



**BAĞDAT CADDE TOZLARINDAKİ POTANSİYEL
TOKSİK ELEMENTLERİN KONSANTRASYONUNUN
KENT SAĞLIĞI YÖNETİMİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Omer Alfarooq SABHAN

**Tez Danışmanları
Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ
Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ**

**BAĞDAT CADDE TOZLARINDAKİ POTANSİYEL TOKSİK
ELEMENTLERİN KONSANTRASYONUN KENT SAĞLIĞI YÖNETİMİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Omer Alfarooq SABHAN

Tez Danışmanları

Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Şubat 2023

Omer alfarooq SABHAN tarafından hazırlanan “BAĞDAT CADDE TOZLARINDAKİ POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLERİN KONSANTRASYONUN KENT SAĞLIĞI YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ
Tez Danışmanı, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ
Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 09/02/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkanı : Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Salem S.S. ABU AMRO (ICEM)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayhan KOCAMAN (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Rahman ÇALHAN (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Omer Alfarooq SABHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAĞDAT CADDE TOZLARINDAKİ POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLERİN KONSANTRASYONUN KENT SAĞLIĞI YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Omer Alfarooq SABHAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ

Şubat 2023, 92 sayfa

Bağdat'ın farklı bölgelerinde trafik, sanayi, tarım, ticaret ve konut alanlarını temsil eden toplam 60 adet örnekleme noktasından numuneler toplanmıştır. Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Mn, Zn, Pb ve Cu olmak üzere 10 potansiyel toksik element (PTE) konsantrasyonları belirlenerek değerlendirme yapılmıştır. Mn ve Zn Endüktif Eşleşmiş Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES) cihazı ile ve Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Pb ve Cu Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometre (ICP-MS) cihazı ile analiz edilmiştir. Analizi yapılan Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Sb ve Cd PTE'lere ait ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 647,1, 413,8, 147,5, 21,07, 11,49, 10,91, 10,73, 0,0053, 0,0013 ve 0,0009 mg/kg olarak bulunmuştur. Çalışmada ayrıca kentsel alan sağlık yönünden değerlendirilmiştir. PTE maruziyeti bakımından hem çocuklar

hem de yetişkinler için ciddi bir sağlık riski olamadığı belirlenmiştir. Kanseri risk seviyelerinin de kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Hava kirliliği, PTE, cadde tozu, sağlık risk değerlendirmesi, sağlık yönetimi, Bağdat.

Bilim Kodu : 90312

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ASSESSMENT OF THE CONCENTRATION OF POTENTIAL TOXIC ELEMENTS IN BAGDAT STREET DUST IN TERMS OF URBAN HEALTH MANAGEMENT

Omer Alfarooq SABHAN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Environmental Engineering**

Thesis Advisors:

Assist. Prof. Dr. Kadir ULUTAŞ

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ

Şubat 2023, 92 pages

Samples were collected from a total of 60 sampling points representing traffic, industry, agriculture, trade and residential areas in different regions of Baghdad. Concentrations of 10 potentially toxic elements (PTE), namely Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Mn, Zn, Pb and Cu, were evaluated. Mn and Zn were analyzed with an Inductively Coupled Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) device and Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Pb and Cu were analyzed with an Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS). The mean concentration values of Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Sb and Cd PTEs analyzed were 647,1, 413,8, 147,5, 21,07, 11,49, 10,91, 10,73, 0,0053, 0,0013 and 0,0009 mg/kg it was found in. In the study, the urban area was also evaluated in terms of health. It has been determined that there is no serious

health risk for both children and adults in terms of PTE exposure. Cancer risk levels, on the other hand, were found to be at an acceptable level.

Key Word : Air pollution, PTE, street dust, health risk assessment, health management, Baghdad.

Science Code : 90312

TEŞEKKÜR

Çevre mühendisliği alanında yüksek lisans yapma imkânı bahşeden Yüce Allah'a öncelikle hamd ediyorum. Ayrıca değerli hocalarım; danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ ve eşdanışmanım Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ beylere de en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı iletiyorum, Allah ilimlerini artırsın. Ayrıca Öğretim Görevlisi Hacer Kübra SEVİNÇ'e tezime verdikleri destekten dolayı özellikle teşekkür ediyorum.

Dostum Hamza el-Libi, Seninle tanıştığım günden beri benim için yaptıkların ve yardımların için içtenlikle teşekkür ederim. Son olarak bana verdikleri maddi ve manevi destek için babama, anneme, kardeşlerime tüm kalbimle teşekkür ederim. Teşekkür sözleri hakkınızı yerine getirmez.

Çalışmama verilen destek için Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlü'ğüne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. ARAŞTIRMA ÇALIŞMASININ AMACI	5
BÖLÜM 2	6
LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	6
2.1. POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLER (PTE).....	6
2.1.1. Ortamda Bulunan Bazı Potansiyel Toksik Elementler	7
2.1.1.1. Nikel.....	7
2.1.1.2. Kurşun.....	8
2.1.1.3. Çinko.....	8
2.1.1.4. Krom	9
2.1.1.5. Kadmiyum.....	9
2.1.1.6. Kobalt.....	10
2.1.1.7. Bakır.....	10
2.1.1.8. Antimon	10
2.2. POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	11
2.3. SAĞLIK RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ	15

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	19
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	19
3.1. BAĞDAT ŞEHRİNİN TANITIMI VE ÖRNEKLEME NOKTALARININ BELİRLENMESİ	19
3.1.1. Bağdat Şehrinin Konumu.....	20
3.1.2. Bağdat Şehrinin Coğrafi Yapısı.....	20
3.1.3. Bağdat Şehrinin Kültürel ve Ekonomik Yapısı	20
3.1.4. Bağdat İlinin İklimi	21
3.2. ÖRNEKLEME VE ANALİZ	22
3.2.1. Örneklemeye Noktalarının Belirlenmesi	22
3.2.1. Örneklerin Toplanması	23
3.2.2. Örneklerin Hazırlanması.....	25
3.2.4. PTE Analizlerinin Yapılması.....	25
3.2.5. Kirlilik Düzeyinin Değerlendirilmesi	26
3.2.5.1. Coğrafi Birikim İndeksi (Geo-accumulation index).....	26
3.2.5.2. Zenginleştirme Faktörü (Enrichment Factor)	27
3.2.5.3. Ekolojik Risk İndeksi (Ecological Risk Index) ve Risk İndeksi (Risk Index)	27
3.2.5.4. Kirlilik Yükleme İndeksi (Pollution Loading İndex) ve Kirlilik İndeksi (Pollution İndex)	28
3.3. KENTSEL SAĞLIK YÖNETİMİ AÇISINDAN PTE'LERİN SAĞLIK RİSKİ	30
BÖLÜM 4	33
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. PTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	33
4.1.1. Mn.....	36
4.1.2. Zn.....	37
4.1.3. Cr	38
4.1.4. Co.....	39
4.1.5. Ni	40
4.1.6. Cu.....	41
4.1.7. Pb.....	42
4.1.8. As.....	43
4.1.9. Sb.....	44

	<u>Sayfa</u>
4.1.10. Cd.....	45
4.2. KİRLİLİK İNDEKSLERİ	48
4.2.1. Zenginleştirme Faktörü.....	48
4.2.2. Coğrafi Birikim İndeksi (Igeo)	50
4.2.3. Ekolojik Risk İndeksi (ERI) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (RI) .	53
4.2.4. Kirlilik İndeksi ve Kirlilik Yükleme İndeksi.....	56
4.2.5. Kirlilik Yükleme İndeksi (PLI)	59
4.3. SAĞLIK MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ.....	59
BÖLÜM 5	63
SONUÇLAR	63
KAYNAKLAR	66
EK AÇIKLAMALAR DAĞILIM HARİTASI.....	81
ÖZGEÇMİŞ	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı yerleri göstermektedir.	22
Şekil 4.1. PTE sonuçlarının ortalaması.....	33
Şekil 4.2. Numune noktaları Mn konsantrasyonları.	36
Şekil 4.3. Numune noktaları Zn konsantrasyonları.	37
Şekil 4.4. Numune noktaları Cr konsantrasyonları.....	38
Şekil 4.5. Numune noktaları Co konsantrasyonları.	39
Şekil 4.6. Numune noktaları Co konsantrasyonları.	40
Şekil 4.7. Numune noktaları Cu konsantrasyonları.	41
Şekil 4.8. Numune noktaları Pb konsantrasyonları.....	42
Şekil 4.9. Numune noktaları As konsantrasyonları.	43
Şekil 4.10. Numune noktaları Sb konsantrasyonları.....	44
Şekil 4.11. Numune noktaları Cd konsantrasyonları.	45
Şekil Ek 1. Mn için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	82
Şekil Ek 2. Zn için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	83
Şekil Ek 3. Cr için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	84
Şekil Ek 4. Co için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	85
Şekil Ek 5. Ni için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	86
Şekil Ek 6. Cu için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	87
Şekil Ek 7. Pb için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	88
Şekil Ek 8. As için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	89
Şekil Ek 9. Sb için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	90
Şekil Ek 10. Cd için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. PTE'lere maruz kalan organlar ve sağlığa etkileri.	12
Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları, faaliyet türleri, örnekleme noktalarına en yakın kirletici kaynakları.	23
Çizelge 3.2. Coğrafi birikim indeksinin değerlendirme/derecelendirme kriterleri..	26
Çizelge 3.3. Zenginleştirme faktörü değerlendirme/derecelendirme kriterleri.	27
Çizelge 3.4. Ağır metallerin neden olduğu ekolojik risk dereceleri için kriterler. ..	28
Çizelge 3.5. Ağır metallerin neden olduğu potansiyel ekolojik risk dereceleri için kriterler.	28
Çizelge 3.6. Kirlilik yükleme indeksinin değerlendirme/derecelendirme standartları.	29
Çizelge 3.7. Tek faktörlü kirlilik indeksinin değerlendirme/derecelendirme standartları.	29
Çizelge 3.8. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi için referans popülasyonların maruz kalma faktörleri.	30
Çizelge 4.1. Ağır metal sonuçlarının tanımlayıcı istatistik değerleri.	34
Çizelge 4.2. Önceki çalışmaların sonuçları (mg/kg).	47
Çizelge 4.3. Zenginleştirme faktörü değerlendirme/derecelendirme kriterleri.	48
Çizelge 4.4. Örnekleme noktalarındaki EF değerleri.	49
Çizelge 4.5. Igeo değerlendirilme kriterleri.....	50
Çizelge 4.6. Örnekleme noktalarındaki I _{geo} değerleri.....	52
Çizelge 4.7. ERI değerlendirme kriterleri.....	53
Çizelge 4.8. PERI değerlendirme kriterleri.	54
Çizelge 4.9. Örnekleme noktalarındaki ERI değerleri.....	54
Çizelge 4.10. RI değerleri.	56
Çizelge 4.11. Kirlilik indeksi değerlendirme kriterleri.	56
Çizelge 4.12. Kirlilik yükleme indeksi değerlendirme kriterleri.	56
Çizelge 4.13. Örnekleme noktalarındaki kirlilik indeksi değerleri.....	57
Çizelge 4.14. Kirlilik yükleme indeksi.	59
Çizelge 4.15. Cadde tozundaki PTE için tehlike katsayıları, tehlike indeksleri ve kanser risk değerleri.	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Al	: alüminyum
Fe	: demir
Ba	: baryum
Mn	: manganez
Zn	: çinko
Sr	: stronsiyum
Co	: kobalt
Cr	: krom
Cd	: kadmiyum
Ni	: nikel
Mo	: molibden
Pb	: kurşun
V	: vanadyum
Sb	: antimon
Hg	: civa
As	: arsenic
Si	: silisyum
Bi	: bizmut
Sn	: kalay
Sc	: skandiyum
Ag	: gümüş
Ti	: titanyum

KISALTMALAR

VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
BVOC	: Biyojenik Olarak Oluşan Uçucu Organik Bileşikler
PM	: Partikül Madde
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
GPS	: Global Positioning System
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi
ICP	: Endüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma
XRF	: X-Işını Floresans Yöntemi
MS	: Kütle Spektrometrisi
HF	: Hidroflorik Asit
LOD	: Limit of Detection (Algılama Limiti)
Igeo	: Geo-accumulation index (Coğrafi Birikim İndeksi)
PI	: Pollution Index (Kirlilik İndeksi)
PLI	: Pollution Load Index (Kirlilik Yükleme İndeksi)
IPI	: Integrated Pollution Index (Entegre Kirlilik İndeksi)
EF	: Enrichment Factor (Zenginleştirme Faktörü)
Eri	: Ecological Risk Index (Ekolojik Risk İndeksi)
RI	: Potential Ecological Risk (Potansiyel Ekolojik Risk)
ICP-MS	: Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometrisi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknoloji, endüstri, seri üretim gibi gelişmeler su, toprak ve hava üzerindeki geri dönüşü olmayan zararların artmasına neden olabilir (Mahamadsaidovich, 2022). Sanayileşmiş kentsel ortamlar tehlikeli kimyasallar ve havadaki kirleticiler içerebilir. Eski medeniyetleri barındıran şehirler ve buralardaki endüstri faaliyetleri ve trafik gibi diğer aktiviteler de kirliliğe neden olabilir. Bu kirleticiler insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Solunum yolu enfeksiyonları, akciğer kanseri ve kalp hastalığı gibi hem akut hem de kronik hastalıklar bu tarz kirleticilerin neden olduğu önemli sağlık sorunlarıdır (Kortoçi ve ark., 2022). Kirleticiler atmosfere uzun mesafe taşınamayan ve genellikle atmosferde uzun süre askıda kalamayan partiküller halinde veya daha uzun mesafelere taşınabilen küçük boyutlu partiküller halinde geçebilirler. Parçacıklar, özellikle ince parçacıklar ve tozlar, doğal ve antropojenik faaliyetlerin bir sonucu olarak atmosfere salınır (Briffa ve ark., 2020). Bu nedenle kent sağlığı yönetimi açısından bu kirliliklerin mekânsal, zamansal dağılımlarının takibi ve kontrolü neticesinde elde edilen veriler insan ve çevre sağlığı için alınacak kararlara ışık tutacak niteliğe sahiptir.

Hava kirliliği, canlı ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle tüm dünyanın önde gelen çevre sorunları arasında yer almaktadır. Şehirdeki çeşitli kirletici kaynaklarından olan egzoz gazlarından atmosfere salınan ağır metaller ince katı partiküllerden oluşan cadde tozunu içeriğine nüfuz edebilir ve kentsel çevre kirliliği üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır (Guan ve ark., 2012). Cadde tozu, şehirdeki nüfus ve trafik yoğunluğundan etkilenmektedir. Ayrıca atmosferik olaylaa bağlı olarak farklı bölgelere taşınabilmekte ve bu durum insan sağlığını büyük ölçüde etkilemektedir (Sezgin ve ark., 2004).

Çarpık kentleşme, kontrolsüz sanayileşme, bilinçsiz tarımsal uygulamalar gibi faktörler hava kirliliğinin başlıca sebeperi arasında sıralanabilir ve potansiyel toksik element (PTE) kirliliğinin oluşumunda etkiye sahiptirler PTE'ler, atmosferde asılı duran ve bir süre sonra kentsel ortamlarda çatılarda ve yol kenarlarında biriken katı veya sıvı parçacıklar halinde olabilen partikül maddelerin veya toz parçacıkların içeriğinde olması durumunda tehlikeli bir kirletici parameteresi olarak hava kalitesini etkileme potansiyeline sahiptir. Bu parçacıklar genellikle toprak, inşaat, sanayi ve trafik gibi insan kaynaklı faaliyetler ile oluşmakta ve rüzgar gibi atmosferik olaylarla taşınmaktadır. Günümüz dünyasında insan faaliyetlerindeki artış, kirliliği oluşturan PTE miktarını da arttırmaktadır (Kumar ve ark., 2020). PTE'ler ortamda farklı şekil ve yaklaşık boyutlarındaki partikül madde içeriğinde bulunabilir. PTE içeriğinin yüksek olduğu cadde tozundan kaynaklanan hava kirliliği üzerine yapılan çalışmaların birçoğunda en önemli kirletici kaynağı olarak yoğun trafik kabul edilmektedir.

Yüzeyde biriken PTE'lerin taşınmasında rüzgar önemli bir rol oynar. Atmosferik ekosistemi kirleten toksikleri ve bu toksiklerin sebep olduğu sağlık risklerini azaltmak için karayolu ve demiryolu ulaşım araçlarının kullanımından kaynaklanan kirleticilerin kontrol altına alınması ile yoğun trafik akışının önlenmesi, tarımsal uygulamalarda bilinç kazanılması gerekmektedir (Acosta ve ark., 2011).

Son yıllarda, hava kalitesi ve kirlilik derecesinin belirlenmesinde cadde tozlarında bulunan ve rüzgarla kentsel alanlara taşınan cadde tozu içeriğinin PTE bakımından değerlendirilmesi yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır (Chrow ve ark., 2022). ortam havasında bulunan partikül maddeler ve tozlar görüş mesafesini etkilemektedir. Kentsel alanlarda, özellikle şehir merkezlerinde, trafik kavşaklarında ve kentsel yıkım ve inşaat alanlarında cadde tozu kütlelerindeki değişkenliğe bağlı olarak etkileri de farklılık gösterebilmektedir (Angel ve ark., 2009).

PTE, çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilediğinden dolayı küresel çevre sorunları arasında öneme sahip bir parametredir. Sağlık risk değerlendirmesi sonuçlarına göre, Cd, Cu, Zn, ve Co gibi ağır metaller, kabul edilen sınır değerleri aştığında insanlar üzerinde kanser kadar ciddi sağlık risklerine neden olur. Cadde tozu, çevre ve insan

sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen kuru alanlardan tamamen uzaklaştırılması mümkün değildir (Khademi ve ark., 2019). Çeşitli çalışmalar, özellikle trafik kavşaklarının, lastik aşınması ve asfaltlanmış yol tozundan kaynaklanan PM_{2,5} boyutunda havada asılı partiküller olmak üzere dağınık kirletici minerallerin emisyonuna katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu tür kirleticilere maruz kalan insanlarda kalp çarpıntısının yanı sıra, solunum yolu hastalıklarıyla ilişkili sağlık riskleri artış göstermektedir. Aynı zamanda insanlardaki ölüm oranının ciddi bir bölümü tozlu ve kirli havadan kaynaklanmaktadır (Guo ve ark., 2018). Türkiye, İzmir'de yapılan bir araştırma, fabrikaların ve trafiğin sokak tozu üzerindeki etkisini gösterdi. Fabrikalarda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan duman gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliğin yanı sıra toz ve çöl fırtınaları gibi doğa olayları da atmosferi kirletir.

Yoğun nüfusa sahip kentlerde oluşan cadde tozları, solunum rahatsızlıkları, kardiyovasküler hastalıklar gibi ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2012 yılında dünya çapında milyonlara ulaşan ölüm oranının, artan hava kirliliği risklerine bağlı olduğu konusunda uyarılar yapmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, hava kirliliğinden kaynaklı enfeksiyon riski 2006 yılında artış göstermiştir. Şehir içi yollardaki cadde tozlarının partikül boyutu, şehir merkezi dışındaki yerleşim yerlerindeki cadde tozu partikül boyutundan daha küçüktür ve Cr, As, Pb, Zn, Cd ve Cu gibi PTE içerir. Yerleşim yeri dışındaki cadde tozları, şehir merkezine göre daha az Fe içeriğine sahiptir. Endüstri bölgelerinden ve doğal alanlardan alınan toprak ve cadde tozu örnekleri üzerinde yapılan bir çalışma, bu kirleticilerdeki artışın 10 µm'den küçük partiküllerde genel ortalamaya göre 10 µm/m³ artış gösterdiğini ve bunun sonucu olarak da bölgedeki ölüm oranının %0.05 arttığını göstermektedir (Teng ve ark., 2011).

Coğrafi konumu nedeniyle kuru ve yarı kurak bölgelerden oluşması, yüksek sıcaklık, az yağış alan bir iklime sahip olması, havada bulunan partikül madde ve ince boyuttaki tozu Irak'ta ciddi bir çevre sorunu haline getirmektedir. Irak'ın coğrafi konumu ve iklimi, ülkedeki doğal toz kaynaklarının sebepleri arasındadır. Yapılan çalışmalar, sokak kaldırımlarında ve askıda katı maddelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının, daha küçük boyuttaki partikül konsantrasyonundan daha

yüksek olduğunu göstermektedir. Askıda katı maddelerdeki yüksek ağır metal konsantrasyonları nedeniyle, yağmurlu havalarda cadde tozundaki ağır metal oranı da artmaktadır. Cu, Ni, Fe ve Cd gibi ağır metaller, endüstriyel alanlarda diğer alanlara oranla %90 artış göstermektedir. Küçük boyutlardaki partiküllerden oluşan cadde tozları, rüzgar ve volkanik emisyonlar veya insan faaliyetleri ile kolayca taşınmaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA), kontrol zorluğu nedeniyle çevre kirliliğinin en tehlikeli türlerinden biri olması açısından, bir risk değerlendirme modeli kullanarak hava kirliliğinin özelliklerini araştırmıştır (Muhammad ve ark., 2017).

Hava dışında toprak ve su gibi diğer ekosistemler de tozlardan etkilenebilir İçeriğinde PTE'leri bulunduran, ince boyutlu partiküllerden oluşan ve soluma ya da yutma maruziyeti ile vücuda alınan toz; insan sağlığı üzerinde sinir sistemi bozukluğu ve solunum yetmezliği gibi problemlere neden olmaktadır. Yoğun nüfusa sahip kentlerde Pb, Zn, Fe ve Cr dahil tüm ağır metal kirliliği 8-54 mg/m³ aralığında değişkenlik göstermektedir (Jaesoo ve ark., 2020).

PTE içeriklerinden dolayı hem önemli bir kirletici hem de başta insan olmak üzere tüm canlı sağlığı için önemli bir tehdit oluşturan cadde tozu, çevre ve potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesi, araştırmacılar için büyük önem taşımaktadır. Genel olarak feldispat ve kuvarstan oluşan cadde tozu, otomobil motorlarının yan ürünlerinden, trenlerde kullanılan lastiklerden, yelkenlerden çıkan buhardan ve egzoz gazlarından salınan ağır metalleri içermektedir (Han ve ark., 2021). Nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kentlerde, trafik ve kentsel genişleme nedeniyle daha fazla toksik ağır metal içeren cadde tozları, insan sağlığı başta olmak üzere tüm canlı organizmaları doğrudan etkileyen hava kirliliği konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bu bölgelerdeki kirliliği özellikle yüksek konsantrasyonda Cr, Ni, Cu ve Co içermektedir. Son zamanlarda, trafiğin ve endüstriyel faaliyetlerin fazla olduğu yoğun nüfuslu alanlarda atmosferi incelemeye alan araştırmacılar, havadaki ağır metal konsantrasyonlarının tehlikeli boyutlara ulaştığını ve azaltılması gerektiğini vurgulamaktadır (Saiful ve ark., 2015).

1.1. ARAŞTIRMA ÇALIŞMASININ AMACI

Kentleşmenin artması, toprağın erozyona uğraması ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak ulaşımdan kaynaklı trafiğin oluşturduğu toz, özel olarak Bağdat şehrinin ve genel olarak Irak'ın maruz kaldığı önemli çevre kirleticilerinden biridir. Toz, uluslararası bir havaalanına sahip olan Başkent Bağdat'da hava kalitesini ve görüş mesafesini etkilemektedir. Bu çalışma aşağıdaki hedeflere ulaşmıştır:

- 1- Bağdat şehrinde cadde tozlarındaki PTE konsantrasyonları şehirden spesifik numuneler alınarak belirlenmesi: Bu hedefin gerçekleştirilmesinde şehrin kirlilik haritasının çevre mühendisliği çalışmalarında geniş uygulama alanı bulunan coğrafi bilgi sisteminin kullanılması.
- 2- Zenginleştirme faktörü, coğrafi birikim indeksi, ekolojik risk indeksi ve kirlilik yükleme indeksi hesaplamaları ile cadde tozundaki ağır metal kirlilik düzeyinin belirlenmesi: Bu hedef gerçekleştirilerek her bir kirlilik düzeyine ait en yüksek kirleticinin tespit edilmesi.
- 3- Bağdat şehri cadde tozundaki PTE'lerin sağlık risk değerlendirmesinin kentsel sağlık yönetimi açısından incelenmesi: Kent sağlığı için sağlık risk değerlendirmesinde ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen yöntem ile maruziyetin hesaplanması ve maruz kalmanın neden olduğu risk boyutunun ve tehlike katsayısının belirlenmesi

BÖLÜM 2

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLER (PTE)

Potansiyel toksik elementler (PTE), farklı birçok faaliyetlerden kaynaklanan, insan sağlığı ve ekosistem için önemli bir tehdit oluşturan çevre kirliliği kaynaklarıdır. Bunların insan vücudunda birikim göstermesi birçok hastalığa neden olmaktadır. Ağır metaller farklı metabolik bağımlı ve bağımsız süreçlerle sentezlenebilir (Elias ve ark., 2020). Hem canlı hem de ölü biyokütlenin yanı sıra polisakkaritler gibi hücrel ürünlerin demineralizasyonu için kullanılabilir.

PTE'lerin neden olduğu kirlilik günümüzde önemli bir çevre sorunudur. Madencilik, metalürji, demir-çelik endüstrisi, galvanizleme, enerji ve yakıt üretimi, gübre ve pestisit üretimi/uygulaması, elektroliz, dericilik, elektrikli ev aletleri imalatları gibi endüstrilerden çıkan ve çevreye deşarj edilen atıklar çeşitli PTE içeriği barındırmaktadır (Jianlong ve Can, 2009). İçeriğinde PTE barındıran cadde tozlarına günlük yaşamda maruz kalabilmektedirler (Chad ve ark., 2020). Cadde tozu, %2 organik madde, %30 potansiyel toksik element (PTEs), %40'tan fazla kuvars ve diğer malzemeler içermektedir. PTE'ler, aerosollerin katı veya askıda tortu halde bulunan birikintilerin içeriğinde olabilir. Çeşitli kaynaklardan atmosfere bırakılan PTE'ler ıslak ve kuru çökme yoluyla yüzeye inabilir ve geniş alanlara yayılım gösterebilir. Her bir PTE, örnekleme alanlarının konumlarına, insan faaliyetlerine, endüstriyel emisyonlara bağlı olarak bağlı olarak birden fazla kaynaktan etkilenebilir (Rajaram ve ark., 2016).

Cadde tozu, genel olarak ağır metal olarak adlandırılan, insan sağlığı ve ekosistemler için son derece tehlikeli olan bunlardan bazıları potansiyel toksik element olan (PTE) çok sayıda kimyasal element içerir. Ağır metal terimi, yoğunluğu 5g/cm^3 'ten büyük

olan metalik ve yarı metalik elementleri ifade eder. Ağır metaller, canlı organizmalar ve hava için önemli kirleticilerdendir. Yüksek konsantrasyonlarda biyobirikim gösterdiklerinde ciddi sağlık sorunlarına neden olarak çok sayıda insan ölümüne yol açarlar (Safiur ve ark., 2019). Cadde tozlarının incelenmesi ve PTE içeriklerinin bilinmesi, cadde tozuna maruz kalan insanlar için son derece önemlidir. PTE'lerin insanlardaki maruziyet yolları, kirli havanın solunması ve yutulmasıdır. Ağır metaller gibi PTE içeren hava kirliliğine çözüm bulabilmek için şehirlerdeki kirlilik düzeyi ve sağlık risklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kentlerdeki yoğun trafik, cadde yüzeylerinde biriken toz parçacıklarındaki PTE içeriğinin başlıca sebebi olarak gösterilebilir (Anju ve ark., 2020). Bileşimi ve küçük boyutu nedeniyle insan vücuduna girerek ciddi patolojik nedenler bırakır. Ağır metaller maruz kalmak, endokrin bozulmasına, vücutta temel elementlerin değişmesi ile serbest radikallerin oluşumuna ve ciddi sağlık risklerine yol açarak organizmada dengesizliklerin, displazilerin, kronik hastalıkların ve uzun süreli maruziyet durumlarında kanserlerin ortaya çıkmasına neden olur (Elias ve ark., 2020).

2.1.1. Ortamda Bulunan Bazı Potansiyel Toksik Elementler

2.1.1.1. Nikel

Ağırlığı 58,7 mol/g, yoğunluğu 8,9 g/cm³, ergime sıcaklığı 1455°C ve kaynama noktası 2730°C olan geçiş metali grubundan bir ağır metaldir. Periyodik Çizelgede Ni sembolü ile gösterilmektedir. Yüksek derecede ısı direnci, sertlik ve mukavemet gücüne sahip olmasının yanı sıra korozyon önleme gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Nicole ve Melanie, 2015). Ni parlak gri renktedir ve normal oda sıcaklığında yavaş oksitlenen bir yapıya sahiptir. Yer kabuğunda küçük bir oranda bulunan Ni'nin %9'unun korozyona dayanıklı Ni kaplamada kullanılmasının yanı sıra, alaşımlarda, madeni paralarda, demirle kaplamada, bakırda ve tüm kimyasal kaplama ekipmanlarında kullanılmaktadır. Bazı ağır metaller göre oldukça pahalı olan Ni, son zamanlarda yerini daha ucuz metaller bırakmıştır (Dalvi ve ark., 2004). Ni, normal sıcaklık ve basınçta oksijenle reaksiyona girer, ancak reaksiyonu yavaştır ve erime ısısı 17,5 KJ/mol ve buharlaşma ısısı 379 KJ/mol olduğundan, yalıtkan oksit katmanları oluşturmaktadır. Bu nedenle pirinç ve demir gibi metallerin

kaplanmasında kullanılmaktadır. Londra Metal Borsası, Ni fiyatının 2022 yılında eski fiyatına göre altı kat artması ve ton başına fiyatının 100,000 \$'a ulaşması nedeniyle kullanım alanında kısıtlamalara gitmiştir (Joseph ve ark., 2010).

2.1.1.2. Kurşun

Atom numarası 82, yoğunluğu 11,3 g/cm³, atom ağırlığı 207,2, kaynama noktası 1749°C, ergime noktası 327,5°C olan ve Pb sembolü ile gösterilen toksik bir ağır metaldir. Çok düşük erime noktasına sahip olan Pb, dövülebilir basit bir metal olması nedeniyle geçmişte en çok kullanılan elementlerden biridir (Beeman ve ark., 2013). Pb, fiziksel olarak ağır ve mavi-gri renge sahip bir kimyasal elementtir. Su endüstrisi, çömlek endüstrisi, nükleer enerji, petrol endüstrisi ve ayrıca kimya endüstrisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yer kabuğunda ton başına 16 gram Pb bulunmaktadır. Dövülebilir ve sıkıştırılabilir yapısı olan Pb; düşük mukavemete sahip yumuşak ve sünek bir elementtir (Matta ve Gyjli, 2016). Askeri sanayi, kanalizasyon borusu endüstrisi, röntgen odalarındaki radyoaktif maddelere karşı koruyucu bir unsur olmasının yanı sıra ucuz ve elde edilmesi kolay olduğu için, metal plakalar ve külçeler üzerine yazı yazmak, her türden pil imal etmek ve yüksek voltajlı elektrik kablolarını kaplamak gibi birçok kullanım alanına sahiptir (Soares ve ark., 2019).

2.1.1.3. Çinko

Rengi maviye eğimli beyaz olan çinkonun, ergime noktası 419,5°C, kaynama noktası 907°C, yoğunluğu 7,14 g/cm³'dür ve Zn sembolü ile gösterilen metalik bir kimyasal elementtir. Atom numarası 30 ve atom ağırlığı 65,4'tür. 150°C ve altındaki sıcaklıklarda sünek ve yumuşaktır. Zn, 200°C ve üzeri sıcaklıkta ince toz halini almaktadır (Stephen, 2007). İnsülin hormonu için bir bileşen olmasının yanı sıra doğal büyütme özelliğine sahip olması nedeniyle bitki ve hayvan ilaçları yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca elektrik pili yapımı, lehim alaşımları ve basınçlı döküm yapımı gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Zn oksitler, kozmetikte cilt bakım ürünlerinde, plastiklerde, kalıp ve sıvı sabunlarda; sülfürler, saat, televizyon ekranı

ve lambalar için parlak emaye kaplamalarda; klorürler ahşabı hasara, erozyona ve böcek yemesine karşı korumada kullanılmaktadır (Chasapis ve ark., 2020).

2.1.1.4. Krom

Periyodik Çizelgede Cr sembolü ile gösterilen, atom numarası 24, yoğunluğu 7,2 g/cm³, erime noktası 1907°C, kaynama noktası 2671°C olan bir ağır metaldir. Korozyona karşı yüksek dirençli ve yapısal olarak güçlü bir tokluğa sahiptir ancak çok kırılmandır. Görünüm olarak gri renge sahip olan Cr, yapısal olarak altıgen veya kübik şekilde olabilmektedir (Abuoissa ve ark., 2012). Paslanmaz çelik alaşım yapımı, metallere galvaniz kaplama, metalik özellikte seramik yapımı, sentetik safir yapımı, boya sanayisi, deri tabakalama işlemleri, yağ borusu ve tuğla yapımı gibi farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Cr'nin, kandaki glikozu azaltmak ve serum proteinin azaltarak kolesterolü düşürmek gibi sağlığa yararlı yönleri de bulunmaktadır (Swaroop ve ark., 2019).

2.1.1.5. Kadmiyum

Atom numarası 48, atom ağırlığı 112,4, elektron konfigürasyonu 5s², 4d¹⁰, yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 321,1°C, kaynama noktası 767°C, erime ısısı 6,21 KJ/mol, buharlaşma ısısı 99,87 KJ/mol ve fiziksel olarak yumuşak yapıya sahip bir ağır metaldir. Periyodik Çizelgede Cd sembolü ile gösterilmektedir. 1817 yılında Alman bilim adamı Friedrich Stromayer tarafından keşfedilmiştir. İnsanlarda Cd maruziyeti, kentlerde ve endüstride fosil yakıt kullanımı ile kentsel atıkların yakılmasından kaynaklanmaktadır (Oates ve ark., 2010). Cd, atmosferik iletim yoluyla kaynağından daha uzak noktalara taşınabilmektedir. Başta yumuşakçalar ve kabuklular olmak üzere birçok organizmada kolayca birikim göstermekte; sebzelerde, tahıllarda ve nişastalı köklerde daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Dayanıklı alaşımlar, metaller için koruyucu kaplamalar ve demir kütükler yapmada kullanılmaktadır. Ayrıca pil, pigmentler ve metalik kaplamaların yanı sıra plastikler de dahil olmak üzere birçok kullanıma sahiptir (John, 2010).

2.1.1.6. Kobalt

Co sembolü ile gösterilen, atom numarası 27, yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 1495°C, kaynama noktası 2927°C, erime ısısı 16,06 kJ/mol, buharlaşma ısısı 377 kJ/mol olan parlak gri rengine bir ağır metaldir (Zhang ve ark., 2021). Co bileşikleri yüzyıllardır cama, emayelere ve porselene zengin mavi renk vermek için kullanılmaktadır. Co'nun seramik, alaşım, boya kurutucu, ince film imalatı, uçak imalatı ve gaz türbini yapımı gibi birçok kullanımı vardır. Co, %0,00025 ile dünya kabuğunun çok küçük bir yüzdesine sahiptir. Cıvadan on kat daha yüksek bir elektrik iletkenliğine sahipken, termal iletkenliği sekiz kat daha yüksektir (Harimoto ve ark., 2012).

2.1.1.7. Bakır

Atom numarası 29, atom ağırlığı 63,54, yoğunluğu 8,95, erime noktası 1083°C, kaynama noktası 2310°C, erime ısısı 13,26 kJ/mol, buharlaşma ısısı 300,4 kJ/mol, rengi kırmızımsı sarı olan ve Cu sembolü ile gösterilen bir ağır metaldir. Yerkabuğundaki yüzdesi %0,012'yi geçmediği için doğada serbest ve saf halde dünyanın birçok yerinde bulunur (Rehman ve ark., 2019). İnsanlar tarafından keşfedilen en eski metallere biridir ve çeşitli kullanım alanları vardır (Pohanka, 2019). Cu iyi bir termal iletken ve elektrik iletkenidir. Genellikle seyreltik asitlerle yavaş reaksiyona girer. Cu, alaşımlarının bileşimindeki ve renklerindeki farklılıktan dolayı tek bir özelliği ile bilinemeyecek bir metaldir. Dolayısıyla çevremizdeki pek çok şeyde beklediğimizden daha fazla bulunur (Avram ve ark., 2021). Cu, su arıtma ve kimyasal testler, kuyumculuk, endüstriyel ve ev aletleri, elektrik telleri, alaşımlama ve dekoratif sanatlar dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Moynier ve ark., 2017).

2.1.1.8. Antimon

Periyodik Çizelgede Sb simgesi ile gösterilen, atom numarası 51, erime noktası 630,63°C, kaynama noktası 1587°C, erime ısısı 19,79 kJ/mol, buharlaşma ısısı 193,43 kJ/mol, yoğunluğu 6,697 g/cm³ ve atom kütlesi 121,760 g/mol olan yarı metal

grubundan bir ağır metaldir (Zheng ve ark., 2018). Parlak gri renginde, doğada esas olarak bir sülfür minerali olan stibnit olarak bulunur. Katmanlı, kırılğan ve ufalanan fiziksel bir yapıya sahiptir (Teng ve ark., 2021). Sb'nin, kararlı, mavi-beyaz metalik, sarı-siyah, kararsız olmak üzere dört formu vardır ve doğadaki Sb yüzdesi %0,00005'i geçmemektedir. Sb pillerin, foto yayan katotların, elektrik kablosu kılıflarının, desteklerin ve makaraların, alev geciktirici kaplamaların, seramiklerin, emaye kaplamaların, çok çeşitli alaşımların, elektroniklerin ve kauçukların imalatı dahil olmak üzere birçok kullanım alanı bulunmaktadır (Anderson, 2019).

PTE'ler, insan faaliyetleri sonucu açığa çıkmaları, bozulmaz ve yok edilemez olmaları nedeniyle insan sağlığı üzerinde önemli sağlık etkilerine neden olmaktadır (Zaffar ve ark., 2021). Ağır metallere çevredeki bulunan PTE'ler tehlikeleri, toksisiteleri ve biyolojik birikimleri nedeniyle, son yıllarda dünya çapında önemli bir çevre sorunu haline gelmiş ve bu tarz kirli havaya yüksek oranda maruz kalmanın insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Mustafa ve ark., 2020). Ağır metallere yoğunluğu 5 g/cm³'ten fazladır ve kendilerine has fiziksel özellikleri bulunmaktadır. Fosil yakıt kullanımından dolayı atmosferi kirleten en tehlikeli PTE'lerden biri Pb'dir. Yağışlar, özellikle yoğun trafik sonucu oluşan PTE ile kontamine olmuş toprak için ana taşıyıcısı görevini görmektedir (Wisam ve ark., 2022). Cadde tozu, doğal faaliyetler ve fosil yakıtların yanması da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen PTE'leri içerdiği için atmosferdeki havanın kalitesini ve saflığını etkileyen tehlikeli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ağır metallere kirlenmiş cadde tozları, meteorolojik faktörlerle atmosfere karışmaktadır. Bu nedenle hava kalitesinin izlenmesinde cadde tozlarının bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Samuel ve ark., 2016).

2.2. POTANSİYEL TOKSİK ELEMENTLERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

PTE'ler Mesleki ve çevresel koşullarda önemli bir toksik madde sınıfını oluşturmaktadır (Manju, 2015). Bu toksik maddelerin insan sağlığı üzerindeki etkisi, yaygın maruz kalma nedeniyle şu anda büyük ilgi görmektedir. Çeşitli metallere sanayide ve günlük hayatımızda kullanımının artmasıyla birlikte, çevrenin toksik ağır

metallerle kirlenmesinden kaynaklanan sorunlar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Ağır metal kirliliğinin bulunduğu bir şehirde, kirliliğe maruz kalan insanlarda ciddi sağlık riskleri görülmektedir. Yaygın görülen sağlık risklerine rağmen insanlar çoğu alanda toksik ağır metalleri kullanmaya devam etmektedir (Rajan ve ark., 2010). Fabrikaların bulunduğu büyük şehirlerde, ağır metal içeren parçacıklar yeryüzünde birikerek bileşimleri ile büyük tehlike oluşturmaktadır. Örneğin Al, insanlarda alzheimer hastalığına ve kansızlığa neden olurken "D" vitaminine dirençli kemikleri yumuşak ve kırılabilir hale de getirmektedir. En yaygın toksik ağır metaller Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Mn, Zn, Pb ve Cu' dur. PTE'lerin geçirgenlik özelliği, vücutta kolaylıkla birikerek sağlık sorunlarına ve insan sağlığına yönelik risklere yol açmaktadır (Aguilera ve ark., 2021).

Çizelge 2.1. PTE'lere maruz kalan organlar ve sağlığa etkileri.

PTE'ler	Hedef Organ	Birincil Kaynak	Klinik Etkileri
Kadmiyum	Sindirim Sistemi - Solunum Sistemi - Böbrekler	Kirlenmiş Gıda - Cadde Tozu - Kirli Su Buharı	Osteoporoz - Akciğer Bozukluğu - Solunum Bozukluğu
Manganez	Beyin - Solunum Sistemi - Sinir Sistemi	Endüstriyel Toz - Su Buharı	Parkinson - Pulmoner Kapak - Hafıza Bozukluğu - Sinir Atrofisi
Cıva	Sindirim Sistemi - Böbrekler - Akciğerler - Bağışıklık Sistemi	Endüstriyel Toz - Kirli Su - Duman	Zehirlenme - Uykusuzluk - Cilt Alerjisi
Kalay	Akciğerler - Sindirim Sistemi - Böbrekler	Pişirme Kullanımları - Endüstriyel Toz	Alzheimer - Kanser - Anemi - Az Görme - Akciğer Bozukluğu
Arsenik	Sinir Sistemi - Sindirim Sistemi - Akciğerler	Gıda - Endüstriyel Toz - Kirli Su ve Duman	Beyin Bozukluğu - Karaciğer - Dalak - Zehirlenme
Kurşun	Sindirim Sistemi - Sinir Sistemi - Akciğerler - Böbrekler	Endüstriyel Toz - Kirli Buhar - Kirli Su	Beyin - Kısırlık - El ve Ayak Nekrozu - Yüksek Tansiyon
Çinko	Sindirim Sistemi - Bağışıklık Sistemi	Endüstriyel Toz - Et - Likör - Bakliyat	Akut toksisite - Kusma - İştahsızlık - Depresyon
Nikel	Akciğerler - Deri - Bağışıklık Sistemi	Demir Meteoritler - Endüstriyel Toz - Aerosol	Buz Döküntü - Sindirim Sorunlar - Kanser - Zayıf Bağışıklık

Ağır metallerin yaygın kullanımı ile canlı sağlığı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Çevrenin dengesini korumak ve canlı sağlığı üzerindeki etkilerini bilmek için bu ilişkinin bilinmesi oldukça önemlidir. Ağır metaller besinler aracılığı ile canlı vucuduna taşınmaktadır. Al, Ni, Fe, Co, Ca, Cu ve Zn canlılar için besin elementi grubunda yer almaktadır ve metabolizmanın sağlıklı çalışabilmesi için gereklidir. Besin elementi ağır metallerin vucutta olması gerekenden fazla birikim göstermesi veya olması gereken miktardan daha dşuk olması sağlık problemlerine ve toksik etkilere neden olmaktadır (Xingmei ve ark., 2013). Bu elementler insan vucuduna girdiğinde çeşitli dokularda birikmekte ve kan dolaşımını etkilemektedir. Bu etkileşim iç organların çalışma fonksiyonlarını bozarak çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. İnsan sağlığını etkileyen en önemli faktör olan toz, ağır metallerin ekosisteme geçişinde rol oynamakta ve insanların ağır metale maruziyetinde önemli bir etken olarak kabul edilmektedir (Khademi ve ark., 2019). Çalışmada konsantrasyonları incelenen PTE'lerin tehlikeleri aşağıda tartışılacaktır.

Sağlık riskleri taşıyan bir diğer ağır metal Ni'dir. Diğer ağır metallere kıyasla insan faaliyetleri sonucu oluşarak çeşitli maruziyet yolları ile vucuda alınan Ni (0,00025 oranında nikel içeren duman, toz veya su), insan vucudunda doğal olarak yayılım göstermektedir. Ni, yetişkinlerde öngörülen sınırı 1 mg'dan fazla aştığında böbrek hastalıkları, kan hcreti sorunları, akciğer fonksiyonlarında azalma, akciğer kanseri, bronşit ve cilt alerjisi gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Güven ve ark., 2004). Pb maruziyetinin tekrarlı olarak yaşanması, insan vucudunun çeşitli organ ve dokularında yavaş yavaş birikime neden olmaktadır. Pb'ye bir kez maruz kalma sonucu zehirlenme meydana gelmesi çok sık rastlanılan bir durum değildir (Mombo ve ark., 2016). Yetişkinler Pb'yi çocuklardan daha fazla tolere edebilmektedirler. Pb'nin neden olduğu sağlık riskleri arasında işitme güçlüğü, anemi, zeka kaybı, ayaklarda ve ellerde uyuşma, artmış kan basıncı, böbrek bozukluğu, iştahsızlık, kemik tümörleri ve kırılğanlık yer almaktadır (Gracia ve Snodgrass, 2007).

Zn insan vucudu için birçok işlevi olan önemli bir ağır metaldir. Zn'nin vucuttaki fazla birikimi de eksikliği de insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Yetişkin insan vucudunda olması gereken Zn miktarı 8-12 mg arasında değişirken; çocuklarda bu değer 2-8 mg arasında değişkenlik göstermektedir. Hem yetişkinlerde hem de

çocuklarda vücuttaki Zn miktarı olması gereken seviyeyi aştığında mide ağrısı, ishal, tat almada değişiklik, bağışıklık sisteminin işleyişinde azalma, vücut terlemesi, kas krampları gibi sağlık risklerine neden olmaktadır (Chasapis ve ark., 2012). Zn fazlalığı vücut ağrısı, nefes almada zorluk, kusma ve vücuttaki miktarı 60 mg üzerine çıkması durumunda da saç dökülmesi gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Ayrıca kandaki şekeri yakan, pankreastan salgılanan insülin hormonunun, kandaki şekeri emme yeteneğini de azaltmaktadır (Prasad, 2014).

Cr, derideki çizik ve yaralardan emilim maruziyeti ile insan vücuduna geçmektedir. Atmosfere çeşitli kaynaklardan karışmış olan Cr, kornea üzerinde doğrudan etki göstererek göz kızarmasına neden olmaktadır. Vücuttaki Cr miktarının artması, deri döküntüleri, baş ağrısı, baş dönmesi, ishal, ülser gibi mide rahatsızlıkları, böbrek ve karaciğer hastalıkları, solunum sisteminin çalışmasında problemler, uyuşukluk, bağışıklık sisteminde zayıflama, akciğer kanseri ve hızlı ölüm gibi ciddi sağlık risklerine neden olmaktadır (Abuoissa ve ark., 2012).

Co içeren tozlara soluma veya Co içeren solüsyonlara temas yolu ile maruz kalınması durumunda insan sağlığı üzerinde sağlık riskleri görülmektedir. Tütün bitkisi, Co'yu topraktan alarak yoğunlaştırmakta ve havaya atılmasına neden olmaktadır. Havaya karışan Co'nun solunması insanlarda akciğer kanseri, kalp kası hastalığı, guatr ve egzama gibi hastalıklara neden olmaktadır (Randelle ve ark., 2020). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından yapılan araştırmaya göre, Co kanserojen bir kaynak olarak sınıflandırılmakta ve bu ağır metaller üç gruba ayrılmaktadır:

Birinci grup: Cd ve Cr⁺⁶ metal ve yarı metallerine soluma ve yutma yolu ile maruz kalan insanlarda, akciğer ve burun kanseri dahil olmak üzere çeşitli kanserlere neden olmaktadır (IARC, 2012).

İkinci grup: İki kategori içermektedir. Birinci kategori, kansere neden olan Pb ve inorganik Pb ağır metallerini; ikinci kategori yine kanserojen olabilecek Hg metilasyonunu içermektedir (IARC, 2006).

Üçüncü grup: İnsanlar için kanserojen olmayan, Cr⁺³ ve elementel Hg ve organik Pb ağır metallerini içermektedir (IARC, 1993).

2.3. SAĞLIK RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ

Cadde tozu, insan ve doğal kaynaklı katı, geçirimsiz parçacıkların bir karışımıdır. Esas olarak trafik emisyonları (egzoz ve egzoz olmayan), inşaat ve yıkım, yanma, yol yüzeyi erozyonu ve endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Nduka ve ark., 2019). Şehir içi yollardaki cadde tozu, çevredeki toprak, iklim, kayalar ve insan faaliyetleri dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Cadde tozu, birçok işyerinde, özellikle inşaat ve yıkım sahalarında önemli bir mesleki tehlike yaratabilmektedir. Ağır metaller veya 'PTE'ler kaldırım, yol yapımı, madencilik ve endüstriyel faaliyetler sonucu ortamda milyonlarca ton oranında toz partikülleri halinde kalmaktadır (Shaopeng ve ark., 2020). Çocuklar ve yaşlılar, yüksek konsantrasyonlarda toza maruz kalma nedeniyle uzun vadeli sağlık sorunları yaşama eğilimindedir. Toprak veya kayaların doğal erozyonu, bitkilerden veya ekinlerden gelen polenler, ev işleri, bahçecilik, araç egzozu ve büyük ölçüde inşaatla ilişkili ticari bitki örtüsü, bazı toz oluşumu kaynaklarıdır (Raza ve ark., 2019). Cadde tozunda sağlık risklerine neden olan PTE kaynaklarının belirlenmesi, kirliliğin önlenmesi ve çevrenin korunması açısından oldukça önemlidir. Yol ağlarının yoğunluğu, araç ve ulaşım araçlarının sayısı kentsel alanlarda cadde tozunun yayılmasını hızlandırmaktadır. Kentsel alanlarda asfaltsız yolların yakınında yaşayan birçok insan, her gün çeşitli kirletici maddelere toz nedeniyle bir şekilde maruz kalmaktadır (Delibasic ve ark., 2020). Cadde tozunda bulunan çeşitli kimyasal bileşiklerden ağır metaller, insan sağlığı ve biyosferdeki diğer organizmalar üzerinde olumsuz etkileri olabilen kalıcı yapıları, biyoyararlanımları, maskelemeleri ve yüksek toksisiteleri nedeniyle özel bir endişe yaratmıştır. Cadde tozunda ağır metaller esas olarak trafik faaliyetlerinden, yakıtların yanmasından, katı atık boşaltmadan ve toprağın yeniden süspansiyon edilmesinden gelmektedir (Yutong ve ark., 2019).

Kentsel yollar, artan insan etkinliği ve araç kullanımı ile karakterize edilmektedir. Yüzey parçacıkları, dış dinamik koşullar altında kolayca hareket ettirilebilir. Ayrıca

toz partikülleri havada küçük katı partiküller halinde dağılır ve bu toz partikülleri çıplak gözle görülemezdir (Gupta ve ark., 2022). Toz parçacıklarının boyutu ne kadar küçük olursa, havada o kadar uzun süre kalabilmekte ve atmosferdeki bekleme süresi artarak uzun mesafeler kat edebilirler. Cadde tozu dinamik bir ortam olduğu için araç ve yaya hareketi, lastik sürtünmesi ve şiddetli rüzgarlar gibi meteorolojik koşullar tarafından havada kolayca taşınmaktadır. Büyük toz parçacıkları kaynağına daha yakındır ve bu parçacıklar mobilyalarınızda görebileceğiniz bir toz tabakası oluşturmaktadır (Heidari ve ark., 2021). Cadde tozu insan vücuduna solunum, cilt teması veya yutma yoluyla girerek potansiyel sağlık risklerine neden olmaktadır. Havayı teneffüs ederken, bu büyük partiküller ağız ve burun yoluyla insan vücuduna sızabilir ve görünmez küçük veya ince partiküllerin akciğerlerin derinliklerine nüfuz etme olasılığı diğerlerine göre daha yüksektir (Jeong ve ark., 2020). Bazı partiküller insan vücudundan atılırken küçük çaplı partiküller vücutta depolanır veya doğrudan kan dolaşımına emilir. Bu partiküllerdeki ağır metaller kısa süreli maruziyette cilt tahrişine, solunum problemlerine ve kusmaya neden olabilirken; uzun süreli maruziyette kansere neden olabilmektedir. Vücuttaki birikme, farklı dokulardaki hayati bileşenlerde kimyasal bozulma ve biyomagnifikasyon ile fizyolojik aksamalara neden olmaktadır (Abuduwaili ve ark., 2019). Pb, Cd ve Zn gibi ağır metaller kanda emilme ile toksisiteye neden olmaktadır. Cd, Cr, Ni ve Pb insan vücuduna girdikten sonra çok düşük seviyelerde bile olsa insanlar için zararlı olabilmektedir (Afloog ve Hassan, 2020). Beyin, karaciğer, kemikler ve böbrekler gibi vücut organlarında uzun yıllardaki birikme insan vücudu için ciddi sağlık risklerine neden olmaktadır. Daha önce yapılan araştırmalar ağır metallerin, solunum, kalp ve akciğer hastalıkları bulunan özellikle bebeklerde ve yaşlılarda daha yüksek oranda etkileşim gösterdiğini ortaya koymuştur (Ramírez ve ark., 2020). Cadde tozunun taşınma süreci ve yaşam döngüsü birçok karmaşık faktörden etkilenmektedir. Örneğin, girdileri etkileyen faktörler arasında atmosferik birikim, yoğun trafik akışı, yeşil bitki örtüsünün tahribatı, şiddetli rüzgar ve çevreye atık deşarjları yer almaktadır (Tong ve ark., 2020). Cadde tozu atmosferde partikül maddeye dönüşebilmektedir. Yüzey sularında parçacık halinde bulunan kirletici maddeler kentsel su havzalarına taşınarak potansiyel olarak ek çevresel sağlık riskleri oluşturmaktadır (Jeong ve ark., 2022). Atmosfer, doğal veya insan kaynaklı oluşan katı, sıvı veya gaz halindeki kirleticileri sürekli olarak absorbe etme özelliğine

sahiptir. Kentsel nüfusun çoğunda görülen salgın hastalıklara sebep olan kirli havada, atmosfere yayılan gaz halindeki kirleticilerin miktarı aniden artış göstermez (Yesilkanat ve Koby, 2021). Kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyonu birkaç saat veya günde artış göstermektedir. Dolayısıyla, hava kirliliği durumunun iki faktör tarafından yönetildiği söylenebilir, birincisi çeşitli kaynaklardan yayılan kirleticilerin hacmi, ikincisi ise bu kirleticilerin yayılma hızıdır. İnsan yaşamını doğrudan etkileyen sorunların ele alınması önem arz etmektedir. Cadde tozundan kaynaklanan zehirli ağır metal kirliliği ciddi derecede insan sağlığı sorunudur ve kirliliğin kapsamı büyük bir endişe kaynağıdır (Roy ve ark., 2019). Hızlı kentleşme ve sanayileşme, tüm şehirlerde çok tehlikeli cadde tozlarının üretilmesinin sebepleridir. Toksik ağır metal kontaminasyonu risklerinden etkilenen ve endişe duyulacak derecede kirliliğe sahip olan Çin gibi bazı ülkeler, hızlı şehirleşme, büyük fabrikalar, trafik sıkışıklığı ve nüfus yoğunluğu olan ülkelerdir (Siyu ve ark., 2021). Sağlık riskleri taşıyan ağır metallerin olumsuz etkileri insan vücudunun sistemleri ile yakından ilgilidir. Örneğin Cu maruziyeti, insanlarda büyük ölçüde sindirim sistemi ve karaciğer rahatsızlıkları oluşmasına nedendir. Uzun süre maruz kalmak burun, ağız, göz tahrişi, baş ağrısı, baş dönmesi, kusma, alerji, pulmoner fibroz, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi hastalıklara neden olmaktadır (Marzena ve Ryszard, 2019). Pb maruziyeti özellikle çocuklarda nörolojik, bilişsel ve gelişimsel sorunlara neden olurken davranış bozukluklarını da beraberinde getirmektedir. Cd maruziyeti böbrek ve akciğer zehirlenmelerinin yanı sıra kemik hasarına da neden olmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Merkezi tarafından yapılan çalışmalar Ni, Cr, Cd, Co ve As ağır metalleri Grup 1 kanserojenleri arasında yer almaktadır (IARC 2012).

Farklı bölgelerde yapılan cadde tozu kirliliği çalışmaları, endüstriyel faaliyetin fazla olduğu bölgelerdeki cadde tozlarının diğer bölgelere göre nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içerdiğini ve insan sağlığına yönelik daha büyük riskler taşıdığını göstermektedir. Endüstriyel faaliyet gösteren bölgelerdeki ağır tonajlı araçların oluşturduğu trafikte, lastik ve asfalt aşınmasının fazla olması, cadde tozlarında sağlık riskleri taşıyan ağır metal kirliliğini arttırmaktadır (Hyeryeong ve Kongtae, 2022). Yapılan birçok çalışma, cadde tozu numunelerinde yüksek konsantrasyonlarda Cu, Zn, Cd ve Pb varlığını kanıtlamaktadır. Cadde tozundaki ağır metal kirliliğinde, egzoz dumanı dışında insanların neden olduğu kirlilik kaynaklarını

ayırt etmek oldukça güçtür, çünkü cadde tozları birçok emisyon kaynağından etkilenmektedir. Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metallerinin kararlı izotopları, antropojenik kaynakları izlemek ve ortamlardaki biyojeokimyasal süreçleri anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Fan ve ark., 2022). Cu, Zn ve Pb, karayolu trafiğinde cadde tozlarını kirleten başlıca ağır metallerdir ve bu ağır metaller dünya çapında kentsel ortamlarda yüksek konsantrasyonları rapor edilmiştir (Taşpınar ve Bozkurt, 2018). Son zamanlarda, aerosoller ve tortulardaki kirlilik kaynaklarını belirlemek ve bu kirlilik kaynaklarının bireysel katkılarını değerlendirmek için çoklu izotop çalışmaları (Cu, Zn ve Pb) başlatılmıştır (Naseri ve ark., 2021). Bununla birlikte, egzoz dışı emisyon kaynakları hakkında çok az izotopik veri mevcuttur. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların çoğu, trafik yoğunluklarının ülkelerin tüm kentsel alanlarındaki toksik ağır metallerin birikimi ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Khurshid ve ark., 2022). Diğer araştırmalar, farklı bölgelerde cadde tozunu değerlendirmiş ve endüstriyel alanlarda Fe, Ca, Mg, Cr, Co, Zn ve Pb düzeylerinin daha yüksek olduğunu kanıtlamıştır (Naseri ve ark., 2021). Kentsel cadde tozunda bulunan ağır metallere kaynaklanan kirlilik seviyesi, mekansal dağılım, numune noktaları, parçacık boyutu ve özellikleri ile potansiyel çevresel sağlık riskleri değişkenlik göstermektedir (Yutong ve ark., 2019). Bazı çalışmalar, kentsel alanlarda önemli sağlık riskleri taşıyan çevresel kirleticilerin ve toksik ağır metallerin kontrol edilmesinin veya ortadan kaldırılmasının zor olduğunu; ancak bu kirleticilerin yayılmasının mümkün olduğunda azaltılmaya çalışıldığını göstermektedir (Marjovvi ve ark., 2022).

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. BAĞDAT ŞEHRİNİN TANITIMI VE ÖRNEKLEME NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Bağdat şehrinin adı hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı kaynaklar Bağdat adının Baal'ın kampı anlamına gelen "Baal-gad" ve Babil Amorit dilinde güneş tanrısı anlamına gelen "Baal-Dad" kelimelerinden geldiğini, bazı kaynaklar Babil ya da Pers kökenli olduğunu yazmaktadır. Bazı kaynaklar ise MS 532-579 yıllarında kurulan bir meyve bahçesinin adı olan "Bağ Dad"ın İran Kralı Hüsrev Anushirwan tarafından şehre verildiğini yazmaktadır. Bağdat şehri, geçmiş zamanlarda Dicle Nehri Barış Vadisi olarak bilindiği için "Barış Şehri" olarak anılmıştır. İnşası dairesel olduğu için "Yuvarlak Şehir" olarak da bilinmektedir. Ancak çoğunlukla "Bağdat" adı kullanılmış ve antik çağlardan günümüze kadar bu isimle gelmiştir (Bağdat Valiliği Ziraat Müdürlüğü, 2022).

Bağdat, Irak Cumhuriyeti'nin başkentidir. 2022 yılı nüfusu yaklaşık 9 milyon kişiye ulaşarak Irak'ın en büyük şehri ve Arap dünyasında Kahire'den sonra en büyük ikinci şehir ünvanını almıştır. Bağdat, kuruluşundan kısa bir süre sonra İslam dünyasında önemli bir yeri olan, Arabi konumu nedeniyle de kültürel bir ilim merkezi olarak ünlenmiş ve entelektüel bir şehir olmuştur.

Mansur döneminde askeri, ekonomik ve ticari amaçlarla Süveyş Kanalı'nın açılmasıyla Bağdat şehrinin önemi azalmıştır. Bağdat'ta, 1939 yılında doğu ülkeleri ile Avrupa'yı birbirine bağlayan, Suriye ve Türkiye'den de geçen bir demiryolu inşa edilmiştir. Yapılan bu demiryolu Bağdat'ı manevi ve kültürel bir merkez haline getirmiştir. Bağdat şehri, Al-Rusafa Mahallesi, Al-Adhamiya Mahallesi, Al-Thawra

Mahallesi gibi idari alanlarda gruplandırılmış 89 resmi mahalleye sahiptir (Bağdat Valiliği, 2022).

3.1.1. Bağdat Şehrinin Konumu

Bağdat, Dicle Nehri kıyısında, 44° 26' 00" kuzey enlemleri ile 33° 20' 00" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bağdat'ın yüzölçümü 205 km²'dir. Ülkenin batı, güney ve kuzey taraflarından 300 mil uzakta, deniz seviyesinden 41 metre yükseklikte yer almaktadır. Bağdat şehri son yıllarda gelişme göstererek refah seviyesine ulaşmış daha medeni bir şehir haline gelmiştir. Dicle Nehri şehrin içinden geçerek ve ikiye bölmektedir. Dicle'nin batı tarafı Karkh, doğu tarafı Rusafa'dır. Kuzeyde Salah al-Din, güneyde Vasit Valiliği, doğuda Diyala Valiliği ve batıda Anbar Valiliği ile sınırlanmıştır (Bağdat Belediyesi, 2022).

3.1.2. Bağdat Şehrinin Coğrafi Yapısı

Bağdat, büyük nüfus yoğunluğuna sahip bir şehirdir. Arazisi düz, ova, vadi ve dağlardan yoksundur. Bağdat'ın Arabi konumu, onun büyük bir kavşak şehri olmasını sağlamıştır. Bağdat şehrinin coğrafi yerleşimi daireseldir. Bağdat'a ulaşan yollarda pazarlar, dükkânlar ve evlere giden koridorlar bulunmaktadır. Bağdat şehirde birbirine eşit uzaklıkta olmak üzere, güneybatıda Kûfe Kapısı; güneydoğudan Sarat Su Kanalı'na açılan Basra Kapısı; kuzeydoğudan Dicle Nehri'nde bir kayık köprüsüne açılan Horasan Kapısı ve kuzeybatıda Anbar çölüne açılan Alsham Kapısı adında dört kapı bulunmaktadır ve bu kapılardan şehir merkezine yollar geçmektedir. Bağdat halkının çoğunun sabit ve bağlı teknelerden oluşan köprüler kullanması şehrin görünümünü ayrıca güzelleştirmektedir. Şehir palmyeler, narenciyeler başta olmak üzere farklı meyve bahçeleri ile yeşil ovalarla doludur.

3.1.3. Bağdat Şehrinin Kültürel ve Ekonomik Yapısı

Şehrin çeşitli bölgelerinde Al-Madain Müzesi, Arap ve İslami eserler müzesi gibi şehre değer katan birçok arkeoloji müze bulunmaktadır. 1981 yılında, en önemlileri

Al-Zawra parkı ve turist adası olan parkların yanı sıra konferans ve kutlamalara ayrılmış salonlar inşa edilerek, şehir halkı için kültürel bir turizm hayatı yaratılmıştır. Şehrin farklı noktalarında, Iraklı heykeltıraşlar için merhum ressam Jawad Selim tarafından kurulan özgün sanat okulu; Irak'taki birçok toplumsal olaya tanıklık eden, 1961 yılında kurulan Özgürlük Anıtı; Al-Mutanabbi ve Al-Rasafi gibi ünlü şairlerin adını yaşatan sanat eserleri bulunmaktadır. Ayrıca eski eserlerle dolu halk kütüphanesi ve 1960 yılında kurulan merkez kütüphane, tabiat tarihi gibi müzeler ile birçok enstitü ve okul barındırmaktadır. Al-Madain Müzesi; Abu Nawas Parkı, Khan Marjan, Al-Zawra gibi turistik yerler; Shuhadaa Köprüsü ve Al-Muthanna Köprüsü gibi birçok köprü bulunmaktadır.

Şehri, Irak'ın tüm bölgelerine ve komşu ülkelere bağlayan, buradan ana demiryolu hatlarıyla ayrılan modern yollar ve caddelere ek olarak; Bağdat'ın endüstriyel alandaki faaliyetleri de gelişme içerisindedir. Bağdat'ta küçük ev aletleri, deri, gübre, çimento ve tekstil fabrikaları gibi endüstriyel tesisler faaliyet göstermektedir. Ayrıca şehirde yapım aşaması devam eden demir çelik fabrikası bulunmaktadır (Bağdat Şehri Tarım Müdürlüğü, 2022).

3.1.4. Bağdat İlinin İklimi

Bağdat şehri için 30 yıldır yapılan iklim araştırmaları, tipik iklim modelinin oluşmasını sağlamıştır. Bağdat'ın iklimi yazın sıcak ve kurak, kışın ise yağışlı ve nemlidir. Sonbahar ve ilkbahar 2-3 aylık kısa mevsimlerdir. Mayıs ve Eylül aylarında ortalama sıcaklık 41°C iken Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek sıcaklık 52°C'ye ulaşmaktadır. %10-50 arasında değişen düşük nem oranına sahip şehirde, kış aylarında gündüz sıcaklığı 10°C, gece sıcaklığı 5°C'den sıfırın altındaki derecelere kadar düşmektedir. Nisan ve Ekim ayları arasında Akdeniz iklimi etkisine girmekte ve yıllık yağış miktarı yaklaşık 150 mm'ye ulaşmaktadır.

Bulunduğu coğrafi bölgeden kaynaklanan iklim nedeniyle, şark adı verilen ve kum fırtınaları ile insanlarda nefes darlığı, havada görüş mesafesinin daralması gibi risklere sebep olan güney rüzgarlarının yakıcı etkisi, kuzey rüzgarlarının şiddeti ile düşmektedir.

3.2. ÖRNEKLEME VE ANALİZ

3.2.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

Bu çalışmada hava kirliliğinin göstergesi olarak değerlendirilen cadde tozlarının PTE içeriğinin belirlenmesi için Bağdat şehri sınırları içerisinde Karkh ve Rusafa merkezlerinde örnekleme noktaları belirlenmiştir.

Bağdat'ın merkezindeki kent meydanı çevresinde bulunan yaklaşık 100 km²'lik bir alanda 60 örnekleme noktası belirlenmiştir. Örnekleme noktaları arasında ortalama 3 km mesafe bırakılmıştır. Numune alınan zeminlerin kaldırım taşı, beton, asfalt vs olmasına dikkat edilmiştir. Örnekleme noktalarının koordinatları, GPS (Global Positioning System, Küresel Konumlandırma Sistemi) ile belirlenmiş ve coğrafi koordinat sisteminde kaydedilmiştir.



Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı yerleri göstermektedir.

3.2.1. Örneklerin Toplanması

Çalışma, Bağdat'ın merkezinde farklı noktalardan toplanan 60 adet numune üzerinde yürütülmüştür. Numuneler trafik, sanayi, tarım, ticaret ve konut alanlarından toplanmıştır.

Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları, faaliyet türleri, örnekleme noktalarına en yakın kirletici kaynakları.

Örnek Sayısı	Numune Noktalarının Koordinatları		Örnekleme Noktalarına En Yakın Kirletici Kaynakları
	Boylam	Enlem	
1	33,359669	44,335536	Tarım Alanı
2	33,356150	44,352475	Yerleşim Bölgesi
3	33,346242	44,369611	Tarım Alanı - Yerleşim Bölgesi
4	33,351317	44,388817	Yerleşim Bölgesi
5	33,353194	44,406472	Sanayi Bölgesi
6	33,331308	44,350017	Yerleşim Bölgesi
7	33,332164	44,370619	Sanayi Bölgesi
8	33,332264	44,390403	Yerleşim Bölgesi
9	33,328386	44,408500	Trafik
10	33,330281	44,429703	Sanayi Bölgesi
11	33,312092	44,349717	Yerleşim Bölgesi
12	33,315269	44,366467	Trafik
13	33,313433	44,387392	Trafik
14	33,311800	44,411214	Sanayi Bölgesi
15	33,309106	44,429350	Yerleşim Bölgesi
16	33,311994	44,451869	Yerleşim Bölgesi
17	33,291506	44,349806	Trafik
18	33,290114	44,369256	Tarım Alanı
19	33,311994	44,451869	Tarım Alanı - Trafik
20	33,289478	44,409911	Yerleşim Bölgesi
21	33,291439	44,434014	Tarım Alanı -Trafik
22	33,290139	44,455756	Sanayi Bölgesi
23	33,297467	44,469603	Sanayi Bölgesi
24	33,267603	44,320828	Yerleşim Bölgesi
25	33,270906	44,347192	Yerleşim Bölgesi - Trafik
26	33,270581	44,369164	Tarım alanı
27	33,269131	44,390081	Tarım alanı
28	33,271536	44,411358	Tarım alanı
29	33,272156	44,436519	Sanayi Bölgesi
30	33,271492	44,451711	Tarım alanı
31	33,270397	44,470283	Yerleşim Bölgesi
32	33,251319	44,345358	Yerleşim Bölgesi

33	33,250697	44,367653	Trafik -Yerleşim Bölgesi
34	33,250781	44,390433	Trafik
35	33,250622	44,410197	Yerleşim Bölgesi
36	33,250119	44,426019	Trafik
37	33,250625	44,449489	Tarım Alanı
38	33,250511	44,469644	Trafik
39	33,231783	44,372875	Sanayi Bölgesi
40	33,230481	44,390042	Yerleşim Bölgesi
41	33,230719	44,408933	Yerleşim Bölgesi
42	33,230308	44,430097	Tarım Alanı
43	33,232828	44,453872	Tarım Alanı
44	33,233339	44,471492	Tarım Alanı - Sanayi Bölgesi
45	33,235511	44,489267	Tarım Alanı
46	33,206478	44,413669	Yerleşim Bölgesi
47	33,210383	44,450139	Tarım Alanı
48	33,210578	44,469694	Tarım Alanı
49	33,210497	44,490550	Tarım Alanı
50	33,376817	44,295781	Yerleşim Bölgesi - Tarım Alanı
51	33,328933	44,301797	Trafik
52	33,235331	44,345558	Yerleşim Bölgesi
53	33,218542	44,346022	Sanayi Bölgesi
54	33,201189	44,372689	Yerleşim Bölgesi
55	33,299253	44,508178	Trafik
56	33,319572	44,482950	Trafik -Tarım Alanı
57	33,363250	44,426744	Tarım Alanı
58	33,395253	44,387058	Yerleşim Bölgesi - Tarım Alanı
59	33,395158	44,470450	Yerleşim Bölgesi
60	33,376817	44,295781	Yerleşim Bölgesi

Çalışma kapsamında örneklerin toplandığı noktalar trafiğin yoğun olarak değerlendirildiği bölgelerdir. Nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bu bölgelerde özellikle gündüz saatlerinde yüksek trafik akışı bulunmaktadır. Kent merkezi dışındaki ve merkezden uzak yerleşim yerlerinde trafik yoğunluğunun daha düşük olduğu tarımsal faaliyetlerin olduğu alanlardır. Ayrıca sanayi ve ticaret faaliyetlerinin yürütüldüğü bölgelerinden de örnekler alınmıştır. Örnekler, 22-23.05.2022 tarihlerinde iki gün süren bir çalışma ile toplanmıştır. Toplanan numunelerin kuru olması gerekliliğinden dolayı yağışın görülmediği Mayıs ayı tercih edilmiştir. Örneklerin toplanmasında plastik süpürge ve plastik kürek kullanılmıştır. Toplanan her örnek plastik poşetlere doldurulmuş ve poşet içine örnek numarası, örneğin alındığı alanın adı ve kirletici kaynağının belirtildiği kart konularak

tanımlama yapılmıştır. Toplanan numuneler serin ve kuru bir ortamda muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Örneklerin Hazırlanması

Etiketlenerek tanımlama yapılan numuneler laboratuvara getirilmiştir. Numunelerin analize hazır hale getirilebilmesi için 100 mesh'lik (150 micron) çelik elek, plastik kaşık, plastik fırça, hassas terazi, kağıt havlu ve 30 cc'lik plastik saklama kapları kullanılmıştır.

Bir adet numune poşeti çelik elek içerisine boşaltılarak titratör çalıştırılmıştır. Eleme işlemi yapılırken bir adet boş plastik saklama kabı hassas terazi içine yerleştirilmiş, terazinin kapağı kapatılarak plastik saklama kabının darası alınmıştır. Eleme işlemi tamamlanan örnek, plastik kaşık yardımıyla hassas terazi içerisinde darası alınmış saklama kabına boşaltılmıştır. Hassas teraziden alınan örnek doldurulmuş saklama kabının kapağı kapatılarak numunelerin karışmaması için örnek numarası yazılmıştır. Çelik elekten geçirilerek tartımı yapılan numunelerin birbirine karışmaması için her tartım sonrasında çelik elek zarar görmeyecek şekilde plastik fırça ve kağıt havlu kullanılarak temizliği yapılmıştır.

Her örnekten bir serisi şahit numune olmak üzere üç seri örnek hazırlanmıştır. Tartım işlemi tamamlanan örnekler 60 örnek plastik saklama kaplarına yerleştirilmiştir.

3.2.4. PTE Analizlerinin Yapılması

Elenmiş cadde tozu numuneleri gece boyunca 105°C'da kurulan numuneler (0,25 g) 2 ml hidroflorik asit (HF), 2 ml H₂O₂ hidrojen peroksit, yüksek saflıkta nitrik asit (HNO₃) ve 1 ml perklorik asit (HClO₄) karışımı ekstraksiyon işleminde kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi 1200 W güç ile mikrodalga fırında 200°C'de 20 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırından çıkarılan numuneler 45 dakika soğumaya bırakıldıktan sonra 50 ml hacme ulaşana kadar ultra saf su (18,3 MΩ) eklenerek çözelti analize hazırlanmıştır. Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Mn, Zn, Pb ve Cu olmak üzere 10 element endüktif olarak analiz edilmiştir. Mn ve Zn Endüktif

Eşleşmiş Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES, Perkin Elmer Avio 200) cihazı ile ve Ni, Cd, Co, As, Cr, Sb, Pb ve Cu Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometre (ICP-MS, Thermo Scientific, X Series 2) cihazı ile analiz edilmiştir (Ulutaş, 2022).

3.2.5. Kirlilik Düzeyinin Değerlendirilmesi

Kirlilik yükü indeksi, kirlilik indeksi ve coğrafi birikimi hesaplayabilmek için, kirlenici olmayan (arka plan) konsantrasyon değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Arka plan örneklerinin alındığı araziler, farklı kullanım yapılarına sahip olduğu için örneklerin toplanmasında zorluk yaşanmaktadır. Bu nedenle çalışmada, analiz sonuçlarından elde edilen minimum değerler arka plan değeri olarak kullanılmıştır (Barbosh ve ark., 2020).

3.2.5.1. Coğrafi Birikim İndeksi (Geo-accumulation index)

Coğrafi birikim indeksi, ağır metal ile kontamine olmuş toz örneğindeki konsantrasyon ile kontamine olmayan arka plan konsantrasyonu karşılaştırılarak kontaminasyon seviyesini değerlendirmek için kullanılır. 1969 yılında Muller tarafından sediman için önerilmiş ve ilgili matrisler için uygulanmıştır (Muller, 1981). Çizelge 3.2 coğrafi birikim indeksinin derecelendirme standardını göstermektedir. Igeo aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır (Pan ve ark., 2017).

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_i}{1.5 \times C_{i,background}} \quad (3.1)$$

C_i = Örnekte ölçülen i elementinin konsantrasyonu.

$C_{i,background}$ = Kirlenmemiş (arka plan) örnekte ölçülen i elementinin konsantrasyonu.

Çizelge 3.2. Coğrafi birikim indeksinin değerlendirme/derecelendirme kriterleri.

İndeks Değeri	Değerlendirme
$I_{geo} \leq 0$	Kontamine olmamış
$0 < I_{geo} < 1$	Kontamine olmamış ıla orta derecede kontamine
$1 < I_{geo} < 2$	Orta derecede kontamine
$2 < I_{geo} < 3$	Orta derecede kontamine ıla ağır kontamine
$3 < I_{geo} < 4$	Ağır kontamine
$4 < I_{geo} < 5$	Ağır kontamine ıla aşırı derecede kontamine
$I_{geo} \geq 5$	Aşırı derecede kontamine

Kayalık farkın bir sonucu olarak arka plan verilerinde sabit faktör 1,5 kullanılırken, toprağın dünya ortalamasındaki ağır metal seviyesi genellikle arka plan verisi olarak kullanılır (Idris et al., 2020).

3.2.5.2. Zenginleştirme Faktörü (Enrichment Factor)

Zenginleştirme faktörü (EF), cadde tozu örneğindeki ağır metal kirleticisi seviyesinin değerlendirildiği en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar Çizelge 3.3'e göre değerlendirilir (Khademi ve ark., 2019).

$$EF = \frac{\left(\frac{C_i}{C_{ref}}\right)_{\text{örnek}}}{\left(\frac{C_i}{C_{ref}}\right)_{\text{referans toprak}}} \quad (3.2)$$

$(C_i)_{\text{örnek}}$ = Cadde tozu örneğinde ölçülen i elementinin konsantrasyonu.

$(C_i)_{\text{referans toprak}}$ = Referans topraktaki i elementinin konsantrasyonu (Rudnick ve Gao, 2003).

$(C_{ref})_{\text{örnek}}$ = Cadde tozu örneğindeki referans elementin konsantrasyonu.

$(C_{ref})_{\text{referans toprak}}$ = Referans topraktaki referans elementin konsantrasyonu.

Çizelge 3.3. Zenginleştirme faktörü değerlendirme/derecelendirme kriterleri.

İndeks Değeri	Değerlendirme
$EF < 2$	Toprağa göre çok az zenginleştiği
$2 \leq EF < 5$	Toprağa göre orta derece zenginleştiği
$5 \leq EF < 20$	Toprağa göre çok zenginleştiği
$20 \leq EF < 40$	Toprağa göre yüksek zenginleştiği
$EF \geq 40$	Toprağa göre en yüksek zenginleştiği

3.2.5.3. Ekolojik Risk İndeksi (Ecological Risk Index) ve Risk İndeksi (Risk Index)

Belirli bir bölgedeki belirli bir kirleticinin potansiyel ekolojik riskini (RI) nicel olarak ifade etmek için ekolojik risk faktörü (ERI) aşağıdaki gibi belirlenir. Hesaplamalar sonucu ERI Çizelge 3.4'e göre; RI Çizelge 3.5'e göre değerlendirilir (Dytłow ve Górk, 2021).

$$C_{if} = (C_i / C_0) \quad (3.3)$$

$$ERI = TRI \times C_{if} \quad (3.4)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n ERI \quad (3.5)$$

C_{if} = Kirlilik faktörü.

C_i = Cadde tozu örneğinde ölçülen i elementinin konsantrasyonu.

C_0 = Referans yer kabuğunda ölçülen elementin konsantrasyonu ($Zn=52$, $Pb=17$, $Cd= 0,102$, $Cr= 35$ ve $As= 2$ mg/kg).

TRI = Belirli bir madde için toksik tepki faktörü ($Cd = 30$, $Ni = 5$, $Zn = 1$, $As = 10$, $Pb = 5$ ve $Cr = 2$).

Çizelge 3.4. Ağır metallerin neden olduğu ekolojik risk dereceleri için kriterler.

İndeks Değeri	Değerlendirme
ERI < 40	Düşük ekolojik risk
40 ≤ ERI < 80	Orta düzeyde ekolojik risk
80 ≤ ERI < 160	Önemli ekolojik risk
160 ≤ ERI < 320	Yüksek ekolojik risk
ERI ≥ 320	Çok yüksek ekolojik risk

Çizelge 3.5. Ağır metallerin neden olduğu potansiyel ekolojik risk dereceleri için kriterler.

İndeks Değeri	Değerlendirme
RI < 150	Düşük potansiyel ekolojik risk
150 ≤ RI < 300	Orta düzeyde potansiyel ekolojik risk
300 ≤ RI < 600	Önemli potansiyel ekolojik risk
RI ≥ 600	Çok yüksek potansiyel ekolojik risk

3.2.5.4. Kirlilik Yükleme İndeksi (Pollution Loading Index) ve Kirlilik İndeksi (Pollution Index)

Kirlilik yükü indeksi, toplam ağır metal kontaminasyon derecesinin değerlendirilmesine yardımcı olan karmaşık göstergelerden biridir. C_f

kontaminasyon faktörünü, n ise çalışılan toplam metal sayısını ifade etmektedir (Tomlinson ve ark., 1980).

$$C_{fi} = C_i / C_{i\text{background}} \quad (3.6)$$

$$PLI = (C_{f1} \times C_{f2} \times C_{f3} \times \dots \times C_{fn})^{1/n} \quad (3.7)$$

Çizelge 3.6. Kirlilik yüklenme indeksinin değerlendirme/derecelendirme standartları.

İndeks Değeri	Değerlendirme
PLI=0	Kirlenmemiş (arka plan)
0<PLI≤1	Kirlenmemiş
1<PLI≤2	Orta derecede kirlenmemiş
2<PLI≤3	Orta derecede kirlenmiş
3<PLI≤4	Orta ila yüksek derecede kirlenmiş
4<PLI≤5	Yüksek derecede kirlenmiş
PLI>5	Çok yüksek derecede kirlenmiş

Bir metalin kirlilik seviyesi kirlilik indeksi (PLI) ile değerlendirilir. Değerlendirme için analiz edilen örnekteki *i* elementi konsantrasyonu (C_i) ile kirlenmemiş arka plan ($C_{i\text{background}}$) örneğinde ölçülen *i* elementi konsantrasyonu arasındaki oran hesaplanır ve Çizelge 3.7'ye göre yorumlanır (Jiya ve diğerleri, 2019).

$$Pli = C_i / C_{i\text{background}} \quad (3.8)$$

Çizelge 3.7. Tek faktörlü kirlilik endeksinin değerlendirme/derecelendirme standartları.

İndeks Değeri	Değerlendirme
Pli < 1	Temiz olduğu
1 ≤ Pli < 2	Potansiyel kirli olduğu
2 ≤ Pli < 3	Hafif kirli olduğu
Pli ≥ 3	Ağır kirli olduğu

3.3. KENTSEL SAĞLIK YÖNETİMİ AÇISINDAN PTE'LERİN SAĞLIK RİSKİ

Bitkiler, hayvanlar ve insanlar için zehirli olmaları ve biyobozunurluklarının olmaması nedeniyle PTE'lerin sebep olduğu kirlilik konusu ciddi endişe yaratmaktadır. Toprak, atmosferdeki, hidrosferdeki ve biyosferdeki ağır metallerin birincil deposudur ve bu nedenle doğadaki genel metal döngüsünde temel bir rol oynar. Topraktaki ağır metaller çevre için potansiyel tehditler oluşturur ve doğrudan yutma, ciltle temas, toprak-besin zinciri yoluyla beslenme, soluma ve ağızdan alım gibi çeşitli absorpsiyon yollarıyla insan sağlığına zarar verebilir (Liu ve ark., 2013). Örneğin Cr, Cu ve Zn güvenli değerlerin üzerine çıktıklarında nörolojik tutulum, baş ağrıları, karaciğer hastalığı gibi sağlık risklerine yol açabilmektedir. Düşük dozlarda kanserojen ağır metallere kronik olarak maruz kalmanın birçok kanser türüne neden olabileceğine dair kanıtlar da vardır. Örneğin, altı Cr⁺⁶ içeren toza ve buğuya mesleki maruziyetten kaynaklanan yaşam boyu akciğer kanseri ölüm riskinin arttığı bilinmektedir (Martin ve Griswold, 2009). Kirleticilere maruz kalan pirinç ve diğer gıdaların tüketimi nedeniyle vücuda alınan Cd, meme kanseri riskinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Akut ve kronik olarak As maruziyeti kutanöz, solunum, vasküler, gastrointestinal, hematolojik, hepatik, renal, nörolojik, üreme, immünolojik ve genetik mutasyon etkilerini içeren sağlık risklerine sebep olmaktadır (Sung ve ark., 2013). Bu çalışmada kullanılan tüm maruz kalma faktörleri, bir referans popülasyon için belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi için referans popülasyonların maruz kalma faktörleri.

Faktör	Tanım	Birim	Değer		Kaynaklar
			Çocuklar	Yetişkinler	
IngR	Alım Oranı	(mg/gün)	200	100	(USEPA, 2001)
InhR	Soluma Hızı	(m ³ /gün)	7,63	12,8	(Li ve ark., 2001)
PEF	Partikül Emisyon Faktörü	----	1,36E+09	1,36E+09	(USEPA, 2001)
SA	Maruz Kalan Cilt Bölgesinin Yüzeyi	(cm ²)	2800	5700	(USEPA, 2001)

ABS	Dermal Absorpsiyon Faktörü	---	0,001	0,001	(USEPA, 2001)
AF	Cilt Yapışma Faktörü	(mg/cm ²)	0,2	0,07	(USEPA, 2001)
ED	Maruz Kalma Süresi	(yıl)	6	24	(USEPA, 2001)
EF	Maruz Kalma Sıklığı	(gün/yıl)	350	350	(Zheng ve ark., 2010)
AT	Kanserojen Olmayanların Ortalama Süresi	(gün)	ED*365	ED*365	(USEPA, 1989)
Atcan	Kanserojenler İçin Ortalama Süre	(gün)	70*365	70*365	(USEPA, 1989)
BW	Vücut Ağırlığı	(kg)	15	70	(Zheng ve ark., 2010)
C	Ağır Metal Konsantrasyonu	(mg/kg)	Bu çalışma	---	---
SL	Cilt Yapışma Faktörü	(mg.cm ⁻² .gün ⁻¹)	2800	5700	(USEPA, 2001)
CF	Dönüşüm Faktörü	(kg/mg)	1 × 10 ⁻⁶	---	(Li ve ark., 2001)

İnsanlar cadde tozuna yutma, soluma ve cilt teması yoluyla maruz kalırlar. Bu yolların her birinden alınan maruz kalma dozu, aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır (USEPA, 1989):

$$D_{ing} = C \times \frac{Ingr \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (3.9)$$

$$D_{inh} = C \times \frac{InhR \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT} \quad (3.10)$$

$$D_{der} = C \times \frac{SL \times SA \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (3.11)$$

D_{ing} : Yutma maruziyeti ile günlük alım dozu.

D_{inh} : Soluma maruziyeti ile günlük alım dozu.

D_{der} : Cilt teması (dermal) maruziyet ile günlük alım dozu.

D_{ing} , D_{inh} ve D_{der} değerleri hesaplandıktan sonra soluma maruziyet yolu ile alınan Cr, Co, Ni, As ve Cd elementleri için kanser riskinin değerlendirilmesi yapılmıştır (Keshavarzi ve ark., 2015).

Soluma maruziyeti ile vücuda alınan kanserojenler için ortalama günlük doz aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$LADD = \frac{C \times EF}{AT \times PEF} \times \left(\frac{InhRchild \times EDchild}{BWchild} + \frac{InhRadult \times EDadult}{BWadult} \right) \quad (3.12)$$

LADD: Bir kanserojenin ortalama yaşam boyu günlük dozu, soluma maruziyetini ifade eder.

Ağır metal kirleticilerinin oluşturduğu sağlık riski değerlendirilmesi tehlike katsayısı (HQ) ve tehlike indeksi (HI) hesaplamaları ile yapılır. HI değerinin 1'den büyük olması kanserojen olmayan sağlık riski olabileceğini; 1'den küçük olması önemli bir sağlık riski olmadığını gösterir (USEPA, 2001). PTE için potansiyel kanserojen risk (CR) değerinin 10^{-6} ile 10^{-4} aralığında olması tahmini kanser riskinin genellikle tolere edilebilir seviyede olduğunu göstermektedir. Hesaplamalar aşağıdaki denklemler kullanılarak yapılır (USEPA, 1989).

$$HQ = \frac{D}{RfD} \quad (3.13)$$

$$HI = \sum HQ_{Ing,Inh,der} \quad (3.14)$$

$$CR = D_i \times SF \quad (3.15)$$

HQ: PTE için tehlike katsayısı

HI: Toplam tehlike indeksi

RfD: Referans doz (mg/kg/gün)

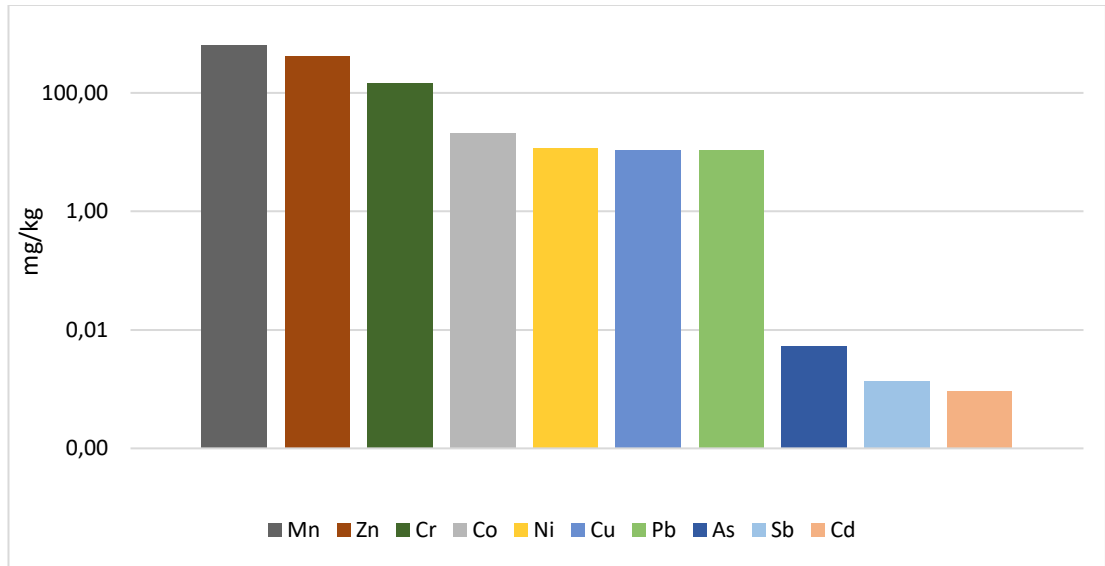
SF: Oral eğim faktörü.

BÖLÜM 4

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. PTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanından 22-23 Mayıs 2022 tarihlerinde toplam 60 noktadan cadde tozu örnekleri toplanmıştır. Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Sb ve Cd olmak üzere toplam 10 PTE analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de ölçülen ağır metallerin ortalama sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 4.1’de tüm ağır metal sonuçları için örnekleme alanlarına bağlı olarak tanımlayıcı istatistik değerleri verilmiştir.



Şekil 4.1. PTE sonuçlarının ortalaması.

Bu çalışmada PTE en yüksek ortalama değeri Mn için 647,1 mg/kg; en düşük ortalama değer ise Cd 0,0009 mg/kg olarak belirlenmiştir. Azalan şekilde elde edilen ortalama sonuçlar Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Sb ve Cd için sırasıyla 647,1, 413,8, 147,5, 21,07, 11,49, 10,91, 10,73, 0,0053, 0,0013 ve 0,0009 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağır metal sonuçlarının tanımlayıcı istatistik değerleri.

Örnekleme Noktası	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	As	Sb	Cd
1	675,8	507,5	160,4	22,88	12,43	10,06	11,72	0,0106	0,0014	0,0015
2	604,0	378,0	123,2	17,89	9,76	11,02	3,69	0,0101	0,0011	0,0008
3	361,6	310,1	86,8	31,13	5,88	6,66	8,67	0,0090	0,0008	0,0006
4	986,0	1219,5	210,2	28,63	16,33	19,75	39,09	0,0116	0,0018	0,0011
5	660,1	577,1	128,7	17,16	9,81	11,13	10,76	0,0101	0,0015	0,0008
6	410,2	359,8	80,2	13,56	6,17	4,57	2,87	0,0083	0,0008	0,0005
7	871,0	117,6	185,3	32,04	19,48	6,14	4,72	0,0086	0,0015	0,0009
8	563,8	409,5	124,2	17,98	8,09	8,92	13,09	0,0072	0,0012	0,0007
9	623,9	590,4	159,9	17,15	8,34	21,80	29,83	0,0060	0,0015	0,0007
10	607,0	535,8	115,6	15,00	7,44	14,41	15,36	0,0022	0,0011	0,0007
11	548,9	178,3	109,8	18,13	9,61	3,37	2,64	0,0031	0,0011	0,0006
12	442,9	350,3	97,4	13,54	7,67	7,24	10,25	0,0006	0,0009	0,0006
13	607,9	497,1	153,8	18,09	9,32	11,05	20,53	0,0008	0,0012	0,0007
14	459,0	1546,4	100,8	14,33	7,58	10,08	50,27	0,0013	0,0011	0,0005
15	553,0	409,9	98,6	12,72	7,18	8,79	10,06	0,0006	0,0009	0,0007
16	504,9	590,8	122,0	13,99	7,24	12,85	20,90	0,0008	0,0013	0,0006
17	304,6	181,0	74,7	11,72	6,01	6,58	4,88	0,0020	0,0007	0,0005
18	394,1	261,0	96,3	12,62	6,13	7,35	8,95	T.E.	0,0008	0,0006
19	433,2	201,8	97,1	15,17	7,76	6,56	4,76	0,0014	0,0008	0,0006
20	415,0	310,6	97,0	12,54	6,46	8,99	8,84	0,0024	0,0008	0,0006
21	475,2	226,6	107,0	13,87	7,54	5,29	3,44	0,0036	0,0010	0,0005
22	439,7	172,8	85,3	11,90	6,33	4,95	5,18	0,0073	0,0009	0,0008
23	513,1	536,5	102,9	15,64	8,56	17,66	10,25	0,0064	0,0013	0,0005
24	536,3	212,9	104,6	18,88	10,92	5,30	2,95	0,0070	0,0012	0,0007
25	479,5	284,0	110,5	13,62	7,11	9,23	2,68	0,0068	0,0011	0,0006
26	640,2	178,3	139,7	21,57	12,36	4,77	3,31	0,0080	0,0014	0,0008
27	667,2	137,4	176,4	24,79	14,28	4,38	4,53	0,0076	0,0014	0,0008
28	651,5	798,3	165,3	19,64	10,23	7,79	19,00	0,0071	0,0016	0,0009
29	634,0	565,8	133,3	16,96	11,68	19,62	27,38	0,0075	0,0015	0,0007
30	608,8	409,8	138,5	17,61	10,17	7,62	8,53	0,0072	0,0014	0,0008
31	506,5	522,2	101,3	17,92	8,76	5,78	7,14	0,0089	0,0009	0,0006
32	370,0	176,7	78,2	13,44	6,50	4,96	24,73	0,0085	0,0007	0,0006
33	481,5	245,0	110,1	15,71	8,80	7,38	7,88	0,0099	0,0009	0,0006
34	501,9	523,9	124,3	17,74	8,82	13,42	8,11	0,0102	0,0009	0,0007
35	665,7	369,2	136,8	21,08	10,24	21,16	3,49	0,0110	0,0014	0,0009
36	422,7	357,7	86,9	14,32	7,32	8,40	5,39	0,0088	0,0008	0,0006
37	482,1	526,7	107,7	19,19	8,94	9,06	15,50	0,0080	0,0010	0,0007
38	741,7	536,0	160,5	20,19	11,22	11,76	10,18	0,0091	0,0015	0,0008
39	435,0	268,9	97,3	12,18	6,03	5,44	2,54	0,0060	0,0009	0,0008
40	546,2	275,3	112,4	17,87	9,01	7,17	4,89	0,0034	0,0011	0,0004
41	403,2	243,0	85,9	19,48	6,90	5,80	1,35	0,0019	0,0008	0,0007
42	746,6	201,3	166,7	28,50	17,13	19,92	1,37	0,0025	0,0014	0,0007
43	670,5	590,7	144,4	19,46	9,64	11,76	10,76	0,0011	0,0014	0,0009
44	662,8	413,9	156,7	21,57	11,42	9,49	11,26	0,0017	0,0014	0,0008
45	765,1	84,7	194,1	29,29	16,41	5,71	3,97	0,0016	0,0016	0,0009
46	831,3	55,7	184,2	28,99	17,06	4,71	7,26	0,0039	0,0017	0,0010
47	812,6	609,9	210,0	24,63	13,34	15,77	20,67	0,0040	0,0019	0,0010
48	639,0	415,5	149,6	23,62	11,88	12,75	7,26	0,0057	0,0013	0,0008
49	805,1	409,5	186,6	26,48	13,43	11,14	11,26	0,0054	0,0017	0,0010
50	1059,4	169,9	204,1	31,66	16,68	5,80	4,85	0,0061	0,0023	0,0013
51	402,9	486,6	85,1	10,71	5,04	7,59	13,01	0,0062	0,0009	0,0007
52	818,4	875,2	193,7	20,97	10,47	33,96	35,82	0,0050	0,0019	0,0010
53	634,8	379,7	127,4	17,16	9,16	8,94	11,08	0,0074	0,0014	0,0007
54	651,9	1379,2	180,1	27,57	16,23	19,40	9,90	0,0017	0,0016	0,0008
55	649,3	314,3	150,7	20,18	33,19	7,57	6,19	0,0012	0,0016	0,0009
56	1784,5	T.E.	531,2	61,46	37,13	14,44	3,73	0,0009	0,0031	0,0033
57	797,0	215,0	209,2	27,39	15,32	10,66	5,93	0,0019	0,0016	0,0025
58	958,9	325,7	218,3	31,38	14,87	23,50	7,08	0,0018	0,0018	0,0026
59	1829,0	184,7	437,2	59,71	32,17	16,40	8,00	0,0025	0,0034	0,0035
60	1078,7	204,0	233,9	33,60	18,55	30,98	4,09	0,0028	0,0022	0,0021
Minimum	304,6	55,7	74,7	10,71	5,04	3,37	1,35	0,0006	0,0007	0,0004
Maximum	1829,0	1546,4	531,2	61,46	37,13	33,96	50,27	0,0116	0,0034	0,0035
Ortalama	647,1	413,8	147,5	21,07	11,49	10,91	10,73	0,0053	0,0013	0,0009
Medyan	608,4	359,8	128,0	18,11	9,63	8,96	8,05	0,0060	0,0013	0,0007
Standart Sapma	275,6	283,5	75,3	9,48	6,33	6,39	9,58	0,0033	0,0005	0,0006
Varyasyon Katsayısı	0,43	0,69	0,51	0,45	0,55	0,59	0,89	0,62	0,39	0,67

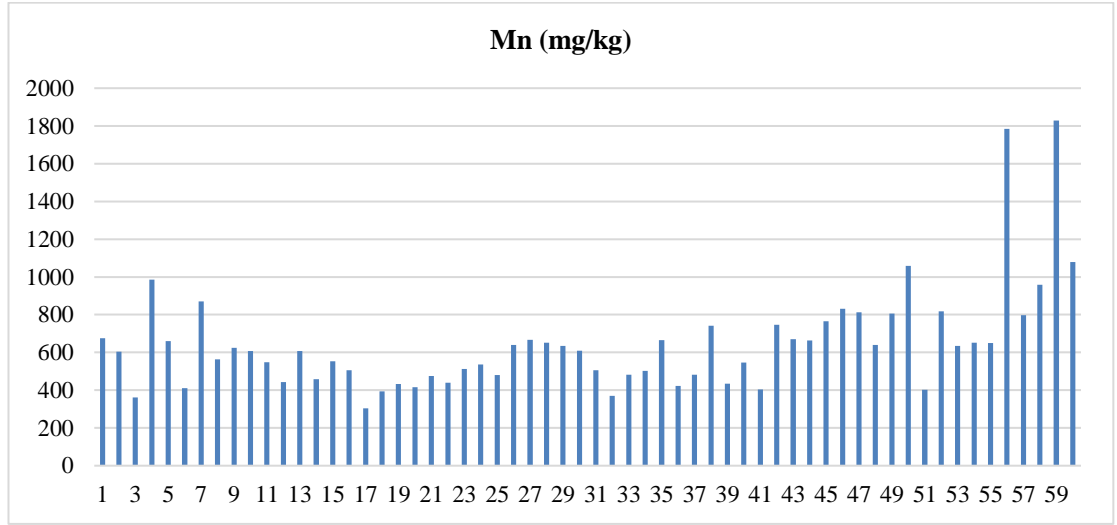
T.E.: Tespit Edilemedi

Cu için en yüksek ve en düşük değerler aynı örnekleme noktalarında elde edilmiştir. En yüksek değer elde edildiği 52. örnekleme noktası ana cadde üzerinde trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda iken en düşük değer elde edildiği 11. örnekleme noktası ise konut alanında bulunan cami inşaatında kalmaktadır. Konut alanında kalan 59. örnekleme noktasında Mn, Sb ve Cd için en yüksek değerler tespit edilmiştir. En düşük Mn, Cr ve Sb değerleri ise meydan alanı içinde kalan yoğun trafik potansiyeline sahip 17. örnekleme noktasında belirlenmiştir. As için en yüksek değer 4. örnekleme noktası olan otoparkta tespit edilmiştir. As için en düşük değer trafik potansiyeli olan ticarethane ve hastanenin bulunduğu konut alanı içinde kalan 15. örnekleme noktasında belirlenmiştir. En yüksek Cr, Co ve Ni değerleri su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. örnekleme noktasında elde edilmiştir. Ni ve Co için en düşük değer ise kavşakta yeşil alan içinde ve konut alanında kalan 51. örnekleme noktasında olduğu görülmüştür. Yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanındaki 14. örnekleme noktasında Zn ve Pb en yüksek değerde iken en düşük değer Zn için tarım alanında bulunan düşük trafik ve düşük konutların bulunduğu 46. örnekleme noktasında, Pb için konut alanlarının bulunduğu 41. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. En düşük Cd değeri konut alanının olduğu 40. örnekleme noktalarında belirlenmiştir.

Coğrafi bilgi sistemi programları, kirlilik kaynakları ve etki alanları hakkında görsel bilgiler sağlar. Bu çalışmada PTE konsantrasyon değerleri kullanılarak sayısal harita oluşturulmuştur. Dağılım haritasını oluşturmak için örnekler toplanırken örnekleme noktalarının koordinatları kaydedildi. Örnekleme noktalarındaki verileri kullanarak enterpolasyonu hesaplanarak haritalar oluşturuldu. Openstreetmap harita sağlayıcısı altlık olarak kullanılmıştır. Tüm PTE konsantrasyonları için dağılım haritaları Ek Şekil 1-10 arasında gösterilmiştir.

4.1.1. Mn

Çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği Mn bakımından değerlendirildiğinde sonuçların 304,6-1829,0 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ortalama Mn konsantrasyonu 647,1±275,6 mg/kg'dır. Mn konsantrasyonunun en fazla olduğu 59. örnekleme noktası konut alanında iken en düşük olduğu 17. örnekleme noktası trafik yoğunluğunun olduğu alanda kalmaktadır (Şekil 4.2).

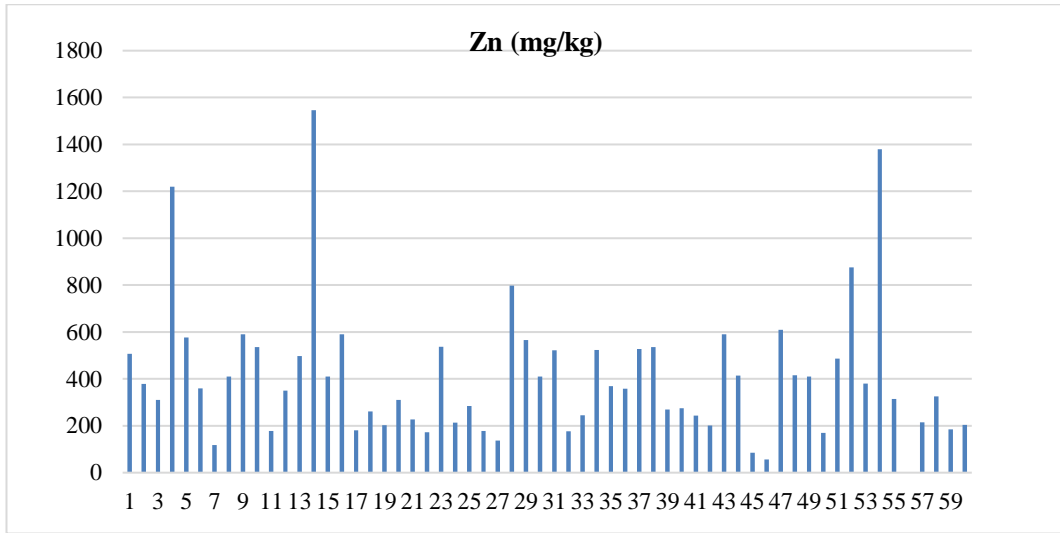


Şekil 4.2. Numune noktaları Mn konsantrasyonları.

Dünyada farklı şehirlerde yapılan çalışmalarda farklı konsantrasyonlarda Mn değerleri elde edilmiştir. PTE sağlık riski açısından öneme sahip oldukları için dünya genelinde birçok araştırmaya konu olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda Mn için gerçekleştirilen analizlerde Khamees Mushait (Suudi Arabistan)'te 589,43 mg/kg (Idris ve ark., 2020); Shijiazhuang (Çin)'da 548,1 mg/kg (Peng fan ve ark., 2022) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki değerlere yakın değerler elde edilmiş olmasına rağmen Herzegovina (Bosna) (Suhreta ve ark., 2020); Meksika (Amerika) (Anahi ve ark., 2021) ve İzmir'de (Melik, 2020) yapılan çalışmalarda ise sırasıyla 236, 235,2 ve 274,1 mg/kg olarak belirlenen değerlerden yüksek olduğu görülmektedir. Çalışmada elde edilen değerlerin Riyad (Suudi Arabistan)'da yapılan çalışmada elde edilen sonuçtan (42,22 mg/kg) çok yüksek olduğu görülmektedir.

4.1.2. Zn

Çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği Zn bakımından değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar 55,7-1546,4 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre ortalama Zn konsantrasyonu $413,8 \pm 283,5$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Zn konsantrasyonu en yüksek 14. örnekleme noktasında iken en düşük 46. örnekleme noktasındadır (Şekil 4.3). Çalışma alanı incelendiğinde 14. örnekleme noktasına yakın bölgede, yeşil alan içinde dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanının bulunduğu; 46. örnekleme noktasına yakın bölgede ise tarım alanının bulunduğu, trafik yoğunluğunun düşük ve az sayıda konut olduğu görülmektedir.

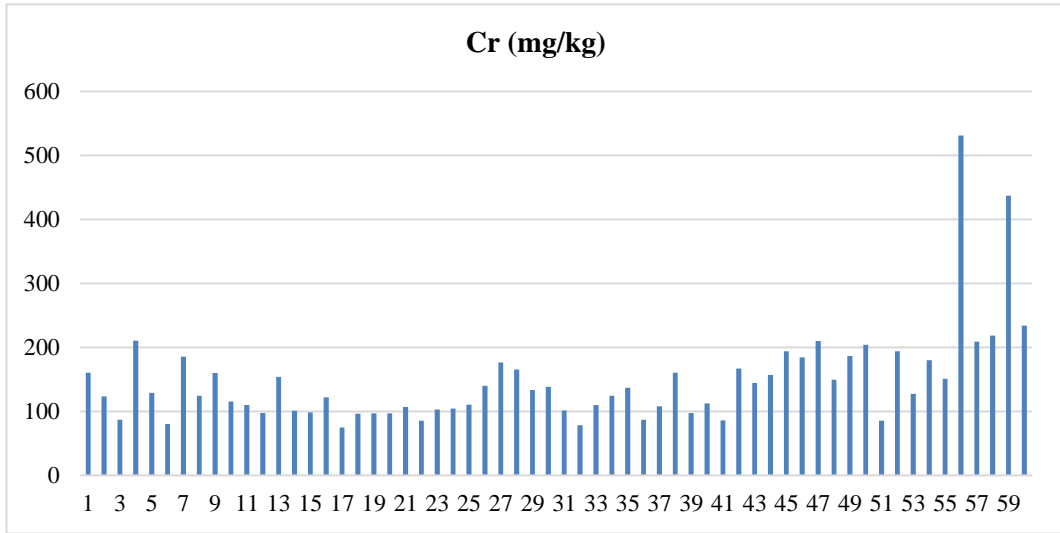


Şekil 4.3. Numune noktaları Zn konsantrasyonları.

Zn için elde edilen sonuçlar, Guiyang'da (Y. He ve ark., 2022) ve Çin'de (Siyu ve ark., 2022) elde edilen sonuçlara (sırasıyla 415,7 ve 667,3 mg/kg) yakın değerlerde olmasına rağmen; Busan (Hyeryeong Jeong ve ark., 2022) ve Kore'de (Hyeryeong ve Kongtae, 2022) yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların (sırasıyla 2511 ve 12221 mg/kg) altında kalmıştır. Riyad (Suudi Arabistan)'da (Abdulaziz ve ark., 2022) ve Tahran (İran)'da (Mohammad ve ark., 2022) yapılan çalışmalar gibi bazı çalışmalarda elde edilen değerlerden ise yüksek olduğu görülmüştür.

4.1.3. Cr

Cr sonuçları için çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği hakkında değerlendirme yapıldığında en düşük konsantrasyonun 74,7 mg/kg ve en yüksek konsantrasyonun 531,2 mg/kg olduğu görülmüştür. Ortalama Cr konsantrasyonu ise $147,5 \pm 75,3$ olarak belirlenmiştir. En yüksek Cr konsantrasyonu 56. örnekleme noktasında iken en düşük ise 17. örnekleme noktasındadır (Şekil 4.4). Çalışma alanı incelendiğinde, 56. örnekleme noktasının su kanalı kenarında yoğun trafik potansiyeline sahip olduğu görülürken; 17. örnekleme noktası meydan alanı içinde yoğun trafik potansiyeline sahip bir alanda yer almaktadır.

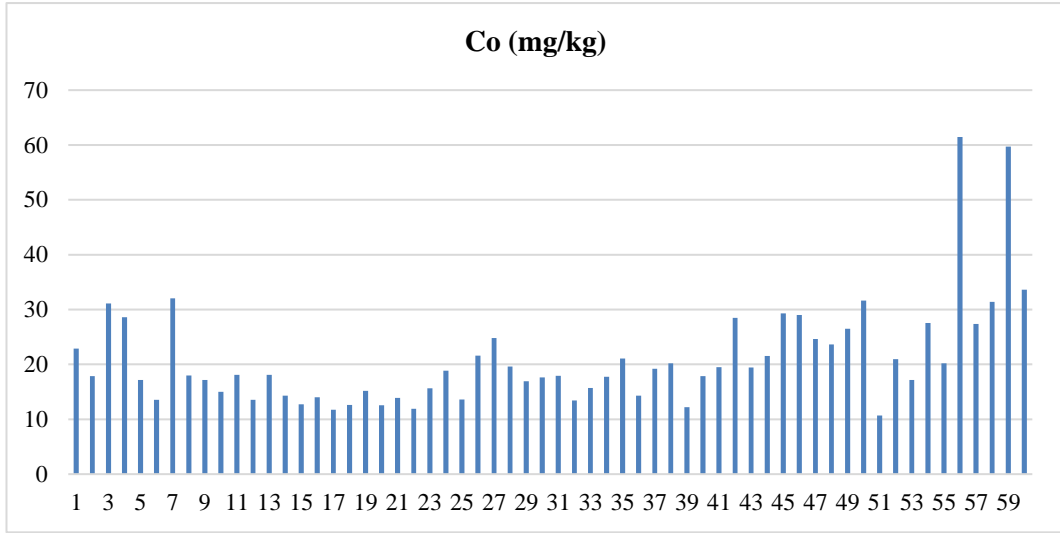


Şekil 4.4. Numune noktaları Cr konsantrasyonları.

Elde edilen sonuçlar diğer çalışmalardaki sonuçlarla kıyaslandığında Khamees Mushait (Suudi Arabistan)'te (Idris ve ark., 2020), hangi şehir Çin (Siyu ve ark., 2022) ve Kerkük (Irak)'te (Chrow ve ark., 2022) yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara (sırasıyla 128,48, 140,6 ve 134,9 mg/kg) yakın olduğu görülürken Busan (Kore)'da (Hyeryeong ve Kongtae, 2022) elde edilen sonuçların altında kaldığı tespit edilmiştir. Ancak elde edilen sonuçlar Shijiazhuang (Çin)'da (Peng fan ve ark., 2022), Riyad (Suudi Arabistan)'ta (Abdulaziz ve ark., 2022) ve Isfahan (İran)'da (Alireza ve ark., 2022) yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların (sırasıyla 61,66, 35,48, 1,8 mg/kg) üzerindedir.

4.1.4. Co

Çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği incelendiğinde Co tespit edilen konsantrasyonların 10,71-61,46 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Elde edilen ortalama Co konsantrasyonu ise $21,07 \pm 9,48$ mg/kg olarak bulunmuştur. En yüksek Co konsantrasyonu 56. örnekleme noktasında, en düşük ise 51. örnekleme noktada belirlenmiştir (Şekil 4.5). 56. örnekleme noktası su kanalı kenarında yoğun trafik alanında bulunurken; 51. örnekleme noktasının ise kavşakta yeşil alan içinde ve konut alanında kaldığı görülmüştür.

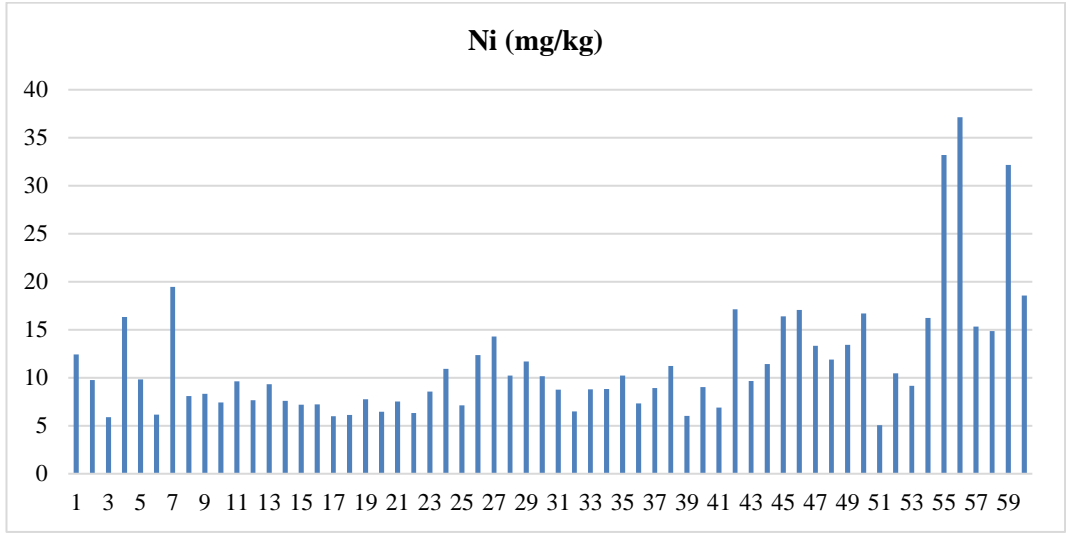


Şekil 4.5. Numune noktaları Co konsantrasyonları.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçların, Meksika (Amerika)'da (Anahi ve ark., 2021), İzmir'de (Melik ve ark., 2020) ve Kerkük (Irak)'te (Chrow ve ark., 2022) yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçların (sırasıyla 7,4, 5,19 ve 12,59 mg/kg) üzerinde; Shijiazhuang (Çin)'da (Peng fan ve ark., 2022) elde edilen sonucun (35,11 mg/kg) altında kaldığı görülmüştür. Khamees Mushait (Suudi Arabistan)'te (Idris ve ark., 2020) ve Busan (Kore)'da (Hyeryeong Jeong ve ark., 2022) yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile hemen hemen aynı değerdedir.

4.1.5. Ni

Çalışma alanında cadde tozlarının içeriği Ni bakımından değerlendirildiğinde elde edilen konsantrasyonlar 5,04-37,13 mg/kg arasındadır. Ortalama Ni değeri $11,49 \pm 6,33$ mg/kg olarak bulunmuştur. Ni konsantrasyonunun en yüksek 56. örnekleme noktasında iken en düşük ise 51. örnekleme noktasındadır (Şekil 4.6). Çalışma alanı incelendiğinde 56. örnekleme noktasının su kanalı kenarında yoğun trafik alanı içinde kaldığı görülürken 51. örnekleme noktası ise kavşakta yeşil alan içinde ve konut alanında kalmaktadır.

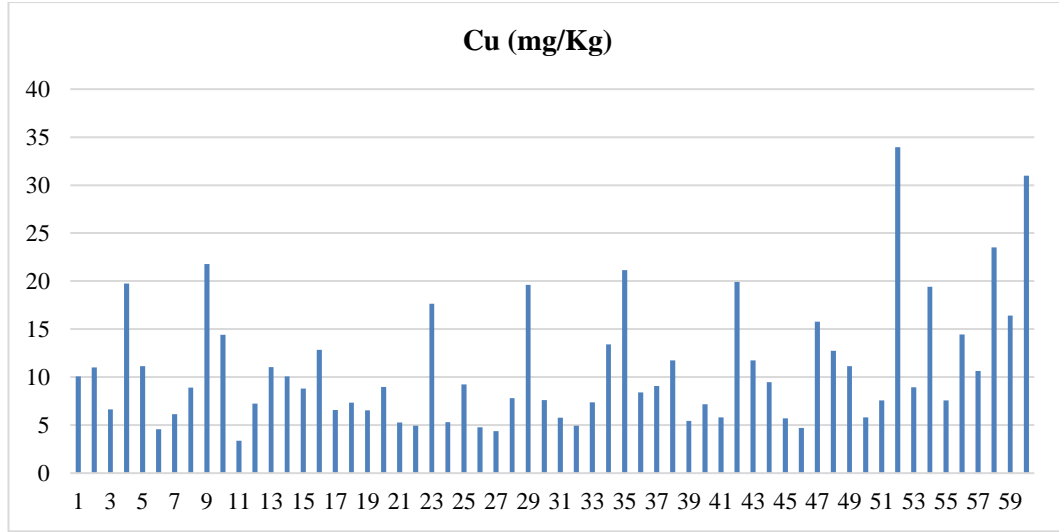


Şekil 4.6. Numune noktaları Co konsantrasyonları.

Busan (Kore)'da (Hyeryeong ve Kongtae, 2022) ve Isfahan (İran)'da (Alireza ve ark., 2022) yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar (sırasıyla 9,4 ve 2,1 mg/kg) hariç diğer çalışmaların sonuçlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.1.6. Cu

Çalışma alanında cadde tozlarının içeriği Cu bakımından değerlendirildiğinde elde edilen konsantrasyonların 3,37-33,96 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Ortalama Cu konsantrasyonu $10,91 \pm 6,39$ mg/kg olarak bulunmuştur. Cu konsantrasyonu en yüksek 52. örnekleme noktasında; en düşük ise 11. örnekleme noktasındadır (Şekil 4.7). 52. örnekleme noktası ana cadde üzerinde trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda iken 11. örnekleme noktası ise konut alanında bulunan cami inşaatı içinde kalmaktadır.

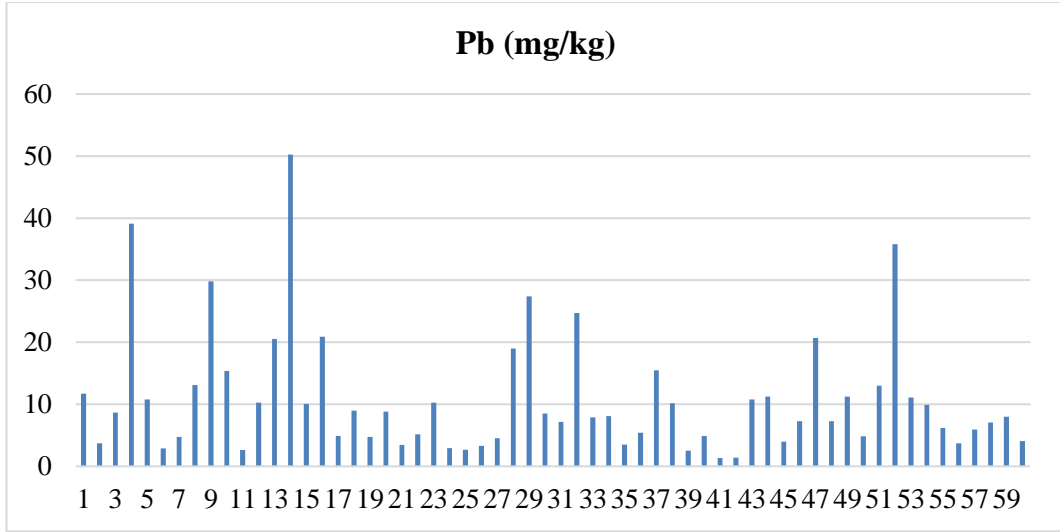


Şekil 4.7. Numune noktaları Cu konsantrasyonları.

Bu çalışmadan elde edilen Cu konsantrasyonları incelendiğinde değerlerin, Isfahan (İran)'da (Alireza ve ark., 2022) yapılan çalışma sonucunun (1,97 mg/kg) üstünde, Khamees Mushait (Suudi Arabistan)'te (Idris ve ark., 2020) yapılan çalışma sonucuna (10,46 mg/kg) ise yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Ancak bu çalışmada elde ettiğimiz ortalama Cu konsantrasyonu diğer çalışmalarda elde edilen sonuçların altında bir değerdedir.

4.1.7. Pb

Pb için çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği incelendiğinde tespit edilen konsantrasyonların 1,35-50,27 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. Ortalama Pb konsantrasyonu $10,73 \pm 9,58$ mg/kg olarak bulunmuştur. En yüksek Pb konsantrasyonu 14. örnekleme noktasında iken en düşük Pb konsantrasyonu ise 41. örnekleme noktasında belirlenmiştir (Şekil 4.8). 14. örnekleme noktası yeşil alan içinde dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanında bulunurken 41. örnekleme noktası konut alanı içinde kalmaktadır.

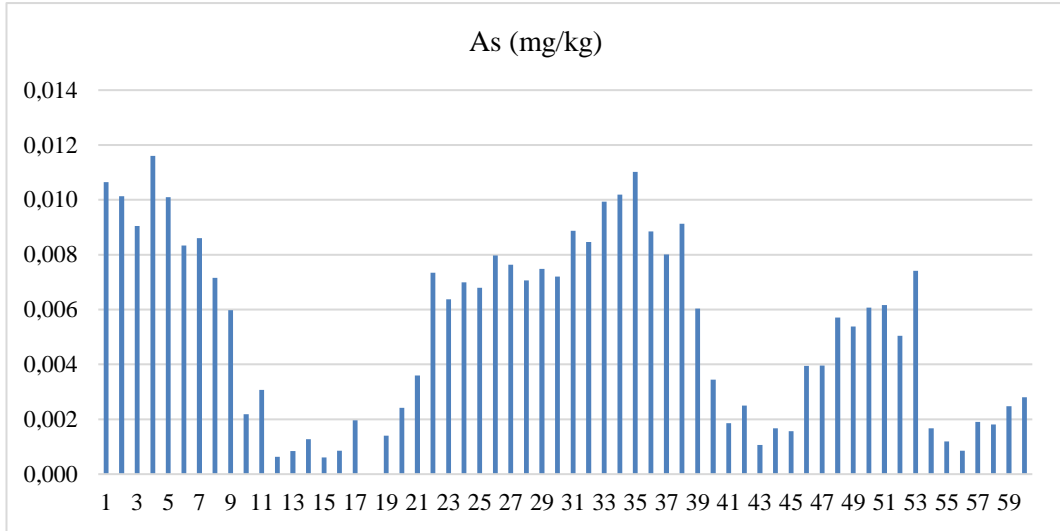


Şekil 4.8. Numune noktaları Pb konsantrasyonları.

Pb için yapılan değerlendirme, Cu için yapılan değerlendirmeye benzemektedir. Bu çalışmadaki Pb sonuçlarının Isfahan (İran)'da (Alireza ve ark., 2022) yapılan çalışma sonucunun (3,2 mg/kg) üstünde, Khamees Mushait (Suudi Arabistan)'te (Idris ve ark., 2020) ve Busan (Kore)'da (Hyeryeong ve Kongtae, 2022) yapılan çalışma sonucuna (sırasıyla 9,36 ve 13 mg/kg) ise yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Ancak bu çalışmada elde ettiğimiz ortalama Pb konsantrasyonu diğer çalışmalarda elde edilen sonuçların altında bir kalmaktadır.

4.1.8. As

As için çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği incelendiğinde konsantrasyonların 0,0006-0,0116 mg/kg arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama As konsantrasyonu 0,0053±0,0033 mg/kg olarak bulunmuştur. As konsantrasyonu en yüksek değerde 4. Örnekleme noktasında görülürken en düşük değerde ise 15. noktada görülmüştür (şekil 4.10). Çalışma alanı incelendiğinde 4. Örnekleme noktasının otoparkta olduğu görülürken 15. Örnekleme noktasının trafik potansiyeli olan ticarethane ve hastanenin bulunduğu konut alını içinde kaldığı belirlenmiştir.

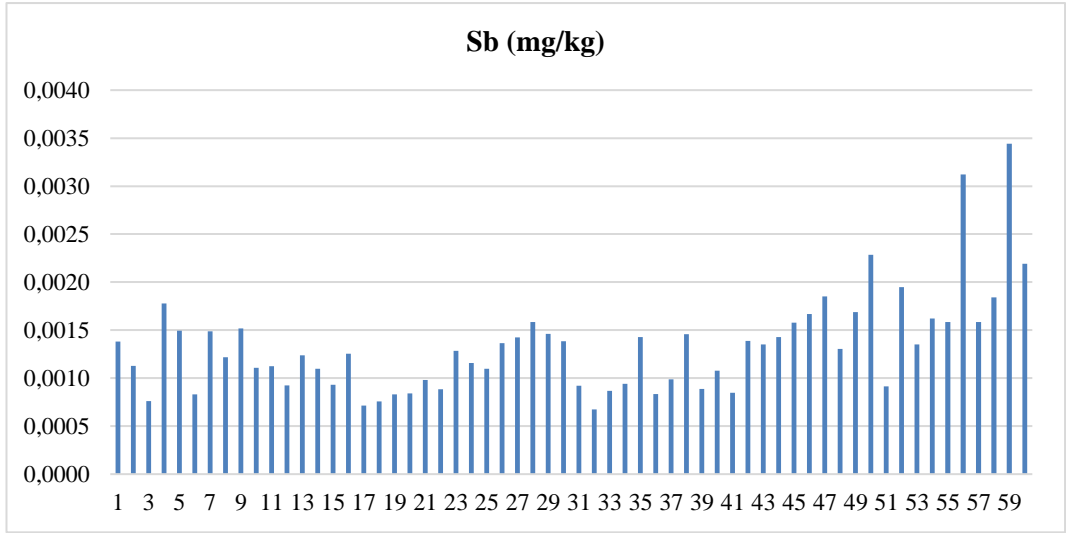


şekil 4.9. Numune noktaları As konsantrasyonları.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla kıyaslandığında As konsantrasyonunun bariz bir şekilde çok düşük bir değerde olduğu görülmektedir.

4.1.9. Sb

Çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği Sb bakımından incelendiğinde elde edilen sonuçların 0,0007-0,0034 mg/kg değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Ortalama Sb konsantrasyonu $0,0013 \pm 0,0005$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Sb konsantrasyonu 59. örnekleme noktasında en yüksek konsantrasyonda iken en düşük konsantrasyonu ise 17. örnekleme noktada tespit edilmiştir (Şekil 4.11). 59. örnekleme noktası konut alanı içinde kalırken 17. örnekleme noktası yoğun trafik potansiyeline sahip meydan alanı içinde kalmaktadır.

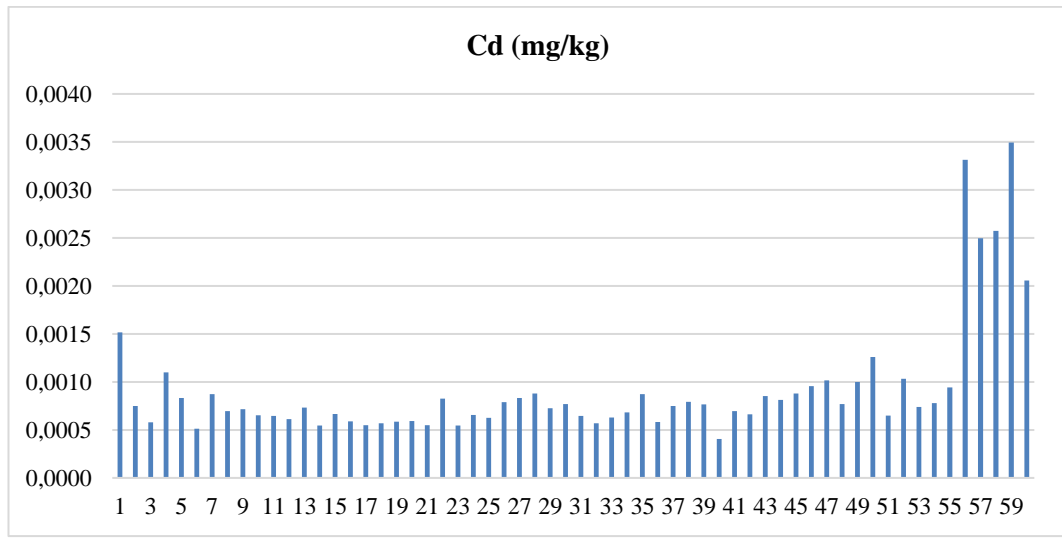


Şekil 4.10. Numune noktaları Sb konsantrasyonları.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla kıyaslandığında Sb konsantrasyonunun (As'de olduğu gibi) bariz bir şekilde çok düşük bir değerde olduğu görülmektedir.

4.1.10. Cd

Cd için çalışma alanındaki cadde tozlarının içeriği incelendiğinde konsantrasyonların 0,0004-0,0035 mg/kg arasında olduğu görülmüştür. Ortalama Cd konsantrasyonu 0,0009±0,0006 mg/kg'dır olarak bulunmuştur. Cd konsantrasyonu en yüksek 59. örnekleme noktasında iken en düşük olduğu nokta ise 40. örnekleme noktasıdır (Şekil 4.12). Çalışma alanı incelendiğinde her iki örnekleme noktasının da konut alanı içinde kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.11. Numune noktaları Cd konsantrasyonları.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla kıyaslandığında Cd konsantrasyonunun (As ve Sb'de olduğu gibi) bariz bir şekilde çok düşük bir değerde olduğu görülmektedir.

Çalışmadan elde edilen değerler, Çizelge 4.2'de seçilen literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır. Özetle bu çalışma diğer çalışmalarla kıyaslanırsa, bu çalışmada elde edilen Mn konsantrasyonu 647,1mg/kg olarak belirlenirken, Khamis Mushait (Arabistan) şehrinde (Idris ve ark., 2020) ve Shijiazhuang (Çin) şehrinde (Peng fan ve ark., 2022) yapılan çalışmalardaki konsantrasyonlara yakın olduğu kaydedilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Zn konsantrasyonu 413,8 mg/kg olarak belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar 3,9 mg/kg (Isfahan, İran) ile 12221 mg/kg (Busan, Kore) arasında çok geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen Cr

konsantrasyonu 147,5mg/kg olup literatürdeki değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Shijiazhuang (Çin)'da yapılan çalışmadan daha düşük olarak elde edilen Co konsantrasyonu (21,07mg/kg) diğer çalışmaların üzerinde belirlenmiştir. Bu çalışmada Ni için Busan (Kore) ve Isfahan'da (İran) yapılan çalışmalardan daha yüksek değer (11,49 mg/kg) elde edilirken diğer çalışmaların altında kaldığı görülmektedir. Khamees Mushait (Suusi Arabistan) ve Isfahan (İran)'da yapılan çalışmalarda Cu ve Pb konsantrasyonları bu çalışmada belirlenen Cu (10,91 mg/kg) ve Pb (10,73 mg/kg) konsantrasyonlarından daha düşük değere sahipken yapılan diğer çalışmalarda daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen As (0,0053 mg/kg), Sb (0,0013 mg/kg) ve Cd (0,0009 mg/kg) konsantrasyonları diğer çalışmaların konsantrasyonlarından çok düşük değerdedir.

Çizelge 4.2. Önceki çalışmaların sonuçları (mg/kg).

Adı	Yer	Metot	Örnek sayısı	Toz boyut	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	As	Sb	Cd
İdris vd. 2020	Khamees Mushait, Suudi Arabistan	ICP-OES	60	<106 micron	589,43	55,33	128,48	23,04		10,46	9,36			0,3
Peng fan vd. 2022	Shijiazhuang, Çin	ICP-AES	64	<100 micron	548,1	224,1 3	61,66	35,11	24,77		38,26	14,48		
Abdulaziz vd. 2022	Riyad, Suudi Arabistan	ICP-AES	50	100 micron	42,22	36,47	35,48		39,73	30,28	40,31			
Mohammad vd. 2022	Tahran, İran	ICP-AES	35	75 micron		60	35,9			15,85	16,4	12,1		0,33
Y. He vd. 2022	Guiyang, Çin	ICP-MS	34	<0,05 micron		415,7				86,6	142,9			3,12
Suhreta vd. 2020	Herzegovina, Bosna	ICP-OES	117	63 micron	236	81,72	33,17		73	30,01	52,49			3,18
Anahi vd. 2021	Meksika, Amerika	ICP-OES	482	250 micron	235,2	280,7	51,4	7,4	36,3	99,7	128,2			
Melik vd. 2020	İzmir, Türkiye	ICP-MS	20	100 micron	274,1	61,6	39,4	5,19	19,4	22,4	26,9	13,9	4,11	0,15
Siyu vd. 2022	Çin	ICP-MS	58	100 micron		667,3	140,6		42,5	158,2	146,6			5,1
Vidhu vd. 2022	Dehradun, Uttarakhand, Hindistan	ICP-MS	67	63 micron		172,1 4	32,69		23,29	59,64	109,83	2,72		1,8
Hyeryeong vd. 2022	Busan, Kore	ICP-MS	25	<63 micron		2511	531	21,6	139	559	385	17,2	31,6	4,1
Hyeryeong vd. 2022	Busan, Kore	MC-ICP-MS	10	11,5 micron		12221	18		9,4	171	13	0,3	5,2	0,3
Chrow vd. 2022	Kerkük, Irak	ICP-MS	10	100 micron			134,9	12,59	93,6	45,1	38,52	5,77		0,293
Alireza vd. 2022	İsfahan, İran	ICP-MS	26	105 micron		3,9	1,8		2,1	1,97	3,2	8,2		4,8
Bu çalışma	Bağdat	ICP-MS	60	150 micron	647,1	413,8	147,5	21,07	11,49	10,91	10,73	0,0053	0,0013	0,0009

4.2. KİRLİLİK İNDEKSLERİ

Bu çalışmada PTE kirlilik düzeylerinin belirlenmesi için coğrafi birikim indeksi (Igeo), zenginleşme faktörü (EF), ekolojik risk indeksi (ERI), ve kirlilik yükleme indeksi (PLI) kullanılmıştır.

4.2.1. Zenginleştirme Faktörü

Zenginleştirme faktörü (EF), antropojenik kaynaklı kontaminasyonun derecesini yansıtan önemli bir göstergedir. EF, PTE kirliliğinin insan ya da doğal aktivitelerden hangisinin daha etkili olduğu hakkında bilgi verir. Bu değerlendirme yapılırken Çizelge 4.3'te belirtilen skaladan faydalanılır (Khademi ve ark., 2019).

Çizelge 4.3. Zenginleştirme faktörü değerlendirme/derecelendirme kriterleri.

$EF \leq 2$ Düşük zenginleşme
$2 \leq EF < 5$ Orta boyutta zenginleşme
$5 \leq EF < 20$ Şiddetli zenginleşme
$20 \leq EF < 40$ Çok şiddetli zenginleşme
$40 \leq EF$ Aşırı derecede zenginleşme

Çizelge 4.4'da örnekleme noktaları için EF değerlendirmesi yapılmış ve her PTE için ortalama EF değerleri hesaplanmıştır. Çalışma alanı Cr, Co, Mn, Pb, Cu, Ni, Cd, Sb ve As açısından değerlendirildiğinde ortalama EF değerleri (sırasıyla 1,893, 1,476, 1,000, 0,839, 0,480, 0,289, 0,012, 0,004 ve 0,001) 2'den küçük olduğundan dolayı düşük düzeyde zenginleşme olduğu görülmektedir. Ancak Zn açısından çalışma alanının ortalama EF değerleri (sırasıyla 8,126 ve 5,136) 5 ile 20 arasında olduğundan dolayı şiddetli zenginleşme düzeyine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma alanında Zn için tüm örnekleme noktaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde 14. örnekleme noktasının bulunduğu yeşil alan içinde Dicle nehri kenarında askeri alana yakın bölge ve 54. örnekleme noktasının yer aldığı trafiğin yoğun olduğu bulunduğu bölgede çok şiddetli zenginleşme olduğu görülmektedir. Diğer noktalarda ise çoğunlukla şiddetli zenginleşme ve orta düzeyde zenginleşme olduğu görülmektedir. Sayıca daha az olarak 9 adet örnekleme noktasında ise düşük zenginleşme

görülmektedir. Cr 15 adet örnekleme noktasında orta düzeyde zenginleşme olduğu geri kalan kısmında ise düşük düzeyde zenginleşme olduğu görülmektedir. Co 2 adet, Pb ise 3 adet örnekleme noktasında orta düzeyde zenginleşme olduğu geri kalan kısmında ise düşük düzeyde zenginleşme olduğu görülmektedir. Cu, Ni, Cd, Sb ve As için hesaplanan EF değerleri tüm örnekleme noktalarında düşük düzeyde zenginleşme olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Örnekleme noktalarındaki EF değerleri.

Örnekleme Noktası	Zn	Cr	Co	Mn	Pb	Cu	Ni	Cd	Sb	As
1	8,680	1,998	1,515	1,000	0,790	0,412	0,303	0,019	0,004	0,003
2	7,233	1,716	1,326	1,000	0,279	0,504	0,266	0,011	0,004	0,003
3	9,914	2,020	3,853	1,000	1,093	0,509	0,268	0,014	0,004	0,004
4	14,296	1,795	1,300	1,000	1,806	0,554	0,273	0,010	0,003	0,002
5	10,107	1,641	1,164	1,000	0,743	0,466	0,245	0,011	0,004	0,002
6	10,140	1,647	1,480	1,000	0,318	0,308	0,248	0,011	0,004	0,003
7	1,560	1,791	1,647	1,000	0,247	0,195	0,368	0,009	0,003	0,002
8	8,394	1,854	1,427	1,000	1,058	0,438	0,236	0,011	0,004	0,002
9	10,938	2,158	1,230	1,000	2,178	0,966	0,220	0,010	0,005	0,002
10	10,204	1,603	1,106	1,000	1,153	0,657	0,202	0,009	0,004	0,001
11	3,755	1,684	1,479	1,000	0,219	0,170	0,289	0,010	0,004	0,001
12	9,144	1,852	1,368	1,000	1,055	0,452	0,285	0,012	0,004	0,000
13	9,452	2,130	1,332	1,000	1,538	0,503	0,253	0,010	0,004	0,000
14	38,941	1,849	1,397	1,000	4,989	0,607	0,272	0,010	0,005	0,000
15	8,569	1,501	1,030	1,000	0,829	0,440	0,214	0,010	0,003	0,000
16	13,525	2,033	1,240	1,000	1,886	0,704	0,236	0,010	0,005	0,000
17	6,870	2,065	1,723	1,000	0,730	0,598	0,325	0,015	0,005	0,001
18	7,657	2,057	1,434	1,000	1,035	0,516	0,256	0,012	0,004	-
19	5,384	1,886	1,568	1,000	0,501	0,419	0,295	0,012	0,004	0,001
20	8,652	1,967	1,352	1,000	0,970	0,599	0,257	0,012	0,004	0,001
21	5,512	1,895	1,307	1,000	0,329	0,308	0,261	0,010	0,004	0,001
22	4,542	1,634	1,212	1,000	0,537	0,311	0,237	0,016	0,004	0,003
23	12,085	1,689	1,365	1,000	0,910	0,952	0,275	0,009	0,005	0,002
24	4,588	1,641	1,576	1,000	0,251	0,273	0,335	0,011	0,004	0,002
25	6,847	1,940	1,272	1,000	0,255	0,532	0,245	0,011	0,004	0,002
26	3,220	1,837	1,509	1,000	0,236	0,206	0,318	0,011	0,004	0,002
27	2,380	2,225	1,663	1,000	0,309	0,182	0,353	0,011	0,004	0,002
28	14,164	2,136	1,349	1,000	1,328	0,331	0,259	0,012	0,005	0,002
29	10,316	1,770	1,198	1,000	1,967	0,856	0,304	0,010	0,004	0,002
30	7,781	1,915	1,295	1,000	0,638	0,346	0,275	0,011	0,004	0,002
31	11,917	1,684	1,584	1,000	0,642	0,316	0,285	0,011	0,004	0,003
32	5,519	1,778	1,626	1,000	3,045	0,371	0,289	0,013	0,004	0,004
33	5,882	1,925	1,461	1,000	0,746	0,424	0,301	0,011	0,003	0,003
34	12,068	2,086	1,583	1,000	0,736	0,739	0,290	0,012	0,004	0,003
35	6,412	1,730	1,418	1,000	0,239	0,879	0,253	0,011	0,004	0,003
36	9,780	1,729	1,517	1,000	0,581	0,549	0,286	0,012	0,004	0,003
37	12,629	1,881	1,782	1,000	1,464	0,520	0,305	0,013	0,004	0,003
38	8,354	1,822	1,219	1,000	0,625	0,438	0,249	0,009	0,004	0,002
39	7,146	1,883	1,253	1,000	0,266	0,346	0,228	0,015	0,004	0,002
40	5,826	1,732	1,465	1,000	0,408	0,363	0,272	0,006	0,004	0,001
41	6,968	1,794	2,162	1,000	0,153	0,398	0,282	0,015	0,004	0,001
42	3,117	1,879	1,709	1,000	0,083	0,738	0,378	0,008	0,004	0,001
43	10,184	1,813	1,300	1,000	0,731	0,485	0,237	0,011	0,004	0,000
44	7,219	1,990	1,456	1,000	0,774	0,396	0,284	0,011	0,004	0,000
45	1,280	2,136	1,714	1,000	0,236	0,206	0,353	0,010	0,004	0,000
46	0,775	1,865	1,561	1,000	0,398	0,157	0,338	0,010	0,004	0,001

47	8,676	2,175	1,357	1,000	1,159	0,537	0,271	0,011	0,004	0,001
48	7,516	1,970	1,655	1,000	0,518	0,552	0,306	0,010	0,004	0,001
49	5,879	1,951	1,472	1,000	0,637	0,383	0,275	0,011	0,004	0,001
50	1,854	1,621	1,338	1,000	0,209	0,151	0,260	0,010	0,004	0,001
51	13,962	1,779	1,190	1,000	1,471	0,521	0,206	0,014	0,004	0,002
52	12,362	1,992	1,147	1,000	1,994	1,148	0,211	0,011	0,005	0,001
53	6,914	1,689	1,210	1,000	0,795	0,389	0,238	0,010	0,004	0,002
54	24,456	2,326	1,893	1,000	0,692	0,823	0,410	0,010	0,005	0,000
55	5,594	1,954	1,391	1,000	0,434	0,323	0,842	0,013	0,005	0,000
56	-	2,506	1,542	1,000	0,095	0,224	0,343	0,016	0,003	0,000
57	3,118	2,209	1,539	1,000	0,339	0,370	0,317	0,027	0,004	0,000
58	3,926	1,917	1,465	1,000	0,337	0,678	0,255	0,023	0,004	0,000
59	1,167	2,012	1,461	1,000	0,199	0,248	0,290	0,016	0,004	0,000
60	2,186	1,826	1,394	1,000	0,173	0,794	0,283	0,016	0,004	0,000
Ortalama	8,126	1,893	1,476	1,000	0,839	0,480	0,289	0,012	0,004	0,001

4.2.2. Coğrafi Birikim İndeksi (Igeo)

Coğrafi birikim indeksi (Igeo), arka plan konsantrasyonları ile karşılaştırılan çevresel kirlilik durumunu değerlendirmek için kullanılan bir indekstir. Igeo kullanılarak değerlendirme kriterleri Çizelge 4.5’de verilmiştir (Pan ve ark., 2017).

Çizelge 4.5. Igeo değerlendirilme kriterleri.

Igeo ≤ 0 Kirlenmemiş
0 < Igeo ≤ 1 Kirlenmemiş ile orta derecede kirli bölge
1 < Igeo ≤ 2 Orta derecede kirli
2 < Igeo ≤ 3 Orta ile ağır kirli arası bölge
3 < Igeo ≤ 4 ağır kirli bölge
4 < Igeo ≤ 5 ağır ile aşırı derecede kontamine
5 < Igeo Çok aşırı kirli bölge

Örnekleme noktalarına ait Igeo değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Ayrıca her PTE için ortalama Igeo değerleri hesaplanmıştır. Çalışma alanı As ve Zn açısından değerlendirildiğinde ortalama Igeo değerleri (sırasıyla 2,15 ve 2,03) 2 ile 3 arasında olduğundan dolayı orta ile ağır kirli arasında kirlilik düzeyinde olduğu görülmektedir. Pb açısından değerlendirildiğinde Igeo değerleri (sırasıyla 1,95 ve 1,95) 1 ile 2 arasında olduğundan dolayı orta derece kirli olduğu görülmektedir. Cu, Ni, Cd, Mn, Sb, Co ve Cr bakımından çalışma alanının kirlilik düzeyi değerlendirildiğinde Igeo değerleri (sırasıyla 0,91, 0,45, 0,42, 0,41, 0,31, 0,28 ve

0,27) 1'den küçük olduğu için çalışma alanının kirlenmemiş ile orta derecede kirlenmiş olarak değerlendirilebileceği görülmektedir.

Çalışma alanı As için tüm örnekleme noktaları ayrı ayrı Igeo değerlerine göre değerlendirildiğinde çoğunlukla ağır kirlilik düzeyinde (20 adet örnekleme noktası) ve orta ile ağır kirlilik düzeyinde (16 adet örnekleme noktası) olduğu görülmektedir. En yüksek Igeo değeri otopark alanı içinde kalan 4. örnekleme noktası olduğu belirlenmiştir. Tüm örnekleme noktaları dikkate alınarak Zn açısından çalışma alanı Igeo değerlerine göre değerlendirildiğinde orta ile ağır derecede kirli (28 adet örnekleme noktası), orta derecede kirli (23 adet örnekleme noktası), ağır ile aşırı derecede kirli (2 adet örnekleme noktası) ve ağır derecede kirli (3 adet örnekleme noktası) olduğu görülmektedir. En yüksek Igeo değeri yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanındaki 14. örnekleme noktasında belirlenmiştir. Pb Igeo değerlerine yapılan değerlendirmede çalışmanın orta derecede kirli (18 örnekleme noktası), orta ile ağır derecede kirli (19 örnekleme noktası), ağır kirli (7 örnekleme noktası) ve sadece 3 örnekleme noktasında ise ağır ile aşırı derece kirli olduğu görülmektedir. En yüksek Igeo değeri Zn için olduğu gibi yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanındaki 14. örnekleme noktasında belirlenmiştir. Cu'a ait Igeo değerlerine göre çalışma alanında 30 adet örnekleme noktası kirlenmemiş ile orta derecede kirli, 19 adet örnekleme noktası Orta derecede kirli ve 5 adet örnekleme noktası Orta ile ağır derecede kirli olduğu görülmektedir. En yüksek Igeo değeri ana cadde üzerinde trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda bulunan 52. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Igeo değerleri Ni için tüm örnekleme noktaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde çalışma alanının 32 adet örnekleme noktasında kirlenmiş ile orta derecede kirli, 16 adet örnekleme noktasında kirlenmemiş, 9 örnekleme noktasında orta derece kirli ve 3 adet örnekleme noktasında ise orta ile ağır derecede kirli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. En yüksek Igeo değeri su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. örnekleme noktası olduğu belirlenmiştir. Igeo değerleri Cd, Mn ve Cr için tüm örnekleme noktaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde çalışma alanının kirlenmiş ile orta derecede kirli düzeyinde (sırasıyla 40, 41 ve 34 adet örnekleme noktası), kirlenmemiş (sırasıyla 13, 13 ve 23 16 adet örnekleme noktası), orta derece kirli (sırasıyla 3, 5 ve 2 adet örnekleme noktası) ve 3 adet örnekleme noktasında ise orta ile ağır derecede kirli (sırasıyla 4, 1 ve 1 adet örnekleme noktası) olduğu

sonucuna ulaşılmaktadır. En yüksek I_{geo} değeri Cd ve Mn için konut alanı içinde kalan 59. Örneklemeye noktasında iken Cr için su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. Örneklemeye noktası olduğu belirlenmiştir. I_{geo} değerleri Sb ve Co için rneklemeye noktalarının yarıdan fazlası kirlenmemiş ile orta derece kirlilik (sırasıyla 37 ve 38 adet rneklemeye noktasında) düzeyindedir. Daha sonra ise rneklemeye noktaları çoğunlukla kirlenmemiş (her ikisi için 19 adet rneklemeye noktası) ve orta derece kirlilik (sırasıyla 4 ve 3 adet rneklemeye noktası) düzeyinde olduğu görülmektedir. En yüksek I_{geo} değeri Sb için konut alanı içinde kalan 59. Örneklemeye noktasında iken Co için su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. Örneklemeye noktası olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Örneklemeye noktalarındaki I_{geo} değerleri

Örneklemeye Noktası	As	Zn	Pb	Cu	Ni	Cd	Mn	Sb	Co	Cr
1	3,55	2,60	2,53	0,99	0,72	1,32	0,56	0,45	0,51	0,52
2	3,48	2,18	0,86	1,13	0,37	0,31	0,40	0,15	0,15	0,14
3	3,32	1,89	2,09	0,40	-0,36	-0,06	-0,34	-0,41	0,95	-0,37
4	3,68	3,87	4,27	1,97	1,11	0,86	1,11	0,81	0,83	0,91
5	3,48	2,79	2,40	1,14	0,38	0,46	0,53	0,56	0,10	0,20
6	3,20	2,11	0,50	-0,14	-0,29	-0,24	-0,16	-0,29	-0,24	-0,48
7	3,25	0,49	1,22	0,28	1,36	0,52	0,93	0,55	1,00	0,73
8	2,98	2,29	2,69	0,82	0,10	0,20	0,30	0,26	0,16	0,15
9	2,72	2,82	3,88	2,11	0,14	0,24	0,45	0,58	0,09	0,51
10	1,27	2,68	2,92	1,51	-0,02	0,11	0,41	0,13	-0,10	0,04
11	1,76	1,09	0,38	-0,58	0,35	0,09	0,26	0,15	0,17	-0,03
12	-0,51	2,07	2,33	0,52	0,02	0,01	-0,04	-0,13	-0,25	-0,20
13	-0,10	2,57	3,34	1,13	0,30	0,27	0,41	0,29	0,17	0,46
14	0,49	4,21	4,63	1,00	0,00	-0,15	0,01	0,12	-0,17	-0,15
15	-0,58	2,29	2,31	0,80	-0,08	0,13	0,28	-0,12	-0,34	-0,18
16	-0,09	2,82	3,36	1,35	-0,06	-0,04	0,14	0,31	-0,20	0,12
17	1,11	1,11	1,26	0,38	-0,33	-0,15	-0,58	-0,50	-0,45	-0,58
18		1,64	2,14	0,54	-0,30	-0,09	-0,21	-0,42	-0,35	-0,22
19	0,63	1,27	1,23	0,38	0,04	-0,05	-0,08	-0,29	-0,08	-0,21
20	1,41	1,89	2,12	0,83	-0,23	-0,03	-0,14	-0,27	-0,36	-0,21
21	1,99	1,44	0,76	0,07	0,00	-0,15	0,06	-0,04	-0,21	-0,07
22	3,02	1,05	1,35	-0,03	-0,26	0,44	-0,06	-0,20	-0,43	-0,39
23	2,81	2,68	2,33	1,81	0,18	-0,15	0,17	0,34	-0,04	-0,12
24	2,95	1,35	0,54	0,07	0,53	0,12	0,23	0,19	0,23	-0,10
25	2,91	1,76	0,40	0,87	-0,09	0,04	0,07	0,12	-0,24	-0,02
26	3,14	1,09	0,70	-0,08	0,71	0,38	0,49	0,43	0,43	0,32
27	3,08	0,72	1,16	-0,20	0,92	0,46	0,55	0,49	0,63	0,65
28	2,96	3,26	3,22	0,63	0,44	0,54	0,51	0,65	0,29	0,56
29	3,05	2,76	3,75	1,96	0,63	0,26	0,47	0,53	0,08	0,25
30	2,99	2,29	2,07	0,59	0,43	0,34	0,41	0,45	0,13	0,31

31	3,29	2,64	1,81	0,19	0,21	0,09	0,15	-0,14	0,16	-0,15
32	3,22	1,08	3,61	-0,03	-0,22	-0,10	-0,30	-0,58	-0,26	-0,52
33	3,46	1,55	1,95	0,55	0,22	0,05	0,08	-0,22	-0,03	-0,03
34	3,49	2,65	2,00	1,41	0,22	0,17	0,14	-0,10	0,14	0,15
35	3,60	2,14	0,78	2,07	0,44	0,52	0,54	0,49	0,39	0,29
36	3,29	2,10	1,41	0,73	-0,05	-0,06	-0,11	-0,28	-0,17	-0,37
37	3,14	2,66	2,93	0,84	0,24	0,30	0,08	-0,04	0,26	-0,06
38	3,33	2,68	2,32	1,22	0,57	0,38	0,70	0,53	0,33	0,52
39	2,74	1,69	0,32	0,11	-0,33	0,33	-0,07	-0,19	-0,40	-0,20
40	1,93	1,72	1,27	0,51	0,25	-0,58	0,26	0,09	0,15	0,00
41	1,04	1,54	-0,58	0,20	-0,13	0,19	-0,18	-0,26	0,28	-0,38
42	1,46	1,27	-0,57	1,98	1,18	0,13	0,71	0,45	0,83	0,57
43	0,23	2,82	2,40	1,22	0,35	0,49	0,55	0,42	0,28	0,37
44	0,89	2,31	2,47	0,91	0,59	0,42	0,54	0,49	0,42	0,48
45	0,79	0,02	0,97	0,18	1,12	0,53	0,74	0,64	0,87	0,79
46	2,12	-0,58	1,84	-0,10	1,17	0,65	0,86	0,72	0,85	0,72
47	2,13	2,87	3,35	1,64	0,82	0,75	0,83	0,87	0,62	0,91
48	2,66	2,31	1,84	1,34	0,65	0,34	0,48	0,37	0,56	0,42
49	2,57	2,29	2,47	1,14	0,83	0,72	0,82	0,74	0,72	0,74
50	2,75	1,02	1,26	0,20	1,14	1,05	1,21	1,17	0,98	0,86
51	2,77	2,54	2,68	0,59	-0,58	0,10	-0,18	-0,15	-0,58	-0,40
52	2,48	3,39	4,14	2,75	0,47	0,77	0,84	0,94	0,38	0,79
53	3,03	2,18	2,45	0,82	0,28	0,28	0,47	0,42	0,10	0,18
54	0,89	4,04	2,28	1,94	1,10	0,36	0,51	0,68	0,78	0,68
55	0,40	1,91	1,61	0,58	2,13	0,64	0,51	0,65	0,33	0,43
56	-0,08		0,88	1,52	2,29	2,45	1,97	1,62	1,94	2,24
57	1,07	1,36	1,55	1,08	1,02	2,04	0,80	0,65	0,77	0,90
58	1,00	1,96	1,80	2,22	0,97	2,08	1,07	0,86	0,97	0,96
59	1,45	1,14	1,98	1,70	2,09	2,53	2,00	1,77	1,89	1,96
60	1,63	1,29	1,01	2,62	1,29	1,76	1,24	1,11	1,06	1,06
Ortalama	2,15	2,03	1,95	0,91	0,45	0,42	0,41	0,31	0,28	0,27

4.2.3. Ekolojik Risk İndeksi (ERI) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (RI)

Ekolojik Risk İndeksi (ERI) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) ilk olarak Hakanson (1980) tarafından sedimanlardaki ağır metallerin potansiyel sistemik çevresel tehlikelerini değerlendirmek için kullanılmıştır. ERI değerlendirme kriterleri Çizelge 4.7'te ve PERI değerlendirme kriterleri Çizelge 4.8'te verilmiştir.

Çizelge 4.7. ERI değerlendirme kriterleri.

Eri < 40 Düşük düzeyde potansiyel ekolojik risk
40 ≤ Eri < 80 Orta düzeyde potansiyel ekolojik risk
80 ≤ Eri < 160 Önemli düzeyde potansiyel ekolojik risk
160 ≤ Eri < 320 Yüksek düzeyde potansiyel ekolojik risk
Eri ≥ 320 Ciddi düzeyde potansiyel ekolojik risk

Çizelge 4.8. PERI değerlendirme kriterleri.

RI < 150 Düşük düzeyde ekolojik risk
150 ≤ RI < 300 Orta düzeyde ekolojik risk
300 ≤ RI < 600 Önemli düzeyde ekolojik risk
RI ≥ 600 Ciddi düzeyde ekolojik risk

Örnekleme noktalarındaki ERI değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. As ve Cd için ortalama ERI değerleri incelendiğinde çalışma alanının sırasıyla yüksek düzeyde potansiyel ekolojik risk, önemli düzeyde potansiyel ekolojik risk ve orta düzeyde potansiyel ekolojik risk görülmektedir. **Pb, Cu, Ni, Sb, Co, Zn, Cr ve Mn** için ortalama ERI değerlerine çalışma alanı düşük düzeyde potansiyel ekolojik risk dikkati çekmektedir.

En yüksek ERI değerleri Pb ve Zn için yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanındaki 14. örnekleme noktasında, As için otopark alanı içinde kalan 4. örnekleme noktasında, Cd ve Cr için su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. örnekleme noktasında, Cu ana cadde üzerinde trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda bulunan 52. örnekleme noktasında, Ni için tren istasyonu alanında kalan 7. örnekleme noktasında ve Sb, Co ve Mn için konut alanı içinde kalan 59. örnekleme noktasında olduğu belirlenmiştir. As için önemli potansiyel ekolojik risk (27 adet örnekleme noktası) ve Cd için orta düzeyde potansiyel ekolojik risk (50 adet örnekleme noktası) etkin olarak görülmektedir. Pb, Cu, Ni, Sb, Co, Zn, Cr ve Mn için neredeyse tamamında ekseriyetle düşük düzeyde potansiyel ekolojik risk görülmektedir.

Çizelge 4.9. Örnekleme noktalarındaki ERI değerleri.

Örnekleme Noktaları	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
1	176,23	112,55	10,68	4,29	14,95	2,22	12,32	43,25	10,24	9,11
2	167,73	55,69	8,35	3,30	16,36	1,98	9,67	13,63	8,34	6,78
3	149,82	43,06	14,53	2,32	9,89	1,19	5,82	32,01	5,65	5,56
4	192,11	81,45	13,37	5,63	29,34	3,24	16,19	144,25	13,18	21,88
5	167,25	61,71	8,01	3,45	16,53	2,17	9,73	39,72	11,07	10,36
6	138,04	38,02	6,33	2,15	6,78	1,35	6,12	10,58	6,15	6,46
7	142,56	64,62	14,96	4,96	9,12	2,86	19,31	17,43	11,01	2,11
8	118,47	51,67	8,39	3,32	13,25	1,85	8,02	48,30	9,01	7,35
9	98,95	53,04	8,00	4,28	32,37	2,05	8,26	110,07	11,24	10,59
10	36,13	48,44	7,00	3,10	21,40	1,99	7,37	56,70	8,20	9,61
11	50,92	47,82	8,46	2,94	5,00	1,80	9,53	9,73	8,32	3,20

12	10,53	45,44	6,32	2,61	10,75	1,45	7,60	37,84	6,84	6,29
13	14,03	54,26	8,45	4,12	16,41	2,00	9,24	75,74	9,16	8,92
14	21,07	40,46	6,69	2,70	14,97	1,51	7,52	185,49	8,14	27,75
15	10,00	49,41	5,94	2,64	13,06	1,82	7,12	37,12	6,89	7,36
16	14,05	43,69	6,53	3,27	19,09	1,66	7,18	77,14	9,29	10,60
17	32,46	40,66	5,47	2,00	9,77	1,00	5,95	18,02	5,30	3,25
18	-	42,28	5,89	2,58	10,92	1,29	6,08	33,04	5,61	4,68
19	23,28	43,50	7,08	2,60	9,74	1,42	7,69	17,57	6,14	3,62
20	40,00	44,01	5,85	2,60	13,35	1,36	6,41	32,61	6,23	5,57
21	59,48	40,61	6,48	2,86	7,85	1,56	7,48	12,68	7,27	4,07
22	121,53	61,25	5,56	2,28	7,35	1,44	6,28	19,12	6,55	3,10
23	105,46	40,56	7,30	2,76	26,22	1,68	8,49	37,84	9,52	9,63
24	115,71	48,76	8,81	2,80	7,88	1,76	10,82	10,90	8,57	3,82
25	112,58	46,31	6,36	2,96	13,70	1,57	7,05	9,90	8,13	5,10
26	131,94	58,46	10,07	3,74	7,08	2,10	12,25	12,21	10,12	3,20
27	126,41	61,79	11,57	4,72	6,51	2,19	14,15	16,70	10,54	2,47
28	117,02	65,24	9,17	4,42	11,58	2,14	10,14	70,10	11,73	14,32
29	123,97	53,91	7,92	3,57	29,14	2,08	11,58	101,04	10,83	10,15
30	119,32	56,98	8,22	3,71	11,32	2,00	10,08	31,49	10,26	7,35
31	146,82	48,02	8,36	2,71	8,58	1,66	8,68	26,36	6,81	9,37
32	140,07	42,10	6,28	2,09	7,36	1,21	6,44	91,27	5,00	3,17
33	164,54	46,65	7,33	2,95	10,96	1,58	8,72	29,08	6,42	4,40
34	168,83	50,57	8,28	3,33	19,93	1,65	8,74	29,91	6,98	9,40
35	182,42	64,62	9,84	3,66	31,43	2,19	10,15	12,87	10,57	6,62
36	146,50	43,28	6,69	2,33	12,47	1,39	7,26	19,90	6,18	6,42
37	132,52	55,52	8,96	2,88	13,46	1,58	8,86	57,19	7,32	9,45
38	151,13	58,66	9,42	4,30	17,46	2,44	11,12	37,57	10,79	9,62
39	99,98	56,71	5,68	2,61	8,09	1,43	5,97	9,38	6,59	4,83
40	56,97	30,00	8,34	3,01	10,66	1,79	8,93	18,05	7,97	4,94
41	30,77	51,49	9,09	2,30	8,61	1,32	6,83	5,00	6,27	4,36
42	41,33	49,16	13,30	4,46	29,58	2,45	16,98	5,04	10,28	3,61
43	17,60	63,19	9,09	3,87	17,46	2,20	9,56	39,70	10,00	10,60
44	27,73	60,36	10,07	4,19	14,09	2,18	11,32	41,54	10,57	7,43
45	25,90	65,18	13,67	5,20	8,48	2,51	16,27	14,66	11,68	1,52
46	65,26	70,79	13,53	4,93	6,99	2,73	16,91	26,80	12,36	1,00
47	65,60	75,43	11,50	5,62	23,42	2,67	13,22	76,27	13,72	10,94
48	94,56	57,10	11,03	4,00	18,93	2,10	11,77	26,81	9,67	7,45
49	89,08	74,18	12,36	5,00	16,54	2,64	13,31	41,56	12,51	7,35
50	100,57	93,44	14,78	5,46	8,61	3,48	16,54	17,91	16,92	3,05
51	102,08	48,27	5,00	2,28	11,27	1,32	5,00	48,02	6,78	8,73
52	83,53	76,62	9,79	5,19	50,44	2,69	10,38	132,17	14,43	15,70
53	122,85	54,78	8,01	3,41	13,27	2,08	9,08	40,90	10,00	6,81
54	27,75	57,75	12,87	4,82	28,81	2,14	16,09	36,53	12,00	24,75
55	19,82	70,01	9,42	4,04	11,25	2,13	32,90	22,85	11,74	5,64
56	14,19	245,77	28,69	14,22	21,44	5,86	36,80	13,78	23,12	-
57	31,47	185,12	12,79	5,60	15,83	2,62	15,18	21,90	11,74	3,86
58	30,03	190,92	14,65	5,84	34,90	3,15	14,74	26,14	13,63	5,84
59	40,91	259,17	27,87	11,70	24,36	6,01	31,89	29,51	25,50	3,31
60	46,37	152,55	15,68	6,26	46,01	3,54	18,39	15,08	16,24	3,66
Ortalama	86,74	68,22	9,84	3,95	16,21	2,12	11,39	39,60	9,89	7,30

Çizelge 4.10'da çalışma alanında her bir PTE için hesaplanan RI değerleri verilmiştir. Çizelge 4.10'da da görüldüğü gibi As, Cd, Pb, Cu ve Ni çalışma alanı için çok yüksek ekolojik risk taşıdığı görülmektedir. Sb, Co ve Zn ise önemli

ekolojik risk oluştuğu görülmektedir. Çalışma alanı için Cr orta düzeyde ekolojik risk oluşturduğu görülürken Mn düşük ekolojik risk taşımaktadır.

Çizelge 4.10. RI değerleri.

As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
5291,0	4093,0	590,1	236,9	972,4	127,5	683,5	2376,0	593,4	438,1

4.2.4. Kirlilik İndeksi ve Kirlilik Yükleme İndeksi

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarla oluşturulan veri seti kirlilik yükü ve kirlilik yükleme indeksi hesaplamaları için kullanılmıştır. Tüm örnekleme noktaları için hesaplanan kirlilik indeksi (PI) değerlerinin yorumlanmasında kullanılan değerlendirme kriterleri Çizelge 4.11'de ve kirlilik yükleme indeksi (PLI) değerlendirme kriterleri de Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kirlilik indeksi değerlendirme kriterleri.

$PI < 1$ Kirlenmemiş
$1 \leq PI < 2$ Potansiyel kirlilik
$2 \leq PI < 3$ Hafif kirlilik
$PI \geq 3$ Ağır kirlilik

Çizelge 4.12. Kirlilik yükleme indeksi değerlendirme kriterleri.

$PLI = 0$ Kirlenmemiş
$0 < PLI \leq 1$ Kirlenmiş
$1 < PLI \leq 2$ Orta derecede kirlenmiş
$2 < PLI \leq 3$ Orta ila yüksek derecede kirlenmiş
$3 < PLI \leq 4$ Yüksek derecede kirlenmiş
$4 < PLI \leq 5$ Çok yüksek derecede kirlenmiş
$PLI > 5$ Aşırı yüksek derecede kirlenmiş

Çizelge 4.13'de örnekleme noktaları için PI değerlendirmesi yapılmış ve her PTE için ortalama PI değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan PI değerlerine göre büyükten küçüğe doğru PTE sıralanışı As, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Mn, Sb, Co ve Cr (sırasıyla 8,82, 7,92, 7,92, 7,42, 3,24, 2,28, 2,27, 2,12, 1,98, 1,97, 1,97) şeklinde belirlenmiştir.

As, Pb, Zn ve Cu için PI değerleri 3'ten büyük olduğu için çalışma alanı bu parametreler açısından aşırı derece kirlilik düzeyinde olduğu görülmektedir. Ni, Cd ve Mn için PI değerleri 2 ile 3 arasında olduğu için çalışma alanı bu parametreler için hafif kirlilik düzeyinde olduğu görülmektedir. Sb, Co ve Cr için PI değerleri ise 1 ile 2 arasında olduğu için çalışma alanının bu parametreler açısından potansiyel kirlilik düzeyinde olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. En yüksek PI değeri As için otopark alanı içinde kalan 4. örnekleme noktasında belirlenirken Pb ve Zn 14. İçin yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanındaki 14. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Cu için en yüksek PI değeri trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda bulunan 52. örnekleme noktasında belirlenmiştir. Konut alanı içinde kalan 59. örnekleme noktasında ise Cd, Mn ve Sb için en yük PI değerleri bulunmuştur. Su kanalı kenarında yoğun trafik alanında kalan 56. örnekleme noktasında Ni, Co ve Cr en yüksek PI değerine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Örnekleme noktalarındaki kirlilik indeksi değerleri.

Örnekleme Noktaları	Pb	As	Zn	Cu	Sb	Co	Cr	Ni	Cd	Mn
1	8,65	17,62	9,11	2,99	2,05	2,14	2,15	2,46	3,75	2,22
2	2,73	16,77	6,78	3,27	1,67	1,67	1,65	1,93	1,86	1,98
3	6,40	14,98	5,56	1,98	1,13	2,91	1,16	1,16	1,44	1,19
4	28,85	19,21	21,88	5,87	2,64	2,67	2,81	3,24	2,71	3,24
5	7,94	16,73	10,36	3,31	2,21	1,60	1,72	1,95	2,06	2,17
6	2,12	13,80	6,46	1,36	1,23	1,27	1,07	1,22	1,27	1,35
7	3,49	14,26	2,11	1,82	2,20	2,99	2,48	3,86	2,15	2,86
8	9,66	11,85	7,35	2,65	1,80	1,68	1,66	1,60	1,72	1,85
9	22,01	9,90	10,59	6,47	2,25	1,60	2,14	1,65	1,77	2,05
10	11,34	3,61	9,61	4,28	1,64	1,40	1,55	1,47	1,61	1,99
11	1,95	5,09	3,20	1,00	1,66	1,69	1,47	1,91	1,59	1,80
12	7,57	1,05	6,29	2,15	1,37	1,26	1,30	1,52	1,51	1,45
13	15,15	1,40	8,92	3,28	1,83	1,69	2,06	1,85	1,81	2,00
14	37,10	2,11	27,75	2,99	1,63	1,34	1,35	1,50	1,35	1,51
15	7,42	1,00	7,36	2,61	1,38	1,19	1,32	1,42	1,65	1,82
16	15,43	1,41	10,60	3,82	1,86	1,31	1,63	1,44	1,46	1,66
17	3,60	3,25	3,25	1,95	1,06	1,09	1,00	1,19	1,36	1,00
18	6,61		4,68	2,18	1,12	1,18	1,29	1,22	1,41	1,29
19	3,51	2,33	3,62	1,95	1,23	1,42	1,30	1,54	1,45	1,42
20	6,52	4,00	5,57	2,67	1,25	1,17	1,30	1,28	1,47	1,36
21	2,54	5,95	4,07	1,57	1,45	1,30	1,43	1,50	1,35	1,56
22	3,82	12,15	3,10	1,47	1,31	1,11	1,14	1,26	2,04	1,44
23	7,57	10,55	9,63	5,24	1,90	1,46	1,38	1,70	1,35	1,68
24	2,18	11,57	3,82	1,58	1,71	1,76	1,40	2,16	1,63	1,76
25	1,98	11,26	5,10	2,74	1,63	1,27	1,48	1,41	1,54	1,57
26	2,44	13,19	3,20	1,42	2,02	2,01	1,87	2,45	1,95	2,10
27	3,34	12,64	2,47	1,30	2,11	2,31	2,36	2,83	2,06	2,19
28	14,02	11,70	14,32	2,32	2,35	1,83	2,21	2,03	2,17	2,14
29	20,21	12,40	10,15	5,83	2,17	1,58	1,78	2,32	1,80	2,08
30	6,30	11,93	7,35	2,26	2,05	1,64	1,85	2,02	1,90	2,00

31	5,27	14,68	9,37	1,72	1,36	1,67	1,36	1,74	1,60	1,66
32	18,25	14,01	3,17	1,47	1,00	1,26	1,05	1,29	1,40	1,21
33	5,82	16,45	4,40	2,19	1,28	1,47	1,47	1,74	1,56	1,58
34	5,98	16,88	9,40	3,99	1,40	1,66	1,66	1,75	1,69	1,65
35	2,57	18,24	6,62	6,29	2,11	1,97	1,83	2,03	2,15	2,19
36	3,98	14,65	6,42	2,49	1,24	1,34	1,16	1,45	1,44	1,39
37	11,44	13,25	9,45	2,69	1,46	1,79	1,44	1,77	1,85	1,58
38	7,51	15,11	9,62	3,49	2,16	1,88	2,15	2,22	1,96	2,44
39	1,88	10,00	4,83	1,62	1,32	1,14	1,30	1,19	1,89	1,43
40	3,61	5,70	4,94	2,13	1,59	1,67	1,50	1,79	1,00	1,79
41	1,00	3,08	4,36	1,72	1,25	1,82	1,15	1,37	1,72	1,32
42	1,01	4,13	3,61	5,92	2,06	2,66	2,23	3,40	1,64	2,45
43	7,94	1,76	10,60	3,49	2,00	1,82	1,93	1,91	2,11	2,20
44	8,31	2,77	7,43	2,82	2,11	2,01	2,10	2,26	2,01	2,18
45	2,93	2,59	1,52	1,70	2,34	2,73	2,60	3,25	2,17	2,51
46	5,36	6,53	1,00	1,40	2,47	2,71	2,47	3,38	2,36	2,73
47	15,25	6,56	10,94	4,68	2,74	2,30	2,81	2,64	2,51	2,67
48	5,36	9,46	7,45	3,79	1,93	2,21	2,00	2,35	1,90	2,10
49	8,31	8,91	7,35	3,31	2,50	2,47	2,50	2,66	2,47	2,64
50	3,58	10,06	3,05	1,72	3,38	2,96	2,73	3,31	3,11	3,48
51	9,60	10,21	8,73	2,25	1,36	1,00	1,14	1,00	1,61	1,32
52	26,43	8,35	15,70	10,09	2,89	1,96	2,59	2,08	2,55	2,69
53	8,18	12,28	6,81	2,65	2,00	1,60	1,70	1,82	1,83	2,08
54	7,31	2,77	24,75	5,76	2,40	2,57	2,41	3,22	1,92	2,14
55	4,57	1,98	5,64	2,25	2,35	1,88	2,02	6,58	2,33	2,13
56	2,76	1,42		4,29	4,62	5,74	7,11	7,36	8,19	5,86
57	4,38	3,15	3,86	3,17	2,35	2,56	2,80	3,04	6,17	2,62
58	5,23	3,00	5,84	6,98	2,73	2,93	2,92	2,95	6,36	3,15
59	5,90	4,09	3,31	4,87	5,10	5,57	5,85	6,38	8,64	6,01
60	3,02	4,64	3,66	9,20	3,25	3,14	3,13	3,68	5,09	3,54
Ortalama	7,92	8,82	7,42	3,24	1,98	1,97	1,97	2,28	2,27	2,12

Çizelge 4.14’de çalışma alanında her bir PTE için hesaplanan PLI değerleri verilmiştir. Çizelge 4.12’de As, Pb ve Zn açısından çalışma alanının aşırı yüksek derecede kirlenmiş olduğu görülmektedir. Çalışma alanı Cu, Ni ve Cd PLI değerlerine göre orta ile yüksek derece kirlilik düzeyinde iken Mn, Sb, Co ve Cr PLI değerlerine göre orta derece kirlilik düzeyindedir.

4.2.5. Kirlilik Yükleme İndeksi (PLI)

Çizelge 4.14. Kirlilik yükleme indeksi.

Pb	As	Zn	Cu	Sb	Co	Cr	Ni	Cd	Mn
5,79	6,65	6,12	2,81	1,86	1,83	1,81	2,05	2,01	1,99

4.3. SAĞLIK MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ

Hem çocuklar hem de yetişkinler için cadde tozundaki PTE'lere maruz kalma nedeniyle kanser dışı ve kanser riskleri EPA yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Cadde tozundaki metallerin sağlık riski hesaplamaları her iki kategori için Çizelge 4.15'de verilmiştir. Hesaplamalarda elde edilen sonuçlarda hem çocuklar için hem de yetişkinler için toplam HI değerleri 1'den küçük olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere çalışma alanında belirgin bir sağlık riski görülmemektedir. Ancak çocuklar için hesaplanan toplam HI değeri yetişkinler için hesaplanan HI değerinin çok üzerinde tespit edilmiştir.

Çocuklar için sağlık risk düzeylerinin maruziyet yollarına göre yutma riski ($7,7E-01$)>dermal risk ($9,4E-02$)>soluma riski ($4,1E-02$) şeklinde olduğu görülmektedir. Yolların çevresinde yaşayan çocuklar tarafından olası toprak yutulması nedeniyle yutma riskinin baskın olduğu düşünülebilir. Bununla birlikte, yetişkinler için sağlık riskleri yutma riski ($8,3E-02$), soluma riski ($2,3E-02$) ve dermal risk ($1,4E-02$) şeklindedir. Tüm ağır metaller için bireysel HQ'lar ve HI'lar 1'den düşük olduğu için cadde tozundaki ağır metallere maruz kalmanın hem çocuklar hem de yetişkinler üzerinde nispeten hafif bir etkisi olduğunu gösteriyor. Ancak bu değerlerin çocuklar ve yetişkinler için oranlarına bakıldığında çocuklar için hesaplanan değerlerin çok yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak her ne kadar limit değerinin altında değerler elde edilmiş olsa da cadde tozu kirliliğinden çocukların daha çok etkilendiği görülmektedir. Cadde tozlarının içeriğinin değerlendirilmesi çevresel kirlilik göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Alireza ve ark., 2022). Dolayısıyla elde edilen bu sonuçlar kentsel sağlık yönetim açısından yapılan değerlendirmelerde önemli bir parametre olarak göz önünde bulundurulabilir. Bu tür çalışmalar çocukların en çok vakitlerini geçirdikleri eğitim tesisleri, parklar ve oyun

alanlarının lokasyonlarının belirlenmesinde şehir plancılara ve yerel yönetim karar verici makamlarına ışık tutacak bilgileri kapsamaktadır. Ayrıca bu tür çalışmalardan elde edilen sonuçlar alanlarının, konut alanlarının, yeşil alanların ve kent planlamasında ulaşım güzergahlarının belirlenmesi gibi uzun vadede kentsel yaşam alanı içinde bulunan tüm canlıları başta sağlık olmak üzere birçok yönden etkileyecek kararların alınmasında şehir planlamasında dikkat edilmesi gereken unsurlar arasında yer alabilir.

Çizelge 4.15. Cadde tozundaki PTE için tehlike katsayıları, tehlike indeksleri ve kanser risk değerleri.

PTE	Çocuk					Yetiş				
	Inh.HQ	Ing.HQ	Derm.HQ	HI= \sum HQ	Kanser Riski (CR)	Inh.HQ	Ing.HQ	Derm.HQ	HI= \sum HQ	Kanser Riski (CR)
Ni	2,0E-07	7,3E-03	7,6E-05	0,00742	3,0E-10	1,1E-07	7,9E-04	1,2E-05	7,98879E-04	6,7E-10
Cd		1,2E-05	3,3E-06	0,00002	1,8E-13		1,3E-06	2,5E-07	1,5E-06	4,0E-13
Co	1,3E-03	1,3E-02	4,7E-05	0,01484	6,3E-09	7,4E-04	1,4E-03	7,2E-06	2,19501E-03	1,4E-08
As		2,3E-04	1,6E-06	0,00023	2,4E-12		2,4E-05	2,4E-07	2,45668E-05	5,5E-12
Cr	2,3E-02	6,3E-01	8,8E-02	0,73953	1,9E-07	1,3E-02	6,7E-02	1,3E-02	9,37070E-02	4,3E-07
Mn	1,7E-02	5,9E-02	4,1E-03	0,07975		9,3E-03	6,3E-03	6,3E-04	1,62748E-02	
Zn	4,9E-07	1,8E-02	2,5E-04	0,01788		2,8E-07	1,9E-03	3,8E-05	1,92756E-03	
Sb		4,3E-06	6,0E-06	0,00001			4,6E-07	9,1E-07	1,36915E-06	
Pb	1,1E-06	3,9E-02	7,2E-04	0,03993		6,2E-07	4,2E-03	1,1E-04	4,31130E-03	
Cu	1,1E-07	8,8E-01	9,8E-06	0,88300		5,9E-08	9,5E-02	1,5E-06	9,5E-02	
Σ	4,1E-02	7,7E-01	9,3E-02	9,0E-01	2,0E-07	2,3E-02	8,2E-02	1,4E-02	1,2E-01	4,4E-07

Cadde tozundaki metallerin solunmasıyla ilişkili yaşam boyu kanser risk değerlendirmesi yapılmıştır. Ni, Cd, Co, As ve Cr için kanser riski değerleri sırasıyla $9,6E-10$, $5,8E-13$, $2,1E-08$, $8,0E-12$, $6,2E-07$ olarak hesaplanmıştır. Kümülatif kanser risk düzeyi $6.4E-07$ olarak belirlenmiştir. Bu elementler için kanser risk değerleri sırası $Cr > Co > Ni > As > Cd$ şeklindedir. Bu kanser risk seviyeleri kabul edilebilir aralığın (10^{-6} – 10^{-4}) altında olduğu için çalışma alanında hayatlarına devam eden insanların soluma yoluyla yol tozuna maruz kalmalarının yaşam boyu belirgin bir kanser riski taşımadığını göstermektedir. Kentsel sağlık yönetimi açısından elde edilen sonuçlar olumsuz olmamasına rağmen uzun vadede geleceğe yönelik tüm riskler göz önünde bulundurulmalı ve mevcut olumlu durumun devamlılığını sağlayacak tedbirler her zaman dikkate alınmalıdır.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Uzun yıllardır ciddi kirliliğe maruz kalan Bağdat sınırları içindeki çalışma alanından toplanan numunelerden elde edilen sonuçlara göre, PTE konsantrasyonları Mn, Zn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, As, Sb ve Cd şeklinde büyükten küçüğe doğru sıralandığı görülmüştür. Sanayi, tarım, konut ve yoğun trafik etkileri farklı alanlarda kendini gösterdiği için örnekleme noktalarında farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Dolayısıyla sanayi faaliyetleri, yoğun trafik, tarımsal faaliyetler ve nüfus yoğunluğunun aktif olduğu bazı örnekleme noktalarında yüksek konsantrasyonlara rastlanmıştır. Örnek toplama zorluğuna rağmen önceden belirlenen 60 örnekleme noktasından 22-23 Mayıs 2022 tarihinde iki gün içinde sanayi, tarım ve yerleşim alanlarından cadde tozu numuneleri toplanmıştır. Cadde tozundaki PTE kirlilik düzeylerinin incelenip değerlendirildiği bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır.

1. Mn konsantrasyonu en yüksek konut alanında bulunurken en düşük değeri meydan alanı içinde kalan yoğun trafik potansiyeline sahip alanda olduğu görülmüştür.
2. Zn konsantrasyonu yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanında en yüksek, en düşük değer ise trafik yoğunluğunun, tarım alanının ve konut sayısının az olduğu alanda görülmüştür.
3. Cr konsantrasyonu su kanalı kenarında yoğun trafik potansiyeline sahip alanda en yüksek iken, meydan alanı içinde yoğun trafik potansiyeline sahip bir alanda ise en düşük değer tespit edilmiştir.
4. En yüksek Co konsantrasyonu su kanalı kenarında yoğun trafik alanında bulunurken kavşakta yeşil alan içinde ve konut alanında ise en düşük değerde belirlenmiştir.
5. Ni konsantrasyonu su kanalı kenarında yoğun trafik alanı içinde kalan alanda en yüksek değerde iken kavşakta yeşil alan içinde ve konut alanında en düşük değerde olduğu görülmüştür.

6. En yüksek Cu konsantrasyonu cadde üzerinde trafik potansiyeline sahip konut alanı ve inşaat faaliyetlerinin olduğu alanda iken en düşük değer ise konut alanında bulunan cami inşaatı içinde belirlenmiştir.
7. Pb konsantrasyonu en yüksek yeşil alan içinde Dicle nehrinin kenarında askeri yerleşim alanında bulunurken konut alanı içinde ise en düşük değerdedir.
8. As konsantrasyonunun en yüksek otoparkta olduğu görülürken en düşük trafik potansiyeli olan ticarethane ve hastanenin bulunduğu konut alanı içinde kalan alanda belirlenmiştir.
9. Sb konsantrasyonu en yüksek konut alanı içinde iken yoğun trafik potansiyeline sahip meydan alanı içinde ise en düşük seviyede tespit edilmiştir.
10. En yüksek ve en düşük Cd konsantrasyonu konut alanı içinde görülmüştür.
11. Çalışma alanında Zn en yüksek zenginleştirme değerine sahip olduğu için çalışma alanının diğer PTE'lere göre Zn açısından aşırı derecede kirli olduğu söylenebilir. Diğer PTE'ler ise düşük zenginleştirme faktörü değerine sahiptir.
12. Çalışma alanı As ve Zn açısından orta ile ağır derece kirlilik düzeyinde, Pb açısından orta derece kirlilik düzeyinde ve diğer PTE'ler açısından ise kirlenmemiş ile orta derecede kirlilik düzeyinde olduğu görülmüştür.
13. As ve Cd için ortalama ERI değerleri incelendiğinde çalışma alanının sırasıyla yüksek düzeyde potansiyel ekolojik risk, önemli düzeyde potansiyel ekolojik risk ve orta düzeyde potansiyel ekolojik risk değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Pb, Cu, Ni, Sb, Co, Zn, Cr ve Mn için ortalama ERI değerlerine çalışma alanı düşük düzeyde potansiyel ekolojik riskte olduğu dikkati çekmiştir.
14. As, Cd, Pb, Cu ve Ni çalışma alanı için çok yüksek ekolojik risk taşıdığı görülmüştür. Sb, Co ve Zn için ise önemli ekolojik risk oluştuğu anlaşılmıştır. Çalışma alanı içinde Cr'nin orta düzeyde ekolojik risk oluşturduğu görülürken Mn'nin düşük ekolojik risk taşıdığı belirlenmiştir.
15. PI değeri açısından As, Pb, Zn ve Cu için çalışma alanının aşırı derece kirlilik düzeyinde olduğu görülmüştür. Ni, Cd ve Mn parametreleri için çalışma

- alanının hafif kirlilik düzeyinde olduğu görülmüştür. Sb, Co ve Cr için çalışma alanının potansiyel kirlilik düzeyinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
16. Çocuklar için sağlık risk düzeylerinin maruziyet yollarına göre sıralaması yutma riski > dermal risk > soluma riski şeklinde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, yetişkinler için sağlık riskleri yutma riski > soluma riski > dermal risk şeklindedir.
 17. Cadde tozundaki tüm PTE'lere maruz kalmanın yetişkinler üzerinde çocuklara nispeten hafif bir etkisi olduğunu görülmüştür.
 18. Kanser risk seviyeleri kabul edilebilir aralığın ($10E-6$ – $10E-4$) altında olduğu için çalışma alanında insanların soluma yoluyla cadde tozuna maruz kalmalarının yaşam boyu belirgin bir kanser riski taşımadığını göstermiştir.
 19. Kent sağlığı yönetimi açısından sağlık riskini azaltmak için insanların doğrudan maruz kaldığı kirlenici kaynaklarının belirlenmesi, etkilerinin azaltılması ve halkın hava kirliliği konusunda bilinçlendirilmesi önemli konulardır. Bu alanlarda kent karar mekanizmaları ile ortak programlar yürütülmesi sağlık yönetimine katkı sunabilir.
 20. Herkesin kullandığı sosyal alanlarda toz dağılımını azaltmak için genel temizlik faaliyetlerinin yanı sıra şehir planlamada yeşil planlama uygulamalarına ağırlık verilmesinin kirlilik seviyesinin azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
 21. Özellikle yerel yönetimler açısından şehirlerin kirlilik profilinin oluşturulması kent sağlığı ve çevre yönetimi açısından faydalı bir çalışma olacaktır. Bu tür çalışmalarda coğrafi bilgi sistemi uygulamalarının kullanılması sorunlar ve çözümler için tespit, kontrol ve karar verme süreçlerine katkı sunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdallah, M. E., Elshama, S. S., ve Abdel-Karim, R. I. Zinc oxide nanoparticles: therapeutic benefits and toxicological hazards. *The Open Nanomedicine Journal*, 5(1) (2018).

Abdul, K. S. M., Jayasinghe, S. S., Chandana, E. P., Jayasumana, C., ve De Silva, P. M. C. Arsenic and human health effects: A review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 40(3), 828-846 (2015).

Abe, Y., Harimoto, R., Kikugawa, T., Yazawa, K., Nishisaka, A., Kawai, N., Yoshimura, S., ve Nakai, I., "Transition in the use of cobalt-blue colorant in the New Kingdom of Egypt", *Journal Of Archaeological Science*, 39 (6): 1793–1808 (2012).

Acosta, J. A., Faz, A., Martínez-Martínez, S., ve Arocena, J. M., "Enrichment of metals in soils subjected to different land uses in a typical Mediterranean environment (Murcia City, southeast Spain)", *Applied Geochemistry*, 26 (3): 405–414 (2011).

Adesiyan, I. M., Bisi-Johnson, M., Aladesanmi, O. T., Okoh, A. I., ve Ogunfowokan, A. O. Concentrations and human health risk of heavy metals in rivers in Southwest Nigeria. *Journal of Health and pollution*, 8(19) (2018).

Affourtit, F., Bakker, M., ve Pronk, M., "Human health risk assessment of aluminium", 25–26 (2020).

Aflood, A. ve Al-jumaily, H. A. A., "ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY AND ASSESSMENT OF POLLUTION BY VANADIUM IN TOP SOIL OF Iraqi Geological Journal Aflood and Al-Jumaily", 53: 74–95 (2020).

Aguilera, A., Bautista, F., Gutiérrez-Ruiz, M., Cenicerós-Gómez, A. E., Cejudo, R., ve Goguitchaichvili, A., "Heavy metal pollution of street dust in the largest city of Mexico, sources and health risk assessment", *Environmental Monitoring And Assessment*, 193 (4): (2021).

Al-Mahaqeri, A., "Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Fish Species Collected from Catchments of Former Tin Mining", *International Journal Of Research Studies In Science, Engineering And Technology*, 2 (4): 9–21 (2015).

Amutha Rani, D., Boccaccini, A. R., Deegan, D., ve Cheeseman, C. R., "Air pollution control residues from waste incineration: Current UK situation and assessment of alternative technologies", *Waste Management*, 28 (11): 2279–2292 (2008).

Azarov, V. N., Sakharova, A. A., Lupinogin, V. V., Evtushenko, A. I., ve Nikolenko, M. A., "Analysis of the chemical composition of dust particles in the warehouse of building materials", *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 537 (6): (2019).

Amato, F., Pandolfi, M., Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., ve Moreno, T., "Spatial and chemical patterns of PM10 in road dust deposited in urban environment", *Atmospheric Environment*, 43 (9): 1650–1659 (2009).

Amutha Rani, D., Boccaccini, A. R., Deegan, D., ve Cheeseman, C. R., "Air pollution control residues from waste incineration: Current UK situation and assessment of alternative technologies", *Waste Management*, 28 (11): 2279–2292 (2008).

Ali, M. U., Liu, G., Yousaf, B., Abbas, Q., Ullah, H., Munir, M. A. M., ve Fu, B., "Pollution characteristics and human health risks of potentially (eco)toxic elements (PTEs) in road dust from metropolitan area of Hefei, China", *Chemosphere*, 181: 111–121 (2017).

Ahmad, H. R., Mehmood, K., Sardar, M. F., Maqsood, M. A., Zia, M., Rehman, U., Zhu, C., ve Li, H., "Human and Ecological Risk Assessment: An International Integrated risk assessment of potentially toxic elements and particle pollution in urban road dust of megacity of Pakistan and particle pollution in urban road dust of megacity", *Human And Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 0 (0): 1–22 (2019).

Ahmad, H. R., Mehmood, K., Sardar, M. F., Maqsood, M. A., Zia, M., Rehman, U., Zhu, C., ve Li, H., "Human and Ecological Risk Assessment: An International Integrated risk assessment of potentially toxic elements and particle pollution in urban road dust of megacity of Pakistan and particle pollution in urban road dust of megacity", *Human And Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 0 (0): 1–22 (2019).

Avram, O. R., Caragea, G., ve Varzaru, C. A. Copper and its role in the human body—the importance of establishing copper concentrations in the body. *Romanian Journal of*, 124(2), 25 (2021).

Ayotte, J. D., Medalie, L., Qi, S. L., Backer, L. C., ve Nolan, B. T. Estimating the high-arsenic domestic-well population in the conterminous United States. *Environmental science & technology*, 51(21), 12443-1245 (2017).

Baby, J., Raj, J., Biby, E., Sankarganesh, P., Jeevitha, M., Ajisha, S., ve Rajan, S., "Toxic effect of heavy metals on aquatic environment", *International Journal Of Biological And Chemical Sciences*, 4 (4): 939–952 (2011).

Barbosh, M., Singh, P., ve Sadhu, A., "Empirical mode decomposition and its variants: A review with applications in structural health monitoring", *Smart Materials And Structures*, 29 (9): (2020).

Bartholomew, C. J., Li, N., Li, Y., Dai, W., Nibagwire, D., ve Guo, T., "Characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dust for children in Jinhua, China", *Environmental Science And Pollution Research*, 27 (5): 5042–5055 (2020) .

Beeman, J. W., Bellini, F., Cardani, L., Casali, N., Di Domizio, S., Fiorini, E., Gironi, L., Nagorny, S. S., Nisi, S., Orio, F., Pattavina, L., Pessina, G., Piperno, G., Pirro, S., Previtali, E., Rusconi, C., Tomei, C., ve Vignati, M., "New experimental limits on the α decays of lead isotopes", *European Physical Journal A*, 49 (4): 1–7 (2013).

Bhattacharya, P., Welch, A. H., Stollenwerk, K. G., McLaughlin, M. J., Bundschuh, J., ve Panaullah, G. Arsenic in the environment: biology and chemistry. *Science of the total environment*, 379(2-3), 109-120 (2007).

Bhowmick, S., Pramanik, S., Singh, P., Mondal, P., Chatterjee, D., ve Nriagu, J. Arsenic in groundwater of West Bengal, India: a review of human health risks and assessment of possible intervention options. *Science of the Total Environment*, 612, 148-169 (2018).

Briffa, J., E. Sinagra, and R. Blundell. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*. 6 (9):1–26. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04691 (2020).

Bundy, R. M., Tagliabue, A., Hawco, N. J., Morton, P. L., Twining, B. S., Hatta, M., Noble, A. E., Cape, M. R., John, S. G., Cullen, J. T., ve Saito, M. A., "Elevated sources of cobalt in the Arctic Ocean", *Biogeosciences*, 17 (19): 4745–4767 (2020).

Bundy, R. M., Tagliabue, A., Hawco, N. J., Morton, P. L., Twining, B. S., Hatta, M., Noble, A. E., Cape, M. R., John, S. G., Cullen, J. T., ve Saito, M. A., "Elevated sources of cobalt in the Arctic Ocean", *Biogeosciences*, 17 (19): 4745–4767 (2020).

Bundy, R. M., Tagliabue, A., Hawco, N. J., Morton, P. L., Twining, B. S., Hatta, M., Noble, A. E., Cape, M. R., John, S. G., Cullen, J. T., ve Saito, M. A., "Elevated sources of cobalt in the Arctic Ocean", *Biogeosciences*, 17 (19): 4745–4767 (2020).

Biswas, A., Swain, S., Chowdhury, N. R., Joardar, M., Das, A., Mukherjee, M., ve Roychowdhury, T. Arsenic contamination in Kolkata metropolitan city: perspective of transportation of agricultural products from arsenic-endemic areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22929-22944 (2019).

Bolland, M. J. ve Grey, A., "A comparison of adverse event and fracture efficacy data for strontium ranelate in regulatory documents and the publication record", *BMJ Open*, 4 (10): 1–8 (2014).

Carslaw, K., Fuzzi, S., Baltensperger, U., Decesari, S., Denier van der Gon, H., Facchini, M. C., ... ve Gilardoni, S "Particulate matter, air quality, and climate: lessons learned and future needs", *Atmospheric chemistry and physics*, 15(14), page 8217-8299 (2015).

Castillo-Nava, D., Elias-Santos, M., López-Chuken, U. J., Valdés-González, A., de la Riva-Solís, L. G., Vargas-Pérez, M. P., Galán-Wong, L. J., ve Luna-Olvera, H. A., "Heavy metals (lead, cadmium and zinc) from street dust in Monterrey, Mexico: ecological risk index", *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 17 (6): 3231–3240 (2020).

Chasapis, C. T., Spiliopoulou, C. A., Loutsidou, A. C., ve Stefanidou, M. E., "Zinc and human health: An update", *Archives Of Toxicology*, 86 (4): 521–534 (2012).

Chasapis, C. T., Ntoupa, P. S. A., Spiliopoulou, C. A., ve Stefanidou, M. E., "Recent aspects of the effects of zinc on human health", *Archives Of Toxicology*, 94 (5): 1443–1460 (2020).

Chen, J., Zhu, C., Xu, C., Wei, M., Li, J., Lv, G., ... ve Mellouki, A. "Fungi diversity in PM2.5 and PM1 at the summit of Mt. Tai: abundance, size distribution, and seasonal variation", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(18), page 11247-11260 (2017).

Choudhary MP & Garg V, "Causes, Consequences and Control of Air Pollution", *Control Of Air Pollution*, 1 (t 2013): (2013).

Chen, P., Bornhorst, J., ve Aschner, M. A. Manganese metabolism in humans (2018).

Cima, F., "Tin: Environmental pollution and health effects", *Encyclopedia Of Environmental Health*, 10, page 351-359 (2011).

Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., ve Pan, Y., "Adverse health effects of outdoor air pollutants", *Environment International*, 32 (6): 815–830 (2006).

Costs, B. C., Across, S., Decades, T., Crowe, E., Mills, E., Poeling, T., Curtin, C., Fischer, L., ve Granderson, J., "Version of Record: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778819319553> © 2020 published by Elsevier . This manuscript is made available under the Elsevier user license", 1–17 (2020).

Daly, A. ve Zannetti, P., "An Introduction to Air Pollution – Definitions , Classifications , and History", *Science And Technology*, 1–14 (2007).

Damgaard, A., Riber, C., Fruergaard, T., Hulgaard, T., ve Christensen, T. H., "Life-cycle-assessment of the historical development of air pollution control and energy recovery in waste incineration", *Waste Management*, 30 (7): 1244–1250 (2010).

Davy, P. K., Ancelet, T., Trompetter, W. J., Markwitz, A., ve Weatherburn, D. C., "Composition and source contributions of air particulate matter pollution in a New Zealand suburban town", *Atmospheric Pollution Research*, 3 (1): 143–147 (2012).

Delibašić, Š., Đokić-kahvedžić, N., Karić, M., Keskin, I., Velispahić, A., Huremović, J., Herceg, K., Selimović, A., Silajdžić, S., Žero, S., Gojak-salimović, S., Partić, A., Velispahić, A., Huremović, J., Herceg, K., Selimović, A., ve Silajdžić, S., "Human

and Ecological Risk Assessment : An International Health risk assessment of heavy metal contamination in street dust of federation of Bosnia and Herzegovina", *Human And Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 0 (0): 1–13 (2020).

Diami, S. M., Kusin, F. M., ve Madzin, Z., "Potential ecological and human health risks of heavy metals in surface soils associated with iron ore mining in Pahang, Malaysia", *Environmental Science And Pollution Research*, 23 (20): 21086–21097 (2016).

Dong, J., Yuan, X. A., Yan, Z., Mu, L., Ma, J., Zhu, C., ve Xie, J. Manganese-catalysed divergent silylation of alkenes. *Nature Chemistry*, 13(2), 182-190 (2021).

Douglas, G., d'Haese, P. C., Verhulst, A., Neven, E., Behets, G. J., Vervaet, B. A., ... ve Spears, B. Human health risk associated with the management of phosphorus in freshwaters using lanthanum and aluminium. *Chemosphere*, 220, 286-299 (2019).

Dytłow, S., ve Górk-Kostrubiec, B. Concentration of heavy metals in street dust: an implication of using different geochemical background data in estimating the level of heavy metal pollution. *Environmental geochemistry and health*, 43(1), page 521-535 (2021).

Elements, K. T. ve Health, H., "Sousa et al., 2019 Review Trace elements in human health", (3): (2019).

EPA, U. S. *Risk assessment guidance for superfund. Volume I: human health evaluation manual (part a)*. EPA/540/1-89/002, (1989)

Fan, P., Lu, X., Yu, B., Fan, X., Wang, L., Lei, K., ve Yang, Y., "Spatial distribution , risk estimation and source apportionment of potentially toxic metal (loid) s in resuspended megacity street dust", 160: (2022).

Fang, J., Lang, M., Ye, X., Zhang, W., ve Zhu, K., "Non-isothermal crystallization behavior of polypropylene/zinc oxide composites", *Science And Engineering Of Composite Materials*, 23 (5): 505–510 (2016).

Gangwar, C., Choudhari, R., Chauhan, A., Kumar, A., Singh, A., ve Tripathi, A., "Assessment of air pollution caused by illegal e-waste burning to evaluate the human health risk", *Environment International*, 125 (November 2018): 191–199 (2019).

Garelick, H., Jones, H., Dybowska, A., ve Valsami-Jones, E. Arsenic pollution sources. *Reviews of Environmental Contamination Volume* 197, 17-60 (2009).

Gharagozloo, M., Kalantari, H., Rezaei, A., Maracy, M. R., Salehi, M., Bahador, A., Hassannejad, N., Narimani, M., Sanei, M. H., Bayat, B., ve Ghazanfari, H., "CLINICAL STUDY Immune-mediated cochleovestibular disease", *Bratislavsk?? Lek??rske Listy*, 116 (5): 296–301 (2015).

Giannadaki, D., Giannakis, E., Pozzer, A., ve Lelieveld, J., "Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture", *Science Of The*

Total Environment, 622–623: 1304–1316 (2018).

Gilbert, K. J. "Aluminum Alloy and Temper Designation Systems of the Aluminum Association", *Introduction to Aluminum Alloys and Tempers*, page 9-22 (2013)

Gupta, V., Bisht, L., Deep, A., ve Gautam, S., "Spatial distribution , pollution levels , and risk assessment of potentially toxic metals in road dust from major tourist city , Dehradun ,", *Stochastic Environmental Research And Risk Assessment*, 36 (10): 3517–3533 (2022).

Håkanson, R., Alumets, J., Ehinger, B., Uddman, R., Loren, I., ve Sundler, F. Vasoactive intestinal peptide nerves in ocular and orbital structures of the cat. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 19(8), page 878-885 (1980).

Han, Y., Liu, X., Zhao, G., Lü, B., ve Chen, Q., "Magnetic monitoring of topsoil and street dust in Xinyang (China) and their environmental implications", *Environmental Monitoring And Assessment*, 193 (9): (2021).

Heidari, M., Darijani, T., ve Alipour, V., "Chemosphere Heavy metal pollution of road dust in a city and its highly polluted suburb ; quantitative source apportionment and source-specific ecological and health risk assessment", *Chemosphere*, 273: 129656 (2021).

Hill, M. K. Understanding Environmental Pollution, *Cambridge University Press. New York*, 534 (2010).

Hristozov, D., Pizzol, L., Basei, G., Zabeo, A., Mackevica, A., Hansen, S. F., Gosens, I., Cassee, F. R., de Jong, W., Koivisto, A. J., Neubauer, N., Sanchez Jimenez, A., Semenzin, E., Subramanian, V., Fransman, W., Jensen, K. A.,

Hu, R., Xie, J., Wu, S., ve Yang, C., "Study of Toxicity Assessment of Heavy Metals from Steel Slag and Its Asphalt Mixture", (2020).

Idris, A. M., Alqahtani, F. M. S., Said, T. O., ve Fawy, K. F., "Contamination level and risk assessment of heavy metal deposited in street dusts in Khamees-Mushait city, Saudi Arabia", *Human And Ecological Risk Assessment*, 26 (2): 495–511 (2020).

Ignatov, I., "Effects of Calcium , Magnesium , Zinc and Manganese in Water on Biophysical and Biochemical Processes in the Human Body", 25: 45–63 (2016).

Islam, S., Ahmed, K., ve Al-Mamun, H., "Distribution of trace elements in different soils and risk assessment: A case study for the urbanized area in Bangladesh", *Journal Of Geochemical Exploration*, 158: 212–222 (2015).

International Agency for Research on Cancer, and World Health Organization. "A review of human carcinogens." (2012).

Jeong, H., Choi, J. Y., Lee, J., Lim, J., ve Ra, K., "Heavy metal pollution by road-deposited sediments and its contribution to total suspended solids in rainfall runoff

from intensive industrial areas", *Environmental Pollution*, 265: 115028 (2020).

Jeong, H. ve Ra, K., "Source apportionment and health risk assessment for potentially toxic elements in size - fractionated road dust in Busan Metropolitan City , Korea", *Environmental Monitoring And Assessment*, (2022).

Jeong, H., Choi, J. Y., Lim, J., ve Ra, K., "Pollution Caused by Potentially Toxic Elements Present in Road Dust from Industrial Areas in Korea", 1–16 (2020).

Jeong, H., Ryu, J., ve Ra, K., "Characteristics of potentially toxic elements and multi-isotope signatures (Cu , Zn , Pb) in non-exhaust traffic emission sources ☆", *Environmental Pollution*, 292 (PA): 118339 (2022).

Jeong, H., Choi, J. Y., Lee, J., Lim, J., ve Ra, K., "Heavy metal pollution by road-deposited sediments and its contribution to total suspended solids in rainfall runoff from intensive industrial areas", *Environmental Pollution*, 265: 115028 (2020).

Jia, H., Zhang, X., Xu, Y., Zou, L., Kim, J. M., Gao, P., Engelhard, M. H., Li, Q., Niu, C., Matthews, B. E., Lemmon, T. L., Hu, J., Wang, C., ve Xu, W., "Toward the Practical Use of Cobalt-Free Lithium-Ion Batteries by an Advanced Ether-Based Electrolyte", *ACS Applied Materials And Interfaces*, 13 (37): 44339–44347 (2021).

John Wiley. "Cadmium and Cadmium Alloys", *Kirk Ottmer Encyclopedia of Chemical Technology*, page 1-36 (2010).

Jurewicz, J., Dziewirska, E., Radwan, M., ve Hanke, W., "Air pollution from natural and anthropic sources and male fertility", *Reproductive Biology And Endocrinology*, 16 (1): (2018).

Kampa, M. ve Castanas, E., "Human health effects of air pollution", *Environmental Pollution*, 151 (2): 362–367 (2008).

Kaufman, J. G., "Introduction to Aluminum Alloys and Tempers; ASM International", 242 (2000).

Keshavarzi, B., Tazarvi, Z., Rajabzadeh, M. A., ve Najmeddin, A., "Chemical speciation, human health risk assessment and pollution level of selected heavy metals in urban street dust of Shiraz, Iran", *Atmospheric Environment, Elsevier Ltd*, 1-10 (2015).

Khademi, H., Gabarrón, M., Abbaspour, A., Martínez-Martínez, S., Faz, A., ve Acosta, J. A., "Environmental impact assessment of industrial activities on heavy metals distribution in street dust and soil", *Chemosphere, Elsevier Ltd*, 695-705 (2019).

Khallaf, M. K., "The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources", *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*, (2012).

Khademi, H., Gabarrón, M., Abbaspour, A., Martínez-Martínez, S., Faz, A., ve Acosta, J. A., "Environmental impact assessment of industrial activities on heavy metals distribution in street dust and soil", *Chemosphere*, 217: 695–705 (2019).

Khurshid, C. A., Mahdi, K., Ahmed, O. I., Osman, R., ve Rahman, M., "Assessment of Potentially Toxic Elements in the Urban Soil and Plants of Kirkuk City in Iraq", 1–16 (2022).

Kim, D., Chen, Z., Zhou, L., ve Huang, S., "Air pollutants and early origins of respiratory diseases", *Chronic Diseases And Translational Medicine*, 4 (2): 75–94 (2018).

Kim, N. H., Mason, C. C., Nelson, R. G., Afton, S. E., Essader, A. S., Medlin, J. E., ... ve Sandler, D. P. Arsenic exposure and incidence of type 2 diabetes in Southwestern American Indians. *American journal of epidemiology*, 177(9), 962-969 (2013).

Knight, Mark W., et al. "Aluminum for plasmonics." *ACS nano* 8.1: 834-840 (2014).

Kortoci, P., N. H. Motlagh, M. A. Zaidan, P. L. Fung, S. Varjonen, A. Rebeiro-Hargrave, J. V. Niemi, P. Nurmi, T. Hussein, T. Petaja, et al. Air pollution exposure monitoring using portable low-cost air quality sensors. *Smart Health* 23:100241 (2022).

Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., Bell, M., Norford, L., ve Britter, R., "The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities", *Environment International*, 75: 199–205 (2015).

Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., Bell, M., Norford, L., ve Britter, R., "The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities", *Environment International*, 75: 199–205 (2015).

Langer, R., Iron, M. A., Konstantinovski, L., Diskin-Posner, Y., Leitus, G., Ben-David, Y., ve Milstein, D., "Iron borohydride pincer complexes for the efficient hydrogenation of ketones under mild, base-free conditions: Synthesis and mechanistic insight", *Chemistry - A European Journal*, 18 (23): 7196–7209 (2012).

Leikauf, G. D., "Hazardous air pollutants and asthma.", *Environmental Health Perspectives*, 110 Suppl (November 2001): 505–526 (2002).

Li, X., Poon, C. S., ve Liu, P. S., "Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong", *Applied Geochemistry*, 16 (11–12): 1361–1368 (2001).

Lin, H. J., Sung, T. I., Chen, C. Y., ve Guo, H. R., "Arsenic levels in drinking water and mortality of liver cancer in Taiwan", *Journal Of Hazardous Materials*, 262: 1132–1138 (2013).

Liu, X., Song, Q., Tang, Y., Li, W., Xu, J., Wu, J., Wang, F., ve Brookes, P. C., "Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: A multi-medium analysis", *Science Of The Total Environment*, 463–464: 530–540 (2013).

Li, J., Zheng, B. H., He, Y., Zhou, Y., Chen, X., Ruan, S., Yang, Y., Dai, C., ve Tang, L., "Antimony contamination, consequences and removal techniques: A review", *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 156 (November 2017): 125–134 (2018).

Londerville, S., Colannino, J., ve Baukal, C. E., "Combustion fundamentals", The John Zink Hamworthy Combustion Handbook, Second Edition: Volume 1 - Fundamentals, 79-124 (2012).

Longo, B. M., Yang, W., Green, J. B., Crosby, F. L., ve Crosby, V. L., "Acute health effects associated with exposure to volcanic air pollution (VOG) from increased activity at kilauea volcano in 2008", *Journal Of Toxicology And Environmental Health - Part A: Current Issues*, 73 (20): 1370–1381 (2010).

Lyles, M. B., Fredrickson, H. L., Bednar, A. J., Fannin, H. B., Sobecki, T. M., ve Griffin, D. W., "Medical geology: Dust exposure and potential health risks in the middle east", *34th International Symposium On Remote Sensing Of Environment - The GEOSS Era: Towards Operational Environmental Monitoring*, 10 (1): 1–4 (2011).

Ma, L., Abuduwaili, J., ve Liu, W., "Spatial Distribution and Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements in Surface Soils of Bosten Lake Basin , Central Asia", (2019).

Mahamadsaidovich, X. Y. *International organizations aimed at environmental conservation. Am. J. Appl. Sci.* 3 (2):105–10 (2022).

Mahurpawar, M., "Effects of Heavy Metals on Human Health", *International Journal Of Research - GRANTHAALAYAH*, 3 (9SE): 1–7 (2015).

Matta, G. ve Gjyli, L., "Mercury, lead and arsenic: Impact on environment and human health", *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Sciences*, 9 (2): 718–725 (2016).

Marjovvi, A., Soleimani, M., Mirghaffari, N., Karimzadeh, H., ve Yuan, Y., "Monitoring , Source Identification and Environmental Risk of Potentially Toxic Elements of Dust in Isfahan Province , Central Iran", *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 108 (5): 901–908 (2022).

Matt Williams. What causes air pollution?", *www.phys.org*, Retrieved 10-2-2020. Edited, Pag 6-13 (2020)."

Medunić, G., Fiket, Ž., ve Ivanić, M., "Arsenic Contamination Status in Europe, Australia, and Other Parts of the World", *Arsenic in Drinking Water and Food*, 183-233 (2020).

Men, C., Liu, R., Xu, F., Wang, Q., Guo, L., ve Shen, Z., "Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing,

China", *Science Of The Total Environment*, 612: 138–147 (2018).

Mert, C. ve Kobya, Y., "Geoderma Regional Spatial characteristics of ecological and health risks of toxic heavy metal pollution from road dust in the Black Sea coast of Turkey", *Geoderma Regional*, 25: e00388 (2021).

Mombo, S., Foucault, Y., Deola, F., Gaillard, I., Goix, S., Shahid, M., Schreck, E., Pierart, A., ve Dumat, C., "Management of human health risk in the context of kitchen gardens polluted by lead and cadmium near a lead recycling company", *Journal Of Soils And Sediments*, 16 (4): 1214–1224 (2016).

Mueller, W., Cowie, H., Horwell, C. J., Hurley, F., ve Baxter, P. J., "Health Impact Assessment of Volcanic Ash Inhalation: A Comparison With Outdoor Air Pollution Methods", *GeoHealth*, 4 (7): (2020).

Müller, F. L., Cyster, L. F., Raitt, L. M., ve Aalbers, J., "The effects of tin (Sn) additions on the growth of spinach plants", *Phyton-International Journal Of Experimental Botany*, 84 (2): 461–465 (2015).

Naseri, K., Salmani, F., Zeinali, M., ve Zeinali, T., "Health risk assessment of Cd , Cr , Cu , Ni and Pb in the muscle , liver and gizzard of hen ' s marketed in East of Iran", *Toxicology Reports*, 8: 53–59 (2021).

Negral, L., Suárez-Peña, B., Zapico, E., Fernández-Nava, Y., Megido, L., Moreno, J., ... ve Castrillón, L. Anthropogenic and meteorological influences on PM10 metal/semi-metal concentrations: Implications for human health. *Chemosphere*, 243, 125347 (2020).

Nuhoglu, Y., Yazıcı, M., Nuhoglu, C., Kuzu, S. L., Osmanlioğlu, A. E., ve Kam, E., "Distribution of Trace Metals in Street Dusts and Tree Leaves and Their Source Identification in a Mid-Populated Anatolian City", *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 105 (1): 103–110 (2020).

Pandey, V. C., Singh, J. S., Kumar, A., ve Tewari, D. D., "Accumulation of Heavy Metals by Chickpea Grown in Fly Ash Treated Soil: Effect on Antioxidants", *Clean - Soil, Air, Water*, 38 (12): 1116–1123 (2010).

Pernet-Fisher, J. F., Day, J. M. D., Howarth, G. H., Ryabov, V. V., ve Taylor, L. A., "Atmospheric outgassing and native-iron formation during carbonaceous sediment–basalt melt interactions", *Earth And Planetary Science Letters*, 460: 201–212 (2017).

Pain, W., Laparoscopic, A., ve Study, P., "Wound Pain After Laparoscopic Operations in Infertile Women : A", 59 (7): 508–527 (2004).

Pan, J., Shang, Y., Yin, J., De Bastiani, M., Peng, W., Dursun, I., Sinatra, L., El-Zohry, A. M., Hedhili, M. N., Emwas, A. H., Mohammed, O. F., Ning, Z., ve Bakr, O. M., "Bidentate Ligand-Passivated CsPbI₃ Perovskite Nanocrystals for Stable Near-Unity Photoluminescence Quantum Yield and Efficient Red Light-Emitting

- Diodes", *Journal Of The American Chemical Society*, 140 (2): 562–565 (2018).
- Pan, J., Plant, J. A., Voulvoulis, N., Oates, C. J., ve Ihlenfeld, C., "Cadmium levels in Europe: implications for human health.", *Environmental Geochemistry And Health*, 32 (1): 1–12 (2010).
- Podgorski, J. ve Berg, M., "Global threat of arsenic in groundwater", *Science*, 368 (6493): 845–850 (2020).
- Popa, R. A., Popa, D. C., Mărginean, G. E., Suci, G., Bălănescu, M., Paștea, D., Vulpe, A., Vochin, M., ve Drăgulinescu, A. M., "Hybrid platform for assessing air pollutants released from animal husbandry activities for sustainable livestock agriculture", *Sustainability (Switzerland)*, 13 (17): (2021).
- Poschenrieder, C., Gunsé, B., Corrales, I., ve Barceló, J., "A glance into aluminum toxicity and resistance in plants", *Science Of The Total Environment*, 400 (1–3): 356–368 (2008).
- Prasad, A. S., "Zinc in Humans: Health Disorders and Therapeutic Effects", *Микроэлементы В Медицине*, 15 (1): 3–12 (2014).
- Rafindadi, A. A., Yusof, Z., Zaman, K., Kyophilavong, P., ve Akhmat, G., "The relationship between air pollution, fossil fuel energy consumption, and water resources in the panel of selected Asia-Pacific countries", *Environmental Science And Pollution Research*, 21 (19): 11395–11400 (2014).
- Rahman, M. A., Hashem, M. A., Rana, M. S., ve Islam, M. R., "Manganese in potable water of nine districts, Bangladesh: human health risk", *Environmental Science And Pollution Research*, 28 (33): 45663–45675 (2021).
- Ramírez, O., de la Campa, A. M. S., Sánchez-Rodas, D., ve Jesús, D. Hazardous trace elements in thoracic fraction of airborne particulate matter: Assessment of temporal variations, sources, and health risks in a megacity. *Science of the Total Environment*, 710, 136344 (2020).
- Ramírez, Omar, et al. "Hazardous trace elements in thoracic fraction of airborne particulate matter: Assessment of temporal variations, sources, and health risks in a megacity." *Science of the Total Environment* 710: 136344 (2020).
- Reid, J. S., Jonsson, H. H., Maring, H. B., Smirnov, A., Savoie, D. L., Cliff, S. S., Reid, E. A., Livingston, J. M., Meier, M. M., Dubovik, O., ve Tsay, S. C., "Comparison of size and morphological measurements of coarse mode dust particles from Africa", *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 108 (19): (2003).
- Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M. H., Bashir, S., Ullah, S., ve Peng, D., "Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review", *Environmental Science And Pollution Research*, 26 (18): 18003–18016 (2019).

Roe, F. J. (1995). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry, volume 58: *International Agency for Research on Cancer, Lyon, France*, (ISBN 92 832 1258 4.) 444 pp. Price Sw. fr. 75.00 (1993) "Inorganic and organic lead compounds.", *IARC Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans / World Health Organization, International Agency For Research On Cancer*, 87: 1–471 (2006).

Roy, S. ve Gupta, S. K., "Ecological and human health risk assessment of heavy metal contamination in road dust in the National Capital Territory (NCT) of Delhi , India", (2019).

Rudnick, R. L., & Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. *Treatise Geochem*, 3, 1–64.

Safiur Rahman, M., Khan, M. D. H., Jolly, Y. N., Kabir, J., Akter, S., ve Salam, A., "Assessing risk to human health for heavy metal contamination through street dust in the Southeast Asian Megacity: Dhaka, Bangladesh", *Science Of The Total Environment*, 660: 1610–1622 (2019).

Saleem, H. D. ve Taher, A. J., "Ecological and Health Risk Assessment of Some Heavy Metals in Natural and Powdered Milk for the Baby and Their Foods Available for Consumption in AL-Amirah City – Iraq", 26 (1): 3128–3134 (2022).

Savory, C. N. ve Scanlon, D. O., "The complex defect chemistry of antimony selenide", *Journal Of Materials Chemistry A*, 7 (17): 10739–10744 (2019).

Sezgin, N., Ozcan, H. K., Demir, G., Nemlioglu, S., ve Bayat, C., "Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway", *Environment International*, 29 (7): 979–985 (2004).

Suryawanshi, P. V., Rajaram, B. S., Bhanarkar, A. D., ve Chalapati Rao, C. V., "Determining heavy metal contamination of road dust in Delhi, India", *Atmosfera*, 29 (3): 221–234 (2016).

Shi, G., Chen, Z., Bi, C., Wang, L., Teng, J., Li, Y., ve Xu, S., "A comparative study of health risk of potentially toxic metals in urban and suburban road dust in the most populated city of China", *Atmospheric Environment*, 45 (3): 764–771 (2011).

Smith, Peter J., ed. Chemistry of tin. *Springer Science & Business Media*, (2012).
Sissakian, V. K., Al-Ansari, N., ve Knutsson, S., "Sand and dust storm events in Iraq", *Natural Science*, 5 (10): 1084–1094 (2013).

Spellman, F.R. The Science of Environmental Pollution (3rd ed.). *CRC Press*. <https://doi.org/10.1201/9781315226149> (2017).

Sun, W., Xiong, Z., Chu, L., Li, W., Soares, M. A., White, J. F., ve Li, H., "Bacterial communities of three plant species from Pb-Zn contaminated sites and plant-growth promotional benefits of endophytic Microbacterium sp. (strain BXGe71)", *Journal*

Of Hazardous Materials, 225–231 (2019).

Swaroop, A., Bagchi, M., Preuss, H. G., Zafra-Stone, S., Ahmad, T., ve Bagchi, D., "Benefits of chromium(III) complexes in animal and human health", *The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)*, Second Edi. Baskı, *Elsevier B.V.*, 251-278 (2019).

Taşpınar, F. ve Bozkurt, Z., "Heavy metal pollution and health risk assessment of road dust on selected highways in Düzce, Turkey", *Environmental Forensics*, 19 (4): 298–314 (2018).

Teng, Z., Zhang, Q., Yang, H., Kato, K., Yang, W., Lu, Y. R., Liu, S., Wang, C., Yamakata, A., Su, C., Liu, B., ve Ohno, T., "Atomically dispersed antimony on carbon nitride for the artificial photosynthesis of hydrogen peroxide", *Nature Catalysis*, 4 (5): 374–384 (2021).

Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R., ve Jeffrey, D. W., "Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index", *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33 (1–4): 566–575 (1980).

Tong, S., Li, H., Wang, L., Tudi, M., & Yang, L. (2020). Concentration, spatial distribution, contamination degree and human health risk assessment of heavy metals in urban soils across China between 2003 and 2019—a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(9), 3099.

Trojanowska, M. ve Świetlik, R., "Human and Ecological Risk Assessment: An International Investigations of the chemical distribution of heavy metals in street dust and its impact on risk assessment for human health , case study of Radom (Poland)", *Human And Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 0 (0): 1–20 (2019).

Ulutaş, K. Risk assessment and spatial distribution of heavy metal in street dusts in the densely industrialized area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(2), 99 (2022).

United States. Environmental Protection Agency. Office of Emergency, and Remedial Response. **Risk Assessment Guidance for Superfund: pt. A. Human health evaluation manual**. Vol. 1. Office of Emergency and Remedial Response, US Environmental Protection Agency, (1989).

USEPA.. Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites, vol 9355. *Office of Solid Waste and Emergency Response*, 20014–20024 (OSWER)23:02 (2001).

Verma, A., Kumar, R., ve Yadav, S., "Distribution, pollution levels, toxicity, and health risk assessment of metals in surface dust from Bhiwadi industrial area in North India", *Human And Ecological Risk Assessment*, 26 (8): 2091–2111 (2020).

Wang, G., Oldfield, F., Xia, D., Chen, F., Liu, X., ve Zhang, W., "Magnetic

properties and correlation with heavy metals in urban street dust: A case study from the city of Lanzhou, China", *Atmospheric Environment*, 46: 289–298 (2012).

Wang, J. ve Chen, C., "Biosorbents for heavy metals removal and their future", *Biotechnology Advances*, 27 (2): 195–226 (2009).

Wang, M., Zheng, X., Zhang, X., Chao, D., Qiao, S. Z., Alshareef, H. N., Cui, Y., ve Chen, W., "Opportunities of Aqueous Manganese-Based Batteries with Deposition and Stripping Chemistry", *Advanced Energy Materials*, 11 (5): (2021).

Wang, S., Wang, L., Huan, Y., Wang, R., ve Liang, T., "Science of the Total Environment Concentrations , spatial distribution , sources and environmental health risks of potentially toxic elements in urban road dust across China", *Science Of The Total Environment*, 805: 150266 (2022).

Wang, W., Yu, B., Yao, X., Niu, T., ve Zhang, C., "Can technological learning significantly reduce industrial air pollutants intensity in China?—Based on a multi-factor environmental learning curve", *Journal Of Cleaner Production*, 185: 137–147 (2018).

Wang, Z., Pan, X., Uno, I., Li, J., Wang, Z., Chen, X., Fu, P., Yang, T., Kobayashi, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., ve Yamamoto, S., "Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles: A case study during dust events over northern China", *Atmospheric Environment*, 159: 83–91 (2017).

Whitney, K. D. ve Smith, T. B., "Habitat use and resource tracking by African Ceratogymna hornbills: Implications for seed dispersal and forest conservation", *Animal Conservation*, 1 (2): 107–117 (1998).

Wohlleben, W., Stone, V., ve Marcomini, A., "Quantitative human health risk assessment along the lifecycle of nano-scale copper-based wood preservatives", *Nanotoxicology*, 12 (7): 747–765 (2018).

Wu, M., Li, W., Dick, W. A., Ye, X., Chen, K., Kost, D., ve Chen, L., "Bioremediation of hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil and microbial population and activity determination", *Chemosphere*, 169: 124–130 (2017).

Wu, X., Cobbina, S. J., Mao, G., Xu, H., Zhang, Z., ve Yang, L., "A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment", *Environmental Science And Pollution Research*, 23 (9): 8244–8259 (2016).

Xiao, Q., Zong, Y., Malik, Z., ve Lu, S., "Source identification and risk assessment of heavy metals in road dust of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China", *Human And Ecological Risk Assessment*, 26 (5): 1359–1378 (2020).

Xu, S., Zheng, N., Liu, J., Wang, Y., ve Chang, S., "Geochemistry and health risk

assessment of arsenic exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast China", *Environmental Geochemistry And Health*, 35 (1): 89–99 (2013).

Yadav, I. C., Linthoingambi Devi, N., Li, J., Syed, J. H., Zhang, G., ve Watanabe, H., "Biomass burning in Indo-China peninsula and its impacts on regional air quality and global climate change-a review", *Environmental Pollution*, 227 (April): 414–427 (2017).

Yang, W. ve Omaye, S. T., "Air pollutants, oxidative stress and human health", *Mutation Research - Genetic Toxicology And Environmental Mutagenesis*, 674 (1–2): 45–54 (2009).

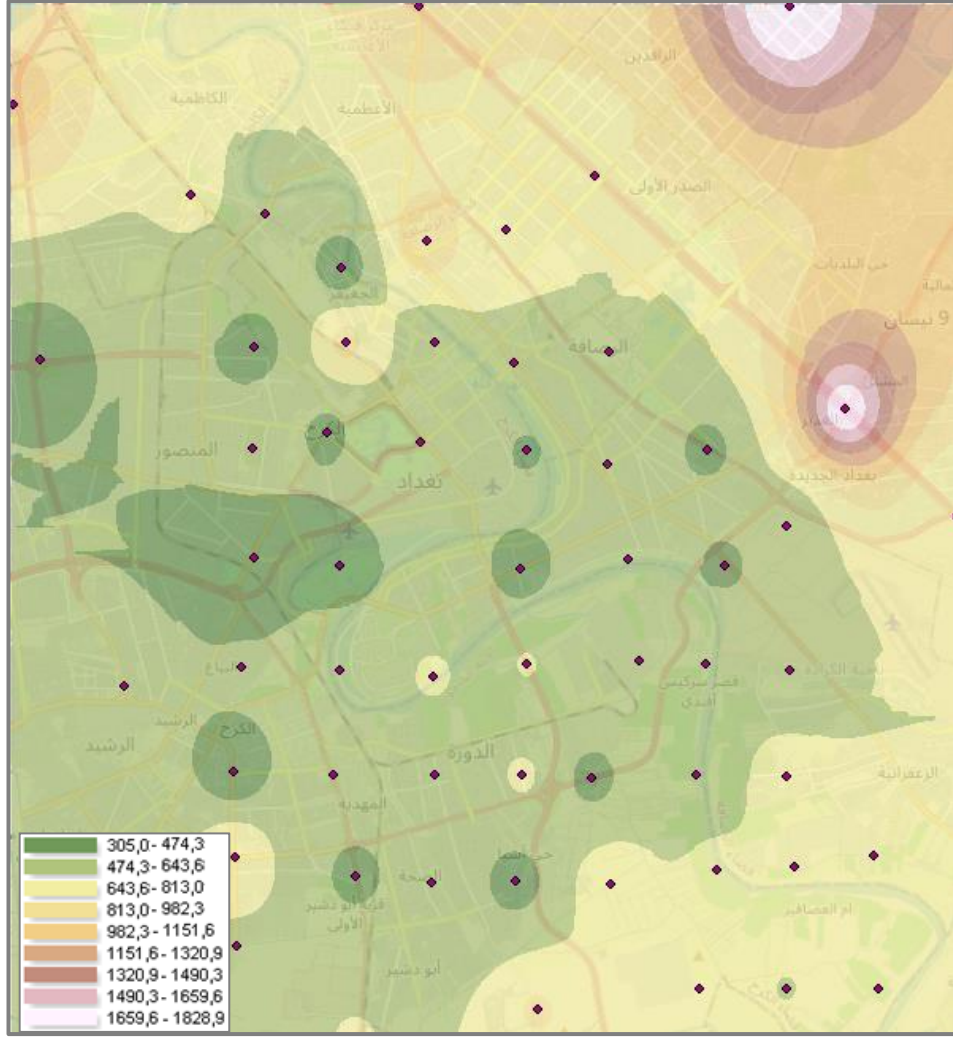
Zang, X., Huang, H., Zhuang, Z., Chen, R., Xie, Z., Xu, C., ve Mo, X., "The association between serum copper concentrations and cardiovascular disease risk factors in children and adolescents in NHANES", *Environmental Science And Pollution Research*, 25 (17): 16951–16958 (2018).

Zheng, J., Li, M., Tang, B., Luo, W., Ma, Y., Ren, M., Yu, Y., Luo, X., ve Mai, B., "Levels, Spatial Distribution, and Impact Factors of Heavy Metals in the Hair of Metropolitan Residents in China and Human Health Implications", *Environmental Science And Technology*, 55 (15): 10578–10588 (2021).

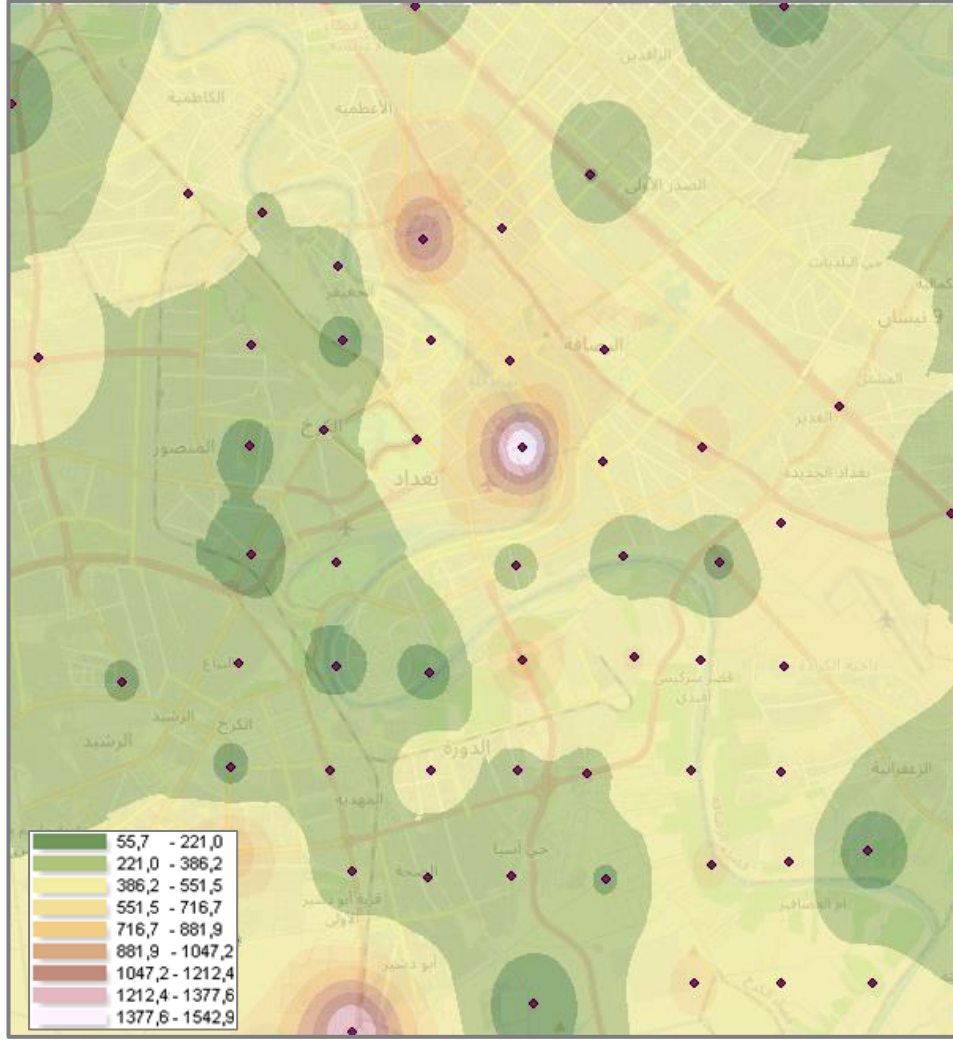
Zimmermann, M. B. ve Hurrell, R. F., "Seminar Nutritional iron deficiency", *The Lancet*, 370: 511–520 (2007).

EK AÇIKLAMALAR

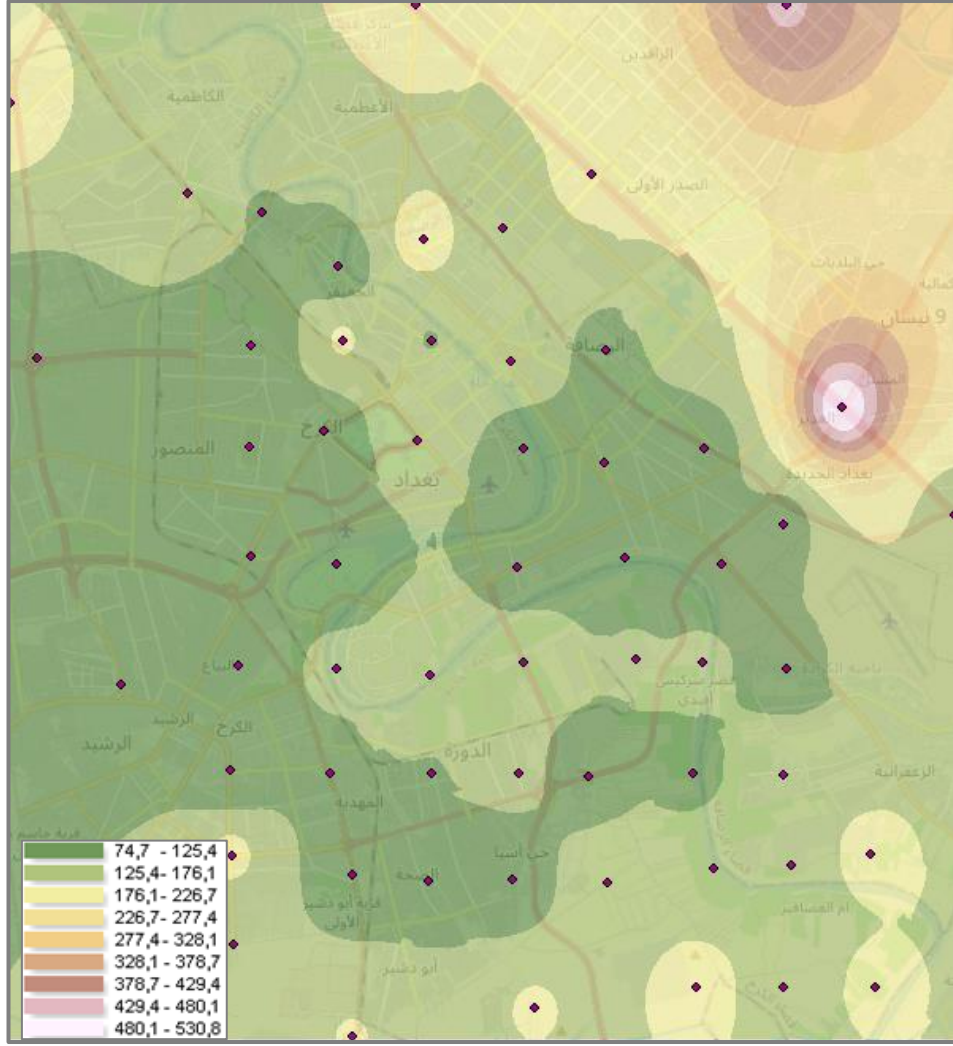
DAĞILIM HARİTASI



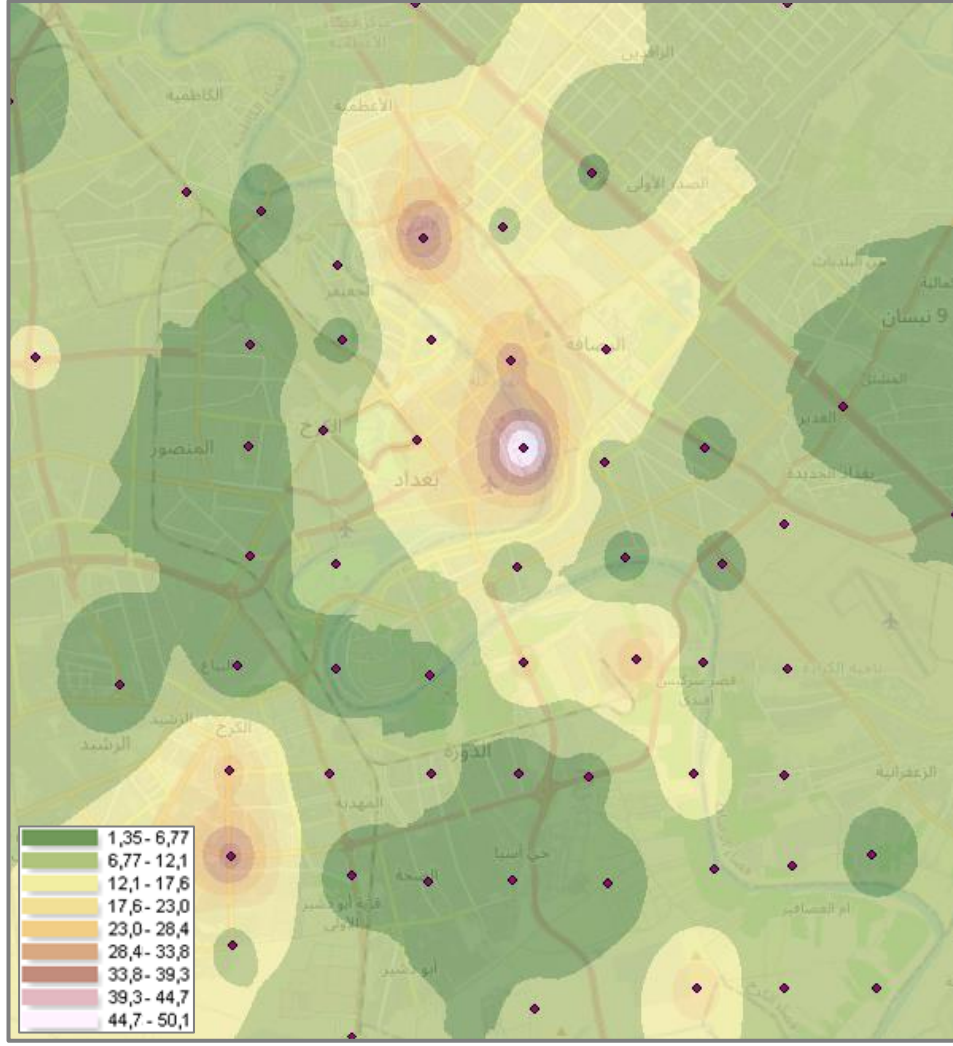
Şekil Ek 1. Mn için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).



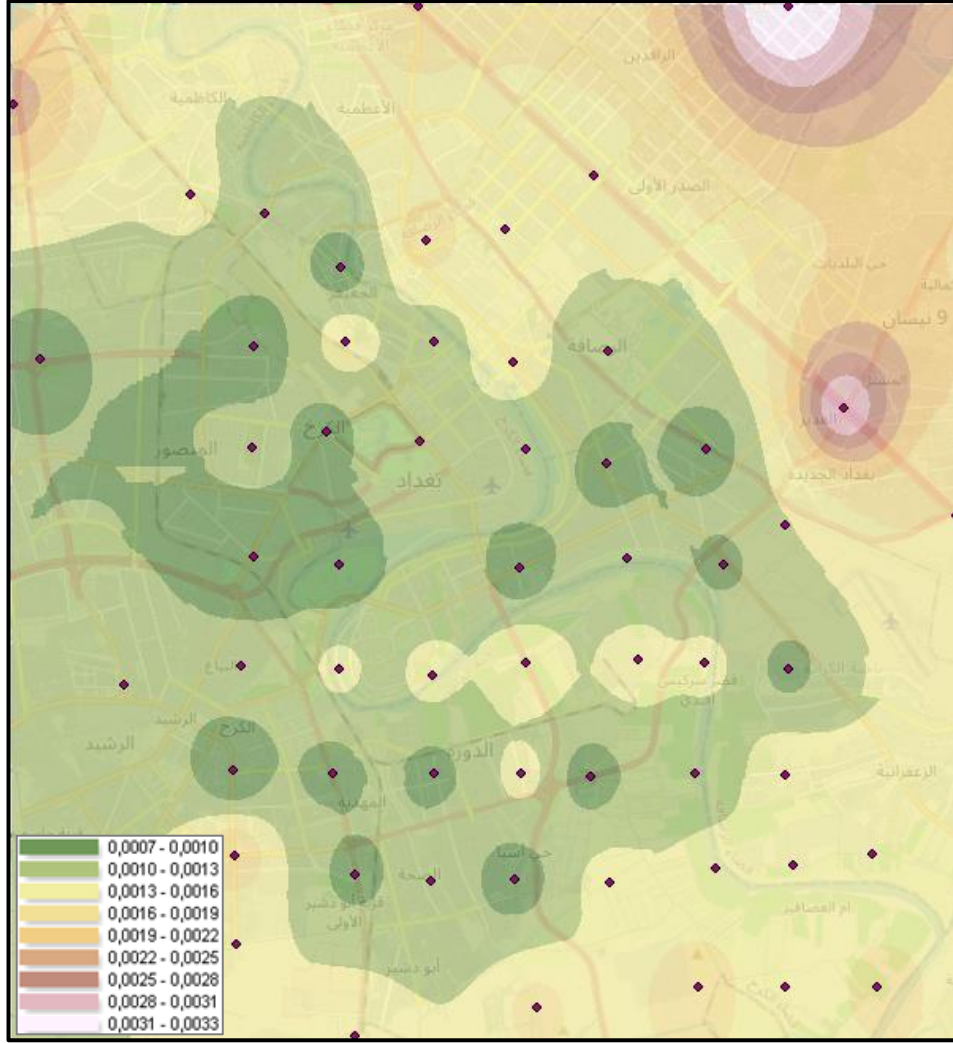
Şekil Ek 2. Zn için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).



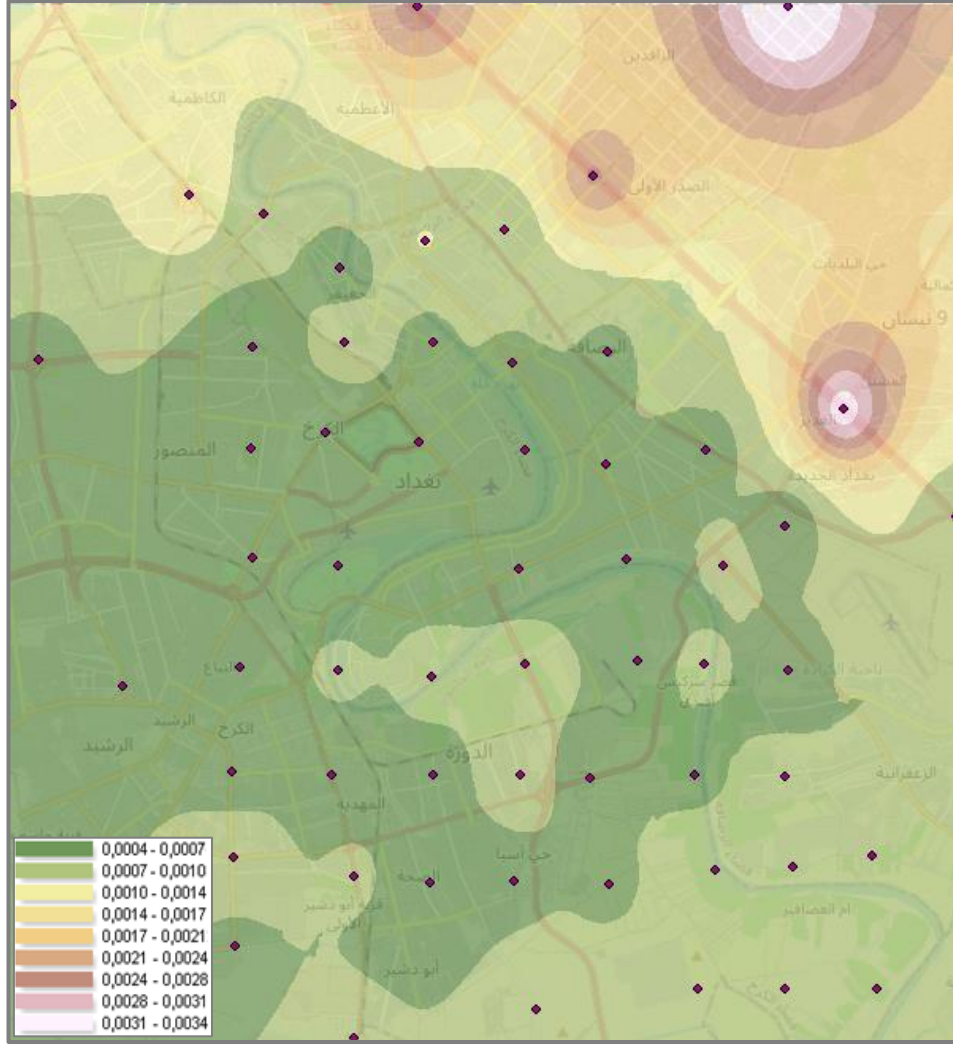
Şekil Ek 3. Cr için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).



Şekil Ek 7. Pb için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).



Şekil Ek 9. Sb için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).



Şekil Ek 10. Cd için dağılım haritası (mg/kg) (Ölçek 1:150.000).

ÖZGEÇMİŞ

Omar Al-Farouq SABHAN, Salah Al-Din / Irak'ta (Dar Al-Salam) Lisesi'nden lise diploması aldı. Daha sonra 2020 yılında Tikrit Üniversitesi'nden lisans derecesini aldı ve Türkiye'de Karabük Üniversitesi'nden çevre mühendisliği alanında yüksek lisans derecesi almak için Karabük'e taşındı.