Yakma işleminden elde edilen çözelti ICP Cihazı (Perkin Elmer Optima 2100 DV) ile Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) analizlerinin yapılması esasına dayanır (ISO 11466).

3.4 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Analiz sonuçlarında elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programına aktararak gerekli hesaplamalar ve tablolar bu program üzerinden yapılmıştır. SPSS programından elde edilen sonuçlar Microsoft Exel programına aktararak grafikler çizilmiştir.

3.5 KALİTE KONTROL VE GÜVENCE

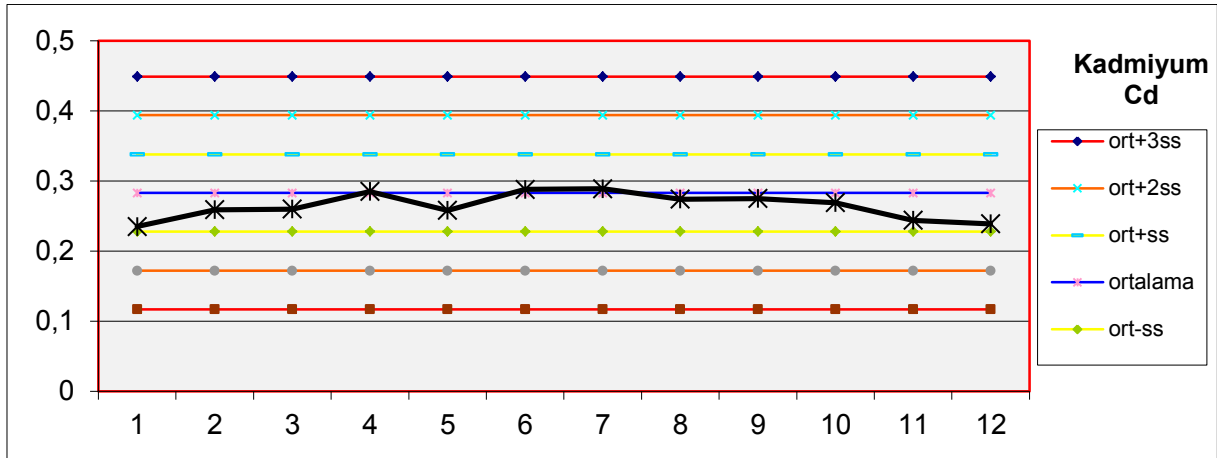
Yapılan ağır metal analiz sonuçlarının güvenilirliğini sağlamak amacıyla referans materyal (WEPAL ISE 918 kodlu referans numune) kullanılmıştır. Referans materyal değerleri ve analiz sonuçları Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3 : Referans materyal ile yapılan analiz sonuçları

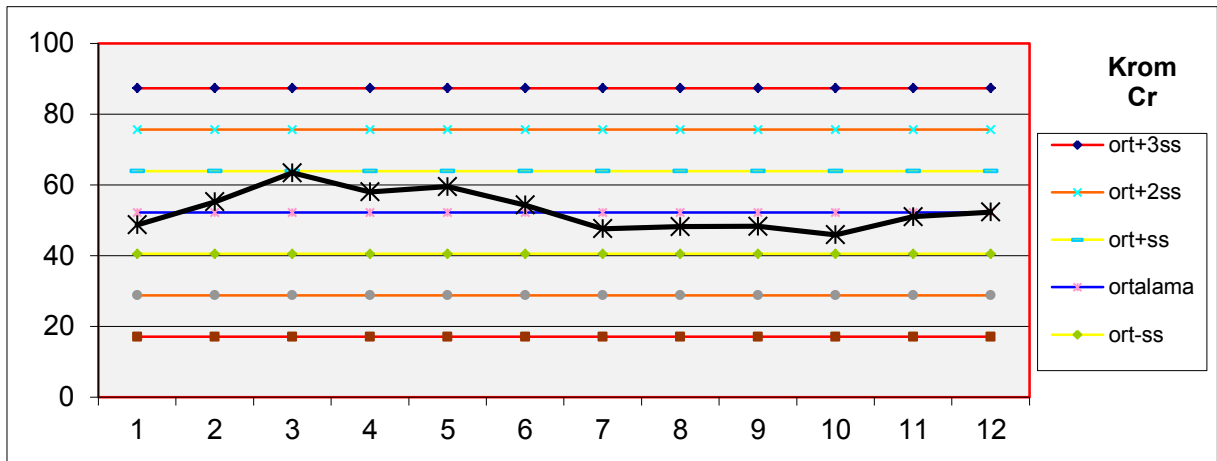
		Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Wepal ISE 918	Ortalama	0,283	52,2	18	8,76	26,3	47,8
	Standart Sapma	0,0554	11,72	2,63	1,529	3,41	5,31
	Üst limit	0,3938	75,64	23,26	11,818	33,12	58,42
	Alt limit	0,1722	28,76	12,74	5,702	19,48	37,18
Yapılan Çalışmalar	1. çalışma	0,235	48,7	17,5	7,23	22,3	49,3
	2. çalışma	0,259	55,2	18,6	7,65	23,5	48,6
	3. çalışma	0,26	63,4	15,3	7,52	24,2	47,9
	4. çalışma	0,285	58	14,9	7,85	25,3	47,5
	5. çalışma	0,258	59,5	14,9	7,69	23,9	46,9
	6. çalışma	0,288	54,3	15,2	8,23	26,1	48,9
	7. çalışma	0,289	476	16,8	8,41	24,3	48,8
	8. çalışma	0,274	48,2	17	7,96	25,3	47,2
	9. çalışma	0,275	48,3	18,3	8,23	26,4	47,3
	10. çalışma	0,269	45,9	15,4	8,15	25,6	47,1
	11. çalışma	0,244	51	14,9	8,55	24,8	48,6
	12. çalışma	0,289	52,3	15,2	8,41	25,3	48,6

Referans materyalle yapılan analizler için kullanılan kalite kontrol grafikleri Şekil 3.2’de Kadmiyum, Şekil 3.3’de Krom, Şekil 3.4’de Bakır, Şekil 3.5’de Kurşun, Şekil 3.6’da Nikel ve Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Grafikler ‘y’ ekseninde mg/kg ‘x’ ekseninde analiz edilen numuneler gösterilmektedir.

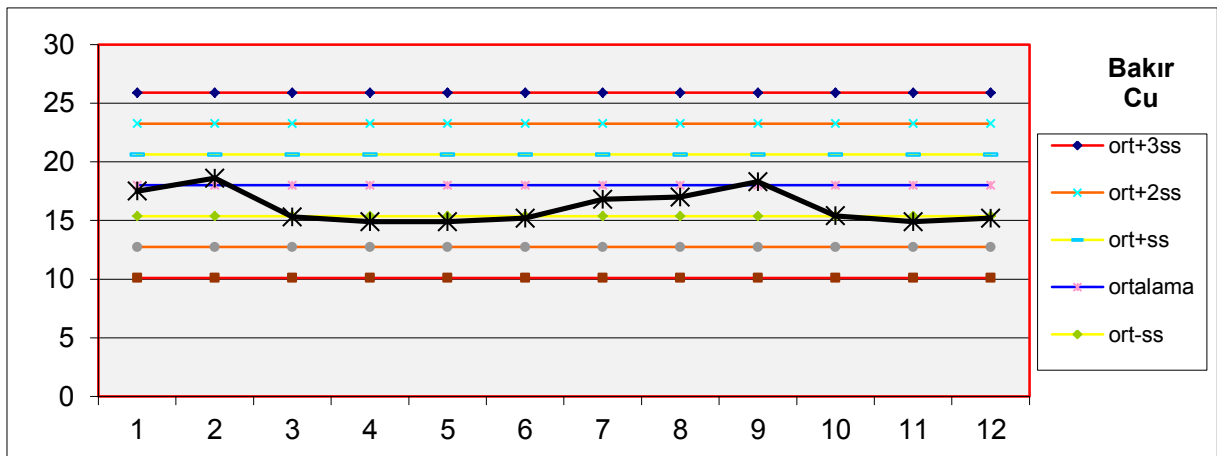
Şekil 3.4 : Kadmiyum kalite kontrol grafiği



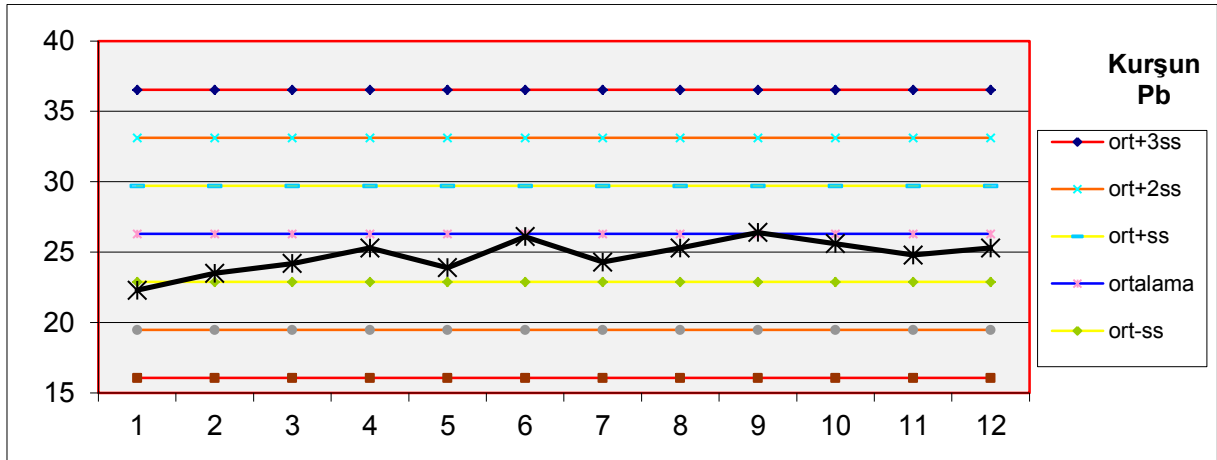
Şekil 3.5 : Krom kalite kontrol grafiği



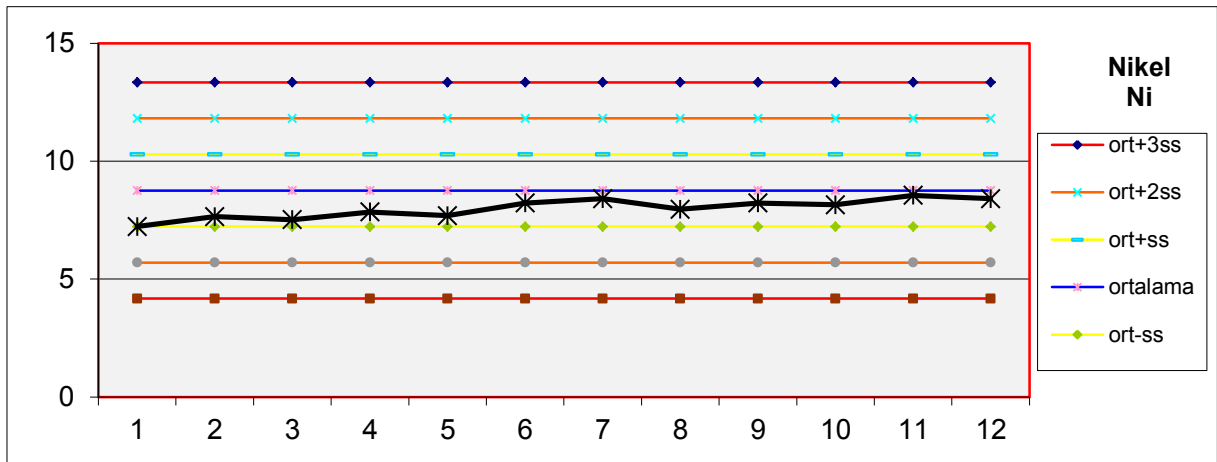
Şekil 3.6 : Bakır kalite kontrol grafiği



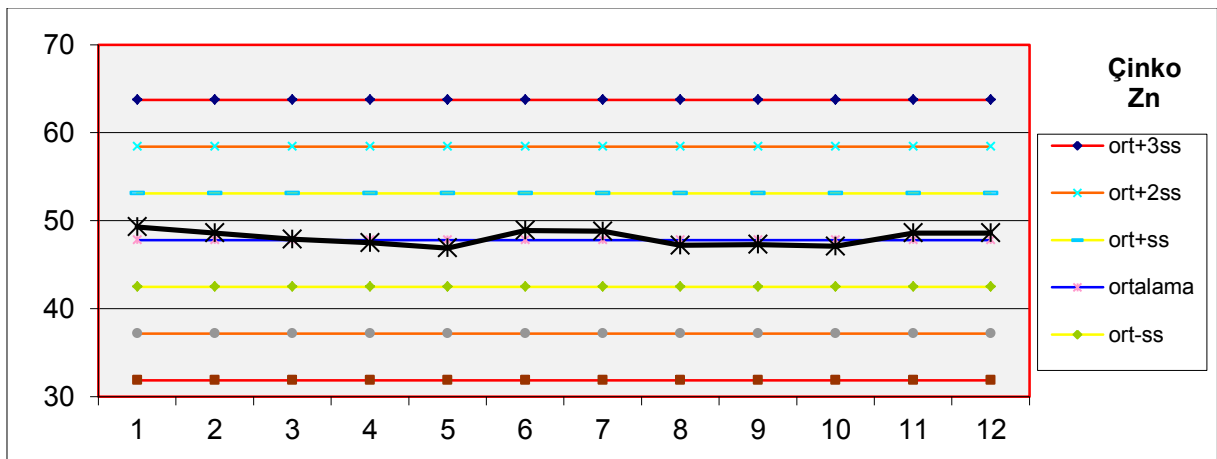
Şekil 3.7 : Kurşun kalite kontrol grafiği



Şekil 3.8 : Nikel kalite kontrol grafiği



Şekil 3.9 : Çinko kalite kontrol grafiği



4. BULGULAR

4.1 TOPRAK ANALİZ SONUÇLARI

İstanbul Anadolu Yakasında belirlenmiş olan sahil boyundan (Caddebostan - Tuzla arası) alınmış olan 404 numuneye toprak kalitesi ve toprak kirliliği kapsamında analizler yapılmış olup bu analiz sonuçları Ek1, Ek2, Ek3, Ek4 de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarının ortalama maksimum ve minimum değerleri Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1 : Analiz sonuçlarının ortalama, maximum ve minimum değerleri

	Birim	0-20 cm Analiz Sonuçları			20-40 cm Analiz Sonuçları		
		Minimum	Maximum	Ortalama	Minimum	Maximum	Ortalama
Su İle Doygunluk	%	42	81	57,430	31	98	54,560
Kum oranı	%	34	84	50,220	22	73	50,340
Silt oranı	%	6	30	21,970	13	35	22,210
Kil oranı	%	6	45	27,800	13	58	27,650
pH	-	7,15	9,69	7,924	7,1	8,62	8,075
EC	µmhos/cm	110	1479	178,183	101	971	177,356
Tuz	%	0,04	0,47	0,057	0,03	0,31	0,057
Kireç	%	0,35	27,59	3,943	0,04	55,33	5,975
Organik madde	%	0,83	4,76	2,505	0,22	4,33	1,849
Fosfor (Yarayışlı)	kg/da	0,71	55,61	9,981	0,25	36,76	8,908
Potasyum (Yarayışlı)	kg/da	17,83	131,56	39,054	16,12	111,78	34,240
Cd	mg/Kg	0,149	0,954	0,452	0,1783	0,721	0,423
Cr	mg/Kg	20,06	130,56	70,081	31,14	185,3	70,147
Cu	mg/Kg	18,72	145	54,146	20,53	135,2	49,490
Ni	mg/Kg	14,79	82,2	47,883	21,06	79,43	46,396
Pb	mg/Kg	6,959	61,256	26,380	6,826	81,133	26,945
Zn	mg/Kg	44,55	298,6	116,980	42,523	193,067	107,635

Sahil boyundan alınan numuneler belirli bölgeleri (Caddebostan, Suadiye, Küçükyalı, Dragos, Kartal, Pendik, Tuzla) temsil edecek şekilde alınmış olup her bir bölgenin analiz sonuç ortalamaları 0-20 cm derinlik için Tablo 4.2 de ,20-40 cm derinlik için Tablo 4.3 de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 : 0-20 cm derinlik numunelerinin bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları

0-20 cm derinlik	Bölgelere Göre Analiz Sonuç Ortalamaları						
	Cadde-bostan	Suadiye	Küçük-yalı	Dragos	Kartal	Pendik	Tuzla
Su İle Doygunluk	55	62	55	58	57	55	63
Kum oranı	48	46	49	53	51	51	47
Silt oranı	23	23	22	21	22	21	24
Kil oranı	29	31	29	26	27	28	29
pH	8,16	8,11	7,94	7,88	7,84	7,98	7,73
EC	197,2	154,0	157,0	176,9	208,1	164,3	188,4
Tuz	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06
Kireç	2,93	2,81	2,36	4,27	3,29	5,23	5,79
Organik madde	2,19	2,21	2,66	3,02	2,16	1,87	2,98
Fosfor (Yarayışlı)	14,72	6,55	12,81	9,00	12,11	8,19	7,90
Potasyum(Yarayışlı)	47,03	32,15	39,53	37,27	43,45	34,33	44,70
Cd	0,3784	0,2635	0,3350	0,5037	0,6482	0,4266	0,3556
Cr	97,509	82,477	78,519	78,990	68,532	44,688	42,994
Cu	56,560	33,460	43,891	68,980	66,113	44,148	31,294
Ni	55,338	51,970	45,430	57,174	48,049	35,636	31,308
Pb	22,195	20,928	20,376	32,899	31,490	21,793	20,402
Zn	130,731	82,427	97,984	147,503	141,361	87,469	70,180

Bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları tablosundan; toprak yapısının (Su ile doygunluk, kum oranı, kil oranı, silt oranı) bütün sahil boyunca benzer özellik gösterdiği, pH değerlerinin ortalamanın üzerinde (bitki için elverişli ortalama) ve batıdan doğuya azalma gösterdiği, tuz miktarının az ve genelde aynı olduğu, kireç miktarlarının batıda 'kireçli' iken doğuya gidildikçe artarak 'orta kireçli' sınıfa geçtiği, organik madde miktarının 'orta' seviyede olduğu ve bölgelere göre değişim gösterdiği, fosfor miktarının 'yeter', 'fazla' ve 'çok fazla' seviyelerde olduğu, potasyum miktarının 'yeter' ve 'çok yüksek' seviyelerde olduğu gözükmemektedir. Ayrıca kadmiyum değerinin normal sınırlar içerisinde olduğu ve bölgelere göre değişim gösterdiği, Krom miktarının batıdan doğuya doğru bölgelerde azalma gösterdiği (Caddebostan ve Suadiye bölgesinde üst sınıra yaklaştığı), bakır miktarının normal değerler içerisinde ve bölgelere göre karışık bir değişim gösterdiği, kurşun miktarının aynı seviyelerde ve oldukça düşük değerler içerisinde olduğu, çinko miktarının sınır değerler içerisinde ve bölgeler arasındaki farklılık oranının fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.3 : 20-40 cm derinlik numunelerinin bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları

20-40 cm derinlik	Bölgelere Göre Analiz Sonuç Ortalamaları						
	Caddebostan	Suadiye	Küçükyalı	Dragos	Kartal	Pendik	Tuzla
Su İle Doygunluk	57	55	54	55	52	53	59
Kum oranı	47	51	51	51	54	49	45
Silt oranı	23	21	21	22	21	23	27
Kil oranı	30	28	28	27	25	28	29
pH	8,38	8,19	8,07	8,05	7,93	8,10	8,04
EC	202,1	152,6	163,0	178,1	184,4	189,3	161,7
Tuz	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05
Kireç	5,68	4,98	3,36	6,15	5,18	6,07	11,57
Organik madde	1,12	1,49	2,26	2,31	2,01	1,19	1,63
Fosfor (Yarayışlı)	8,70	4,28	12,89	7,71	14,25	6,03	7,18
Potasyum(Yarayışlı)	35,03	24,48	36,87	34,34	36,39	32,04	38,91
Cd	0,3271	0,2972	0,2786	0,4863	0,5496	0,4217	0,3674
Cr	87,935	86,325	79,699	77,042	73,440	45,873	41,098
Cu	26,868	33,633	46,715	64,027	55,431	44,871	35,446
Ni	54,621	44,547	45,625	54,329	46,185	37,525	31,644
Pb	18,664	16,811	13,693	38,751	27,835	24,740	24,704
Zn	87,486	81,505	95,760	142,758	109,690	92,181	70,212

Bölgelere göre analiz sonuç ortalamaları tablosundan; toprak yapısının (Su ile doymunluk, kum oranı, kil oranı, silt oranı) bütün sahil boyunca benzer özellik gösterdiği, pH değerlerinin ortalamanın üzerinde (bitki için elverişli ortalama) ve batıdan doğuya azalma gösterdiği, tuz miktarının az ve genelde aynı olduğu, kireç miktarlarının batıda 'kireçli' iken doğuya gidildikçe artarak 'orta kireçli' sınıfa geçtiği, organik madde miktarının 'az' ve 'orta' seviyede olduğu ve bölgelere göre değişim gösterdiği, fosfor miktarının 'yeter', 'fazla' ve 'çok fazla' seviyelerde olduğu, potasyum miktarının 'yeter' seviyede olduğu gözükmektedir. Ayrıca kadmiyum değerinin normal sınırlar içerisinde olduğu ve bölgelere göre değişim gösterdiği, Krom miktarının batıdan doğuya doğru bölgelerde azalma gösterdiği, bakır miktarının normal değerler içerisinde ve bölgelere göre karışık bir değişim gösterdiği, kurşun miktarının aynı seviyelerde ve oldukça düşük değerler içerisinde olduğu, çinko miktarının sınır değerler içerisinde ve bölgeler arasındaki farklılık oranının fazla olduğu gözlemlenmiştir.

4.2 TOPRAK KALİTESİ ANALİZ DEĞERLERİ

4.2.1 Toprağın bünye yapısı analizleri

Toprak kalitesi kapsamında yapılan analizlerde toprağın bünyesini belirleyen Su tutma kapasitesi, kum oranı, kil oranı, silt oranı değerlerinin toprak türüne göre ortalama değerleri Tablo 4.4 (0-20 cm) ve Tablo 4.5 (20-40 cm) de gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Toprak bünye yapısı değerleri 0-20

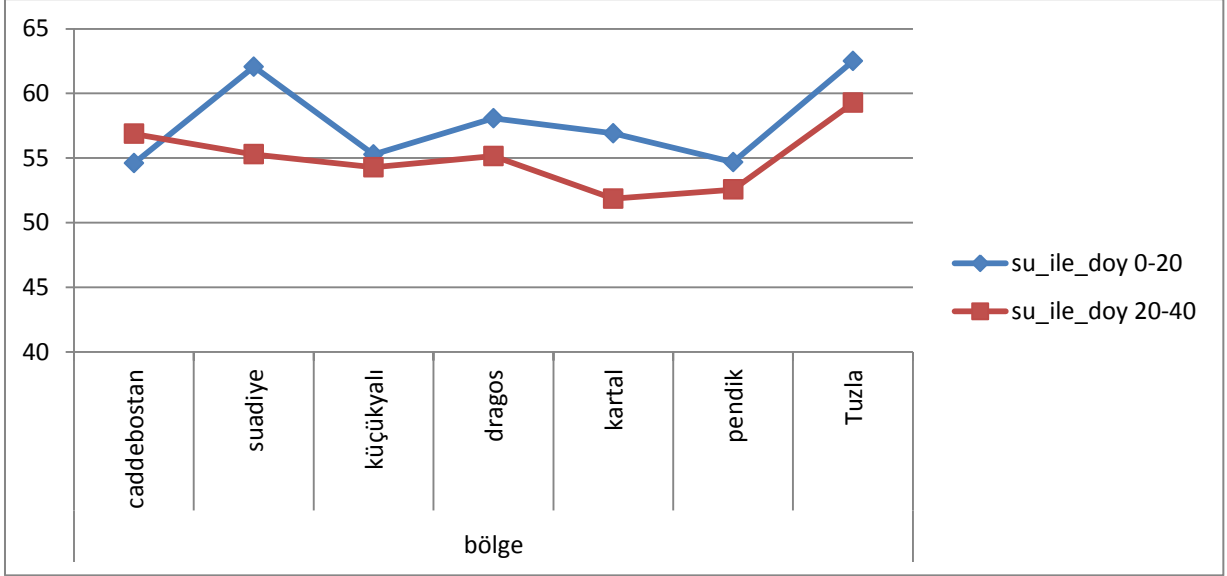
0-20 cm	tür					
	C (Kil)	CL (Killi Tın)	L (Tın)	SCL (Kumlu Killi Tın)	SL (Siltli Tın)	LS (Tınlı Kum)
	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Su İle Doygunluk	79	65	65	56	52	47
kum	35	41	46	51	61	84
silt	22	25	22	22	19	10
kil	43	33	32	27	20	7

Tablo 4.5: Toprak bünye yapısı değerleri 20-40

20-40 cm	tür				
	C (Kil)	CL (Killi Tın)	L (Tın)	SCL (Kumlu Killi Tın)	SL (Siltli Tın)
	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Su İle Doygunluk	68	63	56	54	45
kum	33	41	44	51	64
silt	24	26	28	22	19
kil	43	33	29	27	17

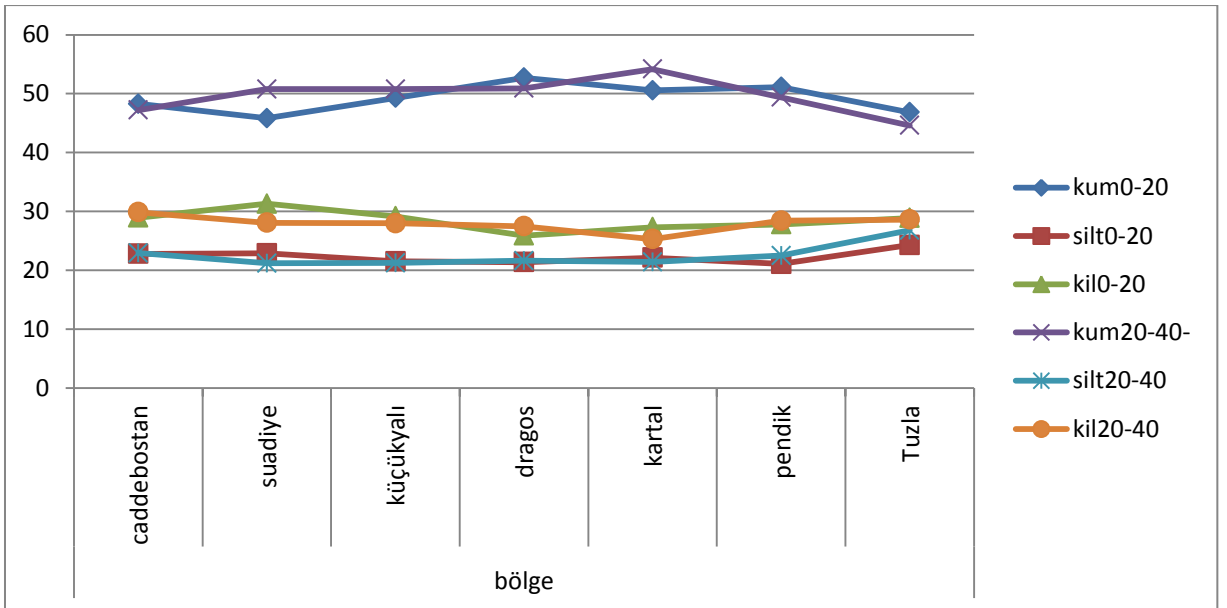
Toprağın bünye yapısı, su tutma kapasitesi ve Bouyoucos hidrometre yöntemiyle yapılan bünye analiziyle belirlenir. Su ile doygunluk yüzdelerini bölgelere göre değişimini gösteren grafik Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Toprağın kum, kil ve silt oranlarının bölgelere göre değişimini gösteren grafik Şekil 4.2 'de gösterilmiştir.

Şekil 4.1: Su tutma kapasitesi yüzdelерinin bölgelere göre dağılımı



Su tutma kapasitesinin yüzey topraklarında daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Su tutma kapasitesinin fazla oluşu toprağın killi bir yapıda olduğunun göstergesidir, bu sonuçla Suadiye ve Tuzla bölgelerinin daha killi bir yapıda olduğu görülmektedir. Şekil 4.2’de Su tutma kapasitesi ve Bünye analizlerinin paralellik gösterdiği görülmüştür. Toprakların bünye sınıfı % 90 üzerinde kumlu killi tın (SCL) sınıfındadır, Bu da toprağın kalitesini artırmaktadır.

Şekil 4.2: Kum, Kil ve Silt Oranlarının Bölgelere Göre Değişimi



4.2.2 Toprağın pH analizleri

Toprak örneklerinin pH değerleri Tablo 4.6’de Alpaslan ve ark. (1988)’e göre değerlendirilmiştir. pH değerlerinin bölgelere göre değişimini gösteren grafik Şekil 4.3’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması

pH Değeri	Değerlendirme
< 4,5	Kuvvetli Asit
4,5 – 5,5	Orta Asit
5,5 – 6,5	Hafif Asit
6,5 – 7,5	Nötr
7,5 – 8,5	Hafif Alkali
> 8,5	Kuvvetli Alkali

(Alpaslan ve ark. 1988)

Toprağın pH sınıflarına göre Elektriksel İletkenlik (EC) ($\mu\text{mhos/cm}$) , % Tuz, %Kireç, % Organik madde, Yarayışlı Fosfor (Kg/Da), Yarayışlı Potasyum (Kg/Da) değerleri ortalamaları Tablo 4.7 (0-20) ve Tablo 4.8 (20-40) de verilmiştir.

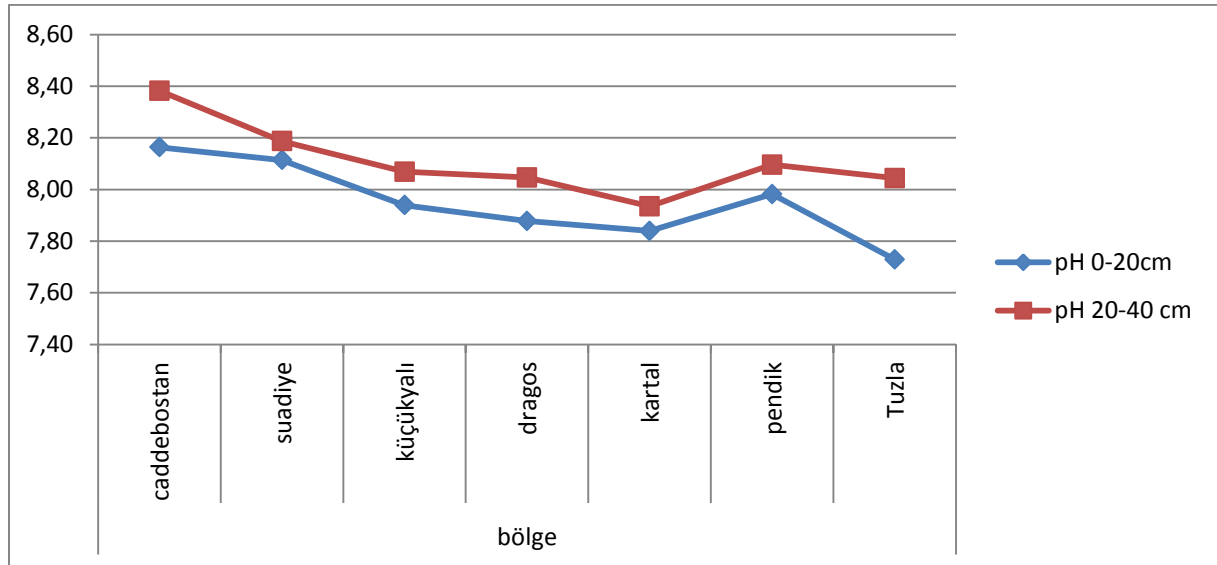
Tablo 4.7: pH değerlerinin toprak kalitesi analizleriyle değişimi (0-20cm)

0-20 cm	pH sınıflaması					
	kuvvetli asit	Orta derece asit	Hafif asit	nötr	hafif alkali	kuvvetli alkali
	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EC	-	-	-	174,8	176,3	305,0
tuz	-	-	-	,06	,06	,10
kireç	-	-	-	2,65	3,97	3,89
org.madde	-	-	-	3,12	2,49	2,46
fosfor	-	-	-	15,86	9,82	12,36
potasyum	-	-	-	51,21	38,80	39,35

Tablo 4.8: pH değerlerinin toprak kalitesi analizleriyle değişimi (20-40cm)

20-40 cm	pH sınıflaması					
	kuvvetli asit	Orta derece asit	Hafif asit	nötr	hafif alkali	kuvvetli alkali
	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
EC	-	-	-	153,0	176,9	205,8
tuz	-	-	-	,05	,06	,07
kireç	-	-	-	4,10	5,95	7,78
org.madde	-	-	-	2,43	1,87	,85
fosfor	-	-	-	11,82	9,01	3,74
potasyum	-	-	-	35,91	34,42	26,66

Şekil 4.3: pH değerlerinin bölgelere göre değişimini



4.2.3 Toprağın % tuz analizleri

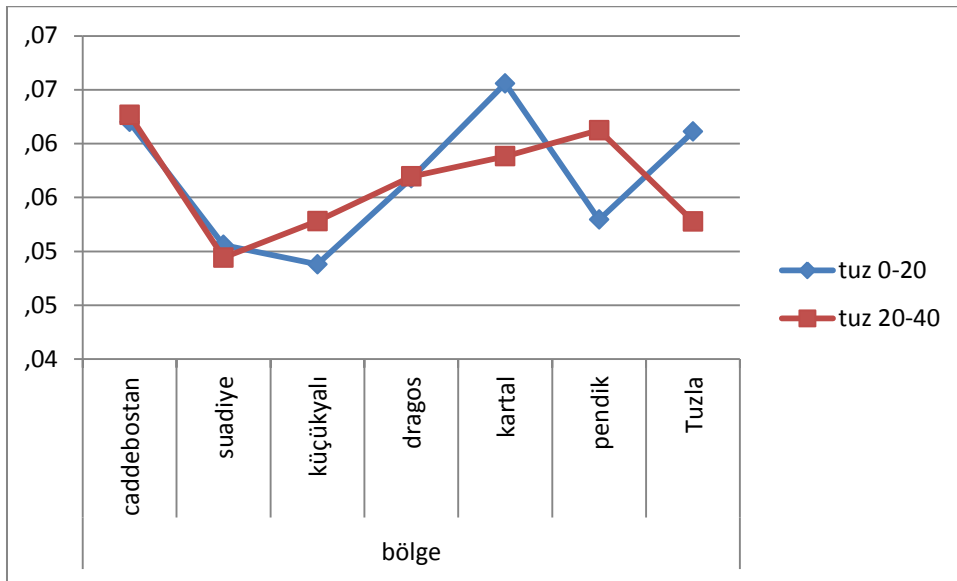
Analizi yapılan toprakların tamamına yakını tuzsuz bulunmuştur. Toprağın % tuz değerlerinin bölgelere ve derinlik profillerine göre değişimi Şekil 4.4 de gösterilmiştir. Bölgelere göre tuz miktarlarının çok fazla değişmediği ve toprakların tuzsuz sınıfa girdikleri görülmektedir. Tablo 4.9’da toprakların toplam tuz değerlerinin sınıflandırılması gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Toprakların toplam tuz değerlerinin sınıflandırılması

Toplam Tuz, %	değerlendirme
0 – 0,15	tuzsuz
0,15 – 0,35	hafif tuzlu
0,35 – 0,65	tuzlu
> 0,65	çok tuzlu

(Richards 1954)

Şekil 4.4: Toprağın % tuz miktarlarının bölgelere göre değişimi



4.2.4 Toprakların kireç analizleri

Toprakların Kireç Sınıflaması Tablo 4.10'da gösterilmiştir. 0-20 ve 20-40 cm derinlik profilleri için kireç sınıflamalarına göre dağılım Tablo 4.11 de gösterilmiştir.

Tablo 4.10: Toprakların kireç içeriklerinin sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1988)

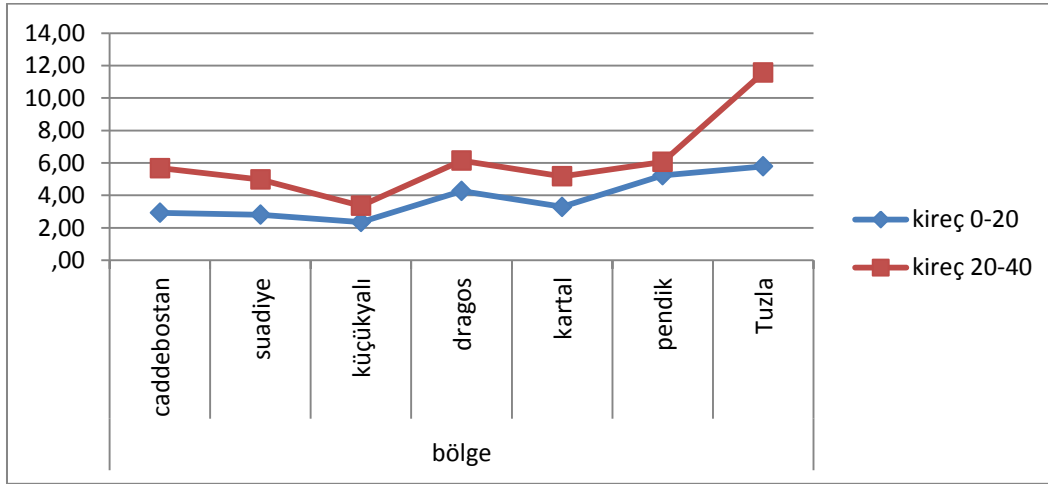
Kireç %	Değerlendirme
0 – 1	Az Kireçli
1 – 5	Kireçli
5 – 15	Orta Kireçli
15 – 25	Fazla Kireçli
> 25	Çok Fazla Kireçli

Tablo 4.11: Derinlik profilleri için kireç sınıflamalarının dağılımı

	Kireç sınıflaması									
	az kireçli		kireçli		orta kireçli		fazla kireçli		çok fazla kireçli	
	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%
0-20 cm	10	5,00%	143	70,80%	44	21,80%	4	2,00%	1	0,50%
20-40 cm	8	4,00%	111	55,00%	70	34,70%	11	5,40%	2	1,00%

Toprak örneklerinin kireç içerikleri 0-20 cm derinlik profili için % 0,35 ile % 27,59 arasında, 20-40 cm derinlik profili için % 0,04 ile % 55,33 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre toprakların 0-20 cm derinlik profilinde % 70,8 kireçli, %21,8 orta kireçli 20-40 cm derinlik profilinde %55 kireçli, %34,7 orta kireçli olarak görülmektedir. Araştırma alanı topraklarının çoğunluğu kireç içerikleri bakımından “kireçli-orta kireçli” grubuna girmektedir. Şekil 4.5 de kireç oranlarının bölgelere göre dağılımı gözükmektedir.

Şekil 4.5: Kireç oranlarının bölgelere göre dağılımı



4.2.5 Organik Madde analizleri

Toprakların Organik madde sınıflaması Tablo 4.12’de gösterilmektedir. 0-20 ve 20-40 cm derinlik profilleri için organik madde sınıflamalarına göre dağılım Tablo 4.13 de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Toprakların organik madde içeriklerinin sınıflandırılması

Organik Madde, %	Değerlendirme
0 – 1	Çok Az
1 – 2	Az
2 – 3	Orta
3 – 4	İyi
> 4	Yüksek

(Alpaslan ve ark. 1988)

Tablo 4.13: Derinlik profilleri için organik madde sınıflamalarının dağılımı

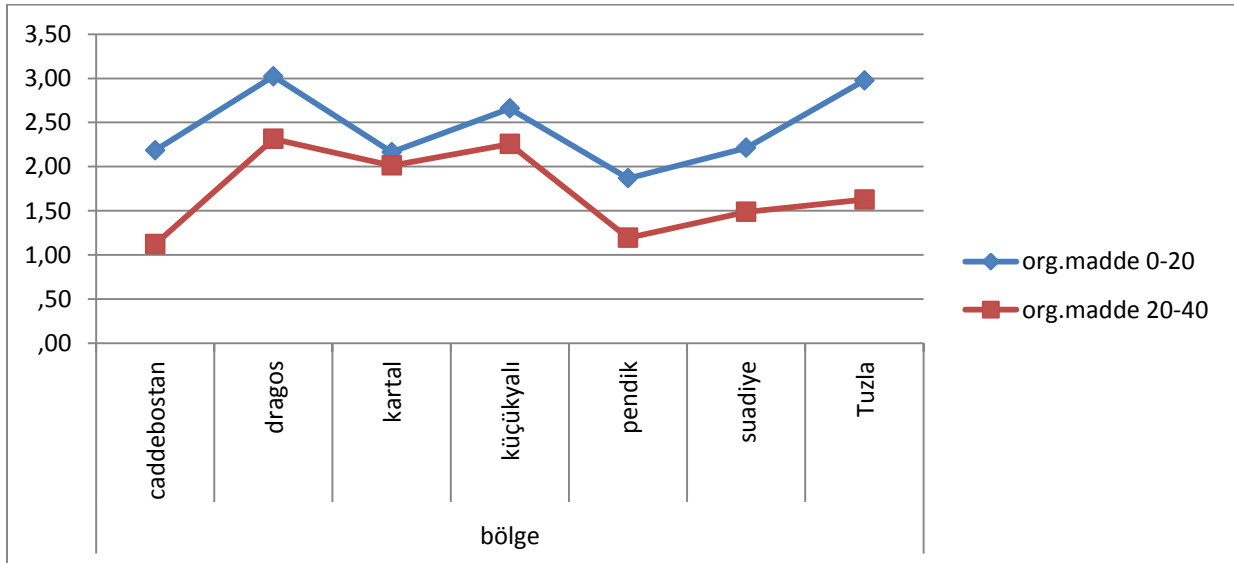
	Organik madde sınıflaması									
	çok az		az		orta		iyi		yüksek	
	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%
0-20 cm	4	2,00	61	30,20	75	37,10	52	25,70	10	5,00
20-40 cm	26	12,90	107	53,00	52	25,70	15	7,40	2	1,00

Toprak örneklerinin organik madde miktarları 0-20 cm derinlik profili için % 0,83 ile % 4,76 arasında, 20-40 cm derinlik profili için % 0,22 ile % 4,33 arasında değişmektedir. Bu içeriklere göre toprakların 0-20 cm derinlik profilinde % 30,20'sinde organik madde miktarı “az” ve % 37,10'unda ise organik madde miktarı düzeyde, 20-40 cm derinlik profilinde ise % 53 “az” ve % 25,70 inde ise “orta” düzeydedir. Bu veriler ışığında yapılan değerlendirme de, sahil boyunca Toprakların Organik madde miktarlarının yeter düzeyi toplamda %67,80 dir. Tablo 4.14’de bütün sahil topraklarının Organik madde sınıflaması, Şekil 4.6 da ise bölgelere ve derinlik profillerine göre organik madde içerikleri gösterilmektedir.

Tablo 4.14 Sahil topraklarının organik madde sınıflaması

	Organik madde sınıflama				
	çok az	az	orta	iyi	yüksek
0-20	2,00%	30,20%	37,10%	25,70%	5,00%
20-40	12,90%	53,00%	25,70%	7,40%	1,00%

Şekil 4.6 Bölgelere göre organik madde içerikleri



4.2.6 Yarayışlı Fosfor analizleri

Toprakların Fosfor sınıflaması Tablo 4.15’de gösterilmektedir. 0-20 ve 20-40 cm derinlik profilleri için Fosfor sınıflamalarına göre dağılım Tablo 4.16 de gösterilmiştir

Tablo 4.15 Toprakların yararışlı Fosfor bakımından sınıflandırılması

Yarayışlı Fosfor , kg/da	Değerlendirme
0-3	Çok Az
3-6	Az
6-9	Yeterli
9-12	Fazla
> 12	Çok Fazla

(FAO 1990)

Tablo 4.16: Derinlik profilleri için fosfor sınıflamalarının dağılımı

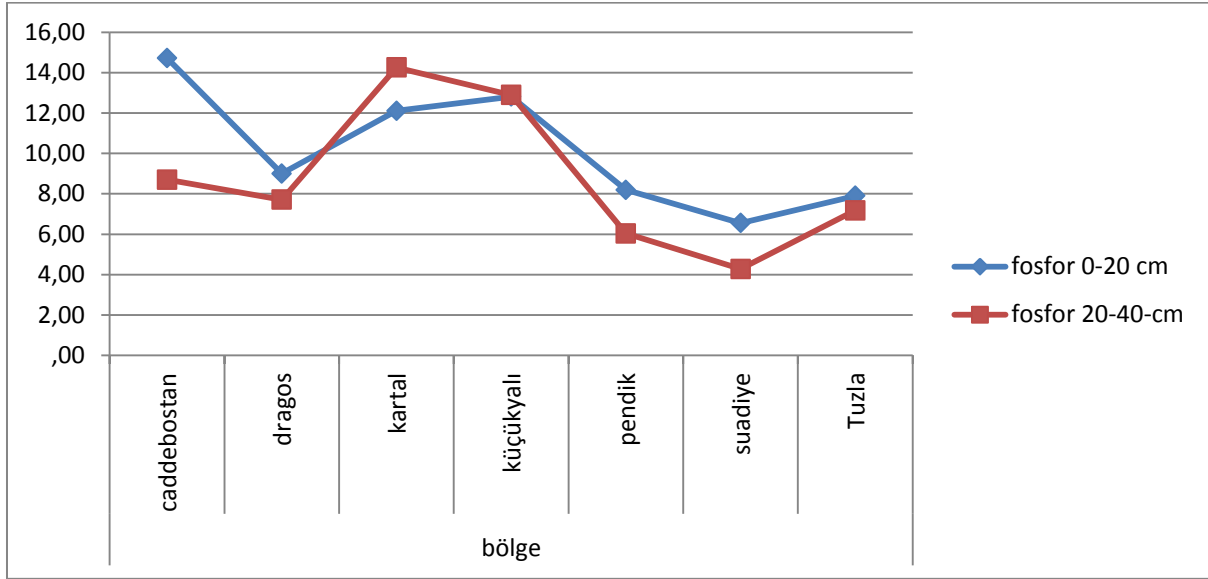
	Fosfor sınıflaması									
	çok az		az		orta		yüksek		çok yüksek	
	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%
0-20 cm	23	11,40	33	16,30	47	23,30	39	19,30	60	29,70
20-40 cm	22	10,90	53	26,20	55	27,20	31	15,30	41	20,30

Toprak örneklerinin bitkilere yararışlı Fosfor miktarları 0-20 cm derinlik profilinde 0,71 kg/da ile 55,61kg/da arasında, 20-40 cm derinlik profilinde 0,25 kg/da ile 36,76 kg/da arasında değişmektedir. Tablo 5.6 ya göre yapılan değerlendirmeye göre toprakların 0-20 cm derinlik için % 27,70 lik kısmı 'çok az ve az' %72,30 luk kısmı 'orta ve yüksek' düzeyde, 20-40 cm derinlik profili için ise % 37,10 luk kısmı 'çok az ve az' %62,9 luk kısmı 'orta ve yüksek' düzeydedir. Tablo 4.17'de Yarayışlı Fosfor analizlerinin sınıflara göre dağılımı, Şekil 5.7 de ise bölgelere göre dağılımları gösterilmektedir.

Tablo 4.17: Yarayışlı Fosfor analizlerinin sınıflara göre dağılımı

	fosfor sınıflama				
	çok az	az	orta	yüksek	çok yüksek
0-20 cm	11,40%	16,30%	23,30%	19,30%	29,70%
20-40 cm	10,90%	26,20%	27,20%	15,30%	20,30%

Şekil 4.7 Yarayışlı Fosfor değerlerinin bölgelere göre dağılımı



4.2.7 Yarayışlı Potasyum

Toprakların Potasyum sınıflaması Tablo 4.18’de gösterilmektedir. 0-20 ve 20-40 cm derinlik profilleri için Potasyum sınıflamalarına göre dağılım Tablo 4.19 de gösterilmiştir

Tablo 4.18: Toprakların yarayışlı potasyum bakımından sınıflandırılması

Potasyum kg/da	Değerlendirme
0-20	Az
20-30	Orta
30-40	Yeter
>40	Fazla

(Alpaslan ve ark. 1998)

Tablo 4.19: Derinlik profilleri için potasyum sınıflamalarının dağılımı

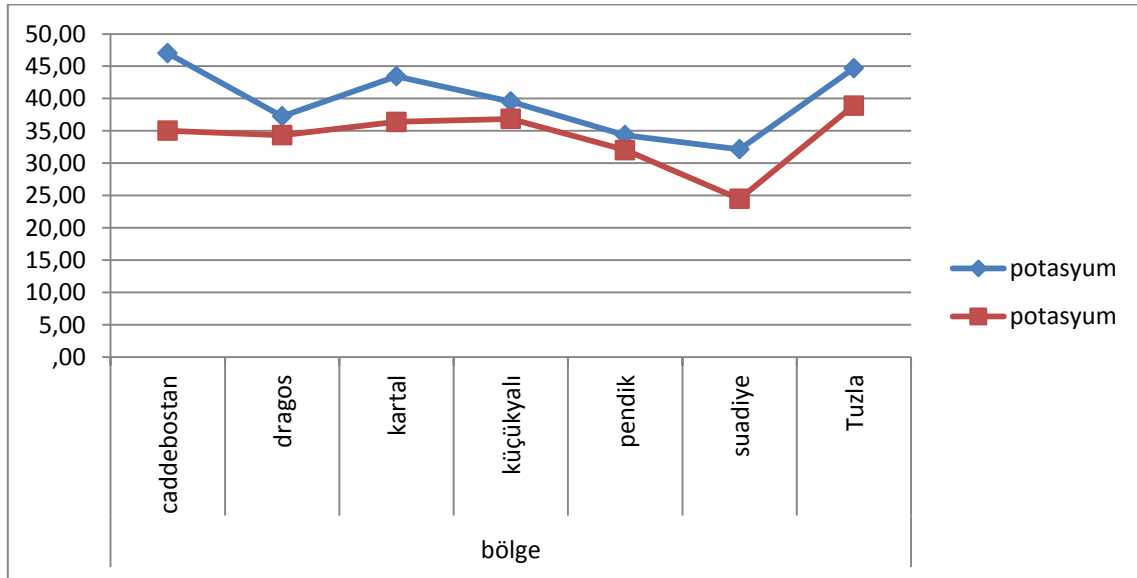
	Potasyum sınıflaması							
	az		orta		yeter		fazla	
	Count	%	Count	%	Count	%	Count	%
0-20 cm	7	3,50	38	18,80	79	39,10	78	38,60
20-40 cm	11	5,40	64	31,70	85	42,10	42	20,80

Toprakların yarıyıllı Potasyum miktarları 0-20 cm derinlik profilleri için 17,83kg/da ile 131,56 arasında, 20-40 cm derinlik profilinde ise 16,12 ile 111,78 arasında değişmektedir. Buna göre toprakların yarıyıllı potasyum miktarları 0-20 cm derinlik profili için % 22,30 ‘az ve orta’ % 77,7 si ise ‘yeter ve fazla’ seviyede, 20-40 cm derinlik profili için % 37,10 ‘az ve orta’ seviyede, % 62,90 ‘ı ise ‘yeter ve fazla’ seviyededir. Tablo 4.20’de Potasyumun sınıflama değerleri ve Şekil 4.8 de ise bölgelere göre yarıyıllı potasyum değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.20: Potasyumun sınıflama değerleri

	Potasyum sınıflama			
	az	orta	yeter	fazla
0-20 cm	3,50%	18,80%	39,10%	38,60%
20-40 cm	5,40%	31,70%	42,10%	20,80%

Şekil 4.8 Potasyum değerlerinin bölgelere göre dağılımı



4.3 TOPRAĞIN AĞIR METAL ANALİZ DEĞERLERİ

Toprak kirliliği kapsamında yapılan Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ağır metal analizlerinin 0-20 cm derinlik profili Tablo 4.21 ve 20-40 cm derinlik profili Tablo 4.22 de gösterilmiştir.

Tablo 4.21: Ağır metal analizlerinin 0-20 cm derinlik profili ortalamaları

0-20	Ortalama	Maximum	Minimum	Median	Range	Standard Deviation
Cd	0,452	0,954	0,149	0,431	0,805	0,177
Cr	70,081	130,560	20,060	72,750	110,500	20,514
Cu	54,146	145,000	18,720	47,850	126,280	23,109
Ni	47,883	82,200	14,790	47,505	67,410	12,936
Pb	26,380	61,256	6,959	24,170	54,297	10,927
Zn	116,980	298,600	44,550	109,536	254,050	44,313

Tablo 4.22: Ağır metal analizlerinin 20-40 cm derinlik profili ortalamaları

20-40	Mean	Maximum	Minimum	Median	Range	Standard Deviation
Cd	0,423	0,721	0,178	0,408	0,543	0,136
Cr	70,147	185,300	31,140	71,400	154,160	23,971
Cu	49,490	135,200	20,530	45,360	114,670	19,887
Ni	46,396	79,430	21,060	46,956	58,370	11,892
Pb	26,945	81,133	6,826	24,950	74,307	14,189
Zn	107,635	193,067	42,523	107,198	150,544	33,362

Bölgelere göre Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ağır metal analiz ortalama değerleri tablo 4.23 de gösterilmiştir.

Tablo 4.23: Bölgelere göre ortalama ağır metal değerleri

		Bölgelere göre ortalama değerler						
		Caddebostan	Dragos	Kartal	Küçükyalı	Pendik	Suadiye	Tuzla
Cd	0-20 cm	0,378	0,504	0,648	0,335	0,427	0,264	0,356
	20-40 cm	0,327	0,486	0,550	0,279	0,422	0,297	0,367
Cr	0-20 cm	97,509	78,990	68,532	78,519	44,688	82,477	42,994
	20-40 cm	87,935	77,042	73,440	79,699	45,873	86,325	41,098
Cu	0-20 cm	56,560	68,980	66,113	43,891	44,148	33,460	31,294
	20-40 cm	26,868	64,027	55,431	46,715	44,871	33,633	35,446
Ni	0-20 cm	55,338	57,174	48,049	45,430	35,636	51,970	31,308
	20-40 cm	54,621	54,329	46,185	45,625	37,525	44,547	31,644
Pb	0-20 cm	22,195	32,899	31,490	20,376	21,793	20,928	20,402
	20-40 cm	18,664	38,751	27,835	13,693	24,740	16,811	24,704
Zn	0-20 cm	130,731	147,503	141,361	97,984	87,469	82,427	70,180
	20-40 cm	87,486	142,758	109,690	95,760	92,181	81,505	70,212

Toprağın pH sınıflaması <4,5 için Kuvvetli asit, 4,6-5,5 için Orta Derece asit, 5,6-6,5 için Hafif Asit, 6,6-7,5 için Nötr, 7,6-8,5 için Hafif alkali, >8,5 için Kuvvetli alkali olmak üzere 6 sınıfta sınıflanmıştır. Bu sınıflara göre toprağın Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ağır metal analiz değerleri ortalamaları Tablo 4.24 de gösterilmiştir.

Tablo 4.24: pH sınıflamasına göre Ağır metal analiz ortalamaları

		pH sınıflaması					
		kuvvetli asit	Orta derece asit	Hafif asit	nötr	hafif alkali	kuvvetli alkali
		Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
Cd	0-20 cm	-	-	-	0,737	0,442	0,466
	20-40 cm	-	-	-	0,243	0,435	0,274
Cr	0-20 cm	-	-	-	61,005	70,210	79,968
	20-40 cm	-	-	-	69,045	69,046	87,487
Cu	0-20 cm	-	-	-	91,745	52,873	60,400
	20-40 cm	-	-	-	29,090	51,300	26,538
Ni	0-20 cm	-	-	-	54,695	47,559	54,945
	20-40 cm	-	-	-	43,914	46,043	52,492
Pb	0-20 cm	-	-	-	41,245	25,931	25,402
	20-40 cm	-	-	-	6,826	27,642	21,170
Zn	0-20 cm	-	-	-	209,750	113,963	124,524
	20-40 cm	-	-	-	74,191	109,486	87,301

Toprakların Organik madde sınıflaması %0-1 için Çok Az, %1-2 için Az, %2-3 için Orta, %3-4 için İyi, %4 ve üstü için ise Yüksek olmak üzere 5 sınıfta sınıflanmıştır. 0-20 ve 20-40 cm derinlik profilleri için organik madde sınıflamalarına göre toprağın Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ağır metal analiz değerleri ortalamaları Tablo 4.25 de gösterilmiştir.

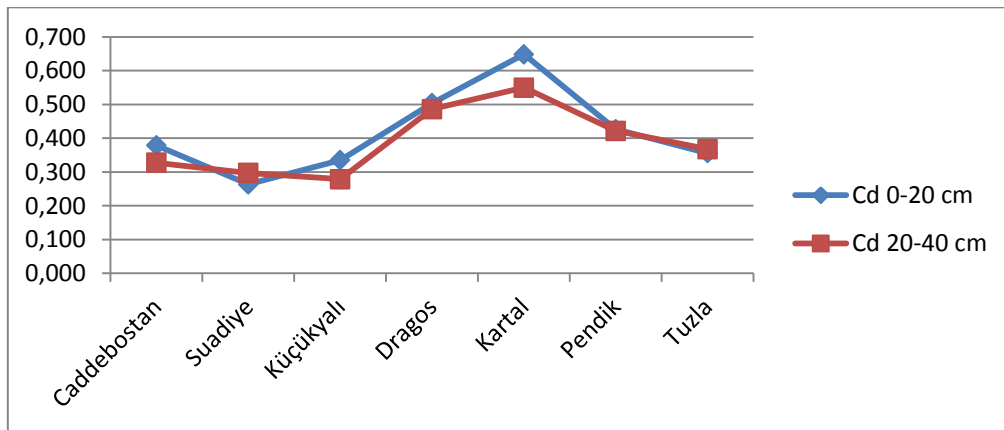
Tablo 4.25: Organik madde sınıflamasına göre ağır metal analiz ortalamaları

		Organik madde sınıflaması				
		çok az	az	orta	iyi	yüksek
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Cd	0-20 cm	-	0,422	0,507	0,423	-
	20-40 cm	0,310	0,440	0,448	0,378	0,590
Cr	0-20 cm	-	64,648	75,819	70,597	-
	20-40 cm	69,794	69,214	74,095	67,515	69,840
Cu	0-20 cm	-	46,967	60,910	55,873	-
	20-40 cm	31,263	51,632	53,796	45,098	89,450
Ni	0-20 cm	-	45,634	50,663	47,578	-
	20-40 cm	45,546	45,760	48,742	44,695	55,787
Pb	0-20 cm	-	24,794	27,506	27,232	-
	20-40 cm	16,587	28,998	26,818	26,534	41,373
Zn	0-20 cm	-	107,718	124,736	120,447	-
	20-40 cm	81,124	106,873	122,672	108,805	176,533

4.3.1 Kadmiyum analizleri

Kadmiyum analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

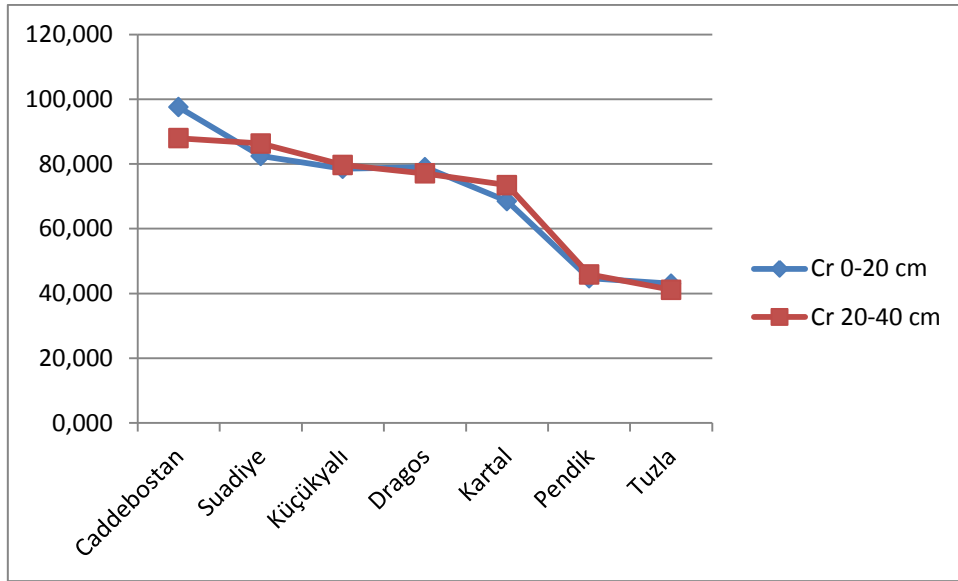
Şekil: 4.9 Kadmiyum analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



4.3.2 Krom analizleri

Krom analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

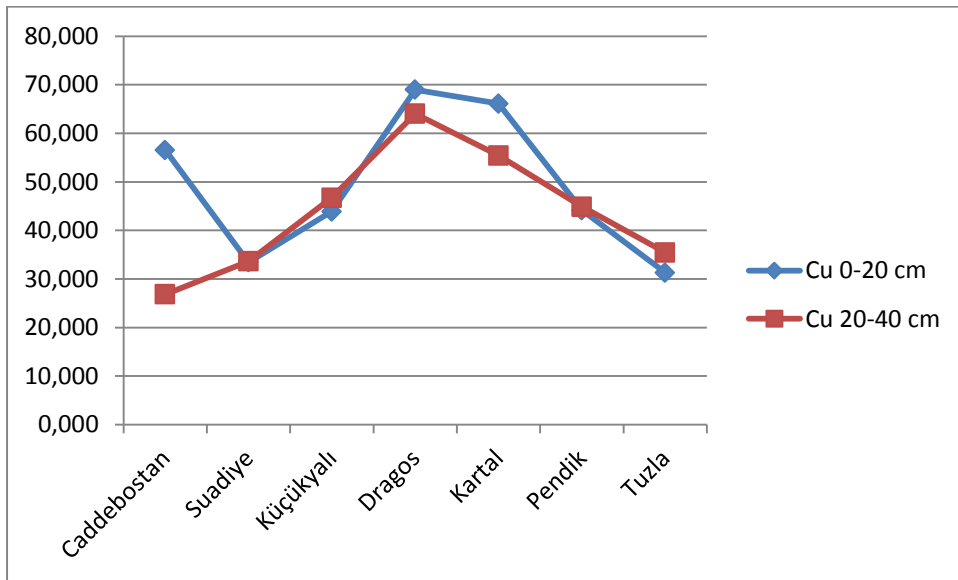
Şekil: 4.10 Krom analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



4.3.3 Bakır analizleri

Bakır analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.11’de gösterilmiştir

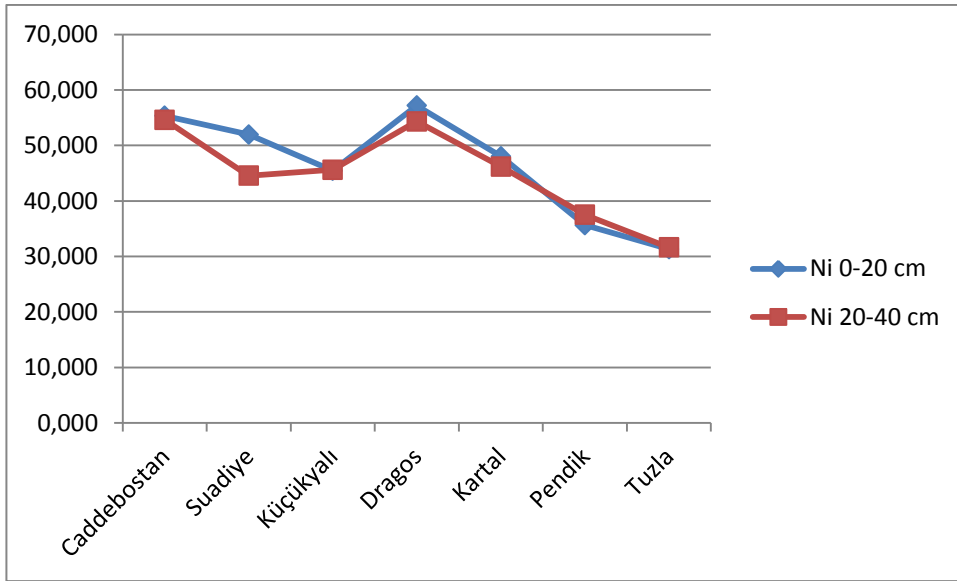
Şekil 4.11 Bakır analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



4.3.4 Nikel analizleri

Nikel analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.12’de gösterilmiştir

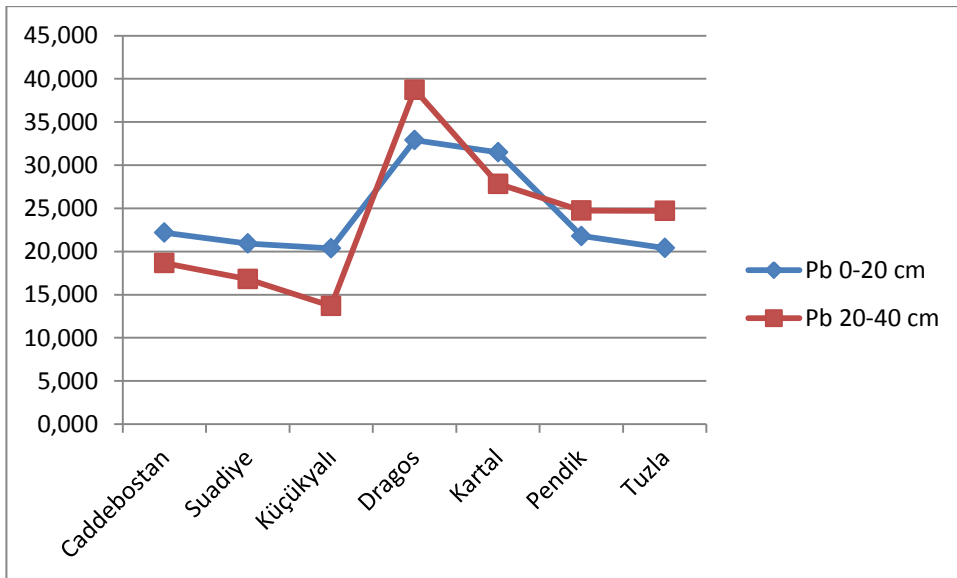
Şekil 4.12: Nikel analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



4.3.5 Kurşun analizleri

Kurşun analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.13’da gösterilmiştir.

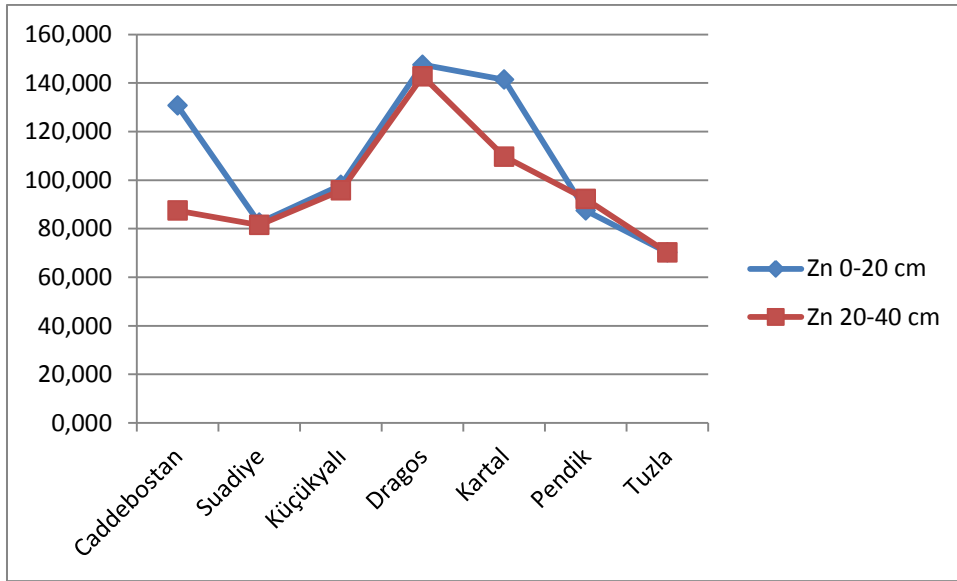
Şekil 4.13 Kurşun analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



4.3.6 Çinko analizleri

Kurşun analizlerinin derinlik profilleri ve bölgelere göre dağılımı Şekil 4.14’da gösterilmiştir.

Şekil 4.14 Çinko analiz sonuçlarının bölgelere göre dağılımı



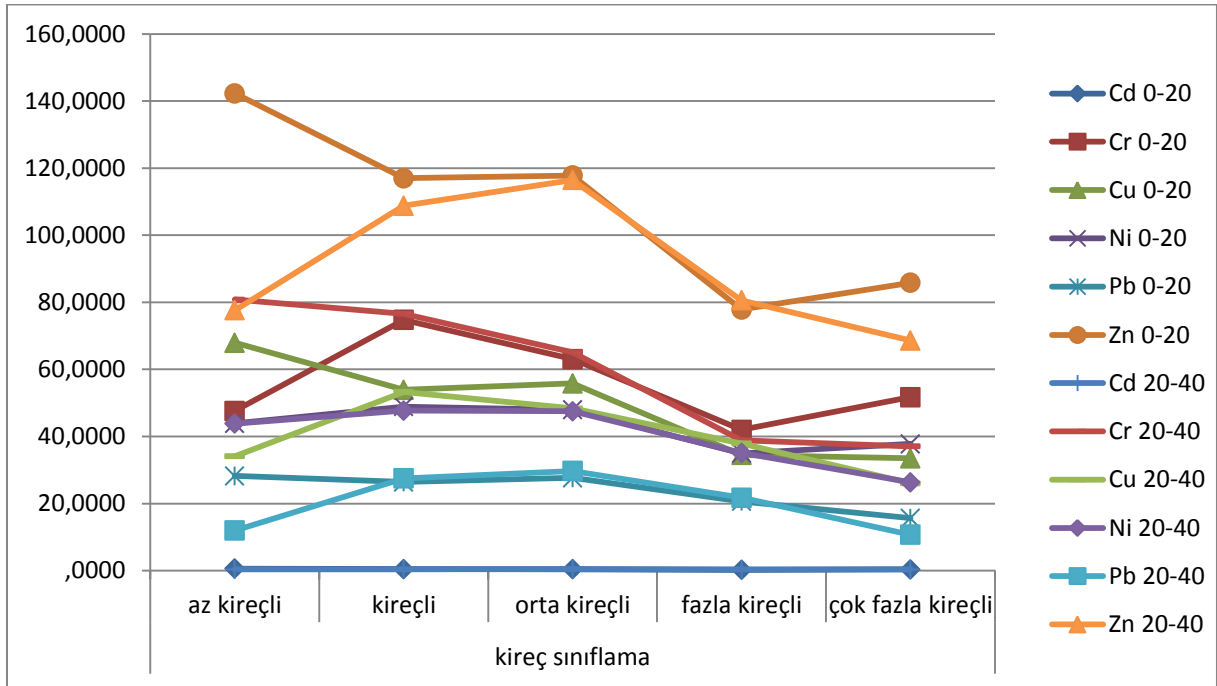
4.4 AĞIR METALLERİN TOPRAK KALİTESİ ANALİZ DEĞERLERİ İLE İLİŞKİSİ

Toprakların kireç miktarları ile ağır metal sonuçları arasındaki ilişki Tablo 4.26 ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Kireç oranı arttıkça ağır metal konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.26: Kireç sınıflarına göre ağır metal dağılımı

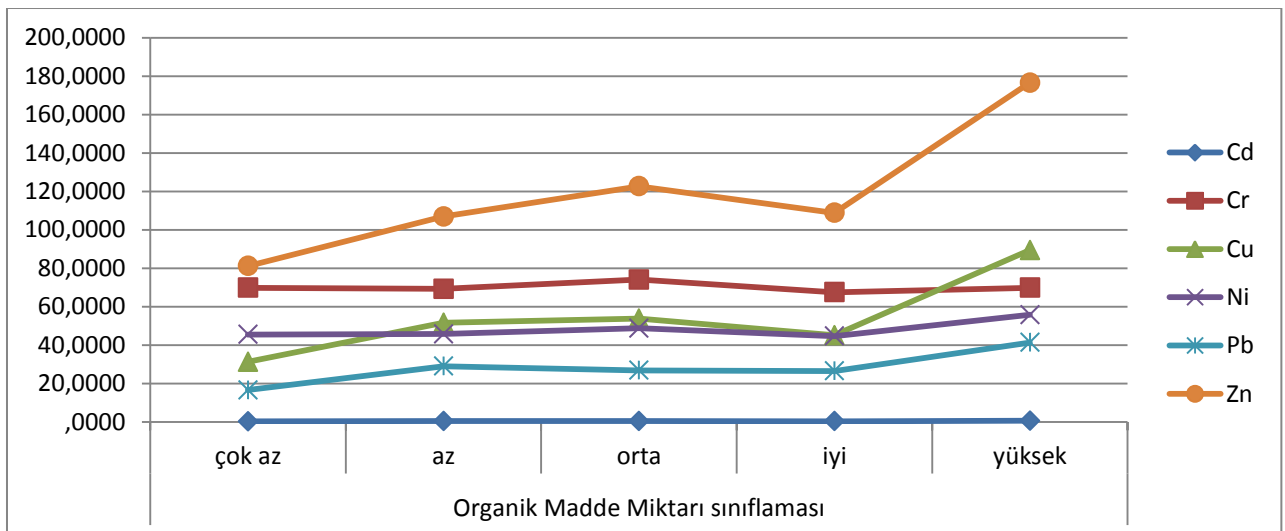
	Kireç sınıflaması				
	az kireçli	kireçli	orta kireçli	fazla kireçli	çok fazla kireçli
Cd 0-20	0,6138	0,4528	0,4286	0,2410	0,3900
Cr 0-20	47,610	74,769	63,088	41,965	51,730
Cu 0-20	67,938	53,906	55,830	34,465	33,490
Ni 0-20	43,895	48,907	47,946	34,975	37,800
Pb 0-20	28,228	26,419	27,663	20,665	15,640
Zn 0-20	142,268	116,983	117,787	77,880	85,830
Cd 20-40	0,3533	0,4199	0,4446	0,3858	0,3930
Cr 20-40	80,827	76,566	65,093	38,830	37,080
Cu 20-40	34,113	53,279	48,382	37,928	26,040
Ni 20-40	43,820	47,696	47,523	35,120	26,340
Pb 20-40	11,964	27,511	29,717	21,768	10,710
Zn 20-40	77,601	108,793	116,472	80,595	68,620

Şekil 4.15: Kireç oranı ile ağır metal ilişkisi



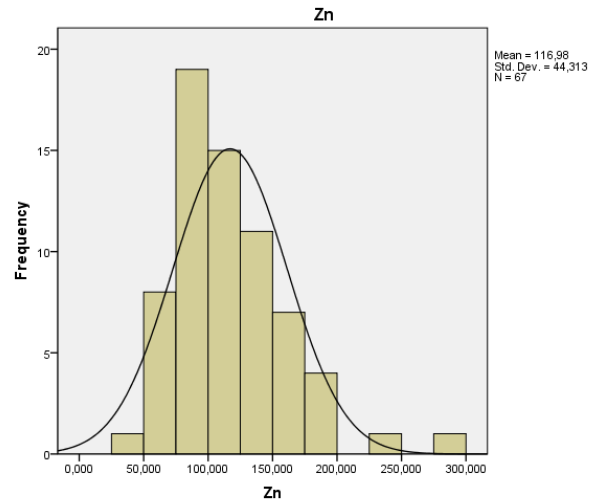
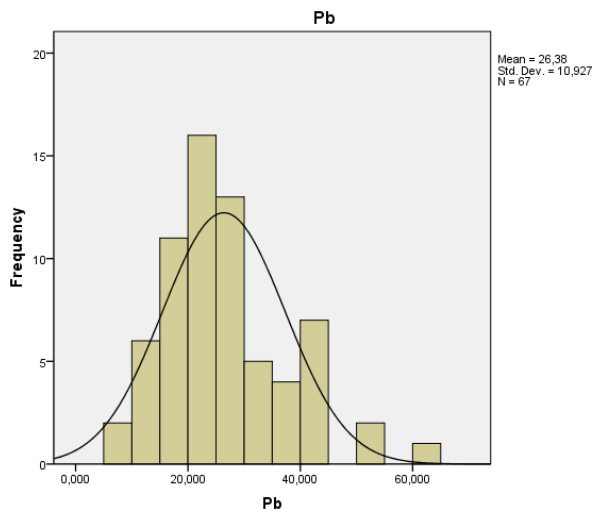
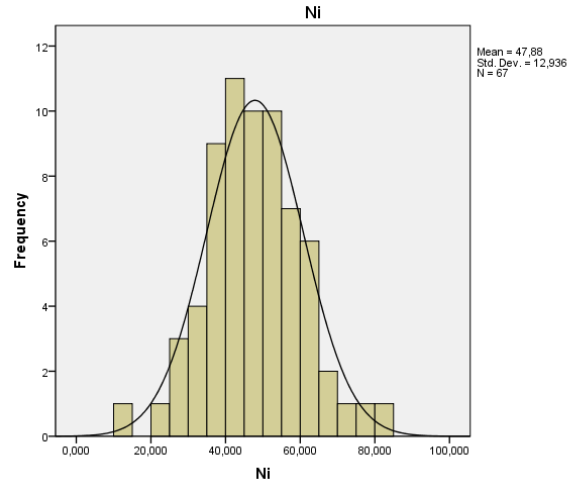
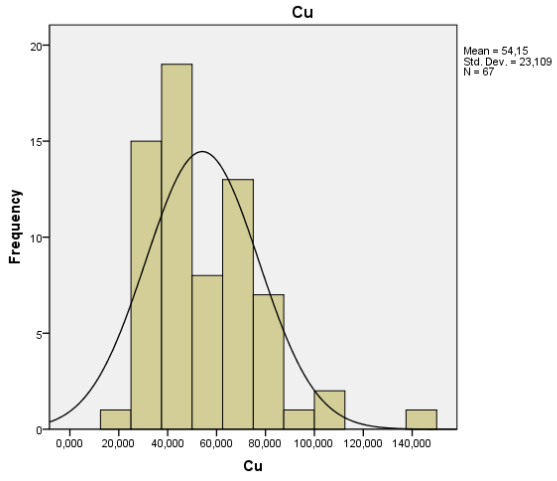
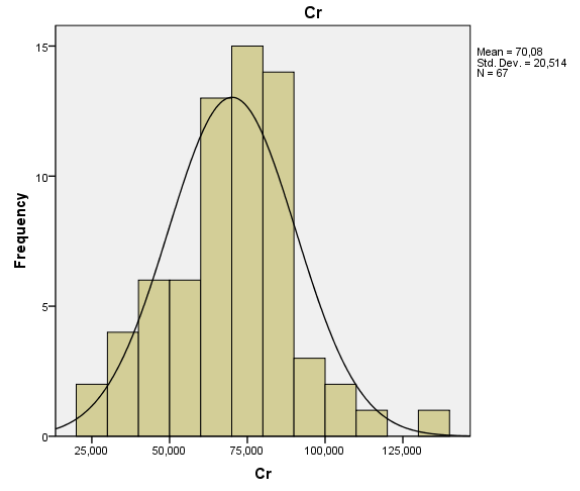
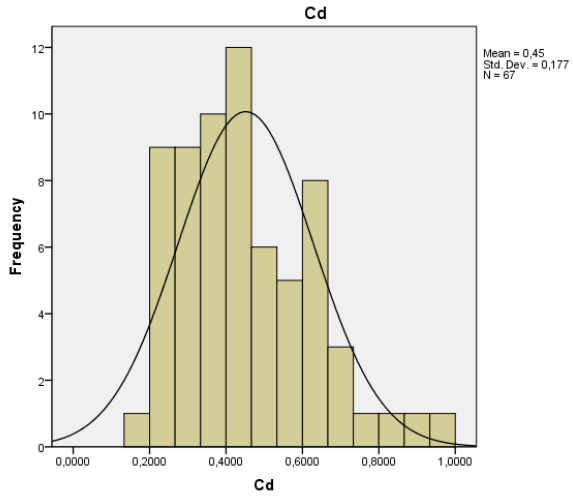
Şekil 4.16’de Toprakların organik madde içeriği ile ağır metal derişimi arasındaki ilişki gösterilmektedir. Toprakların organik madde içeriği arttıkça ağır metal derişimlerinde artmaktadır.

Şekil 4.16 Organik madde içeriği ile ağır metal derişimi ilişkisi

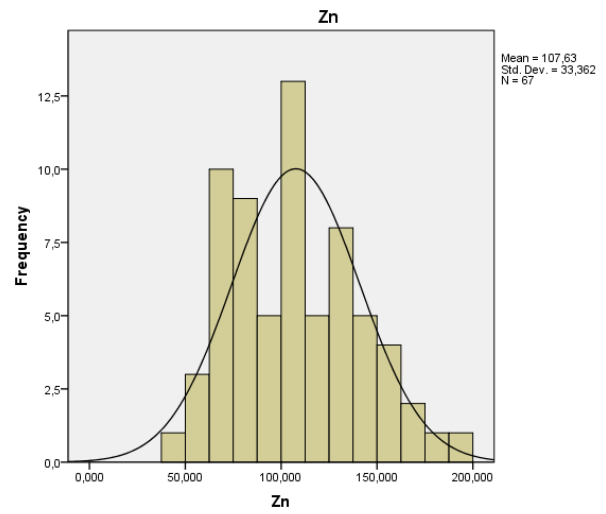
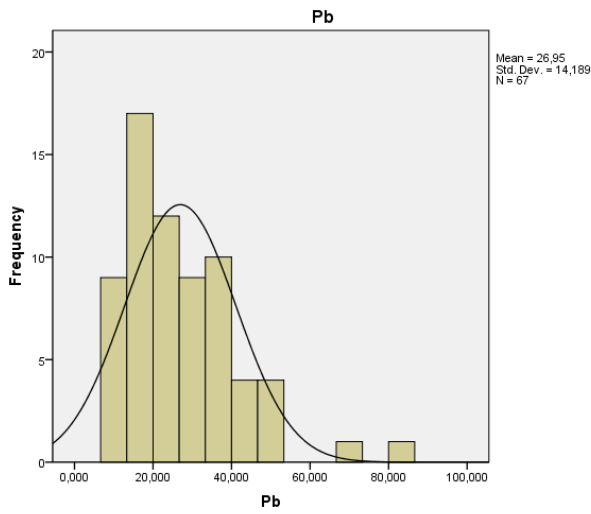
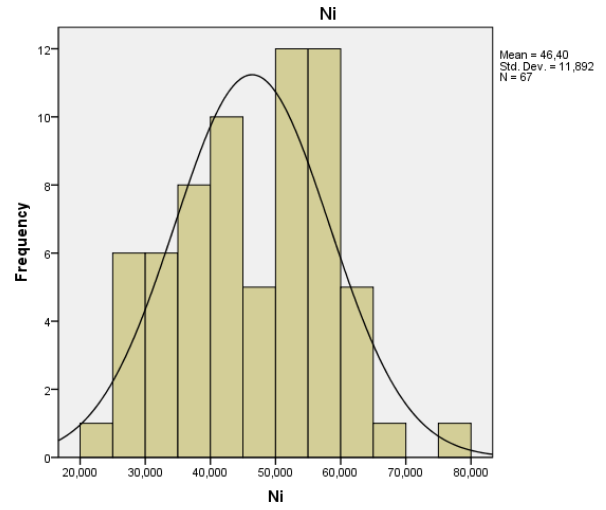
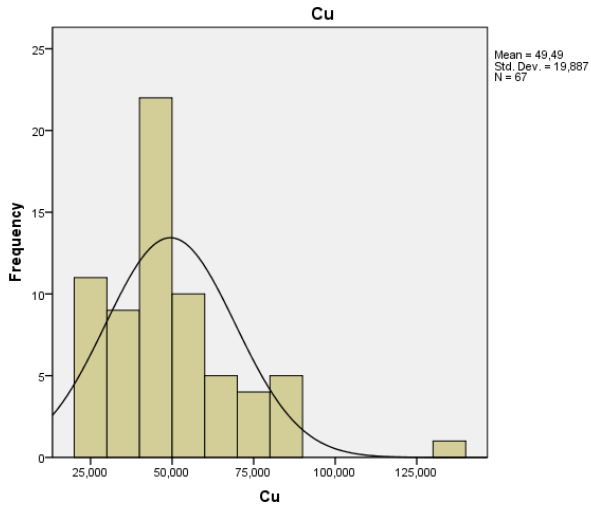
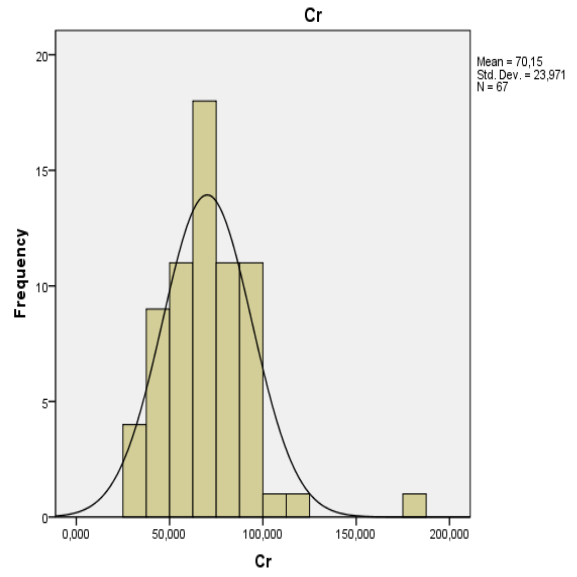
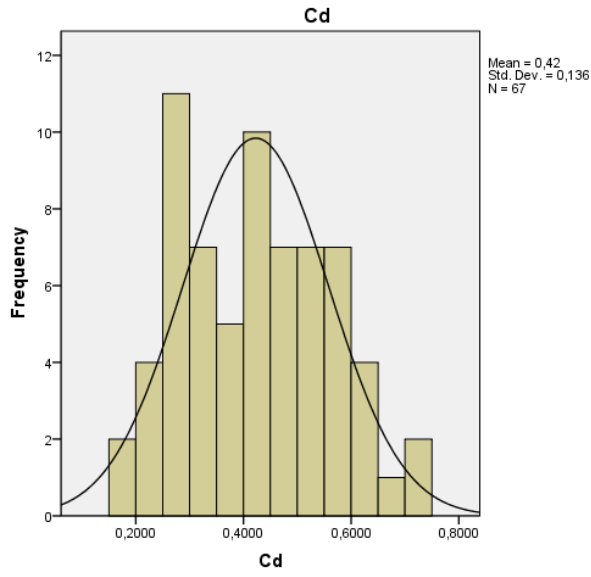


Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) analiz değerlerinin frekans dağılımları Şekil 4.17 (0-20 cm derinlik profili) ve Şekil 4.2 (20-40 cm derinlik profili) ‘de gösterilmektedir.

Şekil 4.17 0-20 cm derinlik profili için ağır metal değerlerinin frekans dağılımı



Şekil 4.18: 20-40 cm derinlik profili için ağır metal değerlerinin frekans dağılımı



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda belirlenmiş sahil boyundaki yeşil alanların toprak kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bunun için 202 ayrı noktadan toplam 404 adet toprak örneği alınmış, bu toprak örneklerine toprak kalitesini belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal analizler, toprak kirliliğini belirlemek amacıyla Kadmiyum, Krom, Bakır, Kurşun, Nikel ve Çinko analizleri yapılmıştır.

Yapılan bu ağır metal analizler neticesinde derinlik profilleri için bulunan alt ve üst değerler Tablo 5.1 Ağır Metallerin Alt ve üst sınır değerleri tablosunda gösterilmektedir.

Tablo 5.1 Ağır Metallerin Alt ve üst sınır değerleri

Ağır metal	0-20 cm (mg/Kg)		20-40 cm (mg/Kg)	
	Alt sınır değer	Üst sınır değer	Alt sınır değer	Üst sınır değer
Kadmiyum	0,149	0,954	0,178	0,721
Krom	20,060	130,560	31,140	185,300
Bakır	18,720	145,000	20,530	135,200
Nikel	14,790	82,200	21,060	79,430
Kurşun	6,959	61,256	6,826	81,133
Çinko	44,550	298,600	42,523	193,067

'Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre pH>6 için verilen sınır değerler ile Anadolu Yakası sahil şeridindeki ağır metal sonuçları kıyaslandığında; Krom analiz sonuçlarından 7 tanesi (4adet 0-20cm, 3 adet 20-40cm), bakır analiz sonuçlarından 1 tanesi (0-20 cm) ve nikel analiz sonuçlarından 3 tanesi (2 adet 0-20 cm, 1 adet 20-40 cm) 'Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin belirlemiş olduğu sınır değerler üzerinde çıkmıştır. Kadmiyum, kurşun ve çinko analiz sonuçlarından ise 'Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin belirlemiş olduğu sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

Elde edilen sonuçlardan, toprakların pH değerleri %96,5 oranında hafif alkali (pH aralığı 7,5-8,5) olduğu görülmektedir. 0-20 cm derinlik profili için pH değerleri caddebostan-8,16 , Suadiye-8,11 , Küçükyalı-7,94 , dragos-7,88 , kartal-7,84 , pendik-7,98 , tuzla-7,73 olmak

üzere batıdan doğuya doğru gidildikçe azalma göstermektedir. bölgesinden ‘tuzla’ bölgesine gittikçe düşüş göstermektedir. Aynı şekilde 20-40 cm derinlik profili içinde pH değerleri caddebostan-8,38 , Suadiye-8,19 , Küçükyalı-8,07 , dragos-8,05 , kartal-7,93 , pendik-8,10 , tuzla-8,04 olmak üzere batıdan doğuya gidildikçe düşmektedir. pH değerlerinin dağılımı 7,10 ile 9,69 arasında değişmektedir. Yüzeysel topraklarının(0-20cm) pH değeri, derin toprakların (20-40cm) pH değerinden daha düşük çıkmıştır.

Kireç değerleri %90 oranında ‘kireçli’ ve ‘orta kireçli’ seviyede, organik madde içerikleri yüzeysel topraklarında ‘orta’ ve ‘iyi’ derecede derin topraklarda ‘az’ ve ‘orta’ derece de bulunmuştur.

Yarayışlı (alınabilir) fosfor değeri topraklarda her sınıfa eşit dağılmış %72,30 oranında toprakların fosfor ihtiyacı ‘yeter’ ve ‘yüksek’ seviyede bulunmuştur. Yarayışlı (alınabilir) potasyum değeri %80 yeter ve yüksek seviyede bulunmuştur.

Buradan toprakların bitki besin maddeleri yönünden oldukça verimli olduğu, toprak yapısı olarak ‘kumlu killi tın’ sınıfında %72,8 oranında toprak örneği bulunmakta ve ‘ağır killi’ sınıfında hiç örnek olmayışı ve ‘killi’ sınıfta %1 oranında örnek olduğundan toprak kalitesi oldukça iyi gözükmektedir.

Ağır metal birikimlerinin topraktaki organik madde oranı ile orantılı olarak arttığı, kireç miktarının artışı ile ağır metal kirliliğinin azaldığı, topraktaki kil oranının ağır metal miktarını artırdığı görülmüştür. Topraklarda ağır metal oranının düşük olmasının en önemli unsurlarından birinin de bu toprak yapısından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Çünkü toprak örneklerinin killi yapı göstermeyişi(killi topraklar ağır metal tutucu özelliği gösterir), organik madde miktarının ortalama değerlerde oluşu(topraktaki organik madde ağır metal tutucu özelliği gösterir) ve pH değerinin yüksek olduğundan(yüksek pH değerinde ağır metaller kompleks oluşturarak aktifliği düşeceğinden) ağır metal kirliliğine rastlanılmamıştır. 134 adet toprak örneği analizinden bakılan 804 parametre içerisinde yalnızca 7 tanesinde Krom, 1 tanesinde Bakır ve 2 tanesinde Nikel ağır metalleri, Toprak Kirliliği Yönetmeliği sınır değerleri üzerinde çıkmıştır. Toprakların pH değeri ortalamaları 0-20 cm derinlik için 7,92 ve 20-40 cm derinlik toprakları 8,08 çıkmıştır, bu pH değerlerinde yönetmelikte sınır değerlerin % 50 oranında artırılabilmesi tanımlanmaktadır. Buradan sahil boyu yeşil alanlarında ağır metal kirliliğinin olmadığı sonucu çıkmaktadır.

Sonuç olarak; Ağır metal analiz sonuçlarından, sahil boyu topraklarının ağır metal içeriğinin tehlikeli boyutlarda olmadığı anlaşılmıştır. Bunun nedeni, sahil şeridinin açık alan oluşundan dolayı trafikten kaynaklanabilecek ağır metal kirliliğinin rüzgar etkisi ile azalması, meteorolojik faaliyetler neticesinde toprakta yıkanmanın fazla oluşundan kaynaklı ağır metal birikiminin az olduğu söylenbilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Adamo, P., Dudka, S., Wilson, M.j., Mchardy, W.j., 2002, *Distribution of trace elements in soils from the sudbury smelting area (Ontario-Canada)*, Water and Soil Pollution, 137, 95-116
- Alloway, B.J.,1995. Cadmium In B.J Alloway (Ed.). *Heavy Metals In Soils*. Blackie, London
- Beliles, R. V., 1975. *Metals, in Toxicology. The Basic Science of Poisons*. L.J. Casarett &J. Dittel (Editors) Macmillan Publ. Co, Inc., New York, USA.
- Camelo, LGL, Miguez, SR and Margan, L ,1997. “*Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers used in Argentina*” Science of The Total Environment 204, 45-250.
- Concon, J.M., 1988. *Food Toxicology. Part B: Contaminants and Additives*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Constantinou, G., 1994, *Ancient copper mining in cyprus and its effect on the environment*, Geological Survey of Cyprus, Nicosia
- Deniz, M. ,2003. *Ağır metal kirliliği ve ekosistem üzerine olan etkileri*. Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Dudka, S., Ponce-Hernandez, R., Hutchinson, T.C., 1995, *Current level of total element concentrations in the surface layer of Sudbury’ s soils*, Sci, Total Environ, 162, 161-171
- Haktanır, K. ve Arcaç, S. ,1998. *Çevre Kirliliği*, Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Ankara
- John, H. D.; Howard, G. J., 1996 “*Fundamental Toxicology for Chemists*”, Cambridge, UK
- Kabata, A, Pendias H (1992). *Trace Elements in Soils and Plants*, 2nd Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kaçar B. ve İnal, A. ,2008. *Bitki Analizleri*, Nobel Yayınları No: 1241.
- Lodenius, M, 1989. *Heavy Metals in the Soil, Interaction and Long Term Changes*, In: Szabolcs I. (Ed.), 1987, *Ecological İmpact of Acidification. Budapest*, p: 131-136.
- Mater, B ,1998. *Toprak coğrafyası*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Ministero Dele Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, 1994, *Metodi ufficiali di analisi chimica Del Suolo*, Ministero Dele Risorse Agricole, Roma, 276pp.
- Rout, GR. and Das, P. ,2003. *Effect of metal toxicity on plant growth and metabolisim: I. Zinc*. Agronomie 23: 3- 11.
- Scazzola, R., Matteucci, G., Guerzoni S., Chiamenti, E., Rossini, P., Molinaroli, E., 2004, *Evaluation of trace metal fluxes to soils in Hinterland of Porto Marghera industrial*

zone: Comparisons with direct measurements in the Lagoon of Venice, Water, Air and Soil Pollution, 153, 195-203.

Schüürmenn, G. Markert, B. ,1998. *Ecotoxicology, Ecological Fundamentals, Chemicals Exposure, and Biological E.ects*.John Wiley&Sans İnc. And Spektrum Akademischer Verlag, 900

Tok, HH.,997. *Çevre Kirliliği*. Anadolu Matbaacılık, İstanbul

Topbaş, MT., Brohi, AR. ve Karaman, MR. ,1998. *Çevre Kirliliği*, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları. Ankara

Sürekli Yayınlar

- Asri, FÖ. ve Sönmez, S. ,2006. *Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri*. Derim, *Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi*, Cilt **23 (2)**: 36-45.
- Bowen, HJM. ,1966. *Trace element in Biochemistry*, Academic Press, London
- Brummer, E. C. ; Bouton, J. H., 1991. *Plant traits associated with grazing-tolerant alfalfa*. *Agron. J.*, **83 (6)**: 996-1000
- Demirezen, D., Aksoy A., 2005. *Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) Kullanılarak Bal Örneklerinde Ağır Metal Tayini*, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18, 569-575.
- Eyüpoğlu, F. ,2002. *Türkiye Gübre Gereksinimi, Tüketimi ve Geleceği*. Köy Hizm. Gen. Müd. Genel Yay. No: 2, Ankara.
- Gerendas, J. Polacco, JC. Freyermuth, SK. and Sattelmacher, B. ,1999. *Significance of nickel for plant growth and metabolism*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 241- 256
- Kahvecioğlu, Ö. Kartal G., Güven A., Timur S. , 2007 *Metallerin Çevresel Etkileri –İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Dergisi* 136,137,138
- Katahira, K., Yoneda, M., Morisava, S.,2000, *Characteristics of metal element distribution in urban surface soil and stochastic analysis*, Department of global environment engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto, 606- 8501, Japon, *Environmental Technology*, Vol 21, pp 505-513.
- Knezevic, M., Stankovic, D., Krstic, B., Nikolic, M. S., and Dragica, 2009. *Concentrations of heavy metals in soil and leaves of plant species Paulownia elongata S.Y.Hu and Paulownia fortunei Hemsl*, *African Journal of Biotechnology*, **8 (20)**: 5422-5429.
- Manta, D.S., Angeleno, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M., 2002, *Heavy metals in urban soils: A case study from the city of Palermo (Sicilya), Italy*, *The Science of the Total Environment*, 300, 229-243
- Mikanova, O, 2006. *Effects of heavy metals on some biological parameters*, *Journal of Geochemical Exploration* 88, 220-223.
- Möller, A., Müller, H. W., Abdullah, A., Abdelgawad, G., Uterman, J., 2004. *Urban soil pollution in Damascus Ghovta*. *Geoderma*, 124: 63-71.
- Özbek, H. Kaya, Z. Gök M, Kaptan, H. ,1995. *Toprak Bilimi*, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Adana
- Sunlu, U. , egemen, Ö. , 1998. *Home Dalyanı ve İzmir Körfezi'nin(Ege Denizi) Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu ile Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal*

Deneylerinin Araştırılması. Ege Üniv. ,Su Ürünleri Der., 15 (3-4): 241-261, İzmir-Bornova

Tao, S. G., Lou, C. Z., Yuan, X. S., Li W., Ju, Z., Wen, H. L., 2007. *Characteristics of Heavy Metal Pollution in Soil and Dust of Urban Parks in Shanghai*. Environmental Science, 53: 250-330

Ulrich, B ,1980. *Chemical Changes due to acid precipitation in a losses-derived soil in central Europe*. Soil Science. 130: 193-199.

Viard, B., Pihan, F., Promeyrat, S., Pihan, J., 2004. *Integrated Assessment of heavy metal (Pb, Zn, Cd) highway pollution:bioaccumulation in soil, Graminaceae and Land Snails*. Chemosphere, 55 : 1349-1359

Vural, H., 1993. *Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. Çevre Dergisi 8: 3-8.*

Diğer Yayınlar

- Anon., (2008). *Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri*. <http://www.doktorre.net/forum/arsiv-konu-18053.0-agir-metallerin-insan-sagligina-etkiler.html>
- Bakış, R. ve Bilgin, M. (1998). Çöp Sızıntı Sularından Dolayı Topraklarda Meydana Gelen Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Kayseri I. *Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı*, sf: 167-170, Kayseri
- Başkaya, HS ve Teksoy, A ,1997. *Topraklarda ağır metaller ve ağır metal kirliliği*, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, s:763-771, Bursa
- Dağdeviren, S. (2007). Çorlu ve civarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve sonuçların yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Edirne
- Erdem, U. (1999), *Report on the environmental problems of the Lefke-Gemikonağı Region*, Lefke Environmental Society, Lefke.
- Hakerlerler, H. Okur, B. ve Yağmur, B. (1995). Gediz Havzasında Yollara Yakın Arazilerde Motorlu Araç Trafikinden Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 1. *Gediz Havzası Erozyon ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 10-11 Ekim 1995, sf: 138-148.
- Karakaş, D. (2000). *Ağır Metallerin Toksik Etkileri*. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.
- Madrid, L., Diaz-Barrientos, E., Madrid, F. (2002), *Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville*, Chemosphere, 49, 1301-1308
- Sommer, B, (1984). *Pflanzeverfügbarkeit von Schwermetallen in einer Löß-Parabraunerde nach langjähriger Düngung mit Klärschlamm*. Diss Agrarw. Fak. Üniv. Hohenheim
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete : 31.05.2005 ve 25831. sayı
- TSPCR, (2000), *Turkish Soil Pollution Control Regulations*, Ministry of the Environment, Ankara
- Tunçok, Y. (2008). İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri. DEÜTF *Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji B.D. İlaç ve Zehir Danışma Merkezi*, İzmir.
- Yıldız, N. (2004). Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. *Yüksek Lisans Ders Notları*. Erzurum
- Yükselen, M.A. (2002), *Characterization of heavy metal contaminated soils in Northern Cyprus*, Environmental Geology, 42, 597-603.

Yükselen, M.A., Cali, B., Karpuzcu, M. (1998), Land based sea-pollution in an old mining region of Northern Cyprus, IAWQ, *Conference on Environmental Protection Technologies for Coastal Areas*, Varna.