

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ BÖLGESİNDE TOPRAKTAKİ ENDÜSTRİYEL
KİRLİLİK ETKİSİNİN (AĞIR METAL KİRLİLİĞİ)
BELİRLENMESİ**

BURAK ASLAN

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ BÖLGESİNDE TOPRAKTAKİ ENDÜSTRİYEL
KİRLİLİK ETKİSİNİN (AĞIR METAL KİRLİLİĞİ)
BELİRLENMESİ**

BURAK ASLAN

Doç.Dr.Mehtap Mücalla CANBAY
Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Dr.Öğr.Üyesi Berna TUNÇ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Dr.Öğr.Üyesi Şefik RAMAZANOĞLU
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.01.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında Kocaeli ili topraklarında ağır metal kirliliği incelenmek istenmiştir.

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla yardımcı olan, eleştirileriyle yol gösteren kıymetli danışman hocam Doç.Dr.Mehtap Mücalla CANBAY'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ocak - 2021

Burak ASLAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
GİRİŞ	1
1. MANYETİK YÖNTEM İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER.....	2
1.1. Manyetizma ile İlgili Temel Kavramlar	3
1.2. Manyetik Cisimlerin Sınıflandırılması	6
1.2.1. Diamanyetizma.....	6
1.2.2. Paramanyetizma	7
1.2.3. Ferromanyetizma	7
2. TOPRAKTA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ	8
2.1. Literatür Özeti.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	16
3.2. Kocaeli İlinin Topoğrafyası ve İklimi	17
3.3. Kocaeli İlinin Jeolojisi.....	18
3.3.1. Alüvyon.....	18
3.3.2. Akveren formasyonu.....	18
3.3.3. Çaycuma formasyonu	19
3.3.4. Ballıkaya formasyonu	19
3.3.5. Hereke formasyonu.....	19
3.3.6. Çakraz formasyonu	19
3.3.7. Atbaşı formasyonu.....	20
3.4. Kocaeli İlinin Toprak Özellikleri	21
3.5. Manyetik Duyarlık Yöntemi	22
3.6. Jeokimyasal Analiz	24
3.6.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması.....	24
3.7. Ağır Metal Kirlilik Parametreleri.....	26
3.7.1. Kirlilik faktörü (CF)	26
3.7.2. Kirlilik yük indeksi (PLI).....	27
3.7.3. Zenginleşme faktörü (EF)	28
3.7.4. Jeobirikim indeksi (I _{GEO}).....	30
4. BULGULAR	32
4.1. Manyetik Duyarlık Ölçümleri.....	32
4.2. Toprak Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları ve Ağır Metallere Ait CF, EF ve I _{GEO} değerleri.....	33
4.2.1. Arsenik (As)	34
4.2.2. Kobalt (Co).....	37

4.2.3. Bakır (Cu)	40
4.2.4. Nikel (Ni)	43
4.2.5. Kurşun (Pb)	45
4.2.6. Çinko (Zn)	48
4.2.7. Krom (Cr)	52
4.3. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)	55
4.4. İstatistiksel Analiz	55
5. TARTIŞMA	64
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	68
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	75
ÖZGEÇMİŞ	76



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Manyetik Duyarlık Sistemi.....	6
Şekil 3.1. Çalışma alanının görünümü ve örnekleme noktaları.....	16
Şekil 3.2. Çalışma alanının genel litolojisi.....	20
Şekil 3.3. Laboratuvar manyetik duyarlık ölçüm cihazı	23
Şekil 3.4. Ögtülerek deney tüperine konulan numunelere asitlerin eklenmesi	25
Şekil 3.5. Atomik absorpsiyon spektrometresi.....	25
Şekil 4.1. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre As konsantrasyon değerleri değişimi	35
Şekil 4.2. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre As için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi.....	36
Şekil 4.3. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Co konsantrasyon değerleri değişimi	39
Şekil 4.4. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Co için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi	39
Şekil 4.5. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cu konsantrasyon değerleri değişimi	41
Şekil 4.6. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cu için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi.....	41
Şekil 4.7. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Ni konsantrasyon değerleri değişimi.....	44
Şekil 4.8. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Ni için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi.....	44
Şekil 4.9. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Pb konsantrasyon değerleri değişimi	46
Şekil 4.10. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Pb için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi	47
Şekil 4.11. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Zn konsantrasyon değerleri değişimi	50
Şekil 4.12. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Zn için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi.....	50
Şekil 4.13. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr konsantrasyon değerleri değişimi	53
Şekil 4.14. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr için CF, EF ve I _{GEO} değerlerinin değişimi.....	54
Şekil 4.15. Örnekleme noktalarına ait PLI dağılımı	55
Şekil 4.16. 1.seviyeler için arazi manyetik duyarlık ile ağır metal değerleri arasındaki korelasyon.....	56
Şekil 4.17. 2.seviyeler için arazi manyetik duyarlık ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	57
Şekil 4.18. 1.seviyeler için χ LF ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	58
Şekil 4.19. 2.seviyeler için χ LF ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	59

Şekil 4.20. 1.seviyeler için χ_{HF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	60
Şekil 4.21. 2.seviyeler için χ_{HF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	61
Şekil 4.22. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile χ_{LF} arasındaki korelasyon	62
Şekil 4.23. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile χ_{HF} arasındaki korelasyon.....	62
Şekil 4.24. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile PLI arasındaki korelasyon	62
Şekil 4.25. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için χ_{LF} ile PLI arasındaki korelasyon	63



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Bazı mineral ve kayaçların manyetik duyarlık	5
Tablo 3.1. Örnekleme noktalarının konumları ve koordinatları.....	17
Tablo 3.2. Örnekleme noktalarına ait litolojik birimler	21
Tablo 3.3. İncelenen ağır metallerin yer kabuğu ortalama değerleri	26
Tablo 3.4. CF sınıflaması	27
Tablo 3.5. PLI değerlerine göre kirlilik değerlendirmesi.....	28
Tablo 3.6. Örnekleme noktaları-seviyelerinde Mn konsantrasyonları.....	28
Tablo 3.7. EF sınıflaması	29
Tablo 3.8. IGEO sınıflaması	20
Tablo 4.1. Arazi ve laboratuvar manyetik duyarlık değerleri	32
Tablo 4.2. Ağır metal konsantrasyon sınır değerleri	33
Tablo 4.3. İncelenen ağır metallerin sektörel bazda kaynakları	33
Tablo 4.4. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre As konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri.....	34
Tablo 4.5. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Co konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri	38
Tablo 4.6. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cu konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri	40
Tablo 4.7. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Ni konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri	43
Tablo 4.8. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Pb konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri	45
Tablo 4.9. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Zn konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri.....	49
Tablo 4.10. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	: Derece
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Akı yoğunluğu
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Co	: Kobalt
F	: Manyetik Kuvvet
Fe	: Demir
H	: Manyetik Alan Şiddeti
Hg	: Cıva
J	: Miknatıslanma Şiddeti
k	: Manyetik Duyarlık
L	: İki Kutup Arasındaki Uzaklık
M	: Manyetik Moment
Mn	: Manganez
Ni	: Nikel
P	: Kutup Şiddeti
Pb	: Kurşun
R ²	: Korelasyon Katsayısı
r	: Kutuplar Arasındaki Uzaklık
S	: Miknatısın Dik Birim Kesiti
Se	: Selenyum
Ti	: Titanyum
V	: Hacim
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum
μ	: Manyetik Geçirgenlik
μm	: Mikrometre
Φ	: Manyetik Akı
χ	: Düşük Alanlı Manyetik Duyarlık
χ _{LF}	: Alçak Frekans Manyetik Duyarlık
χ _{HF}	: Yüksek Frekans Manyetik Duyarlık
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
AMD	: Anizotropik Manyetik Duyarlık
CF	: Contamination Factor (Kirlilik Faktörü)
cgs	: Centimeter, Gram, Second- Santimetre (Birim Sistemi)

cm	: Santimetre
ÇOGM	: Çevre Orman Genel Müdürlüğü
EF	: Enrichment Factor (Zenginleşme Faktörü)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
I _{GEO}	: Geoaccumulation Index (Jeobirikim İndeksi)
ICP-AES	: Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectroscopy (İndüksiyonla Birleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi)
kHz	: Kilohertz
km	: Kilometre
kg	: Kilogram
M	: Metre
mg	: Miligram
MS	: Manyetik Suseptibilite
PLI	: Pollution Load Index (Kirlilik Yük İndeksi)
SM	: Suseptibilite Meter
vb	: Ve benzeri



KOCAELİ BÖLGESİNDE TOPRAKTAKİ ENDÜSTRİYEL KİRLİLİK ETKİSİNİN (AĞIR METAL KİRLİLİĞİ) BELİRLENMESİ

ÖZET

Sanayi kenti olan Kocaeli ilinde özellikle endüstriyel kirleticilerin sebep olabileceği toprakta ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada manyetik duyarlık ana yöntem olarak uygulanmış, ayrıca bu yöntemle korelasyon amacıyla jeokimyasal analizler yapılmıştır. Çalışma bölgesinde 15 örnekleme noktası belirlenerek her bir istasyonda düşey yönlü iki ayrı seviye için (50 cm-1m) önce arazi manyetik duyarlık ölçümü (yerinde ölçüm) yapılmış ve bu noktalardan numune alınarak laboratuvar da alçak ve yüksek frekans (χ_{LF} - χ_{HF}) manyetik duyarlık ölçümleri yapılmıştır. Arazi manyetik duyarlık değerlerinin 0,001 ($k \times 10^{-3}$ SI) ile 53,4 ($k \times 10^{-3}$ SI) değerleri aralığında değiştiği gözlenmiştir. Laboratuvar ölçümlerinde ise alçak frekans (χ_{LF}) değerleri 8 ($k \times 10^{-5}$ SI) ile 1364 ($k \times 10^{-5}$ SI), yüksek frekans (χ_{HF}) değerleri ise 10 ($k \times 10^{-5}$ SI) ile 1360 ($k \times 10^{-5}$ SI) aralıklarında değişmiştir. Numunelerin jeokimyasal analizi de yapılarak incelenen ağır metallerin (As, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr) konsantrasyonları ortaya konulmuş, ağır metal içerikleri kurşun (Pb) 1,4-215,3 mg/kg, arsenik (As) 6,9-47,8 mg/kg, nikel (Ni) 29,1-115,4 mg/kg, krom (Cr) 21-145,8 mg/kg, bakır (Cu) 17,7-128,6 mg/kg, çinko (Zn) 71,4-796,7 mg/kg ve kobalt (Co) 8,9-87,1 mg/kg arasında belirlenmiştir. Bu değerler Türkiye toprak yönetmeliğinde belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırılarak kirlilik değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (CF) ve kirlilik yük indeksi (PLI) topraklardaki ağır metal kirliliğini değerlendirmek için hesaplanmıştır. Özellikle endüstriyel alanlara ve yol kenarına yakın toprak örneklerinde gözlenen yüksek değerler kirliliğin antropojenik kaynaklı oluştuğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal Kirliliği, Jeokimyasal Analiz, Manyetik Duyarlık.

DETERMINATION OF THE INDUSTRIAL POLLUTION IMPACT (HEAVY METAL POLLUTION) ON SOIL IN KOCAELİ REGION

ABSTRACT

In this study, which was carried out to investigate the risk of heavy metal pollution in the soil that may be caused by industrial pollutants, especially in the industrial city of Kocaeli, magnetic sensitivity, one of the geophysical methods, was applied as the main method, and also geochemical analyzes were made for correlation. 15 sampling points were determined in the study area, and field magnetic susceptibility measurements (on-site measurement) were made at two different vertical levels (50 cm-1m) at each station, and low and high frequency (χ_{LF} - χ_{HF}) magnetic susceptibility measurements were made in the laboratory by taking samples from these points. It was observed that the field magnetic susceptibility values ranged from 0.001 ($k \times 10^{-3}SI$) to 53.4 ($k \times 10^{-3}SI$). In laboratory measurements, low frequency (χ_{LF}) values were changed between 8 ($k \times 10^{-5}SI$) and 1364 ($k \times 10^{-5}SI$), and high frequency (χ_{HF}) values between 10 ($k \times 10^{-5}SI$) and 1360 ($k \times 10^{-5}SI$). By making geochemical analysis of the samples, the concentrations of the investigated heavy metals (As, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr) have been revealed, the heavy metal contents lead (Pb) 1.4-215.3 mg/kg, arsenic (As) 6.9-47.8 mg/kg, nickel (Ni) 29.1-115.4 mg/kg, chromium (Cr) 21-145.8 mg/kg, copper (Cu) 17.7-128.6 mg/kg, zinc (Zn) 71.4-796.7 mg/kg and cobalt (Co) it was determined between 8.9 and 87.1 mg/kg. These values were compared with the assessments made pollution regulations limit values specified in the territory of Turkey. In addition, the enrichment factor (EF), geoaccumulation index (Igeo), pollution factor (CF) and pollution load index (PLI) were calculated to assess heavy metal contamination in soils. Especially high values observed in industrial area sandsoil samples close to the roadsides howed that the pollution was caused by anthropogenic origin.

Keywords: Heavy Metal Contamination, Geochemical Analysis, Magnetic Susceptibility.

GİRİŞ

Bu tezin konusu, çevre manyetizması disiplini kapsamında toprakta ağır metal kirliliğinin belirlenmesidir. Şehirlerdeki endüstriyel faaliyetler ve özellikle buna bağlı olarak nüfusun giderek artması, trafik yoğunluğu, tarımsal faaliyetler gibi etkenler topraklardaki ağır metal kirliliğini ciddi boyutlara ulaştırmaktadır. Ağır metaller tarafından kirlenen toprakların özelliklerini kaybetmeden temizlenmesi mümkün olmadığı için önemli olan toprakların kirlenmeden korunmasıdır.

Toprağın ağır metallerce kirlenmesi yaşayan tüm canlıları etkilemekte, besin zincirinin son halkası olan insanın sağlığını da tehdit etmektedir. Kirlenmiş tarım topraklarında yapılan üretim ile gıda zincirine giren ağır metaller insan sağlığı üzerine büyük etki yapmakta ve özellikle de akciğer, mide ve kalın barsak kanserlerinin yüksek düzeyde olmasına neden olmaktadır. Ağır metaller tarafından kirlenen toprakların özelliklerini kaybetmeden temizlenmesi mümkün olmadığı için önemli olan toprakların kirlenmeden korunmasıdır.

Bu araştırmada genel bilgiler bölümünde toprakta ağır metal kirliliğine neden olan kaynaklar ile ağır metallerin canlılara etkileri ve literatür örnekleri; materyal ve yöntem bölümünde çalışma bölgesi ve bu bölgenin genel jeolojisi, bölgedeki toprak çeşitleri, çalışmada kullanılan yöntemler, kirliliğin değerlendirilmesinde kullanılan kirlilik parametreleri; bulgular ve tartışma kısmında çalışmada kullanılan yöntemler sonucu elde edilen veriler ve bu verilerin değerlendirilmesi; son bölümde ise sonuç ve öneriler yer almaktadır.

Hızlı kentleşme, bilinçsiz tarımsal faaliyetler ve özellikle sanayileşme gibi etkenlerle toprak ağır metal kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı Kocaeli ilinde yapılan bu çalışmada elde edilecek kirlilik verilerine göre alınacak önlemler ile yaşam risk faktörü düşürülerek daha kaliteli bir yaşam şeklinin önerilmesi, toprak kullanımı ve korunumu politikalarının oluşturulmasına dikkat çekilerek mevzuatlarda gerekli düzenlemelerin yapılmasına katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

1. MANYETİK YÖNTEM İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

Manyetik yöntem jeofiziğin en eski dallarından biridir ve Thalen'in "Demir Yataklarının Manyetik Ölçülerle Etüdü" (1879) adlı eseri uygulamalı jeofiziğin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem yerkürenin manyetik alanındaki değişimleri inceler. Yer manyetik alanının düşey bileşeni, yatay bileşeni ya da alan vektörü ile eğim ve sapma açıları ölçülebilir. Uygulamalarda genellikle toplam alan ya da düşey bileşenleri ölçülmektedir. Yeraltında bulunan bir cismin manyetik anomali verebilmesi için cismin manyetik duyarlılığının etrafındaki kayaçların, yani içinde bulunduğu ortamın duyarlılığından farklı olması gerekir. Manyetik yöntem manyetik özelliği olan kayaç ve minerallere uygulanır. Kayaçların ve minerallerin mıknatıslanması yer manyetik alanı içinde bulunmalarından veya cismin kendisinden kaynaklanır. Her iki halde de yerin normal manyetik alanı bozulur ve manyetik yöntem bu bozulmaları saptar ve bozucu cismin bulunmasını sağlar.

Manyetik yöntemin boru hatlarının bulunması, arkeolojik yapı arama, atık tespiti eski petrol kuyularının bulunması, mayın yeri tespiti, maden arama, petrol araştırması, fay hattı belirlenmesi, kıtasal kayma ve deniz tabanı yayılması, temel kaya araştırması, inşaatlarda, jeolojik yapı araştırması, karstik yapıların bulunması sedimantolojik yapıların incelenmesi, toprak ağır metal kirlilik analizi, mermer ocaklarındaki kırık çatlak sistemlerinin araştırılması, adli tıp, volkanik hareketlerin incelenmesi gibi uygulama alanları vardır.

Manyetik yöntemin avantajları ölçü almanın oldukça kolay ve hızlı olması, ekonomik olması, yerle doğrudan temasının olmaması, sadece ferromanyetik metallere duyarlı olması şeklinde sıralanabilir.

Manyetik yöntemin dezavantajları ise değişim ölçümlerinin toplam alan ölçümlerine göre derindeki cisimlere daha az duyarlı olması; manyetik ölçümlerin çelik borular, çitler, araçlar ve binalar gibi bozucu etkilere duyarlı olması, toplam alan ölçümlerinin yer manyetik alanındaki değişimlere duyarlı olması şeklinde sıralanabilir.

1.1. Manyetizma ile İlgili Temel Kavramlar

Manyetik kutup, bir mıknatıs çubuğunun manyetik özelliğinin toplanmış olduğu uç noktalarıdır. Kutuplar esasında tam uç noktalarında bulunmayıp uçlardan itibaren mıknatıs çubuğun boyunun 1/12'si kadar içtedir. Yer manyetik alanı içinde düşey olarak asılan bir mıknatıs çubuğu kuzey güney doğrultusunda yönelir. Mıknatıs çubuğun kuzeyi gösteren ucu pozitif, güneyi gösteren ucu ise negatif kutup adını alır.

Manyetik kutuplarla manyetik kuvvet arasındaki ilişki Coulomb Kanunu olarak bilinir ve Denklem (1.1)'teki gibi açıklanmaktadır.

$$F = \left(\frac{1}{\mu}\right) \left(\frac{P_1 P_2}{r^2}\right) \quad (1.1)$$

Burada P_1 ve P_2 kutup şiddeti, r kutuplar arasındaki uzaklık, μ ise manyetik geçirgenlik olarak verilmektedir. Eğer P_1 ve P_2 aynı adlı kutuplar ise $F > 0$ 'dır yani kutuplar arası itme söz konusudur, P_1 ve P_2 ayrı adlı kutuplar ise $F < 0$ 'dır ve kutuplar arası çekme söz konusudur.

Manyetik moment bir çubuk mıknatısın manyetik momenti (M), iki kutbu arasındaki uzaklık (L) ile kutup şiddetinin (P) çarpımını olarak ifade edilmektedir.

$$M = PL \quad (1.2)$$

Manyetik alan şiddeti, manyetik alan içinde bulunan bir noktadaki birim kutba etki eden dyn cinsinden kuvvettir. Manyetik alan şiddetini hesaplayabilmek için;

$$H = \mu \left(\frac{F}{P}\right) \quad (1.3)$$

denklemini kullanılmaktadır. Burada μ manyetik geçirgenlik, F manyetik kuvvet, P ise kutup şiddetidir.

Manyetik geçirgenlik, düzgün bir manyetik alan içerisinde bulunan cismin birim kesitinden geçen kuvvet çizgileri sayısının, havada birim kesitten geçen kuvvet çizgileri sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (1.4)$$

Mıknatıslanma şiddeti (J), birim hacme isabet eden manyetik moment veya birim yüzeye rastlayan kutup şiddeti olarak ifade edilir. Bir manyetik alan içinde bulunan bir cisim zaman içerisinde indüksiyonla mıknatıslanır. Mıknatıslanma şiddeti indükleyici alan büyüklüğü ile orantılı olup, yönü indükleyici alan yönündedir. Mıknatıslanma şiddeti;

$$J = \frac{P}{S} \quad (1.5)$$

$$J = \frac{M}{V} \quad (1.6)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada P kutup şiddeti, S mıknatısın birim dik kesiti, M manyetik moment, V ise cismin hacmi olarak tanımlanmaktadır.

Manyetik alanda manyetik bir cismin içindeki akı miktarı (veya kuvvet çizgileri), akı yoğunluğu olarak ifade edilmektedir.

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1.7)$$

Burada B birim yüzeye düşen kuvvet çizgilerinin sayısı yani akı yoğunluğu (gauss), Φ manyetik akı (maxwell), S (cm²) ise cismin kuvvet çizgilerine dik olan yüzey kesitidir.

H (Oersted) cismin dışındaki manyetik alan olmak üzere manyetik akı Denklem (1.8) ile verildiği gibi açıklanmaktadır.

$$\Phi = HS \quad (1.8)$$

Manyetik duyarlık (suseptibilite), bir cismin mıknatıslanabilirliğinin bir ölçütüdür ve “k” harfi ile sembolize edilir. Mıknatıslanma şiddetinin cismi mıknatıslamada rol oynayan alan şiddetine oranına eşittir.

$$k = \frac{J}{H} \quad (1.9)$$

Yeraltındaki kayaç ve minerallerin birbirinden farklı manyetik duyarlılıkları vardır. Bu farklılık manyetik anomalilerin temel kaynağıdır. Manyetik duyarlık diamanyetik maddelerde negatif, paramanyetik ve ferromanyetik maddelerde ise pozitifdir.

Manyetik arama açısından çok önemli bir parametredir. Kayaç ve minerallerin manyetik tepkileri içerdikleri manyetik malzeme ile belirlenmektedir. En düşük manyetik duyarlığa sahip kayaçlar sedimanter kayaçlar olup onları büyüklük sırasına göre metamorfik kayaçlar, asidik ve bazik bileşimli magmatik kayaçlar izlemektedir (Karlin, 1990). Bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlık değerleri Tablo 1.1 ile verilmektedir.

Tablo 1.1. Bazı mineral ve kayaçların manyetik duyarlık değerleri (Karlin, 1990)

ADI	Değişim Aralığı ($k \times 10^3$ SI)	Ortalama Değer ($k \times 10^3$ SI)
Kireçtaşı	0 - 3	0,3
Kumtaşı	0 - 20	0,4
Şeyl	0,01 - 15	0,6
Şist	0,3 - 3	1,4
Bazalt	0,2 - 175	70
Granit	0 - 50	2,5
Kil	-	0,2
Manyetit	1200 - 19200	6000

Manyetik duyarlık ölçme aletleri manyetik prospeksiyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanımları kolaydır ve cgs duyarlığında ölçü almak mümkündür. Şekil 1.1 ile verilen manyetik duyarlık ölçümü için yaygın kullanılan aletlerden biri olan MS2 model manyetik duyarlık sistemi ile diamanyetik ile paramanyetik cisimlerin duyarlıkları cgs duyarlıkta belirlenebilir. Arazide yüzey manyetik duyarlık ölçümleri kirlilik ve toz, şehirselle kirlilik, nehir ve deniz kirliliği, volkanlar ve erozyon, hidroloji ve sedimantoloji gibi alanlarda kullanılır (Dondurur ve Livaoğlu, 1994). Laboratuvarda manyetik duyarlık ölçümleri ile ise arazideki birimlerin hacim

veya kütle duyarlılığını, anizotropik manyetik duyarlılığı (AMD), arazi örneklerinin manyetik parametrelerini ve materyal manyetik duyarlılığını elde etmek mümkündür (Aydın, 1994).



Şekil 1.1. Manyetik Duyarlık Sistemi

1.2. Manyetik Cisimlerin Sınıflandırılması

Diamanyetizma, paramanyetizma ve ferromanyetizma şeklinde 3 ana gruba ayrılır. Bunların yanı sıra önemli olan ferrimanyetizma ve antiferromanyetizma çeşitlerinin olduğunu da belirtmek gerekir.

1.2.1. Diamanyetizma

Manyetik duyarlık katsayısı negatif olan cisimlere diamanyetik cisimler denir ve bu negatif katsayı cismin mıknatıslık özelliğini taşımadığını gösterir. Diamanyetik duyarlık negatiftir çünkü diamanyetikler malzemelerin kazandıkları mıknatıslanma, uygulanan alan ile ters yöndedir. Kayaç içinde az da olsa manyetik madde varsa etkisi kaybolur. Bir manyetik alana konulduklarında kuvvet çizgileri cismin dışına doğru itilir. Altın, krom, gümüş, çinko, bakır, civa, kuvars, tuz, kil, jips, su diamanyetik özellik gösterir (Özdemir, 2005).

Diamanyetik cismin kazandığı J mıknatıslanması uygulanan alan değerinin artmasıyla doğru orantılı olarak artar ve bu orantı katsayısı da Denklem (1.10)'da verildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$k = - \left(\frac{J}{H} \right) \quad (1.10)$$

Doğadaki cisimlerin çoğu diamanyetik özellik göstermektedir. Metallerin çoğu (civa, bakır, kurşun vb.), oksijen hariç yarı metallerin tümü ve organik cisimlerin hemen hemen hepsi diamanyetik özelliğe sahiptirler.

1.2.2. Paramanyetizma

Paramanyetizma, manyetik momenti bulunan çok sayıda atomların bileşke etkisinden oluşur. Dış alan olmayınca atomların manyetik momentleri gelişigüzel dağılır. Bir alan uygulanınca bu alan doğrultusunda sıralanma eğilimi gösterirler ve cismin mıknatıslanması artar. Bu olaya paramanyetizma denir. Paramanyetik cisimlerin manyetik duyarlığı pozitif ve küçük değerlerdir. Kurşun, alüminyum, sıvı oksijen gibi cisimler paramanyetik özellik gösterir (Özdemir, 2005).

Mol başına paramanyetik duyarlılık Denklem (1.11) ile verilmektedir.

$$k_{\text{mol}} = \frac{C}{T} \quad (1.11)$$

Bu bağıntı Curie kanunu, C ise Curie sabitidir.

1.2.3. Ferromanyetizma

Jeofizikte önemli bir manyetizma türüdür. Çünkü jeofizik manyetik yöntemde ferromanyetik kayalar anomali verir. Ferromanyetik maddeler uygulanan dış alan kaldırıldığında bile kendiliğinden mıknatıs olan cisimlerdir. Manyetik duyarlılıkları pozitifdir ve alanın şiddetine bağlı olarak yüksektir (Özdemir, 2005). Yaygın olan paramanyetik maddeler demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımlarıdır. Ayrıca nadir bulunan bazı metal alaşımlar da ferromanyetik özellik gösterir.

2. TOPRAKTA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Kayaçların ve organik maddelerin ayrışması sonucu oluşan ürünlerin farklı oranlarda karışarak meydana getirdiği toprak yeryüzünü ince bir tabaka halinde kaplayan, canlılara yaşama ortamı sağlayan doğal bir kitle olarak tanımlanabilir (Savaşçı ve diğ., 2000). Toprak kirliliği ise toprak yapısının antropojenik faaliyetler yani insan aktiviteleri sonucu toprağa eklenen kimyasalların toprakta yaşayan canlılara, yetiştirilen bitkilere ve de bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide bulunacak seviyeye ulaşması, bunun neticesinde de toprak veriminin düşmesidir (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2005; Philips ve Rainbow, 1994). Toprak kirlenmesine sebep olan kirleticilerden biri de ağır metallerdir. İnsan ve diğer canlıların bünyesinde birikerek sağlığa zarar verebilecek toksik maddelerin en önemlileri olan ağır metaller yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller olarak tanımlanabilir. Bakır (Cu), çinko (Zn), kobalt (Co), nikel (Ni), arsenik (As), civa (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr) ve kurşun (Pb) gibi metallerde dahil 60'a yakın metal ağır metal olarak kabul edilmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2003). Ağır metaller toprakta doğal yollarla bulunabileceği gibi antropojenik faaliyetler sonucunda da toprağa eklenebilir. Toprakların oluştuğu bazı kayaçlar, volkanik faaliyetler, orman yangınları, atmosferik taşınım (rüzgar) topraktaki ağır metallerin doğal kaynaklarıdır (Türkoğlu, 2006). Antropojenik kaynaklar ise endüstriyel ve evsel atıklar, fosil yakıt yakılması, tarımsal faaliyetler (tarımda verimi artırmak amaçlı kullanılan gübreler ile çeşitli hormonlar, zararlılara karşı kullanılan pestisitler, atıksuların sulamada kullanılması, arıtma çamuru uygulamaları) ile karayollarındaki araç trafiğidir (Çelik ve diğ., 2005; Lombi ve diğ., 1998). Atmosfere kirletici kaynaklardan salınan ağır metaller, atmosferde genellikle partikül şeklinde bulunurlar. Bu partikül şeklindeki ağır metallerin toprağa ulaşması ıslak çökme (yağmur, kar), kuru çökme (gaz, toz) ve nemli çökme (sis, duman) ile olur (Shrivastav, 2001). Toprakta doğal olarak varolan ağır metallere antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan ağır metaller de eklenince durum kirlenme boyutuna ulaşmaktadır. Topraklara karışan ve biriken ağır metaller daha sonra bitkilere, besin zinciri yoluyla da hayvan ve insanlara ulaşarak birçok problemin ortaya çıkmasına

neden olur. Özellikle tarımsal alanlardan kaynaklanan kirlilikler insan sağlığını tehdit etmektedir. Vücutun az da olsa ihtiyaç duyduğu Zn, Cu, Al, Cr, Fe, Mn, Ni gibi ağır metaller bile vücutta yüksek konsantrasyonlara ulaştıklarında toksik etki gösterirler (Demirezen ve Aksoy, 2004). Cd, Cr, Hg, Pb, As gibi ağır metaller ise canlılar için gerekli olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterebilir (Market, 1993). Ağır metallerin etkisi vücutta ani zehirlenme (akut) ya da zamanla birikimle toksik etki olarak görülür. Ağır metallere maruz kalmanın toksik zehirlenmeler, böbrek yetmezliği, akciğer problemleri, sinir sistemi rahatsızlıkları, sindirim sistemi rahatsızlıkları ve kansere sebep olduğu bilinmektedir. Özellikle Pb, Cd, Hg ve As insanları olumsuz etkileyen en önemli metallerdir (Järup, 2003).

Toprakta ağır metal birikmesindeki artış özellikle endüstriyel faaliyetlerin yoğun yapıldığı alanlarda diğer alanlara oranla daha yüksektir. Toprak kirlenmesi, bir ülkenin endüstrileşme seviyesi ile doğru orantılıdır (Toröz, 2009). Ayrıca endüstriyel faaliyetler esnasında bacalardan kontrolsüz olarak havaya salınan partiküller atmosferik taşınım (yağmur, rüzgar) ile çok uzak mesafelere dahi taşınarak oradaki topraklar üzerinde birikebilmektedir (Yaylalı Abanuz, 2011).

Topraklardaki ağır metallerin önemli antropojenik kaynaklarından biri de karayollarındaki trafik akışıdır. Motorlu taşıtların egzoz, tekerlek ve frenlerinden ortama yayılan metal emisyonları toprakta birikmektedir (Weckwerth, 2001). Karayollarında trafik akışından kaynaklanan kirlenici ağır metaller Pb, Cd, Cu, Cr, Ni ve Zn'dir (Kemp, 2002). Pb kirliliği darbeyi önleyici olarak benzine katılan tetraetil kurşundan meydana gelmektedir. Araç lastiklerinin aşınmasından ve dizel yakıtların yanmasından Cd ve Zn, motor yağlarından ve dizel yakıtlardan ise Ni kirlenici olarak açığa çıkmaktadır (Li ve diğer., 2001). Cu ve Cr kirlenicileri ise araçların fren yapımlarıyla balataların birbirlerine sürtünmesi sonucu açığa çıkmaktadır (Güney ve Onay, 2006; Altınbaş ve diğer., 2008).

Farklı kirlenici kaynaklardan atmosfere verilen emisyonlarda bulunan ağır metaller hakim rüzgar yönü doğrultusunda bu kaynaklardan uzak mesafelere kadar rüzgar ile taşınabilmektedir. Ufak partiküller uzak mesafelere kadar taşınabilirken daha büyük partiküller ise kirlenici kaynağın civarındaki bitkiler ve topraklar üzerinde birikebilmektedir (Dağdeviren, 2007). Ağır metaller toprakta kil mineralleri üzerinde adsorbe oldukları için ve topraktaki organik bileşiklerle zor çözünebilir

bileşikler oluşturdukları için genellikle toprağın yüzeyinde veya yüzeeye yakın derinliklerinde birikmeye eğilimlidirler. Toprağın alt tabakalarına doğru süzölmelerini ise toprağın granölometrisi, pH değeri, redoks potansiyeli, katyon değışim kapasitesi, organik maddelerin miktar ve niteliği, sızıntı suyu miktarı gibi faktörler etkilemektedir (Dağdeviren, 2007; Lodenius, 1989).

2.1. Literatür Özeti

Hong Kong'daki şehir parklarının çoğu hızlı kentleşme ve arazi yetersizliği nedenleriyle birçok potansiyel kirlilik kaynaklarına maruz kaldıkları ana yollara veya endüstriyel alanlara yakın inşa edilmiştir. (Xiangdong ve diğ., 2001) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, parklarda araç egzozları ve endüstriyel emisyonların neden olabileceği toprakta ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla bu noktalardan toprak numuneleri alınmış, atomik emisyon spektroskopisi (ICP-AES) cihazı ile yapılan jeokimyasal analizler sonucunda yüksek Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarına rastlanmıştır.

Çin'in ağır sanayi şehri olan Luoyang'da yapılan bir çalışmada (Lu ve diğ., 2007) sanayi bölgesi, otoyol kenarı, yerleşim alanları, parklar ve yeşil alanlar olarak belirlenen örnekleme sahalarından toplam 215 toprak örneği alınmıştır. Alçak frekans (χ_{LF}) ve yüksek frekans (χ_{HF}) manyetik duyarlık ölçümleri sonucu kentsel alanlarda ortalama $215 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, sanayi bölgelerinde ortalama $313 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, trafik yoğunluğunun olduğu bölgede $236 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, park ve yeşil alanlarda ise $123 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ değerleri elde edilmiştir. Ayrıca toprak örneklerinin Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları jeokimyasal analizler yapılarak belirlenmiş, örneklerin yüksek konsantrasyonlarda Cd (ortalama 1,1 mg/kg), Cr (ortalama 71,42 mg/kg), Cu (ortalama 85,40 mg/kg), Pb (ortalama 65,92 mg/kg) ve Zn (ortalama 215,75 mg/kg) içerdieği gözlenmiştir. Özellikle endüstriyel alanlarda ve yol kenarı topraklarında ölçölen yüksek manyetik duyarlık değerleri ve ağır metal konsantrasyonları kirliliğin antropojenik kaynaklı olduğu sonucunu doğurmuştur.

Çin'in Wuhan kentinde yapılan bir çalışmada (Yang ve diğ., 2007) sanayi bölgesi, sanayi bölgesinin rüzgar yönünde bulunan köyler ve yoğun trafiğin olduğu otoyol gibi farklı bölgelerden alt ve üst topraklardan olmak üzere toplam 133 adet numune

kirlilik analizi amacıyla toplanmıştır. Laboratuvar manyetik çalışmaları ile düşük alanlı manyetik duyarlık (χ), çift frekanslardaki (0,47 ve 4,7 kHz) manyetik duyarlık ($\chi_{LF-\chi_{HF}}$) ölçümleri yapılmış, $\chi_{LF-\chi_{HF}}$ değerleri kullanılarak frekansa bağlı duyarlık (χ_{FD}) hesaplamaları yapılmıştır. ICP-AES cihazı ile de jeokimyasal analizler tamamlanarak Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm bu incelemeler sonucu üst toprak örneklerinde manyetik duyarlık değerlerinin ve ağır metal konsantrasyonlarının önemli derecede yüksek olması özellikle endüstriyel faaliyetlere ve de diğer antropojenik faaliyetlere bağlanmıştır.

Nijerya'nın hızla gelişen şehri İlorin'de yapılan çalışmada (Orosun ve diğ., 2020), otomobil tamir sanayi bölgesindeki kirlilik derecesini belirlemek amacıyla sanayiden 26 ve karşılaştırma yapmak amacıyla sanayi dışındaki 5 noktadan toplanan üst toprak örneklerinin kirlilik analizi laboratuvar manyetik duyarlık ve jeokimyasal analizi yöntemleri birlikte kullanılarak yapılmıştır. Laboratuvar kütleye özgü (mass-specific) manyetik duyarlık analizleri sonucunda sanayiden toplanan örneklerin değerleri sanayi dışından toplanan örneklerin değerlerine oranla çok daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç kirliliğin sanayide yapılan faaliyetlerden kaynaklandığını yani antropojenik kaynaklı olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Sanayi numunelerinin ağır metal konsantrasyonları da sanayi dışı numunelere oranla daha yüksek değerlerle kendini göstermiş, özellikle Fe, Cr ve As konsantrasyonları çok yüksek elde edilmiştir. Kirliliğin sanayide yapılan faaliyetlerden kaynaklandığı yani antropojenik kaynaklı olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Otomobil tamir istasyonlarının konumlarının gözden geçirilmesi önerilmiştir.

Kocaeli ili İzmit ilçesi civarı topraklarda ağır metal kirliliğini incelemek amaçlı yapılan bir çalışmada (Özkul, 2003), muhtemel kirleticilerin çevresinden ve karşılaştırma amacıyla kirlenmemiş uzak alanlardan alınan üst toprak numunelerindeki Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg ve Se ağır metallerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Elde edilen veriler Cu, Zn, Ni ve Co konsantrasyonlarının yer yer yönetmelikte izin verilen değerlerin üstüne çıktığını göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar neticesinde İzmit toprak ağır metal konsantrasyonları diğer yoğun endüstrileşmiş şehirlerde yapılan çalışmalarla belirlenen toprak ağır metal konsantrasyonları ile karşılaştırılmış, İzmit topraklarının

henüz ağır metallerce kirlenmediği ancak Cu ve Zn'de kirlenmenin yeni başladığı saptanmış ve bu tip çalışmaların zaman zaman tekrarlanması gerektiği vurgulanmıştır.

İzmit sanayi kentinde gerçekleştirilen çalışmada (Canbay ve diğ., 2010), İzmit Körfezi ile atık arıtma, yakma ve geri kazanım tesisi İzaydaş'ın çevresinde belirlenen 41 araştırma noktasından alınan toprak örneklerinin manyetik duyarlık ölçüm değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelenerek ağır metallere bağlı toprak kirliliği araştırılmıştır. Özellikle Ni, Co, Zn ve Cu değerlerinin incelenmesi çalışma bölgesine ait ağır metal kirliliğinin olduğunu göstermiş, meydana gelen bu kirliliğin sanayi tesislerinin emisyonlarından oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Kocaeli ili İzmit ilçesinde faaliyet gösteren İzaydaş atık arıtma, yakma ve geri kazanım tesisinin etrafındaki bölgede yapılan çalışmada (Canbay, 2010), toprak ağır metal kirliliğini ortaya koymak amacıyla manyetik duyarlık ölçümleri ile jeokimyasal analiz yöntemi birlikte kullanılmıştır. Koordinatlarıyla belirlenen 13 örnekleme noktasında önce arazi manyetik duyarlık ölçümleri yapılmış, daha sonra bu noktalardan alınan toprak örneklerinin laboratuvarında önce kütleyle özgü manyetik duyarlılıkları ölçülmüş, ardından jeokimyasal analiz çalışmaları ile Pb, Cu, Zn, Co, Cd ve Ni ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen değerler çalışma bölgesinde endüstriyel kaynaklı ağır metal kirliliğinin olduğunu göstermiştir.

Mardin iline bağlı Viranşehir-Kızıltepe karayolu güzergâhındaki topraklarda trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin boyutlarını belirlemek, topraktaki ağır metal miktarının kara yolundan olan mesafe ile değişimini ortaya koyabilmek amaçlı yapılan çalışmada (Bilge ve Çimrin, 2013), jeokimyasal analiz ile toprakların ağır metal konsantrasyonları belirlenmiş, değerlerin Pb için 0,64-2,24 mg/kg, Cd için 0,26-0,40 mg/kg, Ni için 27-42 mg/kg, Cr için 17-28 mg/kg ve Cu için 9.9-14.2 mg/kg aralıklarında değiştiği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Pb, Cd, Ni, Cr ve Cu konsantrasyonlarının Türkiye topraklarında izin verilen sınır değerlerini geçmedikleri gözlenmiş, mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça ise konsantrasyonlarının azaldığı görülmüştür. Ağır metal birikiminin

trafik akışına bağlı olarak otoyola yakın topraklarda daha fazla olduğu gözler önüne serilmiştir.

Güney Marmara bölgesinde yapılan çalışmada (Dartan ve Toröz, 2013) tarım topraklarında araştırılan ağır metal konsantrasyon değerlerinin yüksek olduğu saptanarak bunun sebepleri araştırılmıştır. Bölgede fosforik asit üretimi esnasında yan ürün olarak açığa çıkan fosfojipsin depolanması ve taşınmasının oluşturabileceği çevresel etkilerin yanı sıra, gübre maksadıyla kullanılmış olmasının üzerinde yoğunlaşmıştır.

Hatay havalimanı çevresindeki tarım arazilerinde yapılan çalışmada (Özkan ve diğ., 2017) ağır metal kirliliğinin ve havalimanına olan mesafeye göre ağır metal miktarında meydana gelebilecek olası değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen veriler Pb, Cd, Ni, Al, Cu, Mn ve Zn kirliliğinin olmadığını göstermiş, Fe ağır metal konsantrasyonunun ise havalimanına yakın yerlerde sınır değerini aştığı görülmüştür.

Denizli ilinde şehir merkezi içme suyuna en çok katkı sağlayan Gökpınar ve Derindere içme suyu kaynaklarının sediman yataklarındaki ağır metal kirlilik derecesi ile il merkezinin doğusunda dikey ve yanal manyetik duyarlık dağılımı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanarak yapılan çalışmada (Güngör ve diğ., 2017) elde edilen veriler antropojenik kaynaklı kirlenmenin olduğunu göstermiş, kısa süre içinde önlem alınmadığı takdirde kirliliğin yayılımının artacağı uyarısında bulunulmuştur. Ayrıca bu çalışmayla manyetik duyarlık ölçümlerinin jeokimyasal analiz yöntemine göre daha az zaman alıcı ve daha ucuz maliyetli olduğu gösterilmeye çalışılmıştır. Denizli il merkezinde yapılan başka bir çalışmada (Aydın ve diğ., 2019) ise ağır metal kirliliği 251 noktada arazi manyetik duyarlık ölçümleriyle araştırılmış, en yüksek değerler şehir merkezinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölümler ile sanayi atıklarının ve egzoz gazının yoğun bulunduğu bölgelerde gözlenmiştir. Duyarlık haritaları ile kirliliğin insan ve trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde olduğu ortaya konulmuştur.

Kütahya şehir merkezinde yer alan çocuk parklarındaki toprakların ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada (Özkul, 2019) ildeki 19

çocuk parkından alınan toprak örneklerinin analizleri sonucu As ve Cd ağır metallerde kirlenmenin ciddi boyutlara ulaştığı; Hg, Ni, Pb ve Zn ağır metallerde ise kirlenmenin dikkate değer boyutlarda olduğu saptanmıştır. Kirliliğin trafik yoğunluğundan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Ülkemizde meyve ve kabak üretiminde söz sahibi olan Sakarya ilinin 12 ilçesindeki tarım arazilerinin kirlilik durumunu belirlemek amacıyla yapılan çalışmada (İşleyen ve diğ., 2019) bu ilçelerden toplam 33 toprak örneği alınmıştır. Örneklerin polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve ağır metal (As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonları araştırılmıştır. Ağır metal konsantrasyon ölçümleri sonucu Geyve ilçesi topraklarında Cu (108,2 mg/kg), Ni (219,9 mg/kg) ve Cr (173,1 mg/kg) toprak yönetmeliğinde belirlenen sınır değerlerini 2-7 kat arasında aşmıştır. Ayrıca PAH ölçümleri sonucu da en yüksek fenantren, piren ve floranten konsantrasyonları Geyve ilçesinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir. Özellikle tarım topraklarında verimi artırmak için kullanılan pestisitlerin uzun yıllardır kullanılmasının kirlilikte etkili olduğu belirtilmiştir. Kirlenici maddelerin besinlerde birikme eğilimi olduğundan önlem alınması önerilmiştir.

Gümüşhane ili Torul ilçesi sınırları içinde bulunan Gümüştüğ köyünün hemen yakınında bulunan antimonit cevherleşme sahasında gelişmiş topraklardaki ağır metal kirliliğinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmada (Vural ve Çiçek, 2020) jeobirikim indeksi (Igeo) ve kirlilik indeksi (PI) parametreleri hesaplanarak topraktaki kirlilik derecesi incelenmiş, topraklarda özellikle antimon ve bakır açısından yüksek Igeo ve PI değerleri tespit edilmiştir. Cevherleşme sahalarının ağır metal kirliliği riski barındıran sahalardan olduğu bu çalışmayla gösterilmiştir.

Çevre jeofiziği çalışmaları artık günümüzde çok önem kazanmıştır. Özellikle endüstriyel alanlarda yapılacak manyetik duyarlık çalışmalarının ve jeokimyasal analiz sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ve bu çalışmaların belli dönemlerde tekrarlanması önemlidir. Bu çalışmada toprakta ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan manyetik duyarlık yöntemi ile jeokimyasal analizlerin birlikte kullanımının dünya literatüründe geniş anlamda yeri vardır. Türkiye’de ise bu iki yöntemin kirlilik araştırmalarında birlikte kullanımı yaygın değildir ve hak ettiğini düşündüğümüz önemi yaptığımız bu tür çalışmalarla vurgulamak gerektiğine

inanmaktayız. Ayrıca çalışma bölgemiz Kocaeli ilinde toprakta ağır metal kirliliğini saptamak amacıyla farklı yöntemlerle yapılan daha önceki çalışmalara katkı, destek, tamamlayıcı bilgi sağlayacağı da düşünülmektedir.

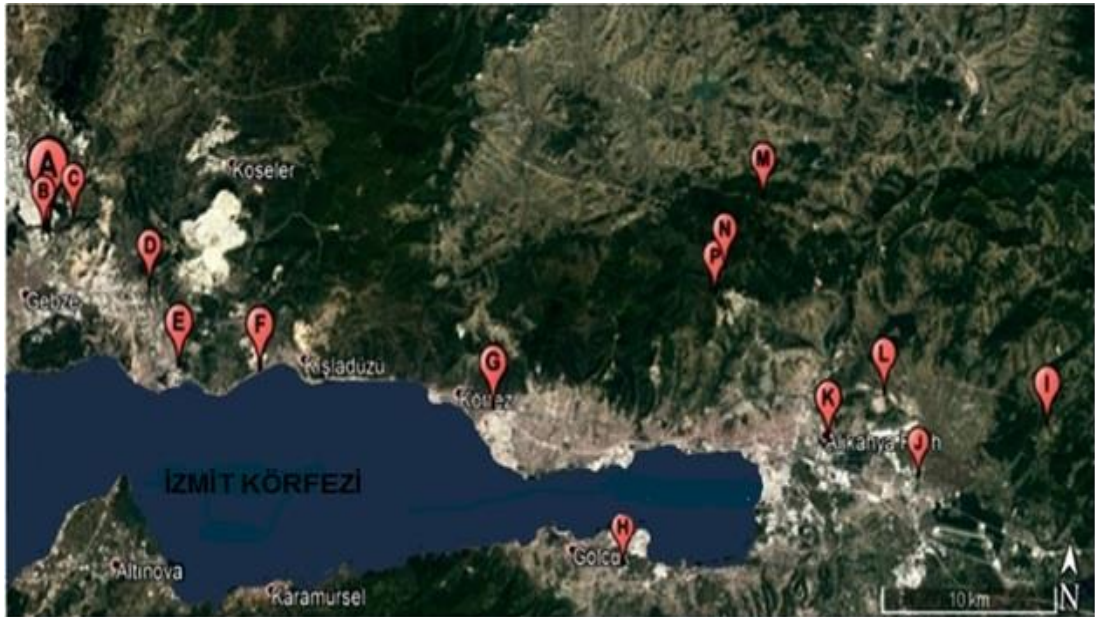


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Kocaeli ili Türkiye'nin kuzey batısında, Marmara Bölgesi'nde yer alır. Doğu ve güneydoğusunda Sakarya, güneyinde Bursa, batısında Yalova, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ile İstanbul ve kuzeyinde de Karadeniz bulunmaktadır. Kocaeli, Avrupa'yı Anadolu'ya ve Ortadoğu'ya bağlayan geçiş koridoru üzerinde yer alır ve önemli kara, deniz ve demiryolu ulaşım ağlarına sahiptir. İlin büyük metropollere yakınlığı ile Karadeniz ve Marmara bağlantısının bulunması sanayi, ticaret, ulaşım ve lojistik merkezi olarak gelişmesinde etken olmuştur.

Yaptığımız bu çalışmada ülkede sanayinin en çok geliştiği ikinci il olan Kocaeli ilinin topraklarında endüstriyel kaynaklı ağır metal kirliliğinin etkisini ortaya koymak amacıyla birçoğu sanayi tesislerine yakın olmak üzere örnekleme noktaları ile bu örnekleme noktalarının GPS cihazı ile enlem ve boylamları belirlendi. Örnekleme noktaları Şekil 3.1 ile, bu noktaların enlem ve boylamları ise Tablo 3.1 ile verilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının görünümü ve örnekleme noktaları (Google Earth 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

Tablo 3.1. Örnekleme noktalarının konumları ve koordinatları

ÖRNEKLEME NOKTASI	ÖRNEKLEME YERİ	ENLEM	BOYLAM
A	Gebze Organize Sanayi Bölgesi	40,82815	29,45288
B	Gebze	40,82911	29,44976
C	Gebze Pelitli	40,83514	29,46960
D	Dilovası	40,80966	29,52382
E	Dilovası-Anadolu Otoyolu	40,77786	29,54648
F	Körfez-Nuh Çimento Tesisi	40,77931	29,60167
G	Körfez-Tüpraş Tesisi	40,77118	29,76132
H	Gölcük-Sanayi Sitesi	40,71189	29,85414
I	Kartepe-Ketenciler Yolu	40,78020	30,13813
J	Kartepe-Uzunçiftlik	40,75576	30,05205
K	İzmit-Alikahya Brisa Fabrikası	40,76797	29,98965
L	İzmit-Alikahya İzaydaş Tesisi	40,78830	30,02624
M	İzmit-Umuttepe	40,86314	29,93822
N	İzmit-Umuttepe	40,83382	29,91425
P	İzmit-Umuttepe	40,82373	29,90817

3.2. Kocaeli İlinin Topoğrafyası ve İklimi

Kocaeli ilinde toplam alanın %18,8'ini oluşturan dağlar kuzeyde Kocaeli yarımadasında ayrı ayrı tepeler halinde, güney kesiminde ise sıradağlar (Samanlı Dağları) şeklindedir. Armutlu yarımadasından başlayıp güneybatıdan Kocaeli il alanına giren Samanlı Dağları 130 km uzunlukta, 30 km genişliğindedir. Kocaeli ilinin güneydoğusunda bulunan 1601 rakımlı Kartepe ildeki en yüksek dağdır. Dikmen Dağı (1,387 m), Naldöken Dağı (1,125 m), Naz Dağı (917 m) ve Çene Dağı (646 m) ildeki diğer önemli dağlardır. Kocaeli ilinin genelinde daha çok aşınım düzlüğü niteliğinde olan platolar %74,6 oranında bir alanı kaplar ve bu platolar derelerin oluşturduğu vadilerle yırtılır. İlin düzlükleri ise körfezin kuzey kıyısında, Derince-Körfez ilçeleri ile güney kıyısında Değirmendere-Başiskele arasında bulunur. En önemli ovalar, İzmit ilçesi ile Sapanca Gölü arasında kalan İzmit ovası, Dilovası, Karamürsel ilçesindeki Altınova'dır. İl sınırları içerisinde önemli sayılabilecek akarsu yoktur, fakat irili ufaklı çay ve dereler bulunur. Bunların bir bölümü Karadeniz'e, bir bölümü de Marmara Denizi'ne dökülür. İl sınırları içerisindeki göller ise Sapanca ve Hersek Gölleri'dir. Sapanca Gölü'nden bir kısım Kocaeli sanayi kuruluşlarının su ihtiyacı karşılanmaktadır.

Kocaeli ikliminin, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş oluşturduğu söylenebilir. Kocaeli ilinin körfez kıyılarıyla Karadeniz kıyısında ılıman, dağlık kesimlerde daha sert bir iklim etkilidir. İl merkezinde yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar yağışlı, zaman zaman karlı ve soğuk geçer. Kocaeli'nin Karadeniz'e bakan kıyıları ile İzmit Körfezi'ne bakan kıyıların iklimi arasında bazı farklılıklar göze çarpar. Yazın körfez kıyılarında bazen bunaltıcı sıcaklar yaşanırken Karadeniz kıyıları daha serindir. Kocaeli ilinin 10 metre yükseklik baz alındığında kuzey, kuzeybatı, batı kuzeybatı ve güneydoğu rüzgarlarının etkisinde kaldığı gözlenir.

3.3. Kocaeli İlinin Jeolojisi

Kocaeli ili, birbirinin doğal uzantısı olan İstanbul Yarımadası ve Kocaeli Yarımadası ile birlikte "İstanbul Zonu" olarak isimlendirilen tektonik birlik üzerinde yer alır. Kocaeli ili, İzmit Körfezi'nin kuzeyinde yer alan Kocaeli Yarımadası ile İzmit Körfezi'nin güneyinde yer alan Armutlu Yarımadası olmak üzere jeolojik açıdan iki önemli tektonik ve yapısal birliği bir arada bulundurur. Kocaeli Yarımadasının büyük bir bölümü Kocaeli il sınırları içerisinde yer almaktadır. Armutlu Yarımadası'nın ise orta ve doğu bölümünün bir kısmı Kocaeli sınırları içinde kalmaktadır. Kocaeli Yarımadası jeolojisi yapılan çalışmalarla (Abdüsselamoğlu, 1963; Altınlı, 1968) araştırılmıştır. Kocaeli Yarımadası'nı alttan üste doğru Ordovisiyen-Erken Karbonifer, Permo Triyas, Geç Kretase-Orta Eosen, Oligosen-Erken Miyosen, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel kayalar ile Permiyen ve Geç Kretase yaşlı magmatik (plütonik ve volkanik) kayalar yüzeyler.

3.3.1. Alüvyon

İzmit Körfezi kıyısında ve sulu derelerin vadilerinde kum, silt, kil, mil olarak gözlenen alüvyonun yaşı Kuvaterner'dir. Birimin kalınlığı 10 m civarındadır ve İzmit Sapanca Gölü arasında 70 m'ye kadar çıktığı gözlenmektedir.

3.3.2. Akveren formasyonu

Sinop ili Ayancık ilçesi güneyinde Akveren köyü civarında yüzeyleyen birim için "Akveren formasyonu" adı kullanılmıştır (Ketin ve Gümüş, 1963). Kocaeli ilinde yüzeyleyen benzer karakterli ve aynı yaş aralığındaki birimler için de, isim

birlikteliği sağlamak amacıyla “Akveren formasyonu” adı kullanılmıştır. Beyaz marn, kireçtaşı, karbonatlı kumtaşı, karbonatlı şeyl ve çörtlü kireçtaşından oluşan birimin kalınlığı 600 m civarındadır. Birimin yaşı ise Kampaniyen-Paleosen olarak belirlenmiştir. Birimin İzmit'in kuzeyinde, Hereke ilçesi kuzeybatısında, Gebze ilçesi güneyinde (Darıca civarında) yaygın yüzeylemeleri vardır.

3.3.3. Çaycuma formasyonu

Zonguldak ili Çaycuma ilçesinde yüzeyleyen birim ince-orta tabakalı, yer yer kalın tabakalı kumtaşı, ince tabakalı şeyl ve kıltaşı ardalanmasından oluşur. Kocaeli ilinde yüzeyleyen benzer karakterli ve aynı yaş aralığındaki birimler için “Çaycuma formasyonu” adı kullanılmıştır. Birimin yaşı Erken-Orta Eosen'dir. Kalınlığının ise arazi gözlemlerine göre 300 m civarında olduğu tahmin edilmektedir. İzmit-Hereke hattı kuzeyinde yaygın olarak yüzeyler.

3.3.4. Ballıkaya formasyonu

Genel olarak gri, koyu gri ve siyah renkli, ince-kalın tabakalı, aşınma yüzeyi baklava şekilli, dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşan birim Gebze ilçesi Tavşanlı köyü Ballıkaya deresinden adlandırılmıştır (Yurtsever, 1982). Birimin güney alanlarda Gebze güneyi ve kuzeydoğusunda, Hereke ilçesi kuzeyinde yüzlekleri vardır.

3.3.5. Hereke formasyonu

Birim Hereke ilçesi yöresinden (Altınlı, 1968) tarafından “formasyon” mertebesinde adlandırılmıştır. Alacalı kireç çimentolu çakıltası ve kireçtaşından oluşan birimin yaşı ise Kampaniyen'dir. Genellikle Marmara Denizi-İzmit Körfezi arasında gözlenir. Birim sahil-sığ deniz, gevşek tutturulmuş kaba kesimleri olası yelpaze çökelidir.

3.3.6. Çakraz formasyonu

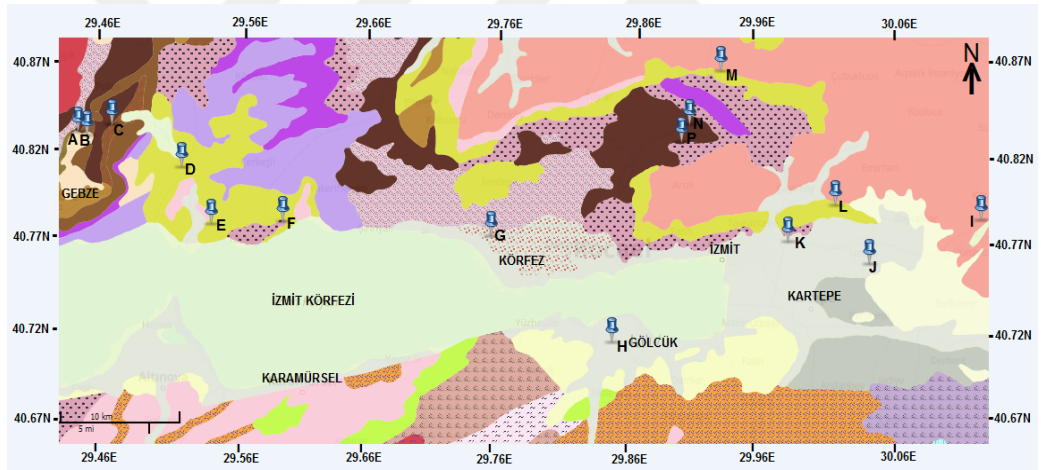
Bartın ili Amasra ilçesi Çakraz köyü civarında tipik yüzlekleri bulunur ve (Yergök ve diğ., 1987) tarafından “Çakraz formasyonu” olarak adlandırılmıştır. Kocaeli ilinde yüzeyleyen benzer karakterli ve aynı yaş aralığındaki birimler için isim birlikteliği sağlanması amacıyla “Çakraz formasyonu” adı kullanılmıştır. Kırmızı renkli karasal

çamurtaşı, şeyl, kumtaşı ve çakıllaşlarından oluşan birimin yaşı Permo-Triyas veya Triyas'tır. Birim Gebze ilçesi güney ve doğusunda, Denizliköy (Gebze Kuzeydoğu'su) ve İzmit kuzeyinde yaygın olarak yüzeyler.

3.3.7. Atbaşı formasyonu

Sinop-Ayancık arası Atbaşı köyünden adlandırılmıştır. Birim kumtaşı ve kireçtaşı ara tabakalı şeyl, marn ve kil taşlarından oluşur (Ketin ve Gümüş, 1963). Kocaeli ilinde yüzeyleyen aynı yaş aralığı ve benzer kaya türündeki birimler Gebze-İzmit arası kuzeyinde (Altınlı, 1968) tarafından "Koruyucu formasyonu" adı altında incelenmiştir. Kalınlığı 50-500 m arasında değişen birimin İzmit'in kuzeyi, Hereke ilçesi kuzeybatısı, Gebze ilçesi güneyi (Darıca civarı) yaygın yüzeylemeleri vardır.

Çalışma bölgesindeki genel litolojik birimler Şekil 3.2 ile verilmektedir.



Örnekleme Noktaları

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Çakıllaş-kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı | Kumtaşı-Kireçtaşı-Marn-Kiltaşı |
| Kireçtaşı-şeyl -çakıllaş | Kumtaşı-Şeyl-Konglomera-Çamurtaşı |
| Çakıllaş-kumtaşı-çamurtaşı-şist | Alüvyon |
| | Volkanit çökel kaya |
| | Eski Alüvyon (alüvyon yelpazesi) |
| Kireçtaşı-Kumtaşı-çamurtaşı | Kireçtaşı |
| | Çakıllaş-kumtaşı-kireçtaşı |
| | Granidiorit-mermer-metakumtaşı |
| Marn-fliş-kumtaşı-kireçtaşı | Kumtaşı-kireçtaşı-çakıllaş |
| Kumtaşı-şeyl-çamurtaşı | Çakıllaş-kumtaşı-çamurtaşı-şist |

Şekil 3.2. Çalışma alanının genel litolojisi (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr>' den değiştirilerek alınmıştır)

Örnekleme noktalarının litolojik birimleri Tablo 3.2 ile verilmektedir.

Tablo 3.2. Örnekleme noktalarına ait litolojik birimler

ÖRNEKLEME NOKTASI	LİTOLOJİK BİRİM
A	Çakıltaşı - Kumtaşı - Kireçtaşı - Çamurtaşı
B	Çakıltaşı - Kumtaşı - Kireçtaşı - Çamurtaşı
C	Kumtaşı - Kireçtaşı - Marn - Kıltaşı
D	Kireçtaşı - Şeyl - Çakıltaşı
E	Kireçtaşı - Şeyl - Çakıltaşı
F	Çakıltaşı - Kumtaşı - Çamurtaşı - Şist
G	Alüvyon Yelpezesi - Yamaç Molozu
H	Alüvyon
I	Kumtaşı - Şeyl - Konglomera - Çamurtaşı
J	Alüvyon
K	Alüvyon
L	Kireçtaşı - Şeyl - Çakıltaşı
M	Kireçtaşı - Kumtaşı - Çakıltaşı
N	Kireçtaşı - Kumtaşı - Çamurtaşı
P	Kireçtaşı - Kumtaşı - Çamurtaşı

3.4. Kocaeli İlinin Toprak Özellikleri

Kocaeli ilinde ağırlıklı olarak alüvyal, kolüvyal, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları ile rendzina ve regosal toprak çeşitlerine rastlanır. Genellikle Merkez, Gebze, Gölcük, Kandıra ve Karamürsel'i de içine alan İzmit Körfezi etrafındaki geniş alanda yer alan alüvyal toprakların mineral bileşimleri heterojen olup, toprak sınıfı düşük plastisiteli kil ve yüksek plastisiteli kil olarak saptanmıştır. Kalınlıkları ise 25-30 m arasında değişir. Bölgede kolüvyal topraklara ise İzmit Körfezi'nin kuzey ve güneyindeki dağların dik yamaç

eteklerinde ve körfezin doğusunda rastlanır. Kolüvyal toprakların toprak sınıfı çakıllı silt ve düşük-yüksek plastisiteli kil ve silt olup, bu toprakların kalınlıkları 25-30 m arasında değişir.

İzmit ve Gebze'nin kuzeyindeki ormanlık alanlarda görülen kahverengi orman toprakları dağilgan yapıda olup, az miktarda kil içerir. Organik madde miktarı yüksek olan bu toprakların kalınlıkları 0,3-0,35 m arasında değişir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları ise İzmit Körfezi'nin doğusunda, güneyinde ve Gebze'de görülür. Bu topraklarda organik madde bakımından zengindir ve kalınlıkları 0,4-0,45 m arasındadır.

Kocaeli'nin ormanlık alanlarında rastlanan regosal topraklar çok gevşek ve pekişmemiş bir yapıdadır. Regosal toprakların kalınlıkları 0,34-0,40 m arasında değişir. Rendzina topraklar ise genellikle ormanlık alanların üst taraflarında görülür. Dağınık yapıda bulunan bu toprakların kalınlığı ise 0,3-1,3 m arasında değişir. Koyu renkte olan bu topraklarda organik ve mineral madde iyi bir şekilde karışmış durumdadır.

3.5. Manyetik Duyarlık Yöntemi

Birçok kullanım alanı olan manyetik duyarlık yöntemi, toprakta ağır metal kirliliği araştırmalarında da kullanılmaktadır. Manyetik duyarlık ölçümleri tek başına kullanıldığında veya jeokimyasal analiz verileri ile korelasyonu yapıldığında toprakta kirlenme kaynaklarının ve çeşitlerinin belirlenmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (Morris, 1990). Endüstriyel faaliyetler, araç emisyonları (araç egzozu, lastiklerin aşınması, fren balataları ve yol yapım malzemeleri), fosil yakıtların yanması, tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasallar gibi etkenler sonucu oluşan ve manyetik özellikleri olan partiküller çeşitli yollarla topraklarda birikirler. Topraktaki bu manyetik malzemelerin manyetik duyarlık ölçümleri sonucu anomali vermesi kirlilik çalışmalarında manyetik duyarlık yöntemini kullanılabilir kılmıştır. Manyetik duyarlık değeri, kirliliğin derecesinin genel bir görünümünü verebilmektedir. Manyetik duyarlık ölçümlerinin uygulamasının kolay olması, hızlı sonuçlar vermesi ve maliyetinin düşük olması gibi yönleri bu yöntemi kirlilik çalışmalarında ön plana çıkarmıştır (Scoullos ve diğ., 1979; Hay ve diğ., 1997; Strzyszc ve Magiera, 1998; Lecoanet ve diğ., 1999; Yılmaz, 1999; Canbay ve diğ., 2006; Lu ve diğ., 2007;

Canbay ve diğ., 2010). Toprakta ağır metal kirliliği çalışmalarında manyetik duyarlık ölçümleri hem arazide (yerinde ölçüm), hem de araziden toprak numunesi alınarak laboratuarda da yapılabilir.

Bu çalışmada birçoğu endüstriyel kirlilik kaynaklarının etrafından belirlenen 15 örnekleme noktasının 2 ayrı seviyesinde (0,5 cm-1 m) önce SM-20 manyetik ölçüm cihazı kullanılarak arazide yüzey manyetik duyarlık ölçümü yapıldı, daha sonra ise ölçüm yapılan bu 2 farklı seviyeden laboratuarda da manyetik duyarlık ölçümleri yapmak amacıyla toprak örnekleri alındı. Arazi ölçümlerinde kullanılan SM 20 manyetik duyarlık sistemi bir sayaç ve değişebilir sensör alanından oluşmaktadır. Her sensör değişik amaçlar için tasarlanmıştır. Yüzey manyetik duyarlık ölçümleri yapmak için sensör düzgün bir zemine oturur ve sensörün tamamının yer ile temas etmesi sağlanır. Laboratuar manyetik duyarlık ölçümleri ise Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında Bartington marka MS2 cihazı kullanılarak yapıldı. Ölçümlerden önce numuneler nemliliklerinin giderilmesi adına önce etüvde kurutuldu, daha sonra ölçüm boyutuna getirmek amacıyla elekten geçirilerek ölçüm için plastik kaplara dolduruldu. Çift frekanslarda (0,47 kHz ve 4,7 kHz) ölçüm alma özelliğine sahip olan MS2 cihazı ile toprak örneklerinin χ_{LF} (alçak frekans) ve χ_{HF} (yüksek frekans) manyetik duyarlık ölçümleri yapıldı.

Bu çalışmada laboratuar manyetik duyarlık ölçümlerinde kullanılan alçak ve yüksek frekansta manyetik duyarlık ölçümü alma özelliğine sahip MS2 model manyetik duyarlık cihazı Şekil 3.3 ile verilmiştir.



Şekil 3.3. Laboratuar manyetik duyarlık ölçüm cihazı

3.6. Jeokimyasal Analiz

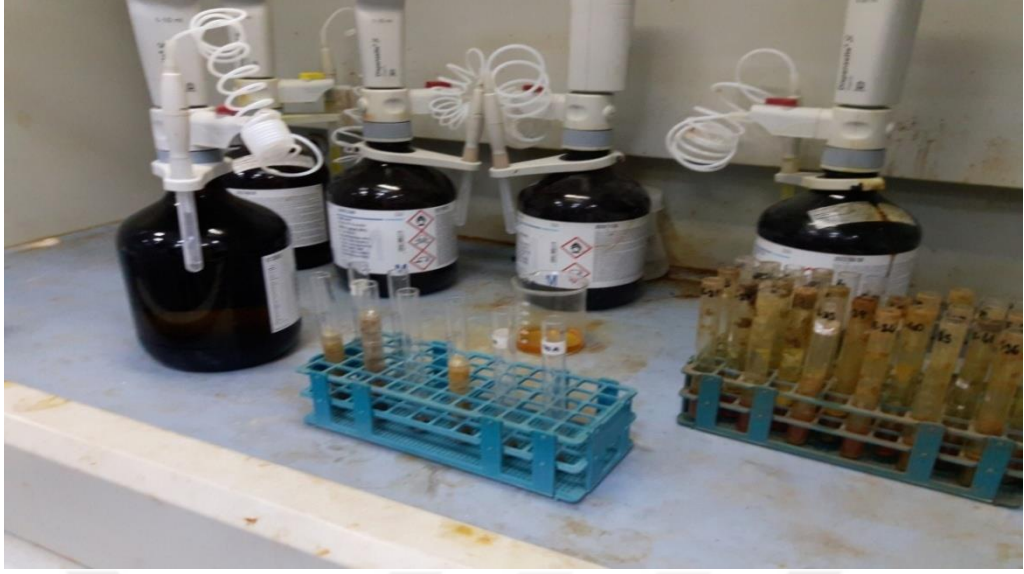
Bir elementin Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) ile analizini yapmak için o elementin önce nötral hale sonra buhar haline gelmesi, daha sonra da bir kaynaktan gelen elektromagnetik ışın demetinin yoluna dağılması gerekir. Bu işlem, ya elementi bileşik halinde içeren bir çözeltinin sis halinde yüksek sıcaklıkta bir alev içine püskürtülmesi, veya elementi bileşik halinde içeren numunenin (çözelti veya katı) karbon numune kabına elektrik arkıyla akkor haline getirilmesi suretiyle gerçekleştirilir. Başlıca şu olaylar oluşur:

Yüksek sıcaklıkta numune kurur. Kurumuş numune içindeki tuzlar gaz molekülleri haline dönüşürler. Alev içindeki serbest element atomlarından bir kısmı uyarılma sıcaklığına kadar ısınır, yüksek sıcaklıklarda atom halinde bulunan bir elementin en dış tabakasında bulunan bir elektron gerekli enerjiyi alarak uyarılmış hale geçer. Bu halde 10^{-9} saniye gibi çok kısa bir süre kalan elektron yeniden eski yerine döner, bu dönüş esnasında almış olduğu enerjiyi geri verir. Geri verilen enerji ışın halinde etrafa yayılır.

Bu çalışmada jeokimyasal analiz çalışmaları kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji laboratuvarında 15 farklı örnekleme noktasının her birinin 2 farklı seviyesinden alınan toplamda 30 adet toprak örneğinde incelenen ağır metallerin (As, Co, Cu, Pb, Cr, Ni ve Zn) konsantrasyonları mg/kg cinsinden ölçülmüştür.

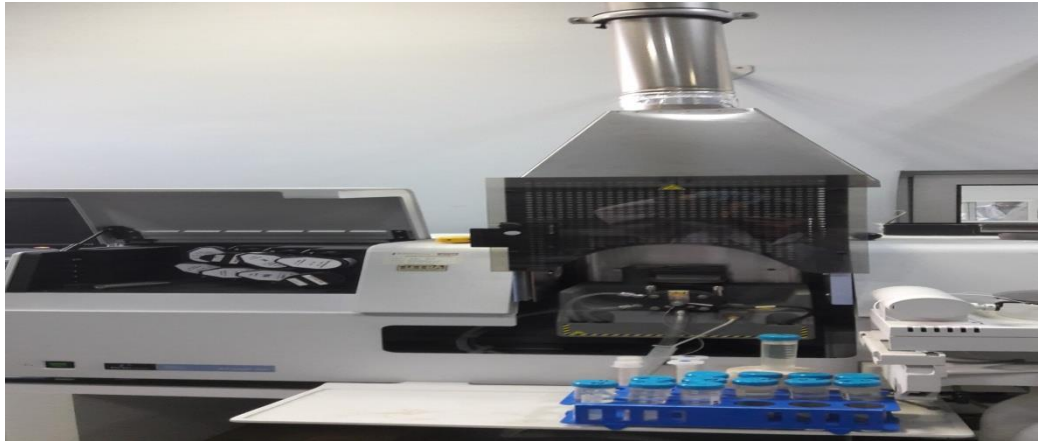
3.6.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Araziden alınan toprak numunelerinin jeokimyasal analizlere uygun hale getirilebilmesi için birtakım işlemlere tabi tutulması gerekir. Bu çalışmada öncelikle numuneler nemliliklerinin giderilmesi adına 105° etüv fırınında 2 saat boyunca bekletildi. Numunelerin etüvden çıktıktan sonra yaklaşık 15 dakika soğuması beklendi ve 100 µm boyuta getirilebilmeleri için öğütme makinesinde öğütme işlemine başlandı. Öğütülen numuneler 1,03-1,05 g aralığında tartılarak deney tüplerine aktarıldı. Her bir deney tüpüne 1 ml HClO₄ (perklorik asit), 2 ml HCl (hidroklorik asit), 2 ml HNO₃ (nitrik asit) ilave edildi (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Öğütülerek deney tüplerine konulan numunelere asitlerin eklenmesi

Üzerlerine asitler eklenen numuneler bir zaman bekletildikten sonra daha iyi çözünebilmelerini sağlamak için 2 saat boyunca 80° su banyosunda bekletilme işlemine tabi tutuldu. Su banyosundan elde edilen solüsyonlar birbirlerinden farklı çözünürlükte olduklarından ve jeokimyasal analiz için 10 ml'lik solüsyonlar elde etmek gerektiğinden deney tüplerine 4,5 ml su ilave edildi. 10 ml'lik solüsyonlar oluşuktan sonra karıştırıcı cihazda iyice karıştırıldı ve çözelti elde edildi. Sonra bu çözeltilerdeki katı kısmın dibe çökmesi amacıyla solüsyonlar 1 gece bekletildi. Bekletilen çözeltideki katı kısım atıldı, sıvı kısım ise tüplere doldurularak işleme hazır hale getirildi. Asitlerde çözünen numunelerin ağır metal konsantrasyon değerleri AAS cihazında okundu. AAS cihazı Şekil 3.5 ile verilmektedir.



Şekil 3.5. Atomik absorpsiyon spektrometresi

Bu cihazda hangi ağır metalin konsantrasyonu incelenmek isteniyorsa cihaza o ağır metale özgü lamba takılır ve lamba o elementin dalga boyunu yayarak ışın yolu oluşturur. Numune cihaza verildiğinde alevle püskürtülerek iyonlaşması sağlanır. İncelenen metale özgü lambanın yaydığı ışın yolunda iyonlaşan numune iyonları lamba tarafından absorbe edilir. Elde edilen değişim ağır metalin konsantrasyonunu verir.

3.7. Ağır Metal Kirlilik Parametreleri

Bu çalışmada toprak numunelerinde incelenen ağır metaller için zenginleşme faktörü (EF), kirlilik faktörü (CF) ve jeobirikim indeksi (I_{geo}) değerleri hesaplandı. Örneklem noktalarının her biri için ise kirlilik yük indeksi (PLI) değerleri hesaplanarak kirlenme olup olmadığı değerlendirildi.

3.7.1. Kirlilik faktörü (CF)

CF, topraktaki kirlilik derecesinin ortaya konmasında kullanılır ve incelenen metalin jeokimyasal analiz sonucu elde edilen konsantrasyon değerinin metalin yer kabuğundaki ortalama değerine bölünmesiyle elde edilir (Hakanson, 1980). Bu çalışmada metallerin yer kabuğu ortalama değerleri alınırken (Mason, 1996) ile verilen değerlerden yararlanılmıştır. Bu değerler Tablo 3.3 ile verilmektedir.

Tablo 3.3. İncelenen ağır metallerin yer kabuğu ortalama değerleri (Mason, 1996)

Ağır Metal	Yerkabuğu Ortalama Değeri
Arsenik (As)	1,8
Kobalt (Co)	25
Bakır (Cu)	55
Nikel (Ni)	75
Kurşun (Pb)	13

Tablo 3.3.(Devam) İncelenen ağır metallerin yer kabuğu ortalama değerleri (Mason, 1996)

Çinko (Zn)	70
Krom (Cr)	100
Mangan (Mn)	950

CF Denklem (3.2) ile hesaplanmaktadır.

$$CF = \frac{C_{\text{metal}}}{C_0} \quad (3.2)$$

Burada C_{metal} metalin topraktaki konsantrasyonu, C_0 metalin yer kabuğu ortalama değeri olarak tanımlanmaktadır. CF sınıflaması Tablo 3.4 ile verilmektedir.

Tablo 3.4. CF sınıflaması (Hakanson, 1980)

CF Değeri	Kirlilik Derecesi
$CF < 1$	Az Kirlenme
$1 < CF < 3$	Orta Derecede Kirlenme
$3 < CF < 6$	Önemli Derecede Kirlenme
$6 < CF$	Aşırı Derecede Kirlenme

3.7.2. Kirlilik yük indeksi (PLI)

PLI, örnekleme noktasında ağır metal kirliliğinin var olup olmadığını değerlendiren bir indekstir (Tomlinson ve diğ., 1980) ve çalışmalarda kullanılmıştır (Ray ve diğ., 2006; Huerta-Diaz ve diğ., 2008; Essien ve diğ., 2009; Mohiuddin ve diğ., 2010; Zhang ve diğ., 2011; Galuszka ve diğ., 2014). Bir örnekleme noktasında incelenen her bir metale ait hesaplanan CF değerleri kullanılarak Denklem (3.3) ile hesaplanır.

$$PLI = (CF_1 CF_2 CF_3 \dots CF_n)^{\frac{1}{n}} \quad (3.3)$$

Burada CF_1, CF_2, \dots, C_n bir örnekleme noktasında incelenen metallere ait kirlilik faktörleri, n incelenen metal sayısı olarak tanımlanmaktadır. PLI sınıflaması Tablo 3.5 ile verilmektedir.

Tablo 3.5. PLI değerlerine göre kirlilik değerlendirme (Chakravarty ve Patgiri, 2009)

PLI Değeri	Kirlilik Durumu
$PLI < 1$	Kirlenme Yok
$PLI > 1$	Kirlenme Var

3.7.3. Zenginleşme faktörü (EF)

EF, topraktaki doğal kaynaklı (jeojenik) veya insan faaliyetleri sonucu (antropojenik) oluşmuş ağır metal kirliliğinin derecesini belirlemek için kullanılan bir göstergedir (Buat-Menard ve Chesselet, 1979). Bu faktörün hesaplanmasında diğer kirlilik indekslerinden farklı olarak bir referans element seçilerek normalleştirme yapılmaktadır. En yaygın kullanılan referans elementler Al, Fe, Mn, Sc, Ti ve Zr elementleridir (Quevauviller ve diğ., 1989; Pacyna ve Winchester, 1990; Schiff ve Weisberg, 1999; Reimann ve Caritat, 2000; Chatterjee ve diğ., 2007; Machender ve diğ., 2011; Vural, 2014). Bu çalışmada referans element olarak Mn elementi belirlenmiştir. Mn elementinin örnekleme noktaları ve seviyelerinde Mn konsantrasyonları Tablo 3.6 ile verilmektedir. Ayrıca incelenen elementlerin ve referans elementin yer kabuğundaki ortalama değeri alınırken (Mason, 1996) ile verilen değerlerden yararlanılmıştır.

Tablo 3.6. Örnekleme noktaları - seviyelerinde Mn konsantrasyonları

Örnekleme Noktası	Mn (mg/kg)
A-1	972,3
A-2	1289,5
B-1	2147,6
B-2	2559,7
C-1	1324,8
C-2	1384,9
D-1	221,3
D-2	261,1
E-1	1616,2

Tablo 3.6. (Devam) Örnekleme noktaları-seviyelerinde Mn konsantrasyonları

F-1	897,5
F-2	986,4
G-1	910,5
G-2	973,1
H-1	1414,2
H-2	1390,3
I-1	718,7
I-2	733,3
J-1	1103,9
J-2	1096,8
K-1	1070,7
K-2	793,7
L-1	882,2
L-2	871,9
M-1	158,4
M-2	212,6
N-1	1412,2
N-2	1636,4
P-1	629,9
P-2	551,3

EF Denklem (3.4) ile hesaplanmaktadır.

$$EF = \frac{\frac{C_n}{C_{ref}}}{\frac{B_n}{B_{ref}}} \quad (3.4)$$

Burada C_n incelenen elementin analizi yapılan örnekte ölçülen konsantrasyonu, C_{ref} referans olarak alınan elementin analizi yapılan örnekte ölçülen konsantrasyonu, B_n incelenen elementin yer kabuğundaki ortalama değeri, B_{ref} referans elementin yer kabuğundaki ortalama değeri olarak tanımlanmaktadır. EF sınıflaması Tablo 3.7 ile verilmektedir.

Tablo 3.7. EF sınıflaması (Sutherland, 2000)

EF Değeri	Kirlilik Derecesi
EF < 2	Minimal Zenginleşme

Tablo 3.7. (Devam) EF sınıflaması (Sutherland, 2000)

$2 \leq EF \leq 5$	Orta Zenginleşme
$5 \leq EF \leq 20$	Belirgin Zenginleşme
$20 \leq EF \leq 40$	Çok Yüksek Zenginleşme
$40 < EF$	Aşırı Zenginleşme

3.7.4. Jeobirikim indeksi (I_{GEO})

Topraktaki mevcut konsantrasyon değerlerini endüstrileşme öncesi değerlerle kıyaslayarak topraklarda gelişen metal kirliliğinin derecesini belirlemek önerilen bir indekstir (Müller, 1981) ve çalışmalarda da kullanılmıştır (Miko ve diğ., 2000; Loska ve diğ., 2003; Sengupta ve diğ., 2010; Chung ve Chon, 2014). I_{GEO} Denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır.

$$I_{GEO} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5B_n} \right) \quad (3.5)$$

Burada C_n toprak örneğindeki metal konsantrasyonunun değeri, B_n n metalin yer kabuğundaki ortalama değeri, 1,5 temel değer matriksi korelasyon faktörü (çok küçük antropojen etkilerden dolayı) olarak tanımlanmaktadır. I_{GEO} sınıflaması Tablo 3.8 ile verilmektedir.

Tablo 3.8. I_{GEO} sınıflaması (Müller, 1969)

I_{GEO} Değeri	Kirlilik Derecesi
$I_{GEO} < 0$	Kirlenmemiş
$0 < I_{GEO} < 1$	Kirlenmemiş, orta derecede kirlenmiş
$1 < I_{GEO} < 2$	Orta derecede kirlenmiş
$2 < I_{GEO} < 3$	Orta - Çok Kirlenmiş

Tablo 3.8.(Devam) IGEO sınıflaması (Müller, 1969)

$3 < I_{GEO} < 4$	Çok Kirlenmiş
$4 < I_{GEO} < 5$	Çok - Aşırı Kirlenmiş
$5 < I_{GEO}$	Aşırı Kirlenmiş

4. BULGULAR

4.1. Manyetik Duyarlık Ölçümleri

Arazi manyetik duyarlık, laboratuvar alçak frekans (χ_{LF}) ve yüksek frekans (χ_{HF}) manyetik ölçüm değerleri Tablo 4.1 ile verilmektedir.

Tablo 4.1. Arazi ve laboratuvar manyetik duyarlık değerleri

Örnekleme Noktası - Seviyesi	Arazi Manyetik Duyarlık ($\times 10^{-3}$ SI)	χ_{LF} ($\times 10^{-5}$ SI)	χ_{HF} ($\times 10^{-5}$ SI)
A-1	0,001	64	65
A-2	0,003	80	83
B-1	0,079	15	16
B-2	0,043	11	13
C-1	0,007	18	19
C-2	0,001	19	20
D-1	6,54	43	44
D-2	8,68	23	25
E-1	47,8	740	744
E-2	0,361	1364	1360
F-1	7,86	29	31
F-2	1,01	37	40
G-1	0,03	145	145
G-2	0,012	129	131
H-1	53,4	424	424
H-2	1,94	516	519
I-1	0,003	10	14
I-2	0,003	8	10
J-1	0,004	76	79
J-2	0,05	106	108
K-1	0,007	366	364
K-2	0,002	135	134
L-1	0,001	14	17
L-2	6,54	12	15
M-1	14	10	13
M-2	0,078	12	15
N-1	0,074	48	48
N-2	0,002	52	51
P-1	1,66	29	30
P-2	0,001	28	30

Jeofizik manyetik yöntemde ferromanyetik kayaçların anomali verdiği bilinmektedir. Bu çalışmada çalışma alanının formasyonunun ağırlıklı olarak kireçtaşı, kumtaşı gibi

düşük manyetik duyarlıklı (diamanyetik, paramanyetik) formasyonlardan oluşması arazi manyetik duyarlık ölçümlerinde düşük değerler ölçülmesine neden oldu.

Laboratuvar ölçümlerinde (χ_{LF} , χ_{HF}) ise toprak numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ile doğru orantılı olarak değerlerde artış gözlemlendi, değerlerin arttığı örnekleme noktalarının endüstriyel faaliyetlerin yapıldığı alanlara ve trafik akışının olduğu otoyollara yakın bölgelerde olduğu ortaya konuldu.

4.2. Toprak Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları ve Ağır Metallere Ait CF, EF ve IGE₀ Değerleri

İncelenen ağır metallerin dünya toprakları ile ülkemiz topraklarındaki ortalama konsantrasyon değerleri Tablo 4.2 ile verilmektedir.

Tablo 4.2. Ağır metal konsantrasyon sınır değerleri

	As (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	
Dünya Toprakları Ortalaması	6,83	9	38,9	29	27	70	59,5	Kabata-Pendias, 2011
Türkiye Toprakları Ortalaması	20	80	50	30	50	150	100	ÇOGM, 2010

İncelenen ağır metallerin farklı endüstrilere göre kaynakları Tablo 4.3 ile verilmektedir.

Tablo 4.3. İncelenen ağır metallerin sektörel bazda kaynakları (Siegel, 2002)

ENDÜSTRİLER	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	As	Co
Kağıt	+	+	+	+	-	-	-
Petrokimya	+	+	+	+	+	+	+
Kimya Sanayi	+	+	+	-	+	+	-
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-
Demir-Çelik	+	+	+	+	+	+	+
Enerji	+	+	+	+	+	+	-
Metal Alışımı	+	+	+	+	+	+	+
Tarım	-	-	-	-	-	+	-
Seramik ve Cam Üretimi	-	-	+	+	-	+	+
Kaplama Sanayi	+	+	+	-	+	-	-
Elektronik Cihaz Üretimi	-	-	-	-	-	-	-
Madencilik	+	+	+	+	+	+	-

Tablo 4.3. (Devam) İncelenen ağır metallerin sektörel bazda kaynakları (Siegel, 2002)

Boya Sanayi	+	+	+	+	+	+	+
Makine Sanayi	-	+	+	-	-	-	-
Plastik Üretimi	-	-	+	-	-	-	-
Tekstil	+	+	-	-	-	-	-
Otomotiv Sanayi	+	+	+	+	+	-	-
Çimento Üretim	+	-	-	-	+	-	-
Deri Sanayi	+	-	-	-	-	-	-

Örnekleme noktalarından alınan toprak numunelerindeki incelenen ağır metallerin konsantrasyon miktarları Tablo 4.2'e göre, bu konsantrasyonlara sebep olabilecek endüstriyel kirlilik kaynakları ise Tablo 4.3 göz önüne alınarak değerlendirildi.

4.2.1. Arsenik (As)

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde As konsantrasyonları 1.seviyelerde 7 mg/kg-47,8 mg/kg (ortalama 18,68 mg/kg), 2.seviyelerde ise 6,9 mg/kg-42,8 mg/kg (ortalama 17,33 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen As konsantrasyon sınır değeri ise 20 mg/kg'dır (Tablo 4.2).

Gebze ilçesindeki B örnekleme noktasının, Dilovası ilçesindeki E örnekleme noktasının ve İzmit ilçesi Umuttepe mevkiindeki M ve N örnekleme noktalarının her iki seviyesinde, İzmit ilçesi K örnekleme noktasının ise 1.seviyesinde As konsantrasyonlarının sınır değer olan 20 mg/kg'ı geçtiği gözlemlendi. Örnekleme noktaları-seviyelerinde elde edilen As konsantrasyonları ile As ağır metaline ait CF,EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.4 ile verilmektedir.

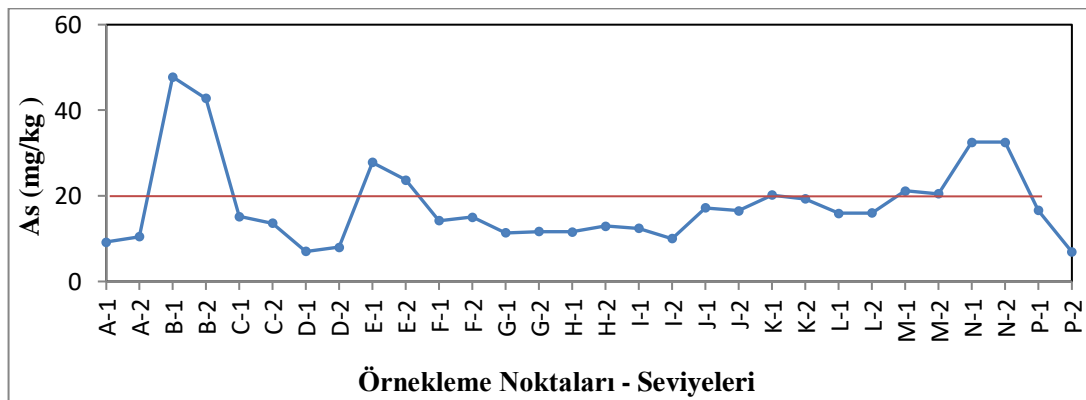
Tablo 4.4. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre As konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme Noktası-Seviyesi	As (mg/kg)	CF-As	EF-As	I _{GEO} -As
A-1	9,2	5,11	4,99	1,77
A-2	10,5	5,83	4,30	1,96
B-1	47,8	26,55	11,75	4,14
B-2	42,8	23,77	8,82	3,99
C-1	15,2	8,44	6,05	2,49
C-2	13,6	7,55	5,18	2,33
D-1	7	3,89	16,70	1,37

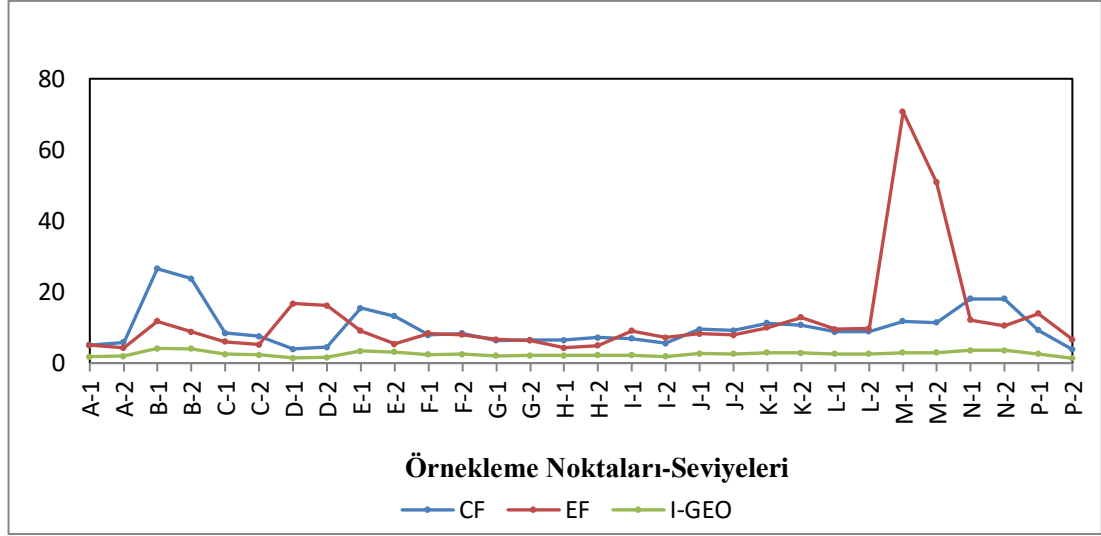
Tablo 4.4.(Devam) Örnekleme noktaları - seviyelerine göre As konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

D-2	8	4,44	16,17	1,57
E-1	27,8	15,44	9,08	3,36
E-2	23,7	13,17	5,36	3,13
F-1	14,2	7,89	8,35	2,39
F-2	15	8,33	8,02	2,47
G-1	11,4	6,33	6,61	2,08
G-2	11,7	6,5	6,34	2,11
H-1	11,6	6,44	4,33	2,10
H-2	12,9	7,17	4,90	2,26
I-1	12,4	6,89	9,10	2,20
I-2	10	5,55	7,20	1,89
J-1	17,2	9,55	8,22	2,67
J-2	16,5	9,17	7,94	2,61
K-1	20,2	11,22	9,96	2,90
K-2	19,3	10,72	12,83	2,84
L-1	15,9	8,83	9,51	2,56
L-2	16	8,89	9,68	2,57
M-1	21,2	11,78	70,64	2,97
M-2	20,5	11,39	50,89	2,92
N-1	32,5	18,05	12,15	3,59
N-2	32,5	18,05	10,48	3,59
P-1	16,6	9,22	13,91	2,62
P-2	6,9	3,83	6,60	1,35

As konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.1 ile, As ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.2 ile verilmektedir.



Şekil 4.1. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre As konsantrasyon değerlerinin değişimi (— : Kirlilik Sınır Değeri)



Şekil 4.2. Örneklem noktaları - seviyelerine göre As için CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin değişimi

As konsantrasyonları 47,8 mg/kg-42,8 mg/kg değerleri ile en fazla Gebze ilçesindeki B örneklem noktasının 1.ve 2.seviyelerinde sınır değerden fazla bulundu. Ayrıca B örneklem noktasının 1.seviyesinde As için CF değeri 26,55 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 11,75 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 4,14 (çok-aşırı kirlenmiş) olarak elde edilmiştir. Bu noktanın 2.seviyesinde ise As için CF değeri 23,77 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 8,82 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,99 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlenmeye B noktasının çevresinde yer alan Filli Boya (493,90 m), Anadolu Cam Gebze (190,68 m), Petroyağ (475,57 m), Has Aliminyum (657,66 m), Polaron Kimya Sanayi (614,76 m), Diva Metal (461,82 m) endüstriyel tesislerinin neden olduğu düşünülmektedir.

Dilovası ilçesinde bulunan E örneklem noktasında As 1.seviyede 27,8 mg/kg, 2.seviyede 23,7 mg/kg konsantrasyonları ile sınır değerden fazla bulunmuştur. Ayrıca E örneklem noktasının 1.seviyesinde As için CF değeri 15,44 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 9,08 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,36 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise As için CF değeri 13,17 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 5,36 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,13 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Çevrede yer alan Polisan Boya Fabrikası (1,83 km) Çolakoğlu Metalurji (1,77 km), DYO Boya Fabrikası (1.55 km), Dilovası Organize Sanayi Bölgesi 2.Kısım tesisleri (1,48 km) bu kirlenmenin endüstriyel kaynakları olarak düşünülmektedir.

İzmit ilçesinde yer alan K örnekleme noktasının 1.seviyesinde As konsantrasyonu 20,2 mg/kg ile sınır değeri geçmesinde çevrede yer alan Bekaert Çelik Üretim Tesis (1 km), Brisa Lastik Fabrikası (800,5 m), Enerjisa Elektrik Üretim A.Ş. Kentsa Santrali (22,99 m), Goodyear Lastik Fabrikası (1,27 km) endüstriyel tesislerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca K örnekleme noktasının 1.seviyesinde As için CF değeri 11,22 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 9,96 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 2,90 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi.

İzmit ilçesi Umuttepe mevkiinde yer alan bulunan M örnekleme noktasında As 1.seviyede 21,2 mg/kg, 2.seviyede 20,5 mg/kg konsantrasyonları ile toprak yönetmeliğinde belirlenen sınır değerden fazla bulunmuştur. Ayrıca M örnekleme noktasının 1.seviyesinde As için CF değeri 11,78 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 70,64 (aşırı zenginleşme), I_{geo} değeri 2,97 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise As için CF değeri 11,39 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 50,89 (aşırı zenginleşme), I_{geo} değeri 2,92 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi. M örnekleme noktasının yakın çevresinde toprakta As konsantrasyonunu artırabilecek endüstriyel kirlilik kaynağı bulunmamasına rağmen As konsantrasyonunun sınırı geçmesinde atmosferik taşınımın (rüzgar, yağmur ile) etkisinin, yani doğal kaynaklı kirliliğin olabileceği düşünülmektedir.

İzmit ilçesi Umuttepe mevkiinde yer alan N örnekleme noktasında As 1.seviyede ve 2.seviyede 32,5 mg/kg konsantrasyon değeri ile sınır değerden fazla bulunmuştur. Ayrıca N örnekleme noktasının 1.seviyesinde As için CF değeri 18,05 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 12,15 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,59 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise As için CF değeri 18,05 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 10,48 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,59 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. N örnekleme noktasının yakın çevresinde toprakta As konsantrasyonunu artırabilecek endüstriyel kirlilik kaynağı bulunmamasına rağmen As konsantrasyonunun sınırı geçmesinde atmosferik taşınımın etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Kobalt (Co)

Co konsantrasyonları 1.seviyelerde 10,3 mg/kg-87,1 mg/kg (ortalama 38 mg/kg), 2.seviyelerde ise 8,9 mg/kg-61,3 mg/kg (ortalama 35,32 mg/kg) değerleri arasında

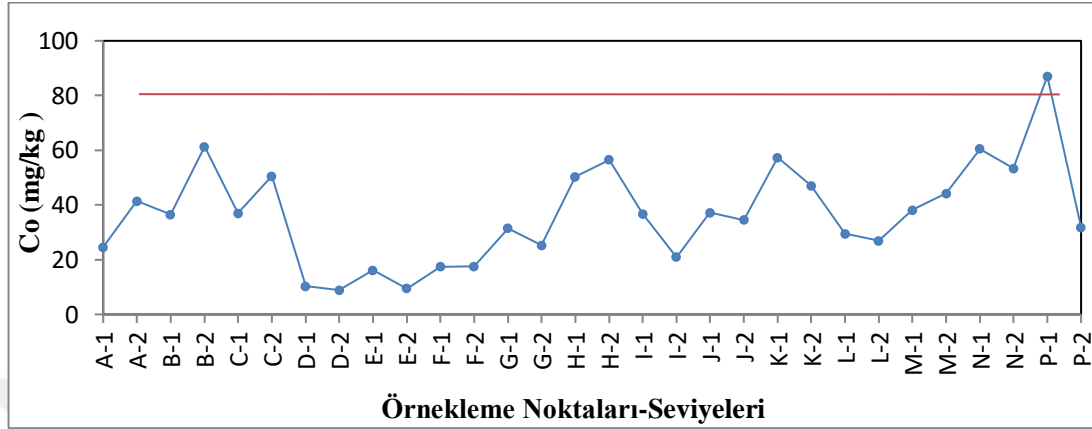
elde edildi. Ülkemiztoprakları için belirlenen Co konsantrasyon sınır değeri ise 80 mg /kg'dır (Tablo 4.2).

İzmit ilçesi Umuttepe mevkiindeki P örnekleme noktasının 1.seviyesi dışındaki tüm örnekleme noktaları-seviyelerinde Co sınır değeri olan 80 mg/kg'ın altında bulundu. Örnekleme noktaları-seviyelerinde elde edilen Co konsantrasyonları ile Co ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.5 ile verilmektedir.

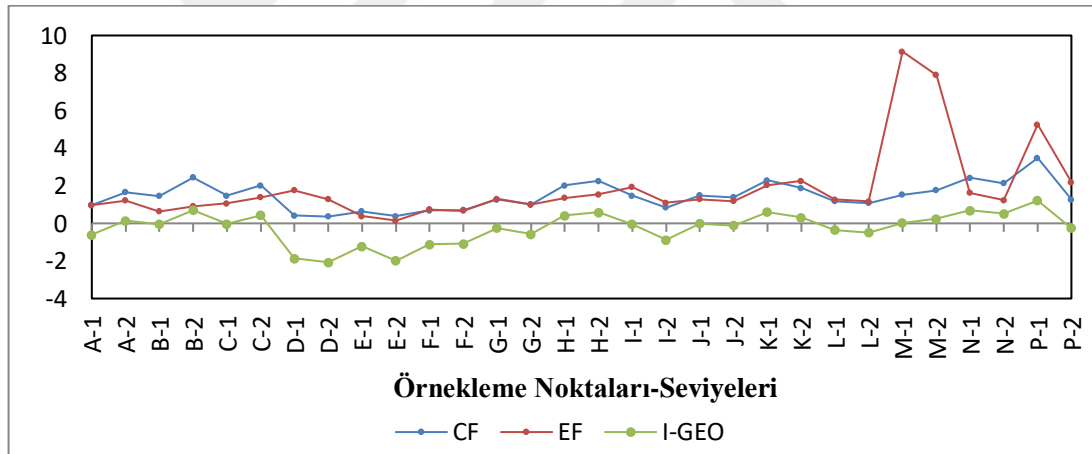
Tablo 4.5. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Co konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme Noktası-Seviyesi	Co (mg/kg)	CF-Co	EF-Co	I _{GEO} -Co
A-1	24,6	0,98	0,96	-0,61
A-2	41,4	1,66	1,22	0,14
B-1	36,5	1,46	0,64	-0,04
B-2	61,3	2,45	0,91	0,71
C-1	37	1,48	1,06	-0,02
C-2	50,5	2,02	1,38	0,43
D-1	10,3	0,41	1,77	-1,86
D-2	8,9	0,36	1,29	-2,07
E-1	16,1	0,64	0,38	-1,22
E-2	9,5	0,38	0,15	-1,98
F-1	17,4	0,69	0,74	-1,11
F-2	17,6	0,70	0,68	-1,09
G-1	31,5	1,26	1,31	-0,25
G-2	25,3	1,01	0,99	-0,57
H-1	50,3	2,01	1,35	0,42
H-2	56,5	2,26	1,54	0,59
I-1	36,7	1,47	1,94	-0,04
I-2	21	0,84	1,09	-0,87
J-1	37,2	1,49	1,28	-0,01
J-2	34,5	1,38	1,19	-0,12
K-1	57,3	2,29	2,03	0,61
K-2	47	1,88	2,25	0,32
L-1	29,5	1,18	1,27	-0,35
L-2	26,9	1,08	1,17	-0,48
M-1	38,1	1,52	9,14	0,02
M-2	44,2	1,77	7,90	0,24
N-1	60,5	2,42	1,63	0,69
N-2	53,4	2,14	1,24	0,51
P-1	87,1	3,48	5,25	1,21
P-2	31,8	1,27	2,19	-0,24

Co konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.3 ile, Co ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.4 ile verilmiştir.



Şekil 4.3. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Co konsantrasyon değerlerinin değişimi (— : Kirlilik Sınır Değeri)



Şekil 4.4. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Co için CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin değişimi

Co konsantrasyonları İzmit Umuttepe mevkiinde bulunan P örnekleme noktasının 1.seviyesi hariç diğer örnekleme noktalarında sınır değerini geçmediği gözlemlendi. P örnekleme noktasının 1.seviyesinde ise Co konsantrasyon değeri 87,1 mg/kg elde edildi. Ayrıca P örnekleme noktasının 1.seviyesinde Co için CF değeri 3,48 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 5,25 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 1,21 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. P örnekleme noktasının yakın çevresinde toprakta Co konsantrasyonunu artırabilecek endüstriyel kirlilik kaynağı bulunmamasına rağmen konsantrasyonun sınır değerini geçmesinde atmosferik

taşımanın (rüzgar, yağmur ile) etkisinin, yani doğal kaynaklı kirliliğin olabileceği düşünülmektedir.

4.2.3. Bakır (Cu)

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde Cu konsantrasyonları 1.seviyelerde 23,4 mg/kg-85,7 mg/kg (ortalama 44,66 mg/kg), 2.seviyelerde ise 17,7 mg/kg-128,6 mg/kg (ortalama 47 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen Cu konsantrasyon sınır değeri ise 50 mg/kg'dır (Tablo 4.2).

Dilovası ilçesindeki E örnekleme noktasının ve İzmit ilçesindeki L örnekleme noktasının her iki seviyesinde, Körfez ilçesindeki F örnekleme noktasının 2.seviyesinde, İzmit ilçesindeki J örnekleme noktasının ise 1.seviyesinde Cu konsantrasyonunun sınır değeri 50 mg/kg'ı geçtiği gözlemlendi. Örnekleme noktaları seviyelerinde elde edilen Cu konsantrasyonları ile Cu ağır metale ait CF, EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.6 ile verilmektedir.

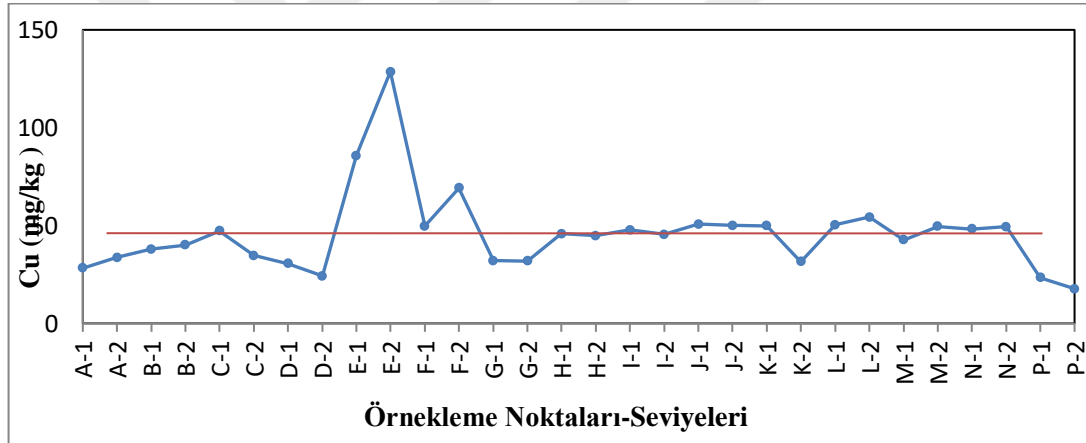
Tablo 4.6. Örnekleme noktaları -seviyelerine göre Cu konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme Noktası-Seviyesi	Cu (mg/kg)	CF-Cu	EF-Cu	I _{GEO} -Cu
A-1	28,2	0,51	0,50	-1,55
A-2	33,6	0,61	0,45	-1,29
B-1	37,9	0,69	0,30	-1,12
B-2	40,1	0,73	0,27	-1,04
C-1	47,3	0,86	0,62	-0,80
C-2	34,7	0,63	0,43	-1,25
D-1	30,5	0,55	2,38	-1,43
D-2	24,1	0,44	1,59	-1,77
E-1	85,7	1,56	0,91	0,05
E-2	128,6	2,34	0,95	0,64
F-1	49,7	0,90	0,96	-0,73
F-2	69,1	1,26	1,21	-0,25
G-1	32,1	0,58	0,61	-1,36
G-2	31,9	0,58	0,57	-1,37
H-1	45,8	0,83	0,56	-0,85
H-2	44,8	0,81	0,55	-0,88
I-1	47,7	0,87	1,15	-0,79
I-2	45,5	0,83	1,07	-0,86
J-1	50,7	0,92	0,79	-0,70
J-2	50	0,91	0,78	-0,72
K-1	49,8	0,90	0,80	-0,73

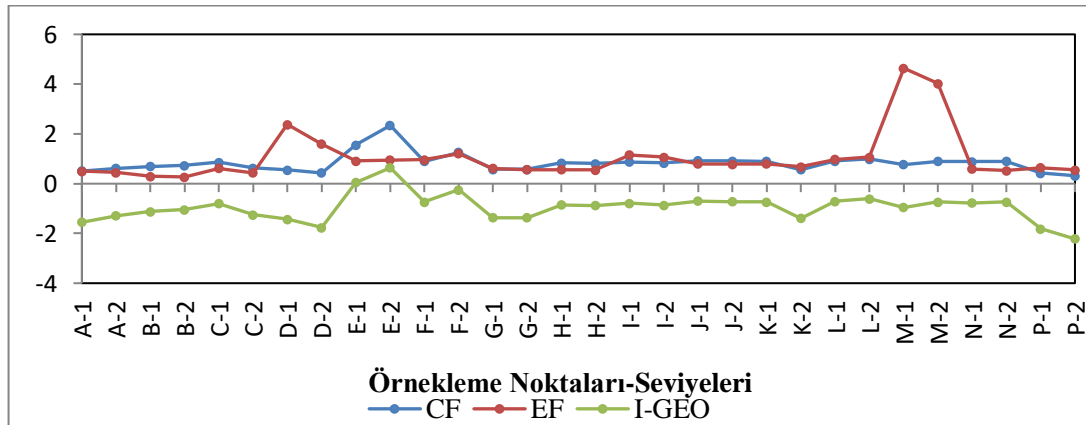
Tablo 4.6.(Devam) Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Cu konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri

K-2	31,5	0,57	0,68	-1,39
L-1	50,3	0,91	0,98	-0,71
L-2	54,3	0,99	1,07	-0,60
M-1	42,6	0,77	4,64	-0,95
M-2	49,6	0,90	4,03	-0,73
N-1	48,2	0,88	0,59	-0,77
N-2	49,4	0,90	0,52	-0,74
P-1	23,4	0,42	0,64	-1,81
P-2	17,7	0,32	0,55	-2,22

Cu konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.5 ile, Cu ağır metaline ait CF, EF ve IGEO değerlerinin örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.6 ile verilmektedir.



Şekil 4.5. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cu konsantrasyon değerlerinin değişimi (— : Kirlilik Sınır Değeri)



Şekil 4.6. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cu için CF, EF ve IGEO değerlerinin değişimi

Bakır konsantrasyonları en fazla 128,6 mg/kg ve 85,7 mg/kg değerleri ile en fazla Dilovası ilçesinde yer alan E örnekleme noktasının her iki seviyesinde gözlemlendi. Ayrıca E örnekleme noktasının 1.seviyesinde Cu için CF değeri 1,56 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,91 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,05 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise As için CF değeri 2,34 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,95 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,64 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirliliğin özellikle E örnekleme noktasına 1,99 m mesafede bulunan İzmit-İstanbul otoyolundaki yoğun trafik akışı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu noktanın çevresindeki DYÖ Boya Fabrikası (1,55 km), Çolakoğlu Metalurji (1,77 km), Polisan Boya Fabrikası (1,83 km), Dilovası Organize Sanayi Bölgesi 2.kısım (1,48 km) endüstriyel tesislerinin de kirlenmede etkili olduğu düşünülmektedir.

Körfez ilçesine bağlı Hereke semtindeki F örnekleme noktasında Cu konsantrasyonu 1.seviyede 49,7 mg/kg değeri ile sınır değere çok yakın iken 2.seviyede 69,1mg/kg değeri ile sınırı geçmiştir. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Cu için CF değeri 1,26 (orta derecede kirlenme), EF değeri 1,21 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,25) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Noktaya 33,07 m ile 53,27 m mesafelerde bulunan İzmit-İstanbul otoyolu ve Anadolu otoyolundaki yoğun trafik akışının kirlilikte etkili olduğu düşünülmektedir.

İzmit ilçesine bağlı Alikahya semtindeki L örnekleme noktasının 1.seviyesinde 50,3 mg/kg, 2.seviyesinde ise 54,3 mg/kg değeri ile Cu konsantrasyonlarının sınır değerini aştığı gözlemlendi. L örnekleme noktasının 1.seviyesinde Cu için CF değeri 0,91 (az kirlenme), EF değeri 0,98 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,71) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Cu için CF değeri 0,99 (az kirlenme), EF değeri 1,07 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,60) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. L noktasındaki kirliliğe özellikle bu noktaya 25,83 m uzaklıkta bulunan İzaydaş çöp fabrikasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kirliliğe bu noktanın çevresindeki Körfez Enerji Solaklar Tesisi (363,56 m), Türeller Makina Sanayi fabrika (95,96 m), İzaydaş Elektrik Üretim Tesisi (219,47 m) gibi endüstriyel kirlilik kaynaklarının da katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

4.2.4. Nikel (Ni)

Jeokimyasal analiz sonucu Ni konsantrasyonları 1.seviyelerde 29,2 mg/kg -109,2 mg/kg (ortalama 55,08 mg/kg), 2.seviyelerde ise 29,1 mg/kg-115,4 mg/kg (ortalama 57,35 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen Ni konsantrasyon sınır değeri ise 30 mg/kg'dır (Tablo 4.2). Körfez ilçesinde bulunan G örnekleme noktasının her iki seviyesinde nikel konsantrasyonları Türkiye toprak yönetmeliğinde belirtilen Nikel kirlilik sınırı olan 30 mg/kg'ın altında bulundu. Dilovası ilçesinde bulunan D örnekleme noktasının 2.seviyesinde ise nikel konsantrasyonunun tam sınır değerinde olduğu gözlemlendi. Geriye kalan örnekleme noktalarının tamamında nikel konsantrasyonu kirlilik sınır değerinin üzerinde bulundu. Ülkemiz toprakları için Ni konsantrasyonu sınır değerinin, diğer ülkelerindeki sınır değere göre düşük tutulması Ni konsantrasyonlarının birçok örnekleme noktasında sınır değeri geçmesinde etkili oldu. Örnekleme noktalariseviyelerinde elde edilen Ni konsantrasyonları ile Ni ağır metale ait CF, EF ve IGEO değerleri Tablo 4.7 ile verilmektedir.

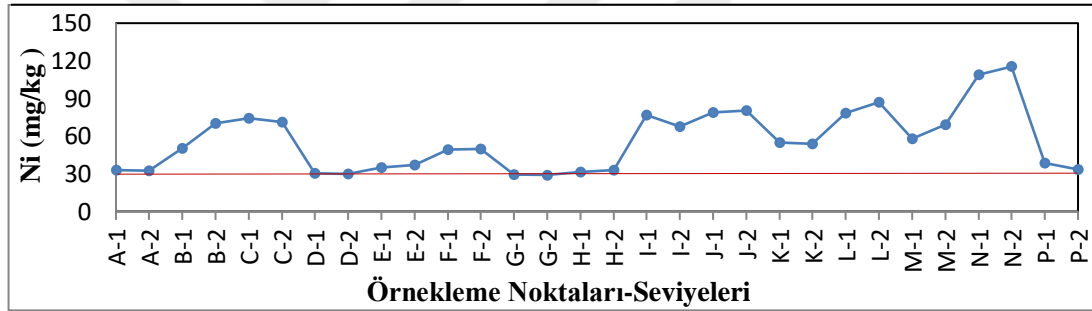
Tablo 4.7. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Ni konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri

Örnekleme Noktaları-Seviyeleri	Ni (mg/kg)	CF-Ni	EF-Ni	IGEO-Ni
A-1	32,8	0,44	0,43	-1,78
A-2	32,2	0,43	0,32	-1,80
B-1	50,2	0,67	0,30	-1,16
B-2	70,3	0,94	0,35	-0,68
C-1	74,1	0,99	0,71	-0,60
C-2	71,4	0,95	0,65	-0,65
D-1	30,3	0,40	1,73	-1,89
D-2	30	0,40	1,45	-1,91
E-1	34,9	0,46	0,27	-1,69
E-2	37,2	0,50	0,20	-1,59
F-1	49,1	0,65	0,69	-1,19
F-2	49,7	0,66	0,64	-1,18
G-1	29,2	0,39	0,41	-1,94
G-2	29,1	0,39	0,38	-1,95
H-1	31,2	0,42	0,28	-1,85
H-2	33	0,44	0,30	-1,77
I-1	76,9	1,02	1,35	-0,55
I-2	67,7	0,90	1,17	-0,73
J-1	79	1,05	0,91	-0,51
J-2	80,5	1,07	0,93	-0,48

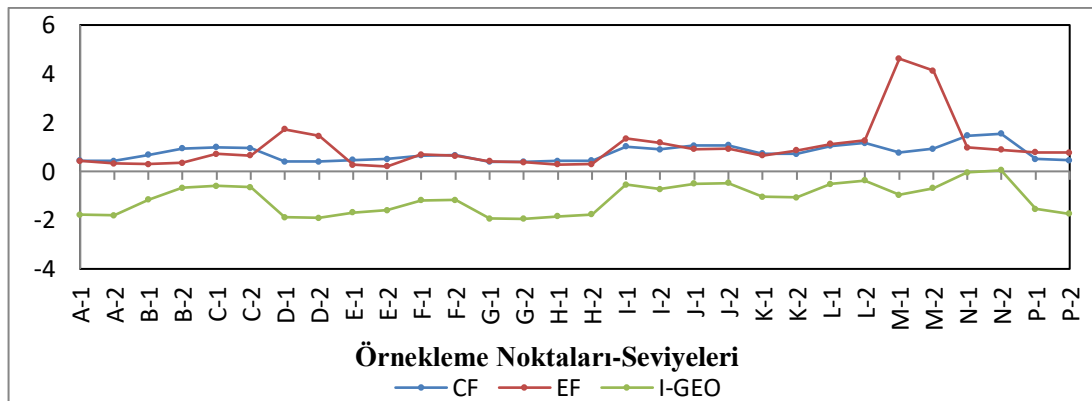
Tablo 4.7.(Devam) Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Ni konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve IGEO değerleri

K-1	54,7	0,73	0,65	-1,04
K-2	53,7	0,71	0,86	-1,07
L-1	78,2	1,04	1,12	-0,52
L-2	87	1,16	1,26	-0,37
M-1	57,8	0,77	4,62	-0,96
M-2	69,3	0,92	4,13	-0,69
N-1	109,2	1,46	0,98	-0,04
N-2	115,4	1,54	0,89	0,04
P-1	38,6	0,51	0,78	-1,54
P-2	33,7	0,45	0,77	-1,74

Ni konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.7 ile, Ni ağır metaline ait CF, EF ve IGEO değerlerinin örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.8 ile verilmektedir.



Şekil 4.7. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Ni konsantrasyon değerlerinin (— Kirlilik Sınır Değeri)



Şekil 4.8. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Ni için CF, EF ve IGEO değerlerinin değişimi

Ni konsantrasyonlarının sınır değerini birçok bölgede aştığı görülse de en fazla değer İzmit ilçesi Umuttepe mevkiindeki N örnekleme noktasında olduğu

görülmektedir. N örnekleme noktasının 1.seviyesinde Ni için CF değeri 1,46 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,98 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri -0,04 (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Ni için CF değeri 1,54 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,89 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,04 (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Kirlilikte özellikle bu örnekleme noktasına 90 m mesafede bulunan Eski İstanbul otoyolundaki trafik akışının etkili olduğu düşünülmektedir. Diğer örnekleme noktalarında da sınır değerini aşılmasına bu noktaların çevresindeki otomotiv, petrokimya, demir-çelik, boya, metal sektörüne ait fabrikalar ile otoyollardaki trafik akışının sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2.5. Kurşun (Pb)

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde jeokimyasal analiz sonucu Pb konsantrasyonları 1.seviyelerde 1,4 mg/kg-195,4 mg/kg (ortalama 42,78 mg/kg), 2.seviyelerde ise 3,8 mg/kg-215,3mg/kg (ortalama 50,17 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen Ni konsantrasyon sınır değeri ise 50 mg/kg'dır (Tablo 4.2). Gebze ilçesindeki A ve B örnekleme noktalarının her iki seviyesinde, Dilovası ilçesindeki E örnekleme noktasının her iki seviyesinde ve Körfez ilçesindeki F örnekleme noktasının 2.seviyesinde Pb konsantrasyonlarının sınır değeri 50 mg/kg'ı aştığı gözlemlendi. Örnekleme noktalarının seviyelerine göre elde edilen Pb konsantrasyonları ile Pb ağır metale ait CF, EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.8 ile verilmektedir.

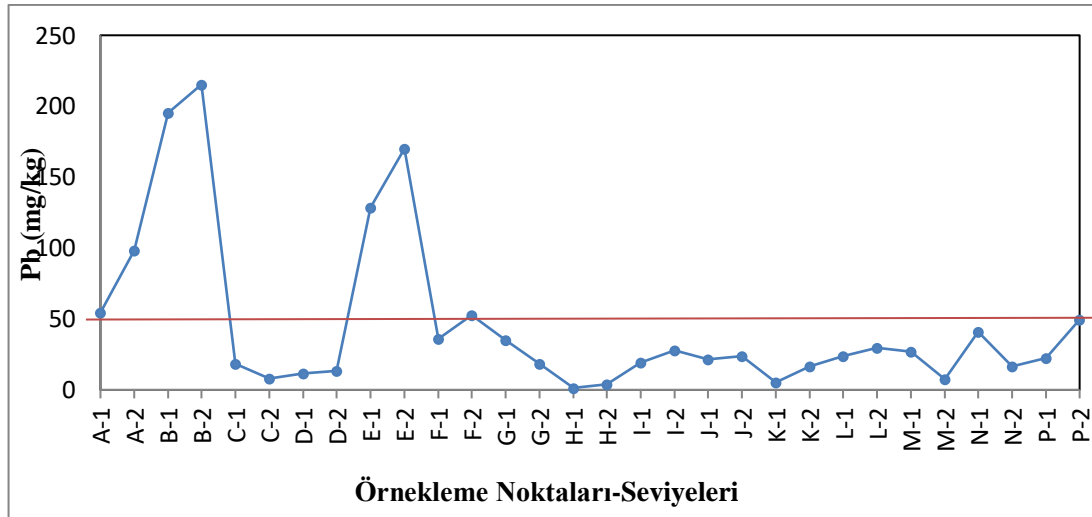
Tablo 4.8. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Pb konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme Noktası-Seviyesi	Pb (mg/kg)	CF-Pb	EF-Pb	I_{GEO} -Pb
A-1	54,4	4,18	4,09	1,48
A-2	98,5	7,58	5,58	2,34
B-1	195,4	15,03	6,65	3,32
B-2	215,3	16,56	6,15	3,46
C-1	18,6	1,43	1,02	-0,07
C-2	8,2	0,63	0,43	-1,25
D-1	11,8	0,91	3,90	-0,72
D-2	13,5	0,75	3,78	-0,53
E-1	128,5	9,88	5,81	2,72
E-2	169,9	13,07	5,32	3,12

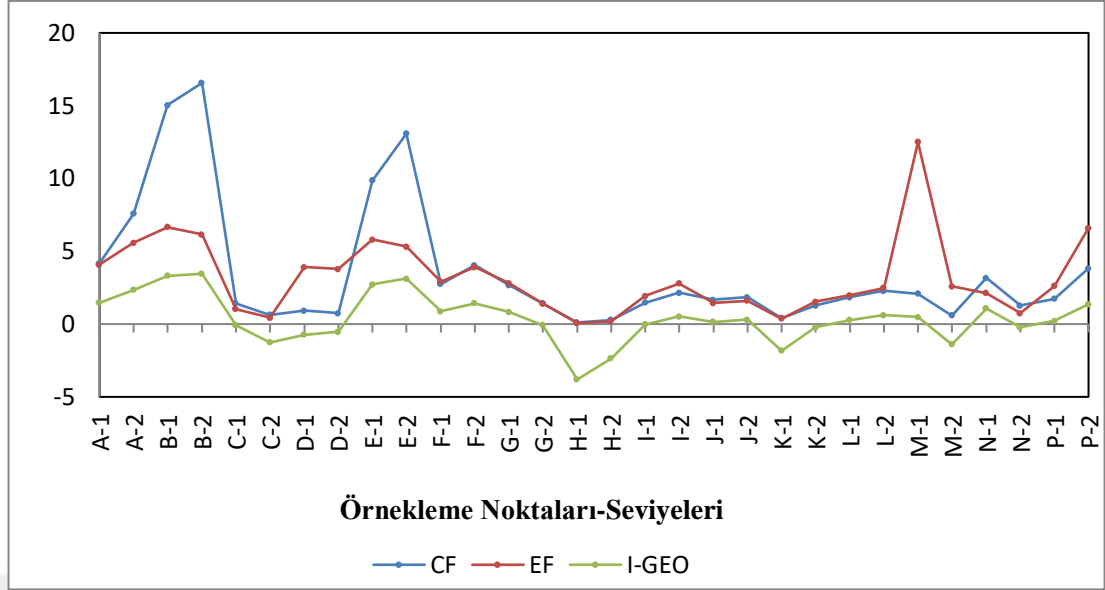
Tablo 4.8. (Devam) Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Pb konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

F-1	35,8	2,75	2,91	0,88
F-2	52,6	4,05	3,90	1,43
G-1	34,9	2,68	2,80	0,84
G-2	18,6	1,43	1,40	-0,07
H-1	1,4	0,11	0,07	-3,80
H-2	3,8	0,29	0,20	-2,36
I-1	19,1	1,47	1,94	-0,03
I-2	27,9	2,15	2,78	0,52
J-1	21,7	1,67	1,44	0,15
J-2	24	1,85	1,60	0,30
K-1	5,5	0,42	0,37	-1,82
K-2	16,7	1,28	1,54	-0,22
L-1	23,9	1,84	1,98	0,29
L-2	29,7	2,28	2,49	0,61
M-1	27,1	2,08	12,50	0,47
M-2	7,5	0,58	2,58	-1,38
N-1	41,1	3,16	2,13	1,07
N-2	16,7	1,28	0,74	-0,22
P-1	22,6	1,74	2,62	0,21
P-2	49,7	3,82	6,59	1,35

Pb konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.9 ile, Ni ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.10 ile verilmektedir.



Şekil 4.9. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Pb konsantrasyon değerlerinin değişimi (— : Kirlilik Sınır Değeri)



Şekil 4.10. Örnekleme noktaları - seviyelerine göre Pb için CF, EF ve I_{Geo} değerlerinin değişimi

Pb konsantrasyonları 195,4 mg/kg ve 215,3 mg/kg değerleri ile en fazla Gebze ilçesinde yer alan B örnekme noktasının 1. ve 2.seviyelerinde gözlemlendi. B örnekme noktasının 1.seviyesinde Pb için CF değeri 15,03 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 6,65 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,32(çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Pb için CF değeri 16,56 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 6,15 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,46 (çok kirlenmiş) olarak elde edildi. B örnekme noktasındaki Pb konsantrasyonunun sınır değerini aşmasında bu noktanın çevresindeki Anadolu Cam Gebze, Has Aliminyum, Boyaş Metal Kaplama Sanayi, Filli Boya, Polaron Kimya Sanayi endüstriyel tesislerinin neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu noktaya 896,64 m mesafede bulunan Şekerpınar-Gebze otoyolu ile 945,75 m mesafede bulunan Anadolu otoyolundaki trafik akışından kaynaklanan araç emisyonlarının da kirliliğe katkı sağladığı düşünülmektedir.

Dilovası ilçesindeki E örnekme noktasının 1. ve 2. seviyelerinde Pb konsantrasyonları 128,5 mg/kg ve 169,9 mg/kg değerleri ile sınır değerinden fazla bulundu. E örnekme noktasının 1.seviyesinde Pb için CF değeri 9,88 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 5,8 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 2,72 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Pb için CF değeri 13,07 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 5,32 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 3,12 (çok

kirlenmiş) olarak elde edildi. Kirliliğe bu noktaya 1,99 m mesafedeki İzmit-İstanbul otoyolundaki yoğun trafik akışı sonucu çevreye yayılan araç emisyonlarının neden olduğu düşünülmektedir.

Gebze ilçesindeki A örnekleme noktasının 1.ve 2.seviyelerinde Pb konsantrasyonları 54,4 mg/kg ve 98,5 mg/kg değerleri ile sınır değerden fazla bulundu. A örnekleme noktasının 1.seviyesinde Pb için CF değeri 4,18 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 4,09 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 1,48 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Pb için CF değeri 7,58 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 5,58 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 2,34 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Kirliliğe bu noktanın çevresindeki Has Aliminyum, Boyaş Metal Kaplama Sanayi, Filli Boya endüstriyel kuruluşlarının neden olduğu düşünülmektedir.

Pb konsantrasyonunun 52,6 mg/kg değeri ile sınır değerini aştığı bir diğer örnekleme noktası olan Körfez ilçesi F örnekleme noktasının 2.seviyesinde Pb için CF değeri 4,05 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 3,90 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 1,43 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu örnekleme noktasına 33,07 m ile 53,27 m mesafelerde bulunan İzmit-İstanbul otoyolu ve Anadolu otoyolundaki yoğun trafik akışının bu kirliliğe sebep olduğu düşünülmektedir.

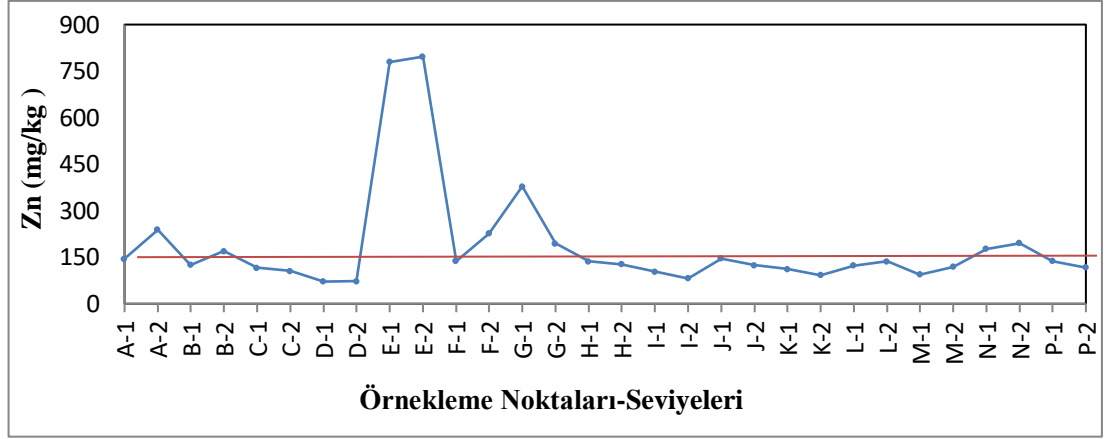
4.2.6. Çinko (Zn)

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde jeokimyasal analiz sonucu Zn konsantrasyonları 1.seviyelerde 71,4 mg/kg-779,3 mg/kg (ortalama 185,60 mg/kg), 2.seviyelerde ise 73,1 mg/kg-796,7 mg/kg (ortalama 186,58 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen Zn kirlilik sınır konsantrasyon değeri ise 150 mg/kg'dır (Tablo 4.2). Gebze ilçesi A örnekleme noktasının her iki seviyesinde, Dilovası ilçesi E örnekleme noktasının her iki seviyesinde, Körfez ilçesi F örnekleme noktasının 2.seviyesinde, G örnekleme noktasının her iki seviyesinde ve İzmit ilçesi N örnekleme noktasının her iki seviyesinde Zn konsantrasyonlarının sınır değeri 150 mg/kg'ı aştığı gözlemlendi. Örnekleme noktalarının seviyelerine göre elde edilen Zn konsantrasyonları ile Zn ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.9 ile verilmektedir.

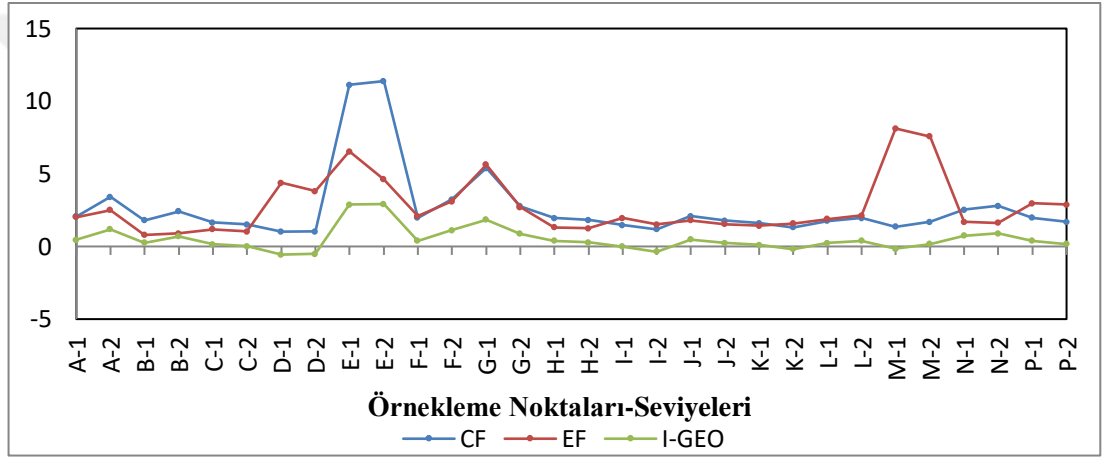
Tablo 4.9. Örnekleme noktaları- seviyelerine göre Zn konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme Noktası-Seviyesi	Zn (mg/kg)	CF-Zn	EF-Zn	I _{GEO} -Zn
A-1	145	2,07	2,02	0,46
A-2	238,4	3,40	2,51	1,18
B-1	125,6	1,79	0,79	0,26
B-2	169,3	2,42	0,90	0,69
C-1	115,6	1,65	1,18	0,14
C-2	106	1,51	1,04	0,01
D-1	71,4	1,02	4,38	-0,56
D-2	73,1	1,04	3,80	-0,52
E-1	779,3	11,13	6,54	2,89
E-2	796,7	11,38	4,63	2,92
F-1	138	1,97	2,09	0,39
F-2	226,4	3,23	3,11	1,11
G-1	377,7	5,39	5,63	1,85
G-2	194	2,77	2,70	0,88
H-1	136,7	1,95	1,31	0,38
H-2	127,4	1,82	1,24	0,28
I-1	104	1,48	1,96	-0,01
I-2	82,4	1,18	1,52	-0,35
J-1	145,7	2,08	1,79	0,47
J-2	124,5	1,78	1,54	0,24
K-1	112,3	1,60	1,42	0,10
K-2	92,1	1,31	1,57	-0,19
L-1	122,9	1,75	1,89	0,23
L-2	136,7	1,95	2,13	0,38
M-1	94,8	1,35	8,12	-0,15
M-2	118,6	1,69	7,57	0,17
N-1	177	2,53	1,70	0,75
N-2	195,8	2,80	1,62	0,90
P-1	138,1	1,97	2,97	0,39
P-2	117,4	1,68	2,89	0,16

Zn konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.11 ile, Ni ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin örnekleme noktaları seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.12 ile verilmektedir.



Şekil 4.11. Örneklem noktaları - seviyelerine göre Zn konsantrasyonları değişimi



Şekil 4.12. Örneklem noktaları-seviyelerine göre Zn için CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin değişimi

Zn konsantrasyonları 779,3 mg/kg ve 796,7 mg/kg değerleri ile en fazla Dilovası ilçesinde yer alan E örneklem noktasının 1. ve 2. seviyelerinde gözlemlendi. E örneklem noktasının 1.seviyesinde Zn için CF değeri 11,33 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 6,54 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 2,89 (orta-çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Zn için CF değeri 11,38 (aşırı derecede kirlenme), EF değeri 4,63 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 2,92 (orta çok kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirliliğe bu örneklem noktasına 1,99 m mesafedeki İzmit-İstanbul otoyolundaki yoğun trafik akışının neden olduğu düşünülmektedir.

Körfez ilçesi F örneklem noktasının 2.seviyesinde Zn konsantrasyonu 226,4 mg/kg değeri ile sınır değerinden fazla bulundu. F örneklem noktasının 2.seviyesinde Zn

için CF değeri 3,23 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 3,11 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 1,11 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlenmede bu örnekleme noktasına 33,07 m ile 53,27 m mesafelerde bulunan İzmit-İstanbul otoyolu ve Anadolu otoyolundaki yoğun trafik akışının ve 159,07 m mesafede bulunan Nuh Çimento üretim fabrikasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Körfez ilçesi G örnekleme noktasının 1. ve 2.seviyelerinde Zn konsantrasyonunun 377,7 mg/kg ve 194 mg/kg değerleri ile sınır değerini aştığı gözlemlendi. G örnekleme noktasının 1.seviyesinde Zn için CF değeri 5,39 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 5,63 (belirgin zenginleşme), I_{geo} değeri 1,85 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Zn için CF değeri 2,77 (orta derecede kirlenme), EF değeri 2,70 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 0,88 (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlenmede özellikle bu örnekleme noktasına 5,63 m mesafede bulunan İzmit-İstanbul otoyolu ve 346,35 m mesafede bulunan Anadolu Otoyolundaki yoğun trafik akışının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 2,03 km mesafedeki Tüpraş petrokimya tesisi ile 1,03 km mesafede bulunan Yarımca sanayi sitesindeki endüstriyel faaliyetlerin kirliliğe katkı sağladığı düşünülmektedir.

Gebze ilçesi A örnekleme noktasının 2.seviyesinde Zn konsantrasyonu 238,4 mg/kg değeri ile sınır değerinden fazla bulundu. A örnekleme noktasının 2.seviyesinde Zn için CF değeri 3,40 (önemli derecede kirlenme), EF değeri 2,51 (orta zenginleşme), I_{geo} değeri 1,18 (orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlenmede bu örnekleme noktasına 667,49 m mesafede bulunan Filli Boya, 491,30 m mesafede bulunan Has Alüminyum, 367,29 m mesafede bulunan Else Plastik, 507,24 m mesafede bulunan Polaron Kimya endüstriyel kuruluşlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Gebze ilçesi B örnekleme noktasının 2.seviyesinde Zn konsantrasyonu 169,3 mg/kg değeri ile sınır değerinden fazla bulundu. B örnekleme noktasının 2.seviyesinde Zn için CF değeri 2,42 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,90 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,69 (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Kirlilikte bu örnekleme noktasına 493,90 m mesafede bulunan Filli Boya, 461,82 m mesafede bulunan Diva Metal, 643,38 m mesafede bulunan Boyaş Metal Kaplama ve Metal Sanayi, 754,91 m mesafede bulunan Pulver Kimya Sanayi A.Ş endüstriyel tesislerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

İzmit ilçesi Umuttepe mevkiinde bulunan N örnekleme noktasının 1. ve 2.seviyelerinde Zn konsantrasyonunun 177 mg/kg ve 195,8 mg/kg değerleri ile sınır değerini aştığı gözlemlendi. N örnekleme noktasının 1.seviyesinde Zn için CF değeri 2,53 (orta derecede kirlenme), EF değeri 1,70 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,75 (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Zn için CF değeri 2,80 (orta derecede kirlenme), EF değeri 1,62 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri 0,90 (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlenmeye özellikle bu örnekleme noktasına 90 m mesafede bulunan Eski İstanbul otoyolundaki trafik akışının etkili olduğu düşünülmektedir.

4.2.7. Krom (Cr)

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde jeokimyasal analiz sonucu Cr konsantrasyonları 1.seviyelerde 21 mg/kg-118,9 mg/kg (ortalama 65,39 mg/kg), 2.seviyelerde ise 22,2 mg/kg-145,8 mg/kg (ortalama 69,61 mg/kg) değerleri arasında elde edildi. Ülkemiz toprakları için belirlenen Cr kirlilik sınır konsantrasyon değeri ise 100 mg/kg'dır (Tablo 4.2). Gebze ilçesinde bulunan C örnekleme noktası ile İzmit ilçesi Umuttepe mevkiinde bulunan N örnekleme noktasının her iki seviyesinde, Dilovası ilçesindeki E örnekleme noktasının 2.seviyesinde Cr konsantrasyonunun sınır değeri 100 mg/kg'ı aştığı gözlemlendi. Örnekleme noktalarının seviyelerine göre elde edilen Cr konsantrasyonları ile Cr ağır metale ait CF, EF ve I_{GEO} değerleri Tablo 4.10 ile verilmektedir.

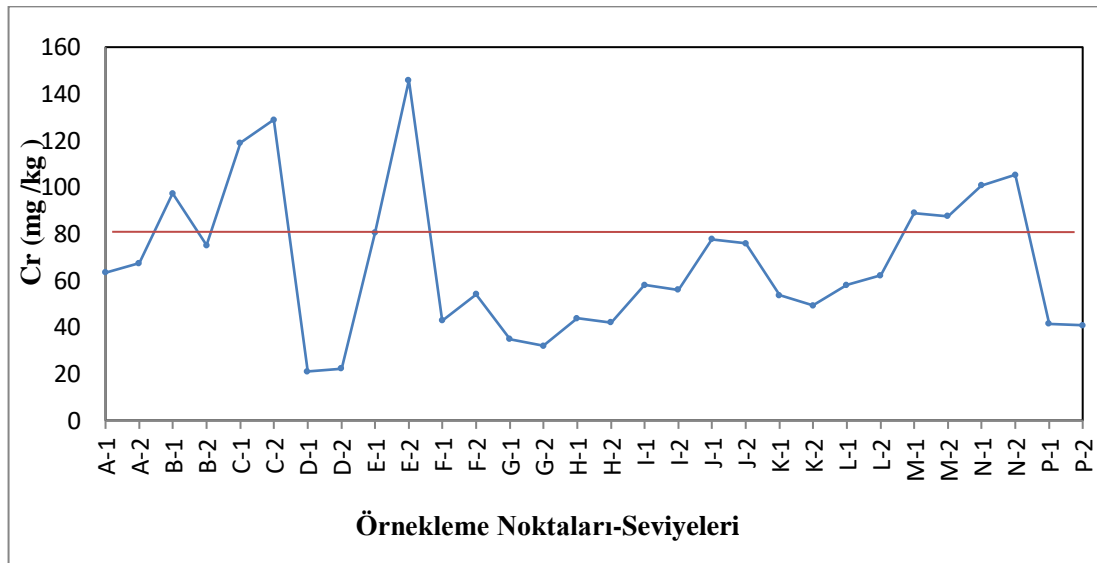
Tablo 4.10. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

Örnekleme	Cr(mg/kg)	CF-Cr	EF-Cr	I_{GEO} -Cr
A-1	63,4	0,63	0,62	-1,24
A-2	67,3	0,67	0,49	-1,16
B-1	97,3	0,97	0,43	-0,62
B-2	75,1	0,75	0,28	-0,99
C-1	118,9	1,19	0,85	-0,33
C-2	128,8	1,29	0,88	-0,22
D-1	21	0,21	0,90	-2,84
D-2	22,2	0,22	0,81	-2,76
E-1	80,4	0,80	0,47	-0,90
E-2	145,8	1,46	0,59	-0,04
F-1	42,8	0,43	0,45	-1,81
F-2	54	0,54	0,52	-1,47

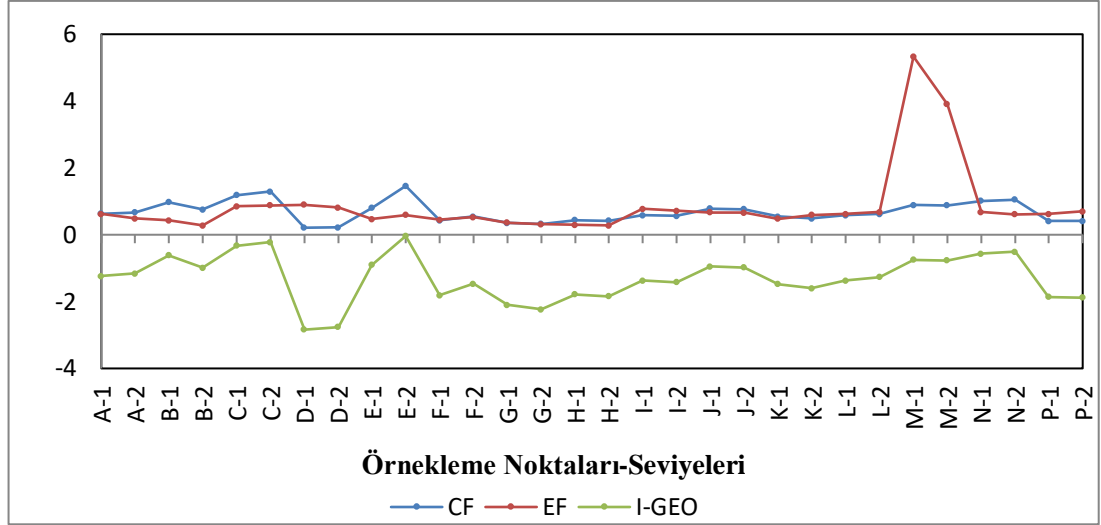
Tablo 4.10. (Devam) Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr konsantrasyon değerleri ile CF, EF ve I_{GEO} değerleri

G-1	34,9	0,35	0,36	-2,10
G-2	32	0,32	0,31	-2,23
H-1	43,7	0,44	0,29	-1,78
H-2	42	0,42	0,28	-1,84
I-1	58	0,58	0,77	-1,37
I-2	56	0,56	0,72	-1,42
J-1	77,7	0,78	0,67	-0,95
J-2	75,9	0,76	0,66	-0,98
K-1	53,7	0,54	0,48	-1,48
K-2	49,3	0,49	0,59	-1,60
L-1	58	0,58	0,62	-1,37
L-2	62,2	0,62	0,68	-1,27
M-1	88,9	0,89	5,33	-0,75
M-2	87,6	0,88	3,91	-0,77
N-1	100,7	1,01	0,68	-0,57
N-2	105,2	1,05	0,61	-0,51
P-1	41,4	0,41	0,62	-1,86
P-2	40,8	0,41	0,70	-1,88

Cr konsantrasyonlarının örnekleme noktaları-seviyelerine göre değişimi ile Şekil 4.13 ile, Cr ağır metaline ait CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin örnekleme noktaları seviyelerine göre değişimi ise Şekil 4.14 ile verilmektedir.



Şekil 4.13. Örnekleme noktaları-seviyelerine göre Cr konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.14. Örneklem noktaları - seviyelerine göre Cr için CF, EF ve I_{GEO} değerlerinin değişimi

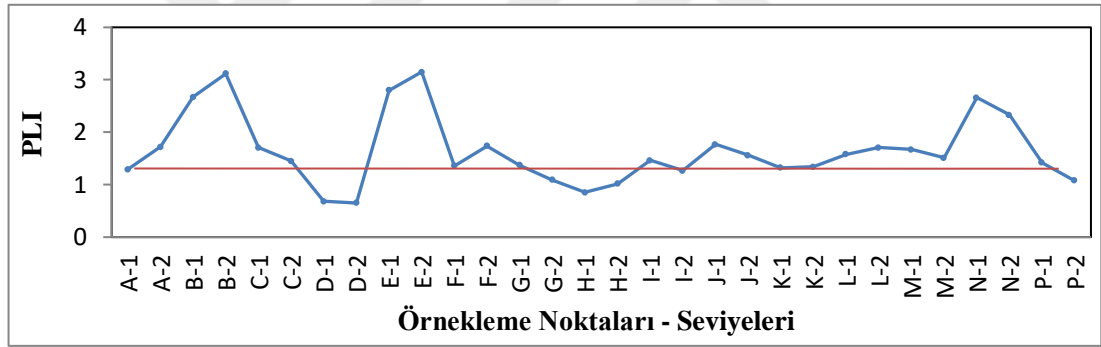
Cr konsantrasyonu 145,8 mg/kg değeri ile en fazla Dilovası ilçesinde yer alan E örneklem noktasının 2. seviyelerinde gözlemlendi. E örneklem noktasının 2.seviyesinde Cr için CF değeri 1,46 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,59 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,04)(kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu kirliliğe özellikle bu noktaya 1,99 m mesafedeki İzmit-İstanbul otoyolu ile 222,5 m mesafedeki Anadolu Otoyolundaki yoğun trafik akışının neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu örneklem noktasına 161,88 m mesafede bulunan Redöksan Metal Döküm, 117,41 m mesafede bulunan Marmara Metalurji Döküm endüstriyel tesislerinin de kirliliğe katkı sağladığı düşünülmektedir.

Gebze ilçesinde bulunan C örneklem noktasının 1.ve 2.seviyelerinde Cr konsantrasyonu 118,9 mg/kg ve 128,8 mg/kg değerleri ile sınır değerinden fazla bulundu. C örneklem noktasının 1.seviyesinde Cr için CF değeri 1,19 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,85 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,33) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Zn için CF değeri 1,29 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,88 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,22) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu kirlilikte özellikle bu örneklem noktasına 127,25 m mesafede bulunan Gebze Pelitliköy Mezarlığı yolundaki trafik akışının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu örneklem noktasına 1,16 km mesafedeki Öртаş Çelik Pelitli Tesisi, 2 km mesafedeki KCC Boya, 2,5 km mesafedeki Opsan araba fabrikası gibi endüstriyel tesislerin kirliliğe katkı sağladığı düşünülmektedir.

İzmit ilçesi Umuttepe mevkiinde bulunan N örnekleme noktasının 1.ve 2.seviyelerinde Cr konsantrasyonu 100,7 mg/kg ve 105,2 mg/kg değerleri ile sınır değerinden fazla bulundu. N örnekleme noktasının 1.seviyesinde Cr için CF değeri 1,01 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,68 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,57) (kirlenmemiş) olarak elde edildi. Bu noktanın 2.seviyesinde ise Cr için CF değeri 1,05 (orta derecede kirlenme), EF değeri 0,61 (minimal zenginleşme), I_{geo} değeri (-0,51) (kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş) olarak elde edildi. Bu kirlilikte özellikle bu örnekleme noktasına 90 m mesafede bulunan Eski İstanbul yolundaki trafik akışının etkili olduğu düşünülmektedir.

4.3. Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

(3.3) ile verilen eşitliğe göre hesaplanan PLI değerlerinin örnekleme noktalarına göre değişimi Şekil 4.15 ile verilmektedir.



Şekil 4.15. Örnekleme noktalarına ait PLI dağılımı

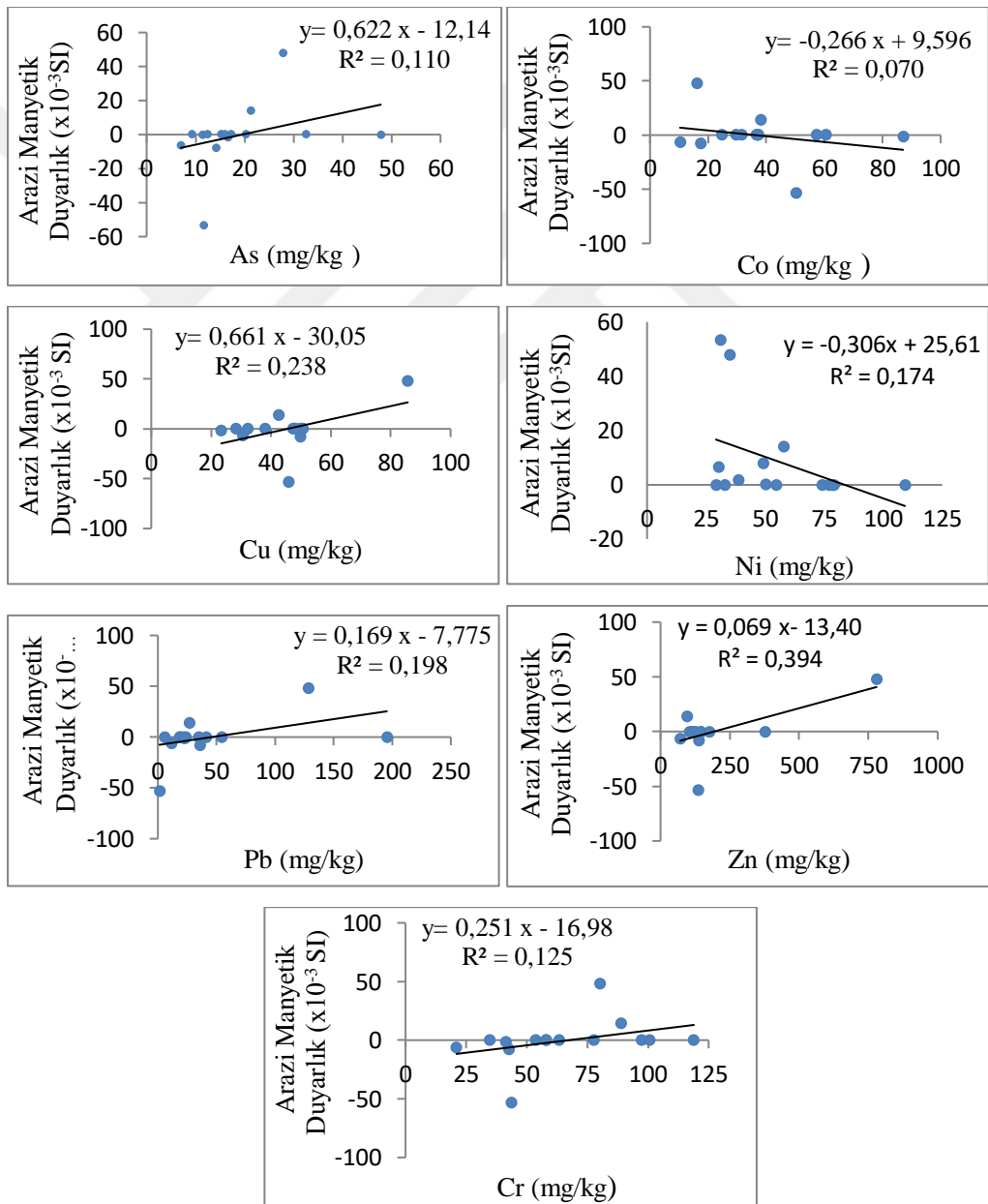
D örnekleme noktasının her iki seviyesi ile H örnekleme noktasının 1.seviyesi dışında kalan diğer tüm örnekleme noktaları ve seviyelerinde PLI değerlerinin kirlilik sınır değerinin üzerinde olduğu görüldü.

4.4. İstatistiksel Analiz

Regresyon analiz işleminde hesaplanmış korelasyon katsayısı (R^2), deneysel verilerin doğrusal bir eğriye ne ölçüde uyduğunun göstergesidir. R^2 değerleri 0 ile 1 sayıları arasında değişir. $R^2=1$ olması, deneysel verilerin kusursuz bir doğrusal eğri sağladığının kanıtıdır. R^2 değeri 1 sayısına ne kadar yakın ise deneysel verilerin doğrusal bir eğriye o kadar iyi uyduğunu göstermektedir.

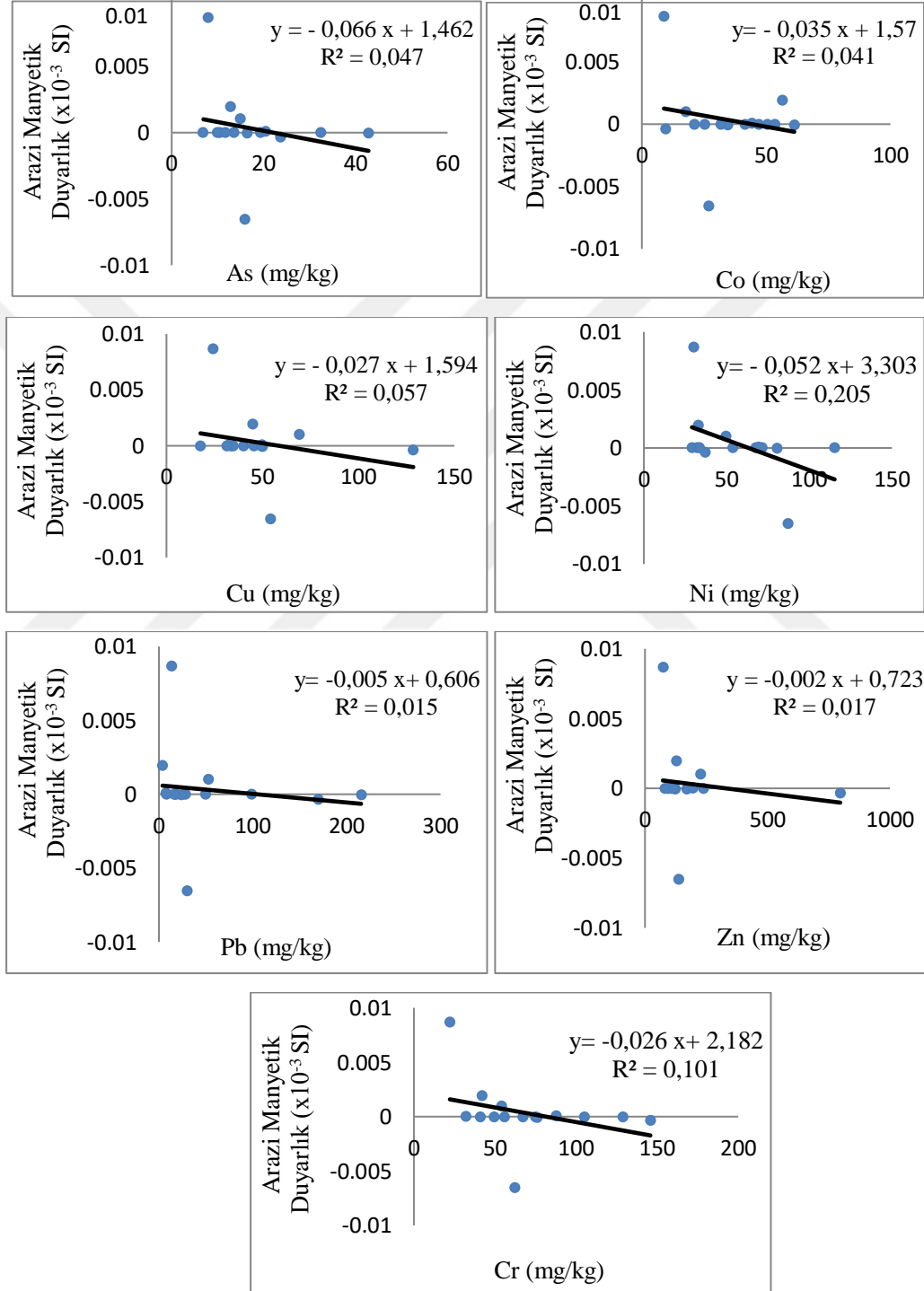
Bu çalışmada ölçülen ve hesaplanan değerler arasında uyumun ortaya konması amacıyla değişkenlerin korelasyon faktörleri (R^2) Microsoft Office Excel programı kullanılarak elde edildi ve sonuçlar değerlendirildi.

Arazi manyetik duyarlık verileri ile ağır metal konsantrasyon verileri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için belirlenen R^2 değerleri 1.seviyeler için Şekil 4.16 ile, 2.seviyeler için ise Şekil 4.17 ile verilmektedir. 1.seviyeler için arazi manyetik duyarlık değerleri ile ağır metaller konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde zayıf korelasyonlara rastlandı (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. 1. seviyeler için arazi manyetik duyarlık ile ağır metal değerleri arasındaki korelasyon

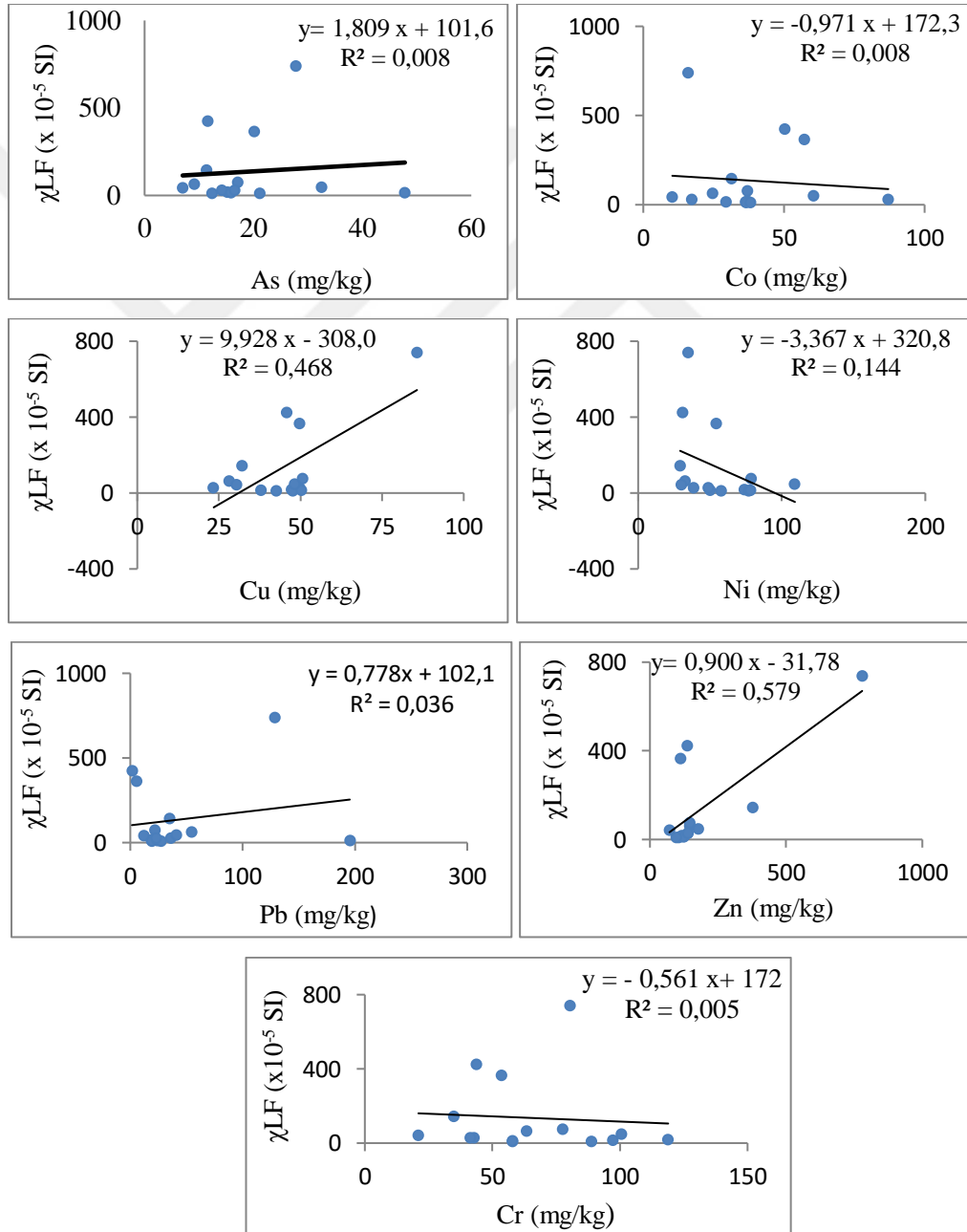
2.seviyelerde de arazi manyetik duyarlık değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde zayıf korelasyonlara rastlandı. En yüksek değer $R^2=0,205$ arazi manyetik duyarlık değerleri ile Zn ağır metal konsantrasyonları arasında olduğu gözlemlendi (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. 2. seviyeler için arazi manyetik duyarlık ile ağır metal değerleri arasındaki korelasyon

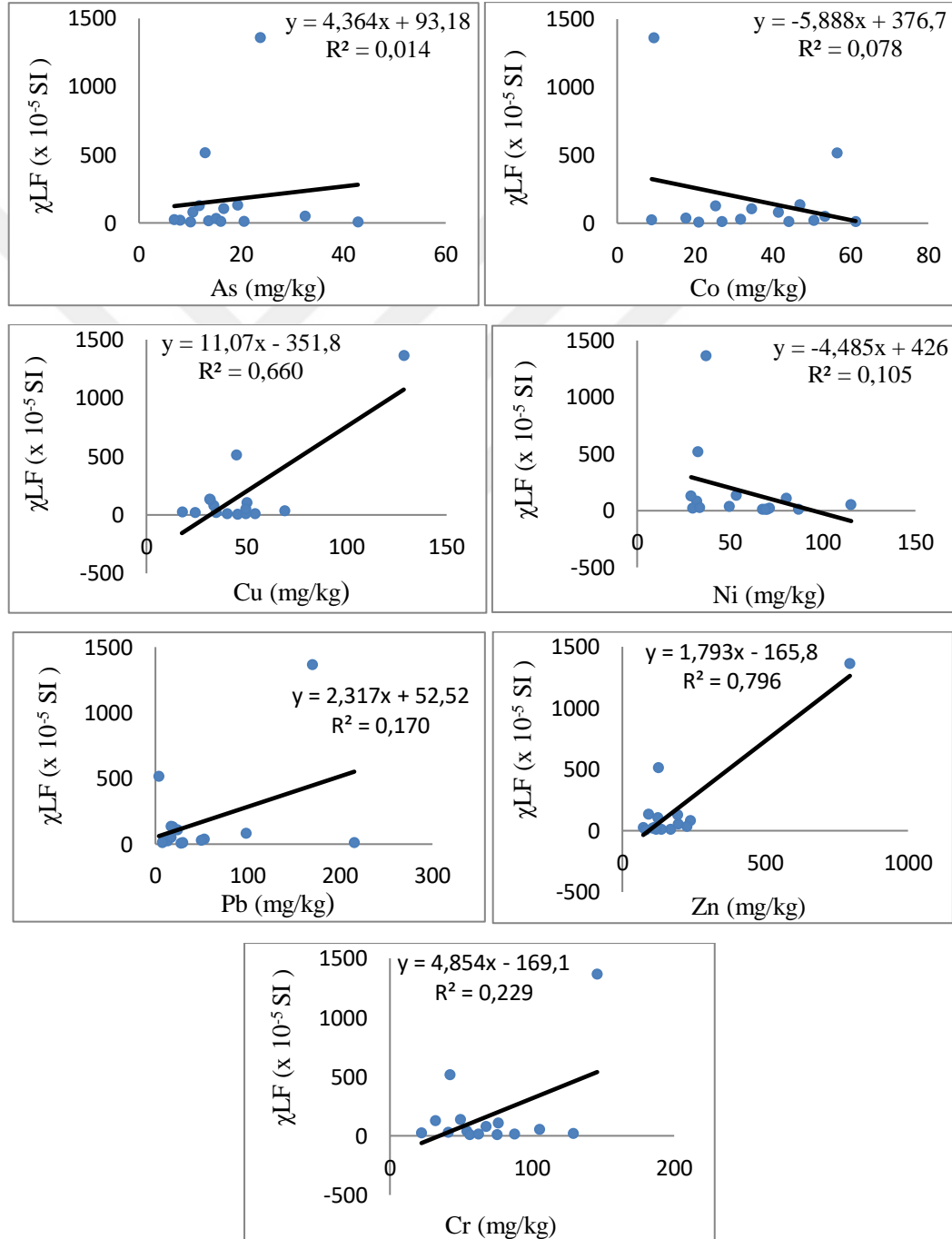
Laboratuvar alçak frekans verileri ile ağır metal konsantrasyon verileri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için belirlenen R^2 değerleri 1.seviyeler için Şekil 4.18 ile, 2.seviyeler için ise Şekil 4.19 ile verilmektedir.

1.seviyeler için χ_{LF} değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde χ_{LF} ile As, Co, Ni, Pb, Cr konsantrasyonları arasında düşük korelasyonlar gözlenirken, χ_{LF} ile Cu ve Zn konsantrasyonları arasında diğerlerine göre daha iyi korelasyonlar gözlemlendi (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. 1. seviyeler için χ_{LF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon

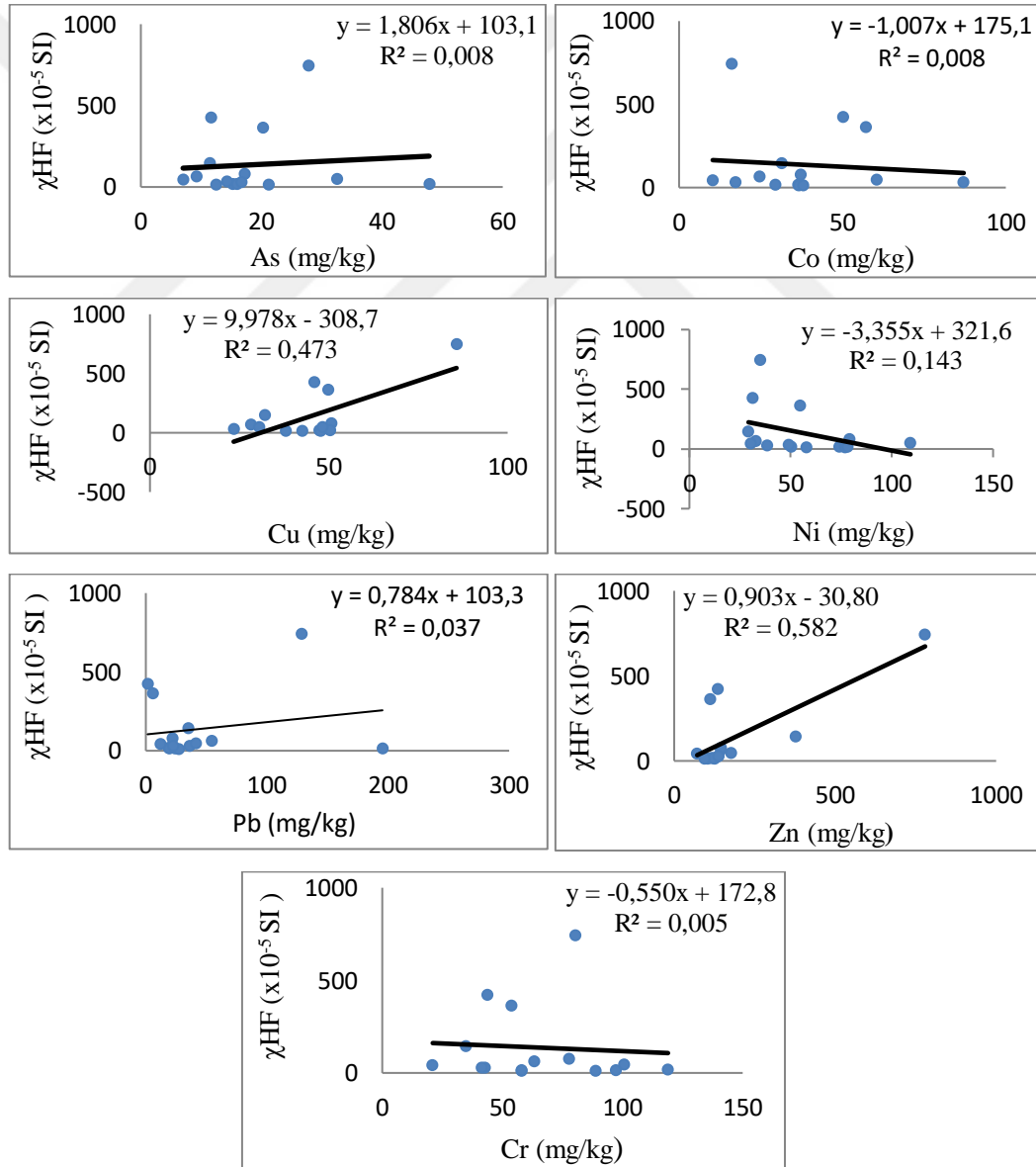
2.seviyeler için χ_{LF} değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde 1.seviyelerde olduğu gibi χ_{LF} ile As, Co, Ni, Pb, Cr konsantrasyonları arasında düşük korelasyonlar gözlenirken, χ_{LF} ile Cu ve Zn konsantrasyonları arasında diğerlerine göre daha iyi korelasyonlar gözlemlendi. En yüksek korelasyon katsayısı $R^2=0,796$ değeri ile χ_{LF} ile Zn konsantrasyonları arasında bulundu (Şekil 4.19).



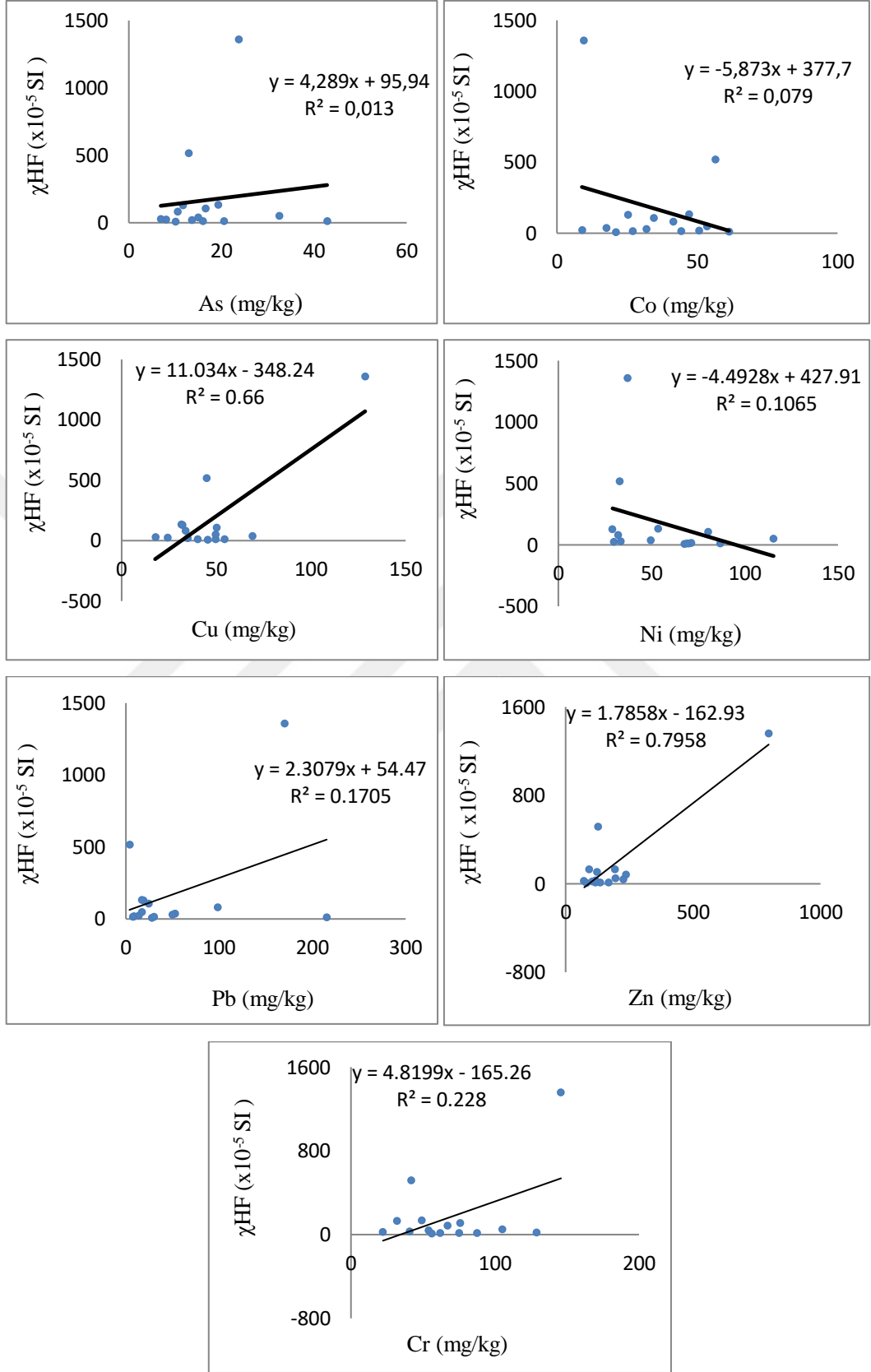
Şekil 4.19. 2. seviyeler için χ_{LF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon

Laboratuvar yüksek frekans verileri ile ağır metal konsantrasyon verileri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için belirlenen R^2 değerleri 1.seviyeler için Şekil 4.20 ile, 2.seviyeler için ise Şekil 4.21 ile verilmektedir.

1.seviyelerde ve 2.seviyelerde χ_{HF} değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde χ_{LF} ile ağır metal konsantrasyonları arasında da elde edildiği gibi χ_{HF} ile As, Co, Ni, Pb, Cr konsantrasyonları arasında düşük korelasyon değerleri gözlenirken, χ_{HF} ile Cu ve Zn konsantrasyonları arasında diğerlerine göre daha iyi korelasyon değerleri gözlemlendi. En yüksek korelasyon katsayısı $R^2=0,795$ değeri ile 2.seviyelerde χ_{LF} ile Zn arasında elde edildi (Şekil 4.20, Şekil 4.21).

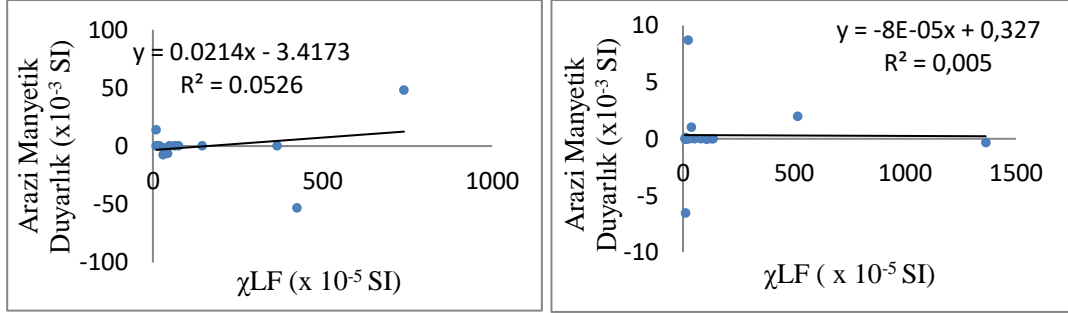


Şekil 4.20. 1. seviyeler için χ_{HF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon

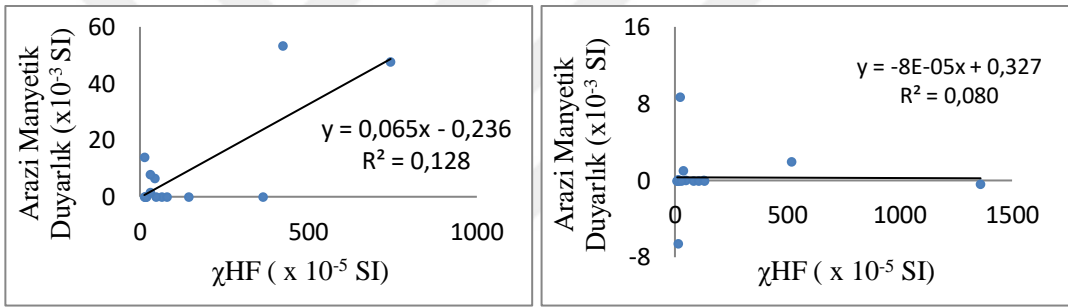


Şekil 4.21. 2. seviyeler için χ_{HF} ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon

Arazi manyetik duyarlık verileri ile laboratuvar χ_{LF} ve χ_{HF} verileri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için belirlenen korelasyon katsayısı R^2 değerleri 1.ve 2.seviyeler için Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 ile verilmektedir. Buna göre değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının her iki seviyede de çok düşük olduğu gözlemlendi.

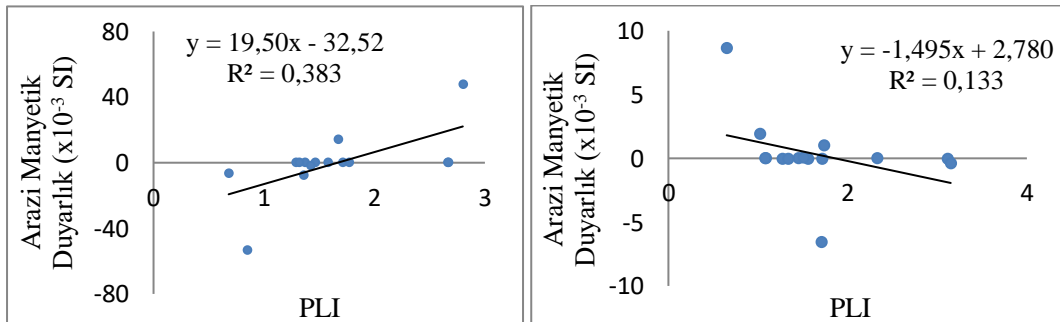


Şekil 4.22. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile χ_{LF} arasındaki korelasyon



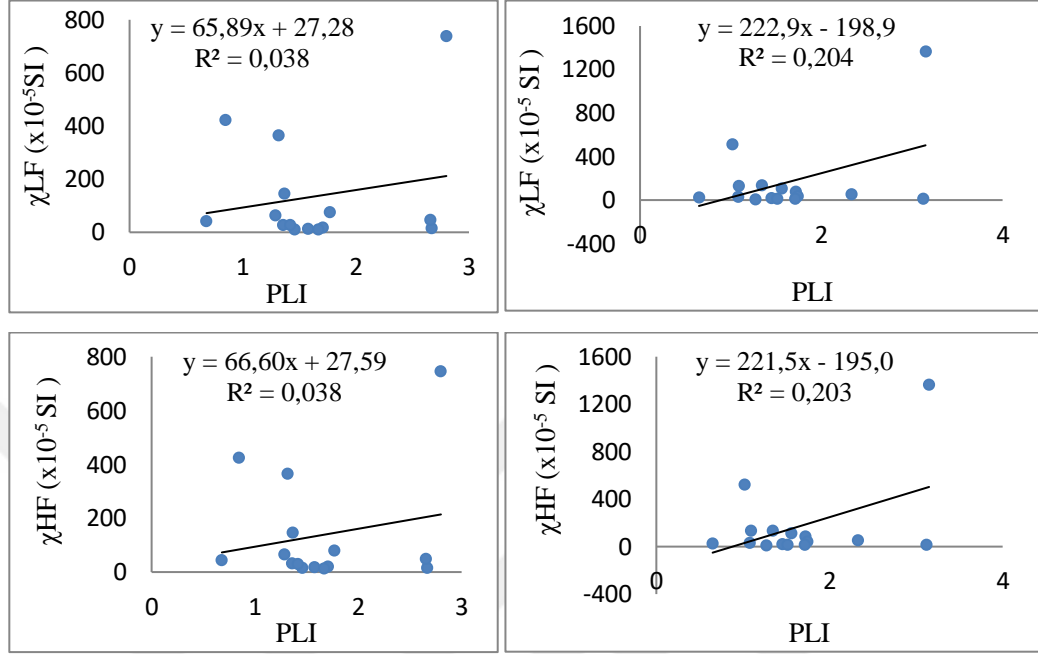
Şekil 4.23. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile χ_{HF} arasındaki korelasyon

Arazi manyetik duyarlık değerleri ile kirlilik yük indeksi PLI arasındaki korelasyon katsayılarının hem 1.seviyelerde hem de 2.seviyelerde düşük değerlere sahip olduğu saptanmakla birlikte 1.seviyelerdeki korelasyon katsayısı değeri 2.seviyelere göre biraz daha fazladır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için arazi manyetik duyarlık ile PLI arasındaki korelasyon

Laboratuvar alçak ve yüksek frekans değerleri ile PLI değerleri arasındaki korelasyon katsayıları 2.seviyelerde 1.seviyelere göre biraz daha fazla olmasına rağmen genel olarak değerlendirildiğinde her iki seviyede de düşüktür (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. 1.seviyeler (solda) ve 2.seviyeler (sağda) için χ_{LF} ile PLI arasındaki korelasyon

Bu çalışmada doğrusal istatistik analiz metodu kullanılmıştır. Fakat bu yöntem yerine çevresel, atmosferik, litolojik, petrografik birçok farklı etkeni bir arada değerlendiren çok değişkenli istatistik metotların verilere uygulanması ile daha güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir.

5. TARTIŞMA

Kirlenmiş toprakların manyetik duyarlılığı ile bu topraklardaki ağır metallerin (Pb, Zn, As vb.) konsantrasyonları arasında doğru orantı vardır (Morris ve diğ., 1995). Özellikle endüstriyel alan ile yakın civarında, ayrıca atmosferik koşullarla (yağmur, rüzgar) taşınımlar nedeniyle kirlenici kaynaklardan uzak bölgelerde toprakta kirliliğe neden olabilecek ağır metal partikülleri birikir (Dağdeviren, 2007). Otoyol civarlarında ise trafik nedeniyle havaya verilen ağır metal partikülleri toprağa ulaşmaktadır (Kim ve diğ., 1998; Hoffmann ve diğ., 1999; Petrovsky ve diğ., 2000; Kapicka ve diğ., 2003). Bu antropojenik kaynaklı ağır metal partikülleri yüksek manyetik özelliğe sahiptir (Canbay, 2010). Topraktaki bu endüstriyel ve trafik kaynaklı partiküllerin χ_{LF} ve χ_{HF} manyetik ölçüm değerlerini artırdığı bildirilmiştir (Lu ve diğ., 2007). Nitekim bu çalışmada da bu tür bölgelerden alınan numunelerin χ_{LF} ve χ_{HF} manyetik ölçümleri sonucu yüksek değerlere rastlandı (Tablo 4.1). Ayrıca çalışma bölgesinde daha önce yapılan çalışmada da benzer sonuç elde edilmiştir (Canbay ve diğ., 2010).

Jeokimyasal analiz yöntemi topraktaki ağır metal konsantrasyonları ile toprağın kirlilik derecesi arasında paralel artış olduğunu göstermiştir (Yang ve diğ., 2017) Bu çalışmada da bu uyum gözlemlendi ve ağır metal içerikleri arttıkça kirlenmenin de arttığı belirlendi. Çalışma alanı topraklarında yapılan diğer çalışmalardaki jeokimyasal analizlerde de ağır metal konsantrasyonları bu çalışmada olduğu gibi yer yer sınır değerlerden yüksek bulunmuş ve kirlenmenin olduğu saptanmıştır (Yılmaz, 1999; Canbay ve diğ., 2006; Özkul, 2003; Canbay ve diğ., 2010; Canbay, 2010; Canbay, 2009).

CF, EF ve I_{GEO} parametreleri hesaplanırken incelenen metalin yer kabuğundaki ortalama değeri kullanılmaktadır (Hakanson, 1980; Buat-Menard ve Chesselet, 1979; Müller, 1981). Bundan dolayı hesaplama sonucu elde edilen değerlerin hangi kirlenme seviyesine karşılık geldiği belirlenirken dünya standart değerleri (Tablo 4.2) göz önüne alınmaktadır. Fakat bu çalışmada CF, EF ve I_{GEO} kirlilik parametreleri ile

toprakların ağır metallerce kirlenme seviyesi belirlerken ülkemiz standart değerlerine göre (Tablo 4.2) sınıflama yapıldığından dolayı ağır metal konsantrasyon değerleri ile kirlilik seviyesi arasında tam olarak uyum olmadığı görüldü.

Ölçümü yapılan numunenin içerisindeki ağır metal konsantrasyonunun yanı sıra numunenin minerolojisi ve özellikle de granülometresi (tane boyu, tane çapı vb. özellikleri) çok önemli bir ölçüttür. Alınan numuneyi oluşturan malzemelerin karışıma hangi oranlarda katıldığını belirlemek yanında tane çapları ve taneler arası boşlukta bulundukları su miktarları (satürasyon) bu tip çalışmalarda çok önemlidir. Özellikle çevre manyetizması kirlilik çalışmaları ağır metal konsantrasyonu ile toprak yapısının oluşumu, dağılışı (litoloji, pedoloji) ve topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar arasındaki ilişkiyi göstermiştir (Hanesch ve diğ., 2001; Jordanova ve diğ., 2004; Schmidt ve diğ., 2005).

Genelde bu tip çalışmalarda manyetik duyarlık değerleri ile ağır metal konsantrasyon değerlerinin her ikisinde de yüksek değerlere rastlandığında kirlilik kaynağı büyük olasılıkla antropojenik kaynaklıdır. Manyetik duyarlık yüksek, ağır metal konsantrasyonları düşük ise kirlilik jeojenik yani doğal kaynaklıdır. Ağır metal konsantrasyon değerleri yüksek, manyetik duyarlık değerleri düşük ise kirlilik yine antropojenik kaynaklıdır, manyetik duyarlığın düşük ölçülmesi ise litoloji ile ilişkilidir. Bu çalışmada da arazi manyetik duyarlık değerleri örnekleme noktalarının formasyonlarının düşük manyetik duyarlığa sahip malzemelerden oluşması nedeniyle alçak ölçüldü, ağır metal konsantrasyonlarının ise birçok noktada bu alçak manyetik duyarlık değerleriyle uyuşmadığı saptandı. Arazi manyetik duyarlık ölçümleri ile laboratuvar ölçümleri oldukça farklılık gösterdiği, bu durumun regresyon analizi kapsamında hesaplanan korelasyon katsayısı değerlerine de yansıdığı görüldü.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yoğun kentleşme, sanayileşme ve bunlara bağlı olarak ortaya çıkan trafik yoğunluğu şehir topraklarının kirletilmesine ve geri dönüşü olmayacak şekilde zarar görmesine neden olmaktadır. Bu kirleticilerden biri de ağır metallerdir. Ağır metallerin topraktaki konsantrasyonunun belli bir değerin üzerine çıkmasının insan sağlığı ve çevre üzerine son derece olumsuz etkileri vardır. Ağır metallerce kirletilen toprakların temizlenmesinin zor olması, temizlense bile toprağın kirlenmeden önceki özelliklerini tam olarak geri kazanamaması gibi nedenlerden ötürü kirlilik oluşmadan ve sınır değerler aşılmadan önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada sanayi kenti olan Kocaeli’de endüstriyel kuruluşların topraktaki ağır metal kirliliğine etkisi manyetik duyarlık ölçümleri ve jeokimyasal analizler ile araştırıldı ve laboratuvar manyetik duyarlık ölçümleri, jeokimyasal analizler ve kirlilik parametreleri birlikte değerlendirildiğinde kirlenmenin olduğu gözlemlendi. Toprak örneklerindeki ağır metallerin yer yer sınır değerleri aşması ve sınır değerlere yakın sonuçlar olması, bu noktadaki manyetik ölçüm değerlerinin de yüksek olması toprak ekosisteminde kirlenmenin olduğunu gözler önüne serdi.

Bu çalışmada elde edilen veriler ile ağır metal kirliliğinin en fazla sanayi tesislerine ve yoğun trafik akışının olduğu otoyollara yakın topraklarda olduğu saptandı. Kirliliğin önlenmesi kirleticilerin kaynağında azaltılması yada elimine edilmesi ile mümkündür. Sanayi faaliyetlerinin toprakta yarattığı kirlenmenin, insan sağlığına olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi amacıyla havanın temiz tutulmasıyla ilgili tüm yasal düzenlemelere uyulmalıdır. En önemlisi de fabrika bacalarında filtre kullanımı ile ilgili önlemlere önem verilmelidir. Ayrıca endüstriyel katı atıkların ilgili yönetmeliklerde belirtildiği gibi bertaraf edilmesi, endüstriyel atık suların arıtılmasının yapılmadan toprağa verilmesinin önlenmesi gibi önlemler alınmalıdır.

Trafiğe çıkan motorlu araç sayısının gittikçe artması, trafik kaynaklı kirliliğin de artmasına neden olmaktadır. Özel araç kullanımının azaltılması, kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaştırılması, egzozlara filtre takılmasının zorunlu hale getirilip

denetiminin yapılması gibi faktörlerin artan bu kirliliğin azalmasına katkı sağlayacağı kesindir.

Bu çalışma, endüstrileşmiş ve buna bağlı olarak nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde antropojenik etki potansiyel tehdidini sürekli izlemenin gerekli olduğunu gösterdi. Kirliliğin çevreye olan etkisinin gelişmiş teknolojiler kullanılarak takip edilmesi veya belli periyotlarla çalışmaların yinelenmesi, yeni duruma göre stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Çevre kirliliği çalışmaları birçok disiplinin katkısıyla geliştirilebilir ve sonuçları her zaman ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılmalıdır.



KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu S., Kocaeli Yarımadasının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1963, 3249.

Altınbaş Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur N., Kurucu Y., Delibacak S., *Toprak Bilimi*, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 557, 2008.

Altınlı I.E., İzmit-Hereke Kurucadağ Alanının Jeoloji İncelemesi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi (MTAD)*, 1968, **17**, 1-26.

Aydın A., Altınoğlu F.F., Akbay F., Denizli Yerleşim Alanına Ait Ağır Metal Dağılım Anomalilerinin Yüzey Manyetik Süseptibilite Ölçümleri ile İncelenmesi, *Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu*, Denizli, Türkiye, 03-05 Ekim 2019.

Aydın A., Bayburt – Saruhan Skarn Zonunun Süseptibilite ve Manyetik Ölçümleri ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994, 33730.

Bilge U., Çimrin M.K., Viranşehir-Kızıltepe Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2013, **1**, 323-329.

Buat-Menard P., Chesselet R., Variable Influence of the Atmospheric Flux on the Trace Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter, *Earth Planet Sci Lett*, 1979, **42**, 399-411.

Canbay M., Aydın A., Kurtuluş C., Magnetic Susceptibility and Heavy Metal Contamination in Topsoils Along the İzmit Gulf Coastal Area and İzaydaş (Turkey), *Journal of Applied Geophysics*, 2010, **70**, 46-57.

Canbay M., Investigation of the Relation Between Heavy Metal Contamination of Soil and Its Magnetic Susceptibility, *International Journal of Physical Sciences*, 2010, **5**(5), 393-400.

Canbay M., Kurtuluş C., Gokmen F., Investigation of the Industrial and Agricultural Contamination of İzmit and Its Environment by Using Magnetic Method, *18th International Soil Meeting*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, 10-13 Kasım 2006.

Chakravarty I.M., Patgiri A.D., Metal Pollution Assessment in Sediments of the Dikrong River, *N.E.India Journal of Human Ecology*, 2009, **27**, 63-67.

Chatterjee M., Filho E.V.S., Sarkar S.K., Sella S.M., Bhattacharya A., Satpathy K.K., Prasad M.V.R., Chakraborty S., Bhattacharya B.D., Distribution and Possible Source of Trace Elements in the Sediment Cores of a Tropical Macrotidal Estuary and their Ecotoxicological Significance, *Environ Int*, 2007, **16**, 346–356.

Chung S., Chon H.T., Assessment of the Level of Mercury Contamination from Some Anthropogenic Sources in Ulaanbaatar-Mongolia, *J Geochem Explor*, 2014, **147**, 237–244.

Çelik A., Kartal A. A., Akdoğan A., Kaska Y., Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) By Using Robinio Pseudo-Acacia L., *Environment International*, 2005, **31**, 105-112.

Çevre ve Orman Genel Müdürlüğü (ÇOGM) Kayıtları, 2010
<http://www2.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25831.doc.>, Ziyaret Tarihi: (06 Ekim 2020).

Dağdeviren Ş., Çorlu Ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi Ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2007, 216570.

Dartan G., Toröz İ., Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2013, **25**(1), 24-40.

Demirezen D., Aksoy A., Accumulation of Heavy Metals in Typha Angustifolia (L.) and Potamogeton Pectinatus (L.) living in Sultan Marsh, *Chemosphere*, 2004, **56**(7), 85-96.

Dondurur D., Livaoglu S., Aydın A., Gelişli K., Yeniay-Çamburnu Bölgesinin Manyetik Süseptibilite Ölçümleri Kirlilik Analizi, *Jeofizik Dergisi*, 1996, **10**, 51-56.

Essien J.P., Antai S.P., Olajire A.A., Distribution, Seasonal Variations and Ecotoxicological Significance of Heavy Metals in Sediments of Cross River Estuary Mangrove Swamp, *Water - Air and Soil Pollution*, 2009, **197**(1-4), 91-105.

Galuszka A., Migaszewski Z. M., Zalasiewicz J., Assessing the Anthropocene with Geochemical Methods, *Geological Society*, 2014, **395**(1), 221-238.

Güney M., Onay T.T., TEM Otoyolu Elmalı Baraj Bölgesi Topraktaki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, *İTÜ 10. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 7-9 Haziran 2006.

Güngör M., Kaya A., Taşdelen S., Akyol E., Aydın A., Heavy Metal Distribution Around Gökpınar Springs Denizli-Turkey, *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 2017, **5**(3),123-131.

Hakanson L., An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control, *A Sedimentological Approach Water Res.*, 1980, **14**, 975-1001.

Hanesch M, Scholger R, Dekkers M J., The Application of Fuzzy C-Means Cluster Analysis and Non-Linear Mapping to a Soil Data Set for the Detection of Polluted Sites. *Phys. Chem.Earth, Part A Solid Earth Geod.*, 2001, **26**(11-12), 885-891.

Hay K.L., Dearing J.A., Baban S.M.J., Loveland P.A, Preliminary Attempt to Identify Atmospherically-Derived Pollution Particles in English Topsoils from Magnetic Susceptibility Measurements, *Physics and Chemistry of the Earth*, 1997, **22**, 207-210.

Hoffmann V., Knab M., Appel E., Magnetic Susceptibility Mapping of Roadside Pollution, *J.Geochem Explor*, 1999, **66**, 313-326.

Huerta-Diaz M. A., Delgadillo-Hinojosa F., Hernández-Ayón M., Segovia- Zavala J. A., García-Esquivel Z., López-Zárata H., Siqueiros Valencia A., Galindo-Bect S., Diagnosis of Trace Metal Contamination in Sediments:The Example of Ensenada and El Sauzal Two Harbors in Baja California-Mexico, *Environmental Research*, 2008, **66**(3), 345-358.

İşleyen M., Akpınar A., Eren B., Ok G., Heavy Metal Profiles of Agricultural Soils in Sakarya-Turkey, *Environmental Engineering Research*, 2019, **24**(3),427-433.

Järup L., Hazards of Metal Contamination, *British Medical Bulletin*, 2003, **68**, 167-182.

Jordanova D., Hoffmann V., Fehr KT., Mineral Magnetic Characterization of Anthropogenic Magnetic Phases in the Danube River Sediments, *Earth Planet. Sci.Lett.*, 2004, **221**, 71-89.

Kabata-Pendias, A., Trace elements in soils and plants, CRC Press., Florida, 2011.

Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metalurji Dergisi*, 2004, **13**(6), 47-53.

Karlin R., Magnetit Diagenesis in Marine Sediments from the Oregon Continental Margin, *Journal of Geophysical Research* , 1990, **95**, 4405-4419.

Kapička A., Jordanova N., Petrovský E., Podrazský V., Magnetic Study of Weakly Contaminated Forest Soils, *Water Air Soil Pollut.*, 2003, **148**, 31-44.

Kemp K., 2002 Trends And Sources For Heavy Metals In Urban Atmosphere, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **189**, 227- 232.

Ketin İ., Gümüş A., Sinop - Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 1963, 288.

Kim K.W., Myung J.H., Ahn J.S., Chon H.T., Heavy Metal Contamination in Dusts and Stream Sediments Taejon Area Korea, *J. Geochem. Explor.*, 1998, **64**, 409-419.

Lecoanet H., Lévesque F., Seguna S., Magnetic Susceptibility in Environmental Applications : Comparison of Field Probes., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1999, **115**, 191-204.

Li X., Poon C., Liu P.S., Heavy Metal Contamination of Urban Soils and Street Dusts in Hong Kong, *Applied Geochemistry*, 2001, **16**, 1361-1368.

Lodenus M., Heavy Metals in the Soil, Interaction and Long Term Changes In Szabolcs, I., *Ecological Impact of Acidification Budapest*, 1989, 131-136.

Lombi, E., Wenzel, W. W., Adriano, D. C., 1998, Soil Contamination, Risk Reduction And Remediation, *Land Contamination & Reclamation*, **6**(4), 183-197.

Loska K., Wiechula D., Barska B., Cebula E., Chojnecka A., Assessment of Arsenic Enrichment of Cultivated Soils in Southern Poland, *Polish Journal of Environmental Studies*, 2003, **12**(2), 187-192.

Lu S.G., Bai S.Q., Xue Q.F., Magnetic Properties as Indicators of Heavy Metals Pollution in Urban Topsoils : A Case Study From the City of Luoyang-China, *Geophysical Journal International*, 2007, **171**, 568-580.

Machender G., Dhakate R., Prasanna L., Govil P.K., Assessment of Heavy Metal Contamination in Soils Around Balanagar Industrial Area-India, *Environ Earth Sci*, 2011, **63**, 945-953.

Market B., Plant as Biomonitors, Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment, *Phytochemical Analysis*, 1993, **6**(2), 112.

Mason B., Principals of Geochemistry, New York: Wiley, 1996.

Miko S., Peh Z., Bukovec D., Prohic E., Kastmüller Z., Geochemical Baseline Mapping and Pb Pollution Assessment of Soils in the Karst in Western Croatia, *Natura Croatica*, 2000, **9**(1), 41-59.

Mohiuddin K. M., Zakir H. M., Otomo K., Sharmin S., Shikazono N., Geochemical Distribution of Trace Metal Pollutants in Water and Sediments of Downstream of an Urban River, *International Journal of Environmental Science ve Technology*, 2010, **7**(1), 17-28.

Morris W., Magnetic Susceptibility Anisotropy Software for the Bartington MS-2B System, User Dökumantation: Bartington Inst., Oxon- England ,1990.

Morris W.A., Versteeg J.K., Bryant D.W., Legzdins A.E., Mccary B.E., Marvin C.H., Preliminary Comparisons Between Mutagenicity and Magnetic Susceptibility of Respirable Airborne Particulate, *Atmos. Environ.*, 1995, **29**, 3441-3450.

Müller G., Index of Geo-Accumulation in Sediments of the Rhine River, *Geo J*, 1969, **2**, 108-118.

Orosun M.M., Oniku S.A., Peter A., Orosun R.O., Salawu N.B., Hitler L., Magnetic Susceptibility Measurement and Heavy Metal Pollution at an Automobile Station in Ilorin, North-Central Nigeria, *Environmental Research Communications*, 2020, **2**(1)

ÖZDEMİR M., Manyetik Prospeksiyon, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 2005.

Özkan A., Özkan V., Sungur Ş., Birses H., Heavy Metal Pollution Around International Hatay Airport, *NEsciences*, 2017, **2**(1), 18-24.

Özkul C., Kütahya Şehir Merkezinde Yer Alan Çocuk Parklarındaki Toprakların Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019, 226-240.

Özkul C., İzmit Civarı (Kocaeli) Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2003, 135943.

Pacyna J. M., Winchester J., Contamination of the Global Environment as Observed in the Arctic, *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1990, **82**, 149-57.

Philips D.H., Rainbow P.S., Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants, *Elsevier Applied Science*, 1994, 87.

Petrovský E., Kapicka A., Jordanova N., Knab M., Hoffmann V., Low-Field Magnetic Susceptibility: A Proxy Method of Estimating Increased Pollution of Different Environmental Systems, *Environ. Geol.*, 2000, **39**, 312-318.

Ray A.K., Tripathy S.C., Patra S., Sarma V.V., Assessment of Godavari Estuarine Mangrove Ecosystem Through Trace Metal Studies, *Environment International*, 2006, **32**(2), 219-223.

Reimann C., Cartat P., Intrinsic Flaws of Element Enrichment Factors (EFs) in Environmental Geochemistry, *Environ Sci Technol*, 2000, **34**, 5084-91.

Savaşçı S., Boşgelmez A., Paslı N., Boşgelmez İ., Kaynaş S., Ekoloji, Ankara, 2000, 1054.

Schiff K.C., Weisberg S.B., Iron as a Reference Element for Determining Trace Metal Enrichment in Southern California Coastal Shelf Sediments, *Marine Environmental Research*, 1999, **48**(2), 161-176.

Schmidt A., Yarnold R., Hill M., Ashmore M., Magnetic Susceptibility as Proxy for Heavy Metal Pollution: A Site Study, *J. Geochem.Explor.*, 2005, **85**, 109-117.

Scoullou M., Oldfield F., Thompson R., Magnetic Monitoring of Marine Particulate Pollution in the Elefsis Gulf, *Marine Pollution Bull*, 1979, **10**, 287-291.

Sengupta S., Chatterjee T., Ghosh P.B., Saha T., Heavy Metal Accumulation in Agricultural Soils Around a Coal Fired Thermal Power Plant (Farakka) in India, *Environ Sci Eng*, 2010, **52**(4), 299-306.

Shrivastav R., Atmospheric Heavy Metal Pollution, Development of Chronological Records and Geochemical Monitoring, *Resonance*, 2001, **6**(4), 62-68.

Siegel F.R., Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals Berlin Germany, Springer, 2002.

Strzyszczyk Z., Magiera T., Magnetic Susceptibility and Heavy Metals Contamination in Soils of Southern Poland, *Phys.Chem. Earth*, **23**(9-10), 1127-1131.

Sutherland R.A., Bed Sediment-Associated Trace Metals in an Urban Stream-Hawaii, *Environ Geol*, 2000, **39**, 611-27.

Tomlinson D.L., Wilson J.G., Harris C.R., Jeffrey D.W., Problems in the Assessment of Heavy-Metal Levels in Estuaries and the Formation of a Pollution Index, *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 1980, **33**(1-4), 566-575.

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete 31/05/2005, 25831, Ankara.

Toröz G., Çevre Ve Orman Bakanlığı, Çevre Eğitimi Ders Notları, 2009.

Türkoğlu B., Toprak Kirlenmesi Ve Kirlenmiş Toprakların Islahı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006, 183667.

URL-1: <http://www.bartington.com>, (Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2020).

URL-2: <https://earth.google.com>, (Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2020).

URL-3: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>, (Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2020).

Vural A., Çiçek B., Cevherleşme Sahasında Gelişmiş Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2020, 1533-1547.

Vural A., Toprak ve Akasya Ağacı Sürgünlerindeki İz/Ağır Metal Dağılımı Gümüşhane - Türkiye, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 2014, **148**, 85-106.

Yaylalı Abanuz G., Heavy Metal Contamination of Surface Soil Around Gebze Industrial Area, *Microchemical Journal*, 2011, **99**, 82-92.

Yang T., Liu Q., Chan L., Cao G., Magnetic Investigation of Heavy Metals Contamination in Urban Topsoils Around the East Lake in Wuhan-China, *Geophysical Journal International*, 2007, **171**(2), 603-612.

Yergök A. F., Akman Ü., İplikçi E., Karabalık N.N., Keskin İ., Mengi H., Umut M., Armağan F., Erdoğan K., Kaymakçı H., Çetinkaya A., Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (I), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, Türkiye.

Yılmaz F., Kocaeli ve Sakarya'da toprak kirliliğinin ağır metal yönünden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999, 90779.

Yurtsever A., Kocaeli Triyası Biyostratigrafi Projesi, Gebze - Hereke - Tepecik Alanında Mesozoyik - Senozoyik Kayalarının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, Türkiye.

Zhang C., Qiao Q., Piper J. D., Huang B., Assessment of Heavy Metal Pollution from a Fe-Smelting Plant in Urban River Sediments Using Environmental Magnetic and Geochemical Methods, *Environmental Pollution*, 2011, **159**(10), 3057-3070.

Weckwerth G., Verification Of Traffic Emitted Aerosol Components In The Ambient Air Cologne (Germany), *Atmospheric Environment*, 2001, **35**, 5525-5536.

Xiangdong L., Chi-sun P., Pui Sum L., Heavy Metal Contamination of Urban Soil and Street Dusts Hong Kong, *Applied Geochemistry*, 2001, **16**(11-12), 1361-368.

Quevauviller P., Lavigne R., Cortez L., Impact of Industrial and Mine Drainage Wastes on the Heavy Metal Distribution in the Drainage Basin and Estuary of the Sado River (Portugal), *Environ Pollut*, 1989, **59**, 267-86.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Canbay M.M., **Aslan B.**, Environmental Geophysics Applications, *4. International Conference on Civil and Mining Engineering*, Trabzon, Turkey, 20-22 April 2019.



ÖZGEÇMİŞ

Burak Aslan lise öğrenimini İzmit Gazi Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun oldu. 2017 yılında ise Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Şuan ailesi ile birlikte yaşamaktadır ve Gölcük Ford Otosan fabrikasına bağlı taşeron firmada otomat denetçisi olarak çalışmaktadır.

