

**T.C.**  
**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**ANKARA KENT MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN**  
**BÖLGESEL DEĞİŞİMİ**

**AKRAM MOHAMED OMAR ALJAMAH**

**DOKTORA TEZİ**

**DOÇ. DR. MEHMET ÇETİN**

**MAYIS - 2023**

**KASTAMONU**

## TEZ ONAYI

**Akram Mohamed Omar ALJAMAH** tarafından hazırlanan “**Ankara Kent Merkezinde Ağır Metal Kirliliğinin Bölgesel Değişimi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **05.05.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<b>Danışman</b>	Doç. Dr. Mehmet ÇETİN Ondokuz Mayıs Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ Düzce Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇ Düzce Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Dr. Öğr. Üyesi O. Yavuz BAYRAKTAR Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

.....

## TAAHHÜTNAME

*Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.*

**Akram Mohamed Omar ALJAMAH**

**İmza**

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

#### ANKARA KENT MERKEZİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN BÖLGESEL DEĞİŞİMİ

AKRAM MOHAMED OMAR ALJAMAH

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:DOÇ. DR. MEHMET ÇETİN

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yerleşim alanlarının artışı ile çevre sorunları artmış, bu durum çevre kirliliği başta olmak üzere pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Çevre kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller insan ve çevre sağlığı açısından en tehlikeli ve önemli olanlardır. Özellikle Pb, Cr, Cd, Zn, Ni, Ba ve V ağır metaller arasında en toksik ve ölümcül olanlarındandır ve bu ağır metallerin çevredeki konsantrasyonları sürekli artmaktadır. Kirlilik artışından en çok etkilenen elemanların başında ise toprak gelmektedir. Topraklar hem bitkiler için bir beslenme ve yaşam ortamı, hem de çevrenin en önemli bileşenlerden birisidir. Bunun yanında özellikle üst toprak, hava kirliliğinin düzeyinin de en önemli göstergelerindedir.

Bu çalışmada da Türkiye’nin başkenti ve en büyük ikinci şehri olan Ankara’da kent merkezindeki Ba, Cd, Cr, Ba, Cu, Mn, Ni, Co, Zn, S, V, P, Na, K, Ca, Fe, Mg ve Al kirliliğinin üst topraklar yardımıyla belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Ankara kent merkezi farklı özelliklerdeki alt bölgelere ayrılmış ve bu bölgeleri temsilen 50 noktadan üst toprak örnekleri alınarak ağır metal analizleri yapılmıştır. Daha sonra ağır metal konsantrasyonlarının bölgesel bazda değişimleri istatistiki olarak değerlendirilmiş, veriler ArcGIS 10.7 yazılımı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) aktarılmış daha sonra enterpolasyon yöntemlerinden kriging yöntemiyle modellenmiş ve kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda hangi ağır metaller bakımından hangi bölgelerin daha kirlili olduğu ayrı ayrı belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Ağır metal, Toprak, Ankara

Mayıs 2023, 122 Sayfa

## **ABSTRACT**

### **PH.D THESIS**

## **REGIONAL CHANGE OF HEAVY METAL POLLUTION IN ANKARA CITY CENTER**

**AKRAM MOHAMED OMAR ALJAMAH**

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING**

**SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. MEHMET CETIN**

As in the whole world, environmental problems have increased with the increase in settlement areas in Turkey, and this situation has brought about many problems, especially environmental pollution. Among the components of environmental pollution, heavy metals are the most dangerous and important in terms of human and environmental health. In particular, Pb, Cr, Cd, Zn, Ni, Ba and V are among the most toxic and deadly heavy metals and the concentrations of these heavy metals in the environment are constantly increasing. The soil is one of the most affected elements by the increase in pollution. Soils are both a feeding and living environment for plants and one of the most important components of the environment. In addition, especially the top soil is one of the most important indicators of the level of air pollution.

In this study, it is aimed to determine and map the pollution of Ba, Cd, Cr, Ba, Cu, Mn, Ni, Co, Zn, S, V, P, Na, K, Ca, Fe, Mg and Al pollution in the city center of Ankara, which is the capital and second largest city of Turkey, with the help of topsoils. Within the scope of the study, Ankara city center was divided into sub-regions with different characteristics and heavy metal analyzes were made by taking topsoil samples from 50 points representing these regions. Then, the changes of heavy metal concentrations on a regional basis were statistically evaluated, the data were transferred to Geographic Information Systems (GIS) using ArcGIS 10.7 software, then modeled by kriging method from interpolation methods and pollution maps were created. As a result of the study, it was determined separately which areas were dirtier in terms of which heavy metals.

**KEYWORDS:** Heavy metal, Soil, Ankara

May 2023, 122 Page

## TEŞEKKÜR

Tez içeriğinin oluŐturulmasında, okunmasında ve düzeltmelerde desteğini eksik etmeyen, bilgi ve deneyimi ile her zaman destek olan tez danıŐmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet ÇETİN'e çok teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca emeği geçen tüm kıymetli hocalarıma ve aileme de teŐekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerinden dolayı Libya hkmetine de teşekkür ederim.

AKRAM MOHAMED OMAR ALJAMAH

Kastamonu, 2023

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ ONAYI</b> .....	ii
<b>TAAHHÜTNAME</b> .....	iii
<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	ix
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	x
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	6
2.1 Toprak ve Ağır Metal İlişkisi .....	6
2.2 Toprakta Ağır Metaller Konusunda Yapılmış Çalışmalar.....	8
2.3 Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler.....	29
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	33
<b>4. BULGULAR</b> .....	34
4.1 Ba Elementinin Değişimi (ppm).....	34
4.2 Cd Elementinin Değişimi (ppm) .....	37
4.3 Cr Elementinin Değişimi (ppm) .....	41
4.4 Cu Elementinin Değişimi (ppm) .....	44
4.5 Pb Elementinin Değişimi (ppm).....	47
4.6 Mn Elementinin Değişimi (ppm) .....	51
4.7 Ni Elementinin Değişimi (ppm) .....	54
4.8 Co Elementinin Değişimi (ppm) .....	58
4.9 Zn Elementinin Değişimi (ppm).....	61
4.10 S Elementinin Değişimi (ppm).....	64
4.11 V Elementinin Değişimi (ppm) .....	68
4.12 P Elementinin Değişimi (ppm).....	71
4.13 Na Elementinin Değişimi (ppm) .....	74
4.14 K Elementinin Değişimi (ppm) .....	78
4.15 Ca Elementinin Değişimi (ppm).....	81
4.16 Fe Elementinin Değişimi (ppm) .....	85
4.17 Mg Elementinin Değişimi (ppm) .....	88
4.18 Al Elementinin Değişimi (ppm) .....	92
<b>5. SONUÇ VE TARTIŞMA</b> .....	96
<b>6. ÖNERİLER</b> .....	101
<b>KAYNAKLAR</b> .....	102
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	122

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 4.1 Ba konsantrasyonunun değişimi .....	37
Şekil 4.2 Cd konsantrasyonunun değişimi .....	40
Şekil 4.3 Cr konsantrasyonunun değişimi .....	43
Şekil 4.4 Cu konsantrasyonunun değişimi .....	47
Şekil 4.5 Pb konsantrasyonunun değişimi .....	50
Şekil 4.6 Mn konsantrasyonunun değişimi .....	54
Şekil 4.7 Ni konsantrasyonunun değişimi .....	57
Şekil 4.8 Co konsantrasyonunun değişimi .....	61
Şekil 4.9 Zn konsantrasyonunun değişimi .....	64
Şekil 4.10 S konsantrasyonunun değişimi .....	67
Şekil 4.11 V konsantrasyonunun değişimi .....	71
Şekil 4.12 P konsantrasyonunun değişimi .....	74
Şekil 4.13 Na konsantrasyonunun değişimi .....	77
Şekil 4.14 K konsantrasyonunun değişimi .....	81
Şekil 4.15 Ca konsantrasyonunun değişimi .....	84
Şekil 4.16 Fe konsantrasyonunun değişimi .....	88
Şekil 4.17 Mg konsantrasyonunun değişimi .....	91
Şekil 4.18 Al konsantrasyonunun değişimi .....	94

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

Tablo 4.1 Ba elementinin bölge bazında değişimi .....	34
Tablo 4.2 Ba elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	36
Tablo 4.3 Cd elementinin bölge bazında değişimi.....	38
Tablo 4.4 Cd elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	39
Tablo 4.5 Cr elementinin bölge bazında değişimi .....	41
Tablo 4.6 Cr elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	42
Tablo 4.7 Cu elementinin bölge bazında değişimi.....	44
Tablo 4.8 Cu elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	46
Tablo 4.9 Pb elementinin bölge bazında değişimi .....	48
Tablo 4.10 Pb elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	49
Tablo 4.11 Mn elementinin bölge bazında değişimi.....	51
Tablo 4.12 Mn elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	53
Tablo 4.13 Ni elementinin bölge bazında değişimi .....	55
Tablo 4.14 Ni elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	56
Tablo 4.15 Co elementinin bölge bazında değişimi.....	58
Tablo 4.16 Co elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	60
Tablo 4.17 Zn elementinin bölge bazında değişimi .....	62
Tablo 4.18 Zn elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	63
Tablo 4.19 S elementinin bölge bazında değişimi .....	65
Tablo 4.20 S elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	66
Tablo 4.21 V elementinin bölge bazında değişimi .....	68
Tablo 4.22 V elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	70
Tablo 4.23 P elementinin bölge bazında değişimi .....	72
Tablo 4.24 P elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	73
Tablo 4.25 Na elementinin bölge bazında değişimi.....	75
Tablo 4.26 Na elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	76
Tablo 4.27 K elementinin bölge bazında değişimi .....	78
Tablo 4.28 K elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	80
Tablo 4.29 Ca elementinin bölge bazında değişimi.....	82
Tablo 4.30 Ca elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	83
Tablo 4.31 Fe elementinin bölge bazında değişimi .....	85
Tablo 4.32 Fe elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	86
Tablo 4.33 Mg elementinin bölge bazında değişimi.....	89
Tablo 4.34 Mg elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi.....	90
Tablo 4.35 Al elementinin bölge bazında değişimi .....	92
Tablo 4.36 Al elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi .....	93

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

<b>Al</b>	: Alüminyum
<b>Ag</b>	: Gümüş
<b>As</b>	: Arsenik
<b>Ba</b>	: Baryum
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>Co</b>	: Kobalt
<b>Cr</b>	: Krom
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>Fe</b>	: Demir
<b>Hg</b>	: Cıva
<b>K</b>	: Potasyum
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>Mo</b>	: Molibden
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>P</b>	: Fosfor
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>S</b>	: Kükürt
<b>Sb</b>	: Antimon
<b>V</b>	: Vanadyum
<b>Zn</b>	: Çinko

### Kısaltmalar

<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemi
<b>CF</b>	: Kirlilik Faktörü
<b>EF</b>	: Zenginleştirme Faktörü
<b>GWPCA</b>	: Coğrafi Ağırlıklı Ana Bileşenler Analizi
<b>HI</b>	: Tehlike İndeksi
<b>ICP</b>	: Endüktif Olarak Birleştirilmiş Plazma
<b>IPI</b>	: Entegre Kirlilik İndeksi
<b>Igeo</b>	: Coğrafi Birikim İndeksi
<b>PCA</b>	: Ana Bileşenler Analizi
<b>PI</b>	: Kirlilik İndeksi
<b>PMF</b>	: Pozitif Matris Ayrıştırması

## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın en önemli problemlerinin birçoğu nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan problemlerden oluşmaktadır. 1750 yılında sadece 717 milyon civarında olan dünya toplam nüfusu, 2020 yılında 7,8 milyarı aşmış olup 2030 yılına kadar 8,5 milyara ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Gültekin, 2020; Kilicoglu vd., 2021). Artan dünya nüfusuna ek olarak, köyden kente göç de kent merkezlerindeki insan yoğunluğunu önemli ölçüde artırmaktadır. Dünya genelinde 1900'lü yıllarda toplam nüfusun sadece %9'u kentsel alanlarda yaşarken, 2000 yılında bu oran %47'ye yükselmiş olup 2030 yılına kadar dünya nüfusunun %60-90'ının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir (Cetin vd., 2017a; Kilicoglu vd., 2020; Sen vd., 2018). Ülkemizde ise bu oran daha yüksek seviyelerde olup günümüzde toplam nüfusun yaklaşık %92,8'i kentsel alanlarda yaşamaktadır (Cetin vd., 2022a).

Nüfus artışı, kırsaldan kentsel alanlara göç ile birleşince kentsel alanlarda birim alanda yaşayan insan nüfusu ve yoğunluğu önemli ölçüde artmış ve bu durum pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Kentlerde yaşayan insan nüfusunun artması, doğrudan veya dolaylı olarak; doğanın tahrip olmasına, hava, su ve toprağın kirlenmesine, ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır (Dogan vd., 2022; Kalayci Onac vd., 2021; Kulaç ve Yıldız, 2016; Uzun Ozel vd., 2019;). Örneğin yapılan çalışmalar dünya üzerindeki orman ekosistemlerinin en az %60'ının bozulduğunu veya sürdürülemez biçimde aşırı kullanıldığını ortaya koymaktadır (Sen vd., 2018).

Kentsel alanlarda ortaya çıkan problemlerin en önemlisi ise şüphesiz çevre kirliliğidir (Cesur vd., 2022; Işınkaralar, 2022; Uzun Ozel vd., 2020). Yapılan çalışmalar kentsel alanlarda çevre kirliliğinin ekosistemi ve insan hayatını önemli ölçüde tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. Öyle ki günümüzde dünya genelinde her yıl yaklaşık 7 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir. Hava kirliliği, sebep olduğu kalp rahatsızlıkları, inme, solunum yolu hastalıkları ve kanser gibi hastalıklar sebebiyle dünya genelinde yaklaşık 8 kişiden 1'inin ölümüne neden olduğu tahmin edilen en büyük ve çevresel sağlık riskidir. Hava kirliliği nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde daha fazla kendini göstermektedir ve Dünya

Sağlık Örgütü verilerine göre 2014 yılında dünya nüfusunun %92'sinin hava kalitesi düşük bölgelerde yaşadığı bildirilmektedir (Elsunousi vd., 2021; Jo vd., 2020).

Çevre kirliliği bileşenleri içerisinde en fazla dikkati hava kirliliği çekmekle birlikte, yapılan çalışmalar özellikle son otuz yılda toprak kirliliğinin de dramatik şekilde arttığını göstermektedir (Khalid vd., 2017). Toprak kirleticileri içerisinde ağır metaller gerek insan ve diğer canlılar, gerekse ekosistem üzerine etkileri dolayısıyla ayrı bir öneme sahiptir (Erdem vd., 2023; Sevik vd., 2020a,b,c). Bunun sebebi öncelikle Cd (kadmiyum), Pb (kurşun), As (arsenik) ve Hg (cıva) gibi bazı ağır metallerin düşük konsantrasyonlarda bile canlı organizmalar için ciddi oranda toksik olmalarıdır (Arıcak vd., 2021; Isinkaralar vd., 2022a,b; Turkyilmaz vd., 2019). Üstelik Cd (kadmiyum), Cr (krom), Ni (nikel), As (arsenik), Pb (kurşun) ve V (vanadyum) gibi bazı ağır metaller ayrıca kanserojendir (Kuzmina vd., 2023; Yayla vd., 2022). Bunlara ek olarak Cr (krom), Zn (çinko), Cu (bakır), Mn (mangenez), Fe (demir) ve Ni (nikel) gibi bazı elementler, birçok canlı organizma için mikro besin elementidir ve gereklidir. Buna rağmen bu ağır metaller yüksek konsantrasyonlarda canlılar için oldukça zararlıdır. Yapılan çalışmalar neredeyse bütün ağır metallerin belirli bir konsantrasyondan sonra toksik etki oluşturabildiğini göstermektedir (Isinkaralar ve Erdem, 2021; Istanbulu vd., 2023; Turkyilmaz vd., 2018a,b).

Ağır metaller hem biyolojik hem de endüstriyel olarak önemli olan bir grup toksik elementi ifade eder. Toprağın ağır metaller ile yaygın şekilde kirlenmesi, şu anda çevre kalitesini ve insan sağlığını ciddi şekilde etkileyebilecek en ciddi çevre sorunlarından birisidir. Ağır metaller hem doğal hem de antropojenik kaynaklar tarafından toprağa salınır. Ağır metallerin doğayı kirletmesi eski zamanlarda başlamış olsa da endüstri devriminden sonra çeşitli modern teknolojilerde ağır metal kullanımındaki dramatik artış nedeniyle çevresel bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi antropojenik kaynaklı ağır metal salınımının doğal kaynaklardan ağır metal salınımından çok daha yüksek düzeyde olmasıdır (Khalid vd., 2017; Shahid vd., 2015; Shahid vd., 2017).

Ağır metallerin dünya çapında maden olarak üretimi oldukça yüksektedir. Toprakta yaygın olarak bulunan ağır metaller Ni, Pb, Cd, As, Cr, Cu, Co, Zn, Mn, Al ve Hg'dir (Cetin vd., 2022a,b; Cobanoğlu vd., 2023; Isinkaralar vd., 2022c). Bu ağır

metaller arasında As, Pb, Cd ve Hg, Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Kurumu (ATSDR) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA)'nın en tehlikeli 20 maddesi arasında yer almaktadır (Khalid vd., 2017).

Ağır metalleri tehlikeli yapan özelliklerinden birisi de doğada kolay kolay bozulmamaları ve yok olmamalarıdır. Ayrıca, canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimi göstermekte, canlı bünyelerinden etkin bir tolerans veya atılım mekanizması da bulunmadığından birçoğu insanlar için oldukça zararlı olabilmektedirler. Yapılan araştırmalar ağır metallerin büyüme geriliği, sakatlık, kanser ve ölüm gibi pek çok probleme sebep olabildiğini göstermektedir (Elajail vd., 2022; Işınkaralar, 2021; Sevik vd., 2019a,b).

Ağır metallerin doğadaki konsantrasyonlarının sürekli arttığı rapor edilmektedir. Bunun başlıca sebebi, sanayide önemli bir hammadde kaynağı olan ağır metallerin, yer kabuğunun derinliklerinden çıkartılarak kullanılması gösterilmektedir. Sanayide kullanılan ağır metaller böylece yer altında depo şeklinde buldukları yataklardan çıkartılarak insan istek ve ihtiyaçları doğrultusunda kullanılmakta, temel hammadde ve enerji kaynağı olarak kullanılan bu elementler böylece doğaya salınımlarıdır. Bu süreçten dolayı antropojenik etkenlere bağlı olarak oluşan en önemli ağır metal kirliliği kaynaklarının sanayi faaliyetleri ve trafik olduğu belirtilmektedir (Cetin vd., 2020; Ghoma vd., 2022; Shahid vd., 2017).

Esasında ağır metallerin doğaya salınımları doğal ve yapay kaynaklardan olabilmektedir. Örneğin çevreye salınımı riskli olan bir element olan Bor'un havadaki konsantrasyonu arttıran doğal kaynaklar okyanus, volkan ve jeotermal buharlardır (Emek, 2019). Benzer şekilde atmosferde var olan manganın ana kaynağı yer kabuğudur. Yer kabuğunu hareketlendiren okyanus olayları, depremler, volkanik olaylar ile yangınlar ve bitki örtüsü de atmosferdeki manganın doğal kaynağıdır. Kobaltın da yerküredeki doğal kaynakları, volkanik faaliyetler, toz fırtınaları, orman yangınları, kıta ve deniz biyojenik emisyonlardır (Boz Eravcı, 2016).

Yapılan çalışmalarda ağır metal kirliliğinin kaynakları; doğal kaynaklar, trafik emisyon kaynağı, endüstriyel emisyon kaynağı ve karışık kaynak olarak

sınıflandırılmaktadır (Cetin vd., 2021; Shaibi, 2020). Bu kaynaklar arasında insan kaynaklı olanlar yani antropojenik kaynaklar sorun olarak görülmektedir. Bunun sebebi bu kaynaklara bağlı olarak oluşan ağır metal kirliliğinin, doğal kaynaklara göre çok daha yüksek düzeyde olmasıdır (Isinkaralar vd., 2022a,b; Key ve Kulaç, 2022; Shahid vd., 2017).

Antropojenik kaynakların başında ise sanayi faaliyetleri (Alaouri vd., 2020a,b) ve trafik (Aricak vd., 2019; Cetin vd., 2020) gösterilmektedir. Yapılan çalışmada pek çok ağır metalin, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yetişen bitki (Çobanoğlu vd., 2022; Sevik vd., 2019c,d;) ve topraklardaki (De Silva vd., 2016; Wang vd., 2018) konsantrasyonlarının daha yüksek düzeylerde olduğunu göstermektedir.

Ağır metal kirliliği hava, su ve toprak gibi ortamlar ile canlı dokularında birikebilmektedir. Bu ortamlar arasında toprak ayrı bir öneme sahiptir. Atmosfere karışan ağır metaller, yer çekiminin etkisi ile bir süre sonra toprak yüzeyine inmekte ve burada birikmektedir (Shaibi, 2020). Toprakta biriken ağır metaller de bu topraklar üzerinde yetişen bitkilerin bünyelerinde birikmektedir. Yapılan çalışmalar topraktaki ağır metal konsantrasyonları ile bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonları arasında önemli düzeyde ilişki olduğunu göstermektedir (Shahid vd., 2017).

Esasında topraktaki ağır metal konsantrasyonu, insan müdahalesi dışında, büyük oranda ana materyalin mineralojik bileşimine ve toprak oluşum proseslerine bağlı olarak şekillenmektedir. Toprak özellikleri ve içerdikleri elementler; jeolojik yapı, topografya, ana materyal ve bitki örtüsü gibi faktörlere bağlı olarak bölgeden bölgeye, hatta her bir bölge içinde bile değişiklik gösterebilmektedir (Özdel, 2010).

Ancak üst toprak daha çok havadaki partikül maddelerin toprak yüzeyinde birikmesi ile şekillenmekte ve böylece üst toprakların yapısı, toprağın genel yapısından büyük oranda farklılık göstermektedir. Sonuç olarak atmosferdeki ağır metallerin yerçekiminin (ve yağış gibi diğer faktörlerin de) etkisiyle doğrudan toprak yüzeyine indiği söylenebilir. Dolayısıyla ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde üst topraklar oldukça doğru sonuçlar vermektedir. Bundan dolayı üst topraklar kullanılarak ağır

metal kirliliğinin izlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ahmed vd., 2016; Jafari vd., 2018; Wang vd., 2018).

Bu çalışmada da Türkiye'nin başkenti ve en büyük ikinci şehri olan Ankara'da kent merkezindeki ağır metal kirliliğinin üst topraklar yardımıyla belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında örnek alınacak noktalar haritalar üzerinden belirlenmiş daha sonra üst topraktan numuneler alınmış ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler hem istatistiki yöntemlerle değerlendirilmiş hem de Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla haritalara aktararak yorumlanmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Toprak ve Ağır Metal İlişkisi

Toprak bütün ekosistemin ve canlı yaşamının bağlı olduğu ortamdır. Bilindiği gibi bütün canlı yaşamı doğrudan veya dolaylı olarak bitkilere bağlıdır (Kravkaz Kuşcu, 2014; Shaibi, 2020). Bitkilerin yetişebilmesi için gerekli olan çevre şartlarının başında ise iklim (Cetin vd., 2018c,d) ve toprak (Kravkaz Kuscu vd., 2018a,b) gelmektedir. Bitkilerin morfolojik, anatomik, fizyolojik ve fenolojik karakterleri çevre şartları ile bitki genetik yapısının karşılıklı etkileşimine bağlı olarak şekillenmektedir (Hrivnak vd., 2017; Kurz vd., 2023; Ozel vd., 2020; Ozkazanc vd., 2019; Yucedag vd., 2019). Dolayısıyla toprağın yapısı bitki gelişimini ve yapısını etkileyen en önemli faktörlerdendir (Kuscu, 2020; Munns vd., 2020).

Bundan dolayı toprakların kirlenmesi canlıları ve ekosistemi önemli ölçüde etkilemektedir (Adimalla, 2020). Toprakların ağır metallerce kirlenmesi ise daha büyük önem taşımaktadır. Çünkü ağır metaller hem ekosistem hem de canlılar için son derece zararlı, bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik, kanserojen ve ölümcül olabilmektedirler (Ozel vd., 2021a,b,c; Sevik vd., 2020a,b). Topraklardaki ağır metal kirliliği de canlıları çeşitli şekillerde etkileyebilmektedir. Örneğin bu topraklarda yetiştirilen bitkiler, ağır metallerin birçoğunu bünyelerine almakta ve bunların gıda olarak tüketilmesi de önemli sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir (Batır, 2019; Sevik vd., 2020c). Toprak yüzeyinden rüzgâr gibi faktörlerle havaya karışan ağır metallerce kontamine partiküller solunumla insan bünyesine girebilir. Dolayısıyla topraktaki ağır metal kirliliği doğrudan veya dolaylı olarak canlı yaşamını tehdit etmektedir (Adimalla vd., 2020; Mirzaei vd., 2020).

Yapılan çalışmalarda atmosferin bileşiminin çevresel kirlenme ile ilişkili olduğu ve dolayısıyla atmosferik kirliliğin küresel iklim değişikliğinin oluşumunda önemli pay sahibi olduğu belirtilmektedir (Key vd., 2022; Tekin vd., 2022). Küresel iklim değişikliği de günümüzde bütün canlıların yaşamını etkileyen bir süreçtir (Sargıncı ve Beyazyüz, 2022; Varol vd., 2022a,b). Çünkü canlıların bütün hayat devreleri doğrudan veya dolaylı olarak iklimin etkisi altındadır (Koç, 2021a,b,c,d; Özel vd., 2022;

Tandogan vd., 2023). İklimde meydana gelen değişiklikler canlıların alışkın oldukları iklimik şartların değişmesine sebep olarak stres etmeni oluşturmaktadır (Cetin vd., 2023; Koç, 2022a,b). Bu stres çeşitlerinden dünyamız için belkide en etkili olanı kuraklık (Koç vd., 2022; Koç ve Nzokou, 2023) ve ağır metal (Isinkaralar vd., 2022a; Key vd., 2022; Koç, 2021e) stresidir. Stres koşulları altında ise canlıların gelişimleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Koç ve Nzokou, 2022a,b; Yigit vd., 2016a,b; Yılmaz vd., 2022). Dolayısıyla çevre kirliliği bütün canlı yaşamını doğrudan olduğu kadar dolaylı yollarla da önemli ölçüde etkilemektedir.

Organik kirleticilerin tersine, ağır metaller biyolojik veya kimyasal olarak indüklenen bozunmaya oldukça dirençlidirler. Bu nedenle, ağır metaller toprağa girdikten sonra uzun süre kalabilmektedir. Örneğin, Pb'nin 150-5000 yıllık bir toprak dayanıklılık dönemi vardır ve 150 yıldan fazla toprakta kaldığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Cd'nin biyolojik yarı ömrü 18 yıldan fazladır. Ekolojik sistemin en temel bileşeni olan toprak, dünya çapında ağır metaller tarafından yüksek oranda kirletilmektedir. Topraklarda aşırı ağır metal birikimi, toprak ekosisteminin bozulmasına ve başka çevresel sorunlara neden olabilir. Topraktaki pH, elektriksel iletkenlik, katyon değişim kapasitesi, toprak mineralojisi, mikrobiyal ve biyolojik koşullar ve toprak inorganik ve organik ligandlarının varlığı gibi toprak fiziko-kimyasal özellikleri, topraktaki biyolojik yapıyı ve ağır metal hareketliliğini büyük ölçüde etkiler. Toprakta ağır metal birikiminin toprak verimliliğini, kalitesini ve biyokimyasal faaliyetleri (enzimler ve mikroplar) önemli ölçüde etkilediği, topraktaki enzim faaliyetlerinin Ni, Cu, Cr, Co, Mn ve Zn içerikleri ile önemli ölçüde negatif korelasyon gösterdiği bildirilmektedir (Khalid vd., 2017).

Aslında ağır metal olarak nitelendirilen elementlerin pek çoğu aynı zamanda bitki besin elementidir. Bundan dolayı bu elementlerin bitki gelişimini nasıl etkilediği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Affholder vd., 2019; Dev vd., 2020). Ancak düşük konsantrasyonlarda bitki besin elementi olan ağır metallerin bile yüksek konsantrasyonlarda toksik ve zararlı olabildiği bildirilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Turkyilmaz vd., 2018c). Bundan dolayı özellikle ağır metal kaynağı olan sanayi tesislerine yakın bölgeler ile trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerdeki toprak kirliliğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır ve bu konuda da çok sayıda

çalışma yapılmıştır (Hashemi vd., 2016; Wu vd., 2018; Yang vd., 2017; Zhu vd., 2017;).

Topraklardaki ağır metal kirliliği aynı zamanda atmosferik ağır metal kirliliğinin de önemli bir göstergesidir. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve haritalanmasında özellikle yüzey toprağı-üst toprak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, toprak özelliklerinin her noktada belirlenmesi, uygulamada çok zor hatta olanaksızdır. Bu nedenle, çalışma alanının belirli noktalarından alınan örneklerin analiz sonuçları yorumlanarak, alanının tümü için genelleme yapılmaktadır. Bir toprak özelliğinin herhangi bir noktadaki ölçüm değeri, onun bulunduğu noktadaki uzaysal konumunun bir fonksiyonudur. Bu da toprak özelliklerinin arazide süreklilik gösterdiğini belirtmektedir. Başka bir deyişle; bir toprak özelliğinin iki nokta arasındaki benzerliği, noktalar arası uzaklığa bağlıdır. Uzaklık azaldıkça benzerlik artmaktadır. Topraklarda ağır metallerin temel konsantrasyonlarının, bunların yersel dağılım özelliklerinin ve kaynaklarının bölgesel çapta belirlenmesi gerekir. Çünkü, kendine özgü bir toprak tipinde lokal element konsantrasyonları, başka bölgeler için belirlenmiş olan değerlerden daha az veya daha çok olabilir (Duan vd., 2016; Özdel, 2010; Shaibi, 2020; Wang vd., 2020).

## **2.2 Toprakta Ağır Metaller Konusunda Yapılmış Çalışmalar**

Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak oluşmakta ve ayrıca çeşitli antropojenik faaliyetler ile toprağa salınmaktadırlar. Bu da toprakta yüksek ağır metal içeriğinin toksik seviyelere ulaşmasına neden olur. Kirli topraklarda bulunan en yaygın ağır metaller Pb, Cr, As, Zn, Cd, Cu ve Hg'dir. Doğal süreçler ayrıca toprakların ağır metal kirlenmesine de katkıda bulunur (Cobanoğlu vd., 2023; Kuzmina vd., 2023). Dolayısıyla topraklardaki ağır metaller ana kaya kaynaklı olabildiği gibi aynı zamanda çeşitli antropojenik faktörlerin de etkisiyle oluşabilmektedir. Ross (1994), antropojenik metal (loid) kontaminasyon kaynaklarını beş gruba ayırmıştır. Bunlar;

1. Tarım (Zn, As, Pb, Cd, Cu, selenyum (Se) ve uranyum (U))
2. Metalik madencilik ve eritme (Cd, Pb, As ve Hg)

3. Sanayi (Cd, Hg, As, Cr, Cu, Co (kobalt), Ni ve Zn)
4. Atık bertarafı (As, Pb, Cu, Cd, Cr, Zn ve Hg)
5. Atmosferik birikim (As, Pb, Cr, Hg, Cu, Cd ve U)

Topraklardaki ağır metal kirliliğinin büyük oranda insan kaynaklı olmasından dolayı, bugüne kadar yapılan çalışmalarda genellikle insan kaynaklı ağır metal kirliliği üzerinde durulmuş, yoğun olarak antropogenik etkilerin topraktaki ağır metal kirliliğine etkileri araştırılmıştır. Toprak, en büyük ağır metal rezervuarlarından biridir ve gıda zincirinin başında gıda güvenliğini etkiler (Mao vd., 2019). Bundan dolayı topraklarda ağır metal birikiminin belirlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Topraklarda ağır metaller konusunda yapılmış çalışmalar farklı kategorilere ayrılabilir. Topraklardaki ağır metallerin birçoğu aynı zamanda besin elementi olduğundan, topraklardaki besin durumunu belirlemeyi amaçlayan çalışmalar yoğun şekilde yapılmaktadır (Behera vd., 2016; He vd., 2019; Wang vd., 2016). Topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeyi amaçlayan çalışmalarda ise genellikle ya nokta veya bölge bazında çalışmalar yapılarak istatistiki olarak karşılaştırılmış (De Silva vd., 2016; Shaibi, 2020; Yang vd., 2017) ya da kirlilik haritası çıkartılmıştır (Tóth vd., 2016; Wu vd., 2016). Bu konuda yapılmış çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Alghamdi vd., (2022) parçacık ölçülerine ve konsantrasyonlarına bağlı olarak kentsel tozdaki ağır metallerin insanlar için sağlık tehlikesi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında farklı ağır metallerin konsantrasyonunu, sağlık riskini, yoğun kirlilik yük indeksini (IPI) ve zenginleştirme faktörünü araştırmışlardır. Riyad şehrinin farklı yerlerinden kentsel toz örnekleri alınmıştır. Yüzey tozu örnekleri şehrin kuzey, güney, doğu, batı ve iç kısımları dâhil olmak üzere 50 farklı yerleşim alanından elde edilmiştir. Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları analiz edilmiştir. Konsantrasyonlara bakıldığında ağır metallerin sıralaması şu şekildeydi: Zn>Cu>Mn>Ni>Pb>Cd. Zenginleştirme faktörü (EF) eğilimleri yinelenen antropojenik etkilere uğrayan faaliyetlerin Mn, Cr ve Ni'den sorumlu belirlenirken konulurken yer kabuğunun Pb, Zn ve Cu'dan oluştuğu ortaya konulmuştur. Ağır metal

konsantrasyonları eşik değerden düşük olduğu için araştırmaya konu olan bölgede çocukların ve yetişkinlerin düşük derecede sağlık riskiyle karşı karşıya olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda yok kritik sınırın altında olan IPI'ye göre tozdaki ağır metallerin kirlenmesi, (<1) şehrin kuzey kısmında yüksek IPI'ye sahip bir yer dışında bazı bölgelerde sağlıksız solunum koşulları oluşturmaktadır. Hızlı sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte tozdaki konsantrasyonların yakın bölgelerde sağlık sorunlarına neden olabileceği tespit edilmiştir.

Al- Swadi vd., (2022) yaptıkları araştırmada birçok bilgiyi ortaya koymuştur. Riyad'daki kentsel ve banliyö alanlarının toprak ve tozundaki ağır metallerin kaynaklarını ve seviyelerini araştırmışlardır. Buna ek olarak çeşitli toprak parçacık boyutu fraksiyonlarındaki (>250, 63-250) ağır metal konsantrasyonları (<63 µm) bildirilmiştir. Kirlilik seviyesi ve bunlarla alakalı ekolojik ve insan sağlığı riskleri, toplanan toprak ve toz örnekleri incelenmiştir. Ağır metallerin kirlenme derecelerinin tozda daha yüksek olduğu belirlendi. Tüm alanlardaki toz örnekleriyle kıyaslandığında toz numunelerinde ortalama entegre potansiyel ekolojik riskin Mahad AD'Dahab'ın kentsel alanının %139'u olduğu ve bu yüzden çok yüksek risk kriteri olarak belirlendiği açıklanmıştır. Zenginleştirme faktörü (EF), korelasyon analizi ve ana bileşen analizi, alüminyum (Al), Co, Cr, Fe, Mn, Ni, titanyum (Ti) ve Zn elementlerinin asıl olarak litojenik bir oluşuma sahip olduğunu vurgulamışlardır. (EF<2). Fakat Riyad'da Zn, Cu, Pb ve Mahad AD'Dahab'da Cd, Cu, Zn, Pb elementlerinin konsantrasyonlarının endüstriyel madencilikten etkilendiği belirtilmiştir. Tozun tehlike indeksi değerleri ve Mahad AD'Dahab'da bulunan kentsel ve banliyö bölgelerde toprak örnekleri değeri ">1" olarak bulunmuştur. Bu sonuçtan kanserojen olmayan risk olduğunu çıkarmışlardır. Bu yüzden Mahad AD'Dahab'ın mayınlı bölgesinden alınan toz ve toprak örneklerinin Riyad'dan daha yüksek kirlilik seviyesine, ekolojik ve insan sağlığı risklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bisht vd., (2022) yaptıkları çalışmada Hindistan'daki Dehradun şehriden alınan yol tozu hakkında bilgi vermektedirler. Ağır metallerin yani Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni ve As gibi kirlilik seviyesini ve mekânsal dağılımını rapor etmişlerdir. Kategorilere ayrılmış çeşitli arazi kullanım alanlarından üç kopya halinde yetmiş örnek topladıklarını belirtmişlerdir. Bu çeşitli arazileri şu şekilde tanımlamışlardır: konut,

ticari, ulusal otoyollar ve sessiz bölgeler. İncelenen ağır metallerin konsantrasyonları asit sindirim şekli ve peşinden endüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile belirlendiğini vurgulamışlardır. Ağır metal konsantrasyonu arasındaki bağlantıyı değerlendirmek için Pearson'un önemli korelasyon analizi ve yol tozundaki ağır metallerin kaynak tanımlaması için temel bileşenler analizi kullanılmıştır. Hindistan toprağı arka plan değerleri ile karşılaştırıldığında Mn, Zn, Cu, Pb ve Ni ortalama konsantrasyonu epey yüksek bulunmuştur. İncelenen tüm ağır metaller içerisinde yol tozundaki en kirli ağır metallerin Pb ve Zn olarak bulunduğunu belirtmişlerdir. Kirlenme derecesinin ticari bölgelerde ve ulusal otoyollarda bulunan ağır metallerin en yüksek kirlenmeyi gösterdiği açıklanmıştır. Kirlilik yükü indeksi gözlenen 70 lokasyonda 1'den yüksek bulunmuştur. Bu yüzden Dehradun şehri üzerindeki yol tozunun kalitesinde ağır metaller sebebiyle bozulma olduğunu tespit etmişlerdir. Temel bileşen analizi sonucunda Fe, Zn, Cu ve Ni esas olarak lastik aşınması, fren balatası aşınma parçacıkları ve metalik bileşenlerin korozyonu dahil olmak üzere araç kirliliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Faisal vd., (2022a) yaptıkları çalışmada sokak tozunun çeşitli parçacık boyutlarına dayanarak, Zhengzhou şehrinin farklı işlevsel alanlarında kuru ve ıslak atmosferik çökmeden yüzey akışına kadar ağır metallerin potansiyel kirlilik yükünün, yağmur temizleme ağır metal indeksi modeli sayesinde tahmin edildiğini vurgulamışlardır. Eğitim alanı (EA), sanayi alanı (IA) ve ticari alanı (CA) bölgeleriyle kıyaslandırıldığında konut alanları (RA) ve park alanlarının (PA) yolda biriken tortulardan kaynaklanan ağır metal akışı kirliliğine diğer bölgelerden daha yüksek potansiyel katkısı olduğu belirlenmiştir. Zhengzhou civarındaki farklı bölgelerdeki kirlilik yüklerini hesaplamak için yolda biriken tortu (Road deposited sediment = RDS) indeks modeli kullanılmıştır. Çeşitli arazi kullanım alanlarında kirletici yük ve kirletici güç için RDS indekslerinin büyük oranda değiştiğini ve RDS indeks gücü değerlerinin arttığını vurgulamışlardır. RDS indeks yükü sıralaması şu şekildedir: IA>RA>PA>EA. Çeşitli arazi kullanım alanlarında RDS indeksi, RDS miktarı, hâlihazırdaki tane boyutları, RDS hareketliliği ve ilişkili metaller RDS özelliklerini kapsadığı için mukavemet sonuçları sadece bulunan RDS miktarlarındaki değişkenlikle veya RDS'deki metal konsantrasyonlarıyla eşleşmemiştir. Metalin tozdaki varlığının insanlar için doğrudan bir sağlık riski olduğunu belirtmişlerdir.

Şehirde acil ve etkili kirlilik kontrolü ve önleme tedbirlerinin olacağını garanti etmektedir.

Faisal vd., (2022b) yaptıkları çalışmanın amacının ekolojik ve sağlık risklerini ölçmek için Zhengzhou şehri yol tozundaki tehlikeli ağır metallerin suda çözünür konsantrasyonlarını belirlemek olduğu vurgulamışlardır. Ağır metallerden en yüksek konsantrasyona sahip metallerin Cu (328,3 µg/l) ve Zn (191,7 µg/l), en düşük konsantrasyona sahip metallerin ise Hg (0,24 µg/l), Cd (2,61 µg/l) ve Pb (3,57 µg/l) olduğu ortaya konulmuştur. Ekolojik risk değerlendirmesi en bol olan kirleticinin Hg peşinden ise Cu ve Cd olduğunu belirtmişlerdir. Beş ağır metalin (Cr, Ni, Zn, As ve Pb) ise kirlilik içermeyen ya da düşük kirlilik kategorisine girdiği belirlenmiştir. Solunumla alakalı sağlık riskleri bulguları, çocukların ticari ve endüstriyel alanlarda kurşuna kanserojen olmayan seviyelerde maruz kaldığını tespit etmiştir. Bunun yanı sıra hem çocukların hem de yetişkinlerin ticari ve yerleşim alanlarında yüksek oranda Cu, Pb ve Zn seviyelerine maruz kaldığı belirlenmiştir.

Guan vd., (2022) önceki çalışmalarda topraktaki ağır metallerden kaynaklanan ekoloji ve insan sağlığı risklerinin olasılığıyla alakalı nicel değerlendirme çalışmalarının olmadığını belirtmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmayla Çin'in kuzeybatısındaki karakteristik bir vaha kentinden üst toprak örneklerini almışlardır. Ardından sağlık riski modelinin belirsizliğini risk değerlendirmesine dahil ederek ağır metallerden kaynaklanan ekolojik riski nicel olarak değerlendirmiş ve ağır metal seviyesini belirlemişlerdir. Bu çalışma antropojenik etkinliklerin çalışma sahasında ağır metal birikimini etkilediğini ve toprak ağır metallerinin kirlenme riskinin hafif ila orta seviyede kirlenme ve düşük ekolojik risk olarak nitelendirildiğini ortaya koymuştur. Bu kapsamda türlerin akut toksisite verileri kullanılarak ağır metallerin tür duyarlılığı dağılım eğrileri oluşturulmuş, ağır metallerin öngörülen etkisiz konsantrasyonları türetilmiş ve olasılıksal bir ekolojik risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçlar ise Çin'deki mevcut toprak çevre kalite standartlarının tür çeşitliliğini korumada etkisiz kaldığını göstermektedir. Bunun yanı sıra çalışma alanında Cr, Ni ve As için ekolojik risk olasılığı %63,3, %23,8 ve %7,1 olduğunu fakat geleneksel kirlilik değerlendirme yöntemlerinin Cr tehlikesini hafife aldığı belirtilmiştir. Monte Carlo simülasyonları Cr ve As kanserojen risk olasılığının yüksek olduğunu ve toplam kanserojen riskinin 1E-

06'yı aşma olasılığının %99,0 olduğunu ortaya koymuştur. Kanserojen olmayan riskin düşük olduğunu, eğitim faktörü ve referans dozunun insan sağlığı risklerinin değerlendirilmesini yüksek ölçüde etkileyebileceğini tespit etmişlerdir.

He vd., (2023) yaptıkları araştırmada kentsel toprak ve tozdaki ağır metal özelliklerindeki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için hakemli makalelerde bildirilen Çin'deki 34 şehirden toprak ve toz örnekleri için ağır metal verileri topladıklarını belirtmişlerdir. Sonuçlar ise kentsel sokak tozundaki ortalama Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarının çoğunlukla kentsel topraktakilerden daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Kentsel topraktaki ağır metallerin ortalama coğrafi birikim indeksi (Igeo) değerleri şu şekilde sıralanmıştır: Cd>Zn>Pb>Cu. Kentsel tozrakilerin sırası ise Cd>Zn>Pb>Cu şeklindedir. Metal işleme ve eritme endüstrilerinin gelişimi, imalat ve ağır kirletici işletmelerin yer değiştirmesi, bazı şehirlerdeki yüksek metal konsantrasyonlarının ana nedenleri arasında gösterilmiştir. Kentsel topraktaki ağır metal konsantrasyonları kentsel tozrakilerle alakalı değildir. Çünkü topraktaki ağır metal konsantrasyonları esas olarak kentsel kirliliğin uzun vadeli etkisini iletirken tozdaki konsantrasyonlar kentsel alandaki kısa vadeli emisyonlarla ilişkilendirilmiştir. Birçok şehirde kentsel topraktaki ağır metallerin çocuklar için kanserojen olmayan riskinin büyük ölçüde güvenli olduğunu vurgulamışlardır. Kurşunun kentsel toprak ve tozdaki ağır metallerin sunduğu toplam sağlık riskine en büyük katkıyı yaptığını belirtmişlerdir. Yoğun sanayi ve trafiğin olduğu şehirlerde kentsel toprakta ve tozda ağır metal kirliliğine büyük ölçüde dikkat edilmesi gerektiğini tespit etmişlerdir.

Huang vd., (2022) Güney Çin'de bulunan Pearl River Deltası'ndaki farklı şehirlerden ve işlevsel alanlardan kentsel yol tozundaki ağır metallerin özelliklerini araştırmak için toplamda 294 toz örneğini analiz etmişlerdir. Tozdaki ağır metallerin kirlenme özellikleri ve sağlık riskleri değerlendirilerek kimyasal türleşmeleri ayırt edilmiş ve kaynaklı korelasyonların küme ve temel bileşen analizi ile belirlendiği vurgulanmıştır. As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni ve Zn ortalama konsantrasyonları kentsel yol tozundaki diğer araştırmalarla kıyaslandığında orta ya da yüksek seviyede bulunmuştur. Bu durumda sanayi bölgesinde Cr, Cu, Ni ve Zn kontaminasyonu ve ticari alanda Cd ve Hg kontaminasyonunun diğer fonksiyonel alanlara göre anlamlı derecede yüksek

olduğunu ve Foshan şehrindeki ağır metallerin kontami etkisi diğer şehirlere göre anlamlı derecede yüksek olduğunu belirtmişlerdir (P <0,01). Pearl River Deltası'nın kentsel yol tozunda daha yüksek konsantrasyona sahip ağır metallerin hareketlilik sırası şu sırayla azalmıştır: Zn, Ni, Cu, Pb ve Cr. İstatiksel analiz sonucu kentsel yol tozundaki kirlenmiş ağır metallerin asıl olarak endüstriyel faaliyetler, trafik faaliyetleri ve bina kirliliğinden kaynaklandığını göstermiştir. Yetişkinler için önemli bir kanserojen ve kanserojen olmayan riskin bulunmadığını ancak çocukların iki metalin düşük kontaminasyon seviyesine rağmen kısmi noktalarda As ve Cr'nin neden olduğu önemli kanserojen olmayan etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yutulmanın ağır metallerin kentsel yol tozu yoluyla popülasyona maruz kalması için temel bir yol olduğunu vurgulamışlardır. Bilhassa CA ve IA'da çocukların toza maruz kalmasını düşürmek için daha fazla koruma yöntemi bulunması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Li vd., (2022) araştırmalarında ağır metal taşıyan atmosferik partikül maddenin kirlenmesinin, çeşitli ekosistem bölümleri için büyük bir tehdit oluşturduğunu vurgulamışlardır. Yaprak tozunun ağır metal konsantrasyonunu ve bileşimini karakterize etmek, yaprak tozunun uygunluğunu doğrulamak için kentsel toprak-bitki sistemlerinde dört ekosistem bölmesinden (bitki yaprakları, yaprak tozu, yüzey toprağı ve toprak altı) toplam 540 örnek toplanmıştır. Çevresel bir monitör olarak toz ve bitki yapraklarındaki ağır metal bileşimini biçimlendirmede yaprak tozunun önemine dikkat çekmektedirler. Yaprak tozunda tespit edilen tüm elementlerin (kurşun, çinko, bakır, krom, nikel ve manganez) konsantrasyonlarının dört ekosistem bölmesi arasında en yüksek olduğunu bulmuşlardır. Yaprak tozunun hem toz tutma miktarı hem de ağır metal konsantrasyonu göz önüne alındığında birim yaprak alanı başına element kütlelerinin, topraktaki ağır metal kirlilik seviyesi ile önemli pozitif korelasyonlara sahip olduğunu ve yaprak tozunun dört ekosistem bölmesi arasında ortamdaki temel bileşimi en güvenilir şekilde yansıtabileceğini belirtmişlerdir. Yukarıdaki bulguların, kentsel bölgelerde yaprak tozunun çevresel izleme için toprak ve bitki materyallerinden daha uygun olduğunu ve buna ek olarak bitki yapraklarının elementel kompozisyonu farklı toprak-bitki sistemleriyle önemli ölçüde farklılık gösterse de yaprak elementel kompozisyonunda tür kimliğinin baskın olduğunu tespit etmişlerdir. Varyasyon bölümlenme modeli ve kısmi korelasyon analizi, yaprak tozunun bitki yapraklarının elementel bileşimini şekillendirmede topraktan önemli bir rol oynadığını

doğrulamıştır. Bu çalışmanın çevre kirliliğinin izlenmesi için yeni bir yol sağlayacağını ve atmosferik partikül maddenin kapsamlı bir şekilde anlaşmasına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Lima vd., (2023) kentleşmeyi hızlandıran ağır metal kirliliğinin insan sağlığı ve çevre için potansiyel risk oluşturan, gelişmekte olan sosyo-çevresel bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Bu senaryoda sokak tozunun birincil kirlenici kaynağı olduğunu ve Brezilya'nın en büyük şehirlerinden birinin sokak tozundaki metal konsantrasyonları, kontaminasyon kaynaklarını belirlemek ve ölçmek amacıyla değerlendirildiğini vurgulamışlardır. Metalin biyolojik olarak insanlara yönelik tahmini olasılıklı kanserojen riskleri de değerlendirilmiştir. Recife metropol bölgesinde otuz altı toz örneği toplanmıştır. Sonuçlar ise trafiğin sokak tozundaki metallerin dağılımını ve birikimini yönettiğini göstermiştir. Karışık bir kaynağa sahip olan Cd dışında araçlardan kaynaklanan emisyonların ağır metallerin birincil kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Potansiyel ekolojik riski çok yüksek olan Ba, Cu, Mn, Pb ve Zn'den orta ila ağır toz kirliliği bulunmuştur. Ana maruz kalma yolunun metale bağlı olduğu belirtilmiştir. Ba, Cu ve Pb ana maruz kalma yolu olarak cilde temastan ziyade ağız yoluyla alınırken inhalasyon ve cilt teması sırasıyla Mn ve Cr için ana riski oluşturduğu ve yetişkinlere göre çocuklar için daha yüksek riskte olduğu vurgulanmıştır. Çocuklar ve yetişkinler için kabul edilemez kanserojen risk senaryoları olasılıklarının sırasıyla %27 ve %4 olduğunu ve Cr kentsel nüfus sağlığı için endişe verici bir metal olduğu tespit edilmiştir.

Sellami vd., (2022) ağır metal kirliliğinin toprak ortamını ve dünya çağında insan sağlığını tehdit eden önemli bir sorun olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacının Cezayir'in doğusundaki Setif şehri ve çevresindeki kentsel ve kentsel topraklardaki ağır metallerin kirliliğini değerlendirmek olduğunu açıklamışlardır. Çalışma otuz altı toprak örneğinin kimyasal analizini, kimyasal verilerin ve kirlilik endekslerinin istatistiksel değerlendirmesini ve yorumlanmasını tematik harita ile birleştirmektedir. Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn'nin ortalama konsantrasyonları sırasıyla şöyledir: <0,02, 43,35, 43,75, 331,20 ve 78,26. Fransız düzenleyici sınırları ile karşılaştırıldığında Cd, Cr ve Cu'nun Setif şehir ölçeğinde hala tehlikeli olmadığı ve bununla beraber Zn ve Pb konsantrasyonlarının Çin Bn standardına atıfta bulunulan

arka plan değerlerinden iki ila üç kat yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kirlilik indekslerinin Pb ve Zn'nin sırasıyla şehrin en eski semtinde, sanayi bölgesinin yakınında, evsel ve endüstriyel atıkların kontrolsüz kara dolgusunun yakınında bulunan, çalışılan kirleticiler ve kirli geniş antropojenik faaliyetler arasında en yüksek tehditleri temsil ettiğini vurgulamışlardır. Cu, Pb ve Zn'nin görünüşte araç emisyonundan, fren ve lastik parçacıklarından ve endüstriyel emisyonlardan kaynaklandığını ve bununla beraber Cr dağılımının antropojenik kaynaklarla ilişkilendirilemeyeceğini belirtmişlerdir. Arka plan değerinden daha düşük ortalama konsantrasyona sahip Cr'nin hayvan dışkısı ve organik gübrelere kaynaklandığını açıklamışlardır. Entegre kirlilik indeksi, Setif şehrinin topraklarında antropojenik kaynaklardan ağır metal birikiminin çevreye yayılabilecek ve insan sağlığını tehdit edebilecek endişe verici derecelere ulaştığını göstermektedir. Setif şehrinin şehirleşme ve endüstriyel gelişiminin artması beklenirken bunu takiben ağır metal kirliliğinin de artacağını tespit etmişlerdir. Mevcut çevresel durumu hafifletmek için yerel makamlar tarafından düzeltici önlemlerin alınması ve gelecekteki en uygun çevresel koşulları garanti etmek adına şehir için sürdürülebilir bir kalkınma planının olması gerektiğini vurgulamışlardır.

Sinduja vd., (2022) yaptıkları çalışmanın Güney Hindistan'ın deri tabaklama endüstrileri civarında istatistiksel analiz ve Ampirik Bayes Kriging modellemesi kullanarak toprağın kromlar kirlenmesini incelediklerini açıklamıştır. Tarım arazilerinden altmış dört toprak örneği alınarak Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak ana iyonları ve iz elementleri açısından analiz edildiğini vurgulamışlardır. İz element konsantrasyonunun Cr>Fe>Ni>Pb>Mn>Cu>Zn şeklinde azaldığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra toprak örneklerinde bulunan kromun 0,1 ile 2459 mg/kg arasında değiştiğini ve bu çalışmada gözlemlenen daha yüksek Cr, Pb, Ni, Zn konsantrasyonu tabakhane bölgesinde izin verilen sınırı aşarak tabakhane atıklarının etkisini gösterdiği tespit edilmiştir. Cr'nin Ca, Mg, Pb ve Mn ile pozitif korelasyonu, tabakhane atık sularının açık alana boşaltılmasını ve böylelikle çalışma sahasındaki toprağı kirlettiğini vurgulamışlardır. Cr, Pb, Fe ve Ni için Ampirik Bayes Kriging modelinden türetilen kök ortalama karesel hata değerleri 1'e yakındır ve bu modelin geçerliliğini ifade etmektedir. Ayrıca, tabakhane bölgesi etrafındaki toprak kirliliği indeksi ve jeo-birikim indeksi

sonuçları, tabakhane atık sularının derin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, çalışma alanında verimli tarım arazilerinin büyük ölçüde bozulmasına neden olabilecek toksik ağır metallerin varlığını açıkça vurgulamakta ve bu nedenle, ağır metal kirliliği sorununu çözmek için uygun bir strateji oluşturmak ve uygun bir iyileştirme tekniği uygulamanın esas olduğunu belirtmişlerdir.

Soleymani vd., (2022) çalışmalarının İran'ın Neyşabur şehrinin sokak tozlarındaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve analiz edilmesi amacıyla yapıldığını vurgulamışlardır. Bu bağlamda, 60 sokak tozu örneğinde Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Co ve Cd'nin de aralarında bulunduğu 10 ağır metalin konsantrasyonunun ölçüldüğünü belirtmiştir. Neyşabur şehrinde yüksek trafik, düşük trafik ve kırsal bölge olmak üzere üç bölgeden örnekler toplandığını ve yaz aylarında 10 örnek ve kışın 10 örnek olmak üzere toplamda 20 örnek incelendiğini açıklamıştır. Sokak tozu numunelerindeki hedef ağır metallerin ortalama konsantrasyonunu şu şekilde belirtmiştir: Al için 50.514,09, Fe için 42.473,33, Mn için 647,4, Zn için 230,07, Cu için 146,44, Cr için 96,18, Ni için 73,25, Pb için 40,56, Co için 14,86 ve Cd için 1,32. Bulgulara dayanarak, tüm kantitatif ağır metaller için kanserojen olmayan risk değerlendirmesinin izin verilen değerlerden daha düşük olduğu sonucuna ulaşılabilceğini vurgulamışlardır. Buna ek olarak, bu metallerin karsinojenik risk değerlendirmesi, yetişkinler için Cr'ye maruz kalma ve çocuklar için Cr, Co ve Ni'ye maruz kalma yoluyla yüksek kanserojen risk indeksleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bu inceleme sonucunda, Neyşabur şehrinin çevre toprağına ağır metallerin bulaşmasını önleme çabalarının teşvik edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Sultan vd., (2022) çalışmalarında Güney Asya bölgesinde hızla büyüyen mega şehirlerin Dakka şehri de dahil olmak üzere antropojenik faaliyetler nedeniyle ağır metal yükü gibi çevresel sorunlarla karşı karşıya olduğunu açıklamışlardır. Bu nedenle, bu çalışmanın, Bangladeş'in Dhaka şehrinde yeni bir çoklu numune (toprak, toz ve ağaç yaprakları) yaklaşımı kullanılarak kentsel çevredeki ağır metal kirliliğini anlamak için yürütüldüğünü belirtmişlerdir. AAS kullanılarak dokuz ağır metalin analizi için 13 bölge seçildiği ve topraktaki Cd, Zn, Cu ve Mn'nin konsantrasyonu ve tozda Cr, Ni, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları tozda izin verilen maksimum sınırı aştığı belirlenmiştir. Ağaç yaprağı örneklerinde Ni dışındaki tüm ağır metallerin standart

değeri aştığını ve çevre kirlilik indekslerinin, çalışma alanının çoğunlukla Cu, Pb, Ni, Zn, Cd, Mn ve Cr ile kirlendiğini ortaya koymuşlardır. Çok değişkenli istatistiksel analize göre, topraktaki Zn, Cu, Pb, Ni; tozdaki Cr, Pb, Mn, Zn; ve ağaç yapraklarındaki Ni, Mn, Pb, Zn ana kaynağı araç emisyonları olarak kabul edilmiştir. Endüstriyel emisyonlar, topraktaki Cd'nin, tozdaki Cu, Cd, Ni'nin ve ağaç yapraklarındaki Cr, Cd'nin birincil kaynağı olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, beş tür arasında ağaç yapraklarındaki metallerin analizi *Ficus aurea*, *Ficus benghalensis*, *Ficus religiosa*, *Ficus rubiginosa*, ve *Polyalthia longifolia* üzerinde gerçekleştirilmiştir. *Ficus aurea*'nın Cd'nin hiperakümülatörü ve diğer metaller için iyi bir akümülatör olduğunu ortaya çıkararak onu kentsel yeşillendirme için uygun bir aday haline getirdiğini belirtmişlerdir. *Polyalthia longifolia*, toksik elementler için daha iyi bir bariyer olduğu ve Cr'nin yaşayanlar için en yüksek kanserojen riske sahip, en yüksek potansiyel ekolojik riske neden olduğu bulunmuştur. Bu bilimsel çalışmanın kentsel metal kirliliğinin değerlendirilmesinde etkili bir araç olduğunu vurgulamışlardır.

Yang vd., (2022) yaptıkları araştırmada kentsel topraklardaki zehirli ağır metal kirliliğinin, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle önemli bir küresel sorun haline geldiğini vurgulamışlardır. Bu yazıda Monte Carlo simülasyon yaklaşımı kullanılarak, Çin'in kuzeydoğusundaki ağır sanayi şehrinin kentsel topraklarındaki As, Hg, Pb ve Cd türleşmesini, biyoyararlanımını ve insan sağlığı riskini değerlendirmek için 26 toprak örneği analiz edilmiştir. Sonuçlar ise topraktaki As, Hg, Pb ve Cd konsantrasyonlarının hepsinin çalışma alanının karşılık gelen arka plan değerini aştığını göstermiştir. Cıva birikme indeksinin (Igeo) en yüksek değerini gösterdiğini ardından Cd, Pb ve As geldiğini belirtmişlerdir. Kirlilik yükü indeksi değeri çalışma alanında orta düzeyde bir kirlilik seviyesi olduğunu göstermiş ve ağır metallerin kimyasal türleşmesi, Cd dışında esas olarak artık fraksiyonda bulunmuştur. Olasılığa dayalı sağlık riski değerlendirmesinin sonucunda toplam konsantrasyonla hesaplanan ortalama toplam karsinojenik risk ve tehlike indeksi değerlerinin kabul edilemez düzeyde olduğunu ve çocuklar için yetişkinlerden daha yüksek risk taşıdığını tespit etmişlerdir ancak biyoyararlılık fraksiyonu ile hesaplanan ortalama değerlerin tümü kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur. Biyoyararlanımlı fraksiyonla elde edilen ortalama toplam karsinojenik risk ve tehlike indeksi değeri, toplam konsantrasyonla

elde edilenden sırasıyla yaklaşık %96 ve %95 daha düşük seviyede tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu çalışmanın ağır metallerin biyolojik olarak kullanılabilir fraksiyonunun sağlık riski değerlendirmesi için daha güvenilir bir parametre olduğunu ve ağır metallerin toplam konsantrasyonunun gerçek riskini olduğundan fazla tahmin edebileceğini belirtmişlerdir.

Yu vd., (2022) araştırmalarının kentsel sokakların tozundaki ağır metalleri ve toz kirliliğine maruz kalma yoluyla sağlık tehlikelerini değerlendirmek ve ağır metallerin arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla temel bileşen analizi adı verilen bir analiz yöntemi ve pozitif matris çarpanlarına ayırma adı verilen bir model uygulanarak ortaya konulduğunu açıklamışlardır. En etkili sanayi merkezlerinden ve turistik destinasyonlardan biri olan Çin'in Harbin kentinden toplam 118 toz örneği toplanmıştır. Çalışma sonucunda ortalama Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb ve Mn konsantrasyonları sırasıyla  $1,79 \pm 1,618$ ,  $67,23 \pm 32,84$ ,  $57,76 \pm 51,50$ ,  $328,52 \pm 117,62$ ,  $27,11 \pm 4,66$ ,  $83,03 \pm 25,39$  ve  $745,34 \pm 153,22$  mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Cu, Zn, Pb ve Cd'nin düzensiz zenginleşmesinin yerini coğrafi birikim indeksi ve zenginleştirme için kullanılan faktörlerin takip ettiğini belirtmişlerdir. Hem mekânsal dağılım hem de korelasyon analizi, Cu, Zn, Pb ve Cd'nin antropojenik faaliyetler tarafından kontrol edilebileceğini ifade etmektedir. Aksine Cr, Mn ve Ni doğal kaynaklara atfedilebileceğini vurgulamışlardır. Tehlike bölümleri 1'den az olduğunu, yaşlılar ve çocuklar için tehlike endekslerinin sırasıyla 0,129 ve 0,852 olduğunu açıklamışlardır. Sonuçlar, sokak tozunun potansiyel olarak bölge sakinleri için bir sağlık tehlikesi olarak kabul edilemeyeceğini göstermiştir. Araştırma bölgesinin sokak tozlarında bulunan Cu, Zn, Pb, Cr, Ni ve Cd'nin endüstriyel ve trafik kaynaklarının birleşiminden ve evsel kömür yanmasından etkilendiğini ve toprağı oluşturan ana materyal Mn düzeyini etkileyeceğini belirtmişlerdir. PMF (Pozitif matris ayrışması) adı verilen bir modelin, kirlilik kaynağı belirlemenin güvenilirliğini ve doğruluğunu artıran ve bazı potansiyel uygulamaları sunan sokak tozu kirlilik kaynaklarının araştırılmasında uygulandığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında ise Ankara kent merkezinde hem üst topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmiş hem de çalışmaya konu ağır metaller bakımından kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde, noktasal olarak alınan toprak örnekleri arasında bölge ve kirlilik düzeyi bakımından istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığı varyans analizi ve Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

Literatürde gerek topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin istatistiki yöntemlerle belirlendiği çalışmaların yanında kirlilik durumunun CBS yardımıyla haritalandırıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Chen vd., (2016) Kuzeybatı Çin'in kanalizasyon sulama alanında, 52 üst toprak örneğinde As, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni ve Pb içeriğini değerlendirmişlerdir. Pirsahab vd., (2016) Kermanshah bölgesinde yüzey toprağında ağır metal kirliliğinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini belirlemişler ve çalışma sonucunda trafik yoğunluğunun olduğu alanlarındaki Cr, Cd ve Ni seviyelerinin kontrol numunelerinden daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunu belirtmişlerdir.

Yang vd., (2018) Çin'deki 402 sanayi bölgesi ve 1041 tarım alanının topraklarında Cd, Pb ve As konsantrasyonlarının değişimini belirlemişlerdir. Chen ve Lu (2018) Çin'deki Xi'an şehrinin etrafındaki bölgedeki üst topraklarda Zn, Co, V, As, Cu, Mn, Ba, Ni ve Pb konsantrasyonlarının değişimini incelemişlerdir. Dehghani vd., (2017) Tahran'da 30 sokak tozu ve 10 yüzey toprağında Sb, Pb, Cu, Zn, Cr, Mn, Mo ve Ni konsantrasyonlarının değişimini incelemişlerdir.

Acar ve Özkul (2020) Kütahya-Eskişehir Karayolu yol kenarı toprak ve toz örneklerinde Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cr ve Hg konsantrasyonlarının değişimini, Hou vd., (2019) Çin genelinde 3877 alanda sokak tozundaki Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının değişimini, Mehr vd., (2017) İran'da 23 şehrin 83 üst toprak numunesinde As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının değişimini incelemişlerdir. Pan vd., (2017) Çin'in Xi'an bölgesinde yol tozlarındaki Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn ve V konsantrasyonlarının değişimini belirlemişlerdir.

Fernandez vd., (2018) Asturias Prensiği topraklarında Ag, As, Ba, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb ve Zn'nin uzamsal dağılımını ve doğal veya antropojenik kökenli ilişkiyi analiz etmişlerdir. He vd., (2019) Daye'den (Çin) toplanan 213 toprak

örneğini ampirik veri seti olarak kullanarak Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn dağılım haritalarını oluşturmuşlardır. Yang vd., (2017) Çin'in Linfen şehrinde yol kenarındaki topraklarda Pb, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonlarının yüzey ve dikey dağılımını incelemişlerdir. Yaylalı-Abanuz (2019) çalışmasında Bursa, D-90 karayolu ve O-33 otoyolu çevresinde 10 farklı lokasyonda As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının değişimini değerlendirmiştir.

Zhao vd., (2020) Çin'de *Carya cathayensis* tarlalarında toprak ağır metal kirliliğiyle ilgili yaptıkları çalışmada toplam 188 toprak örneği toplamışlar ve bu topraklarda Cd, Cu, Zn, Pb, Ni ve Cr konsantrasyonlarını belirleyerek haritalandırmışlardır. Çalışmaya konu topraklarda birikim oranı  $Cu > Cd > Pb > Ni > Zn > Cr$  şeklinde belirlenmiş ve çalışma alanının bir kısmının Cd ve Cu tarafından ciddi şekilde kontamine olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada kullanılan Kriging interpolasyon sonuçlarının, topraklarda incelenen tüm ağır metallerin net uzamsal dağılım modellerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda üretilen haritaların ormancılık ve çevre yönetimi için yararlı bilgiler sağlayabileceği belirtilmiştir.

Jia vd., (2019) Çin'in Yangtze Deltası'ndaki potansiyel olarak kirletici işletmeleri tanımlamak ve sınıflandırmak amacıyla yaptıkları çalışmada farklı endüstri sınıfları ile toprak Cd ve Hg konsantrasyonlarının ölçümleri arasındaki ilişkiyi, iki değişkenli yerel Moran's I analizi kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma kapsamında bölgenin, çalışmaya konu ağır metaller bakımından kirlilik haritaları oluşturulmuş, çalışma sonuçları, farklı endüstri sınıflarının toprak kirliliğine yol açtığı alanları ortaya çıkarmıştır. Cd konsantrasyondaki artışın aşırı gübreleme ve kömür madenciliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Mao vd., (2019) tarım arazisi ekosistemlerinde ağır metallerin transfer ve birikim yollarını araştırmak için, Yangtze Nehri Deltası'nda toprak ve pirinç bitkilerinde ağır metallerin jeokimyasal davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmada As, Pb, Cd, Cr ve Cu elementlerinin değişimi incelenmiştir.

Quiao vd., (2019) topraktaki ağır metal kirlilik riskini azaltmak için, toprak kirliliğini etkileyen ana faktörlerin neler olduğunu, etki derecesinin ne olduğunu, faktörlerin

bağımsız mı yoksa birbirleriyle bağlantılı mı olduğunu ve hangi bölgelerin yüksek kirlilik riskine sahip ve daha çok dikkat edilmesi gereken bölgeler olduğunu belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada 273 km<sup>2</sup>'lik bir alan değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının, toprak kirliliğinin kontrolü ve restorasyonu için oldukça faydalı olduğu belirtilmiştir.

Liu vd., (2019) çalışmalarında hızla kentleşen Pekin metropolünde yer alan Beiyun Nehri'nin nehir kıyısındaki bölgeden topladıkları toprak örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını belirlemiştir. Daha sonra nehir boyunca bölgelere ayırma dağılım örüntüleri ve nehir kıyısı toprakları ile nehir sedimentleri arasındaki ağır metallerin korelasyonu araştırılmıştır. Sonuçlar, sulak alan bölgesindeki Cd, Cr, Cu ve Zn'nin ortalama toprak ağır metal konsantrasyonlarından yaklaşık 2,2, 1,7, 1,9 ve 2,0 kat daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Jin vd., (2019) çalışmalarında temsili bir metropol ortamında çocuk oyun alanlarında ağır metal kaynaklarını incelemiştir. 11 farklı ağır metal için analiz edilen Pekin'deki 71 oyun alanından toprak ve ekipman tozu örnekleri toplanmıştır. Ağır metal değişkenliğini kontrol eden ve potansiyel kaynakları yansıtan gizli yapıları tanımlamak için temel bileşen analizi (PCA), örneklenen konumları gruplamak için ise küme analizi (CA) kullanılmıştır. PCA'dan çıkarılan ana faktörler daha sonra jeostatistiksel analize tabi tutulmuştur. CBS ile çok değişkenli istatistiksel analiz sistematik kombinasyonu, antropojenik ve doğal kaynakların aydınlatılmasında oldukça faydalı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda oyun alanlarında ağır metallerin antropojenik ve doğal kökenleri hakkındaki bilgilerin, sağlık etkisinin değerlendirilmesi ve metropol alanlar için politika araçlarının tasarlanması açısından kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir.

Ye vd., (2019) Çin'de Yangtze nehri boyunca 600 km'lik bir dere eğimi boyunca dokuz yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda topraktaki As, Cr, Pb ve Cu seviyelerinin, bölgede kurulan barajdan sonra sürekli olarak arttığı, bu metallerin uzay-zamansal dinamiklerinin toprak fosforu (P), organik madde, doku ve manganez tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermiştir. Faktör analizi, ağır metallerin başlıca tanımlanabilir antropojenik kaynaklarının trafik egzozu, organik madde çıktısı

ile ilişkili kaynaklar (örneğin, kanalizasyon) ve P çıktısı (örneğin, tarımsal yüzey akışı) ile ilişkili kaynaklar olduğunu göstermiştir.

Wen vd., (2020) Guangxi karst bölgesinde, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn ve Cr'nin coğrafi dağılımlarını incelemişlerdir. Çalışmada, ağır metallerin coğrafi dağılımları, toprak türleri ve jeolojik arka plan çeşitliliğine göre karakterize edilmiştir. Guangxi karst bölgesinde anormal derecede yüksek Cd konsantrasyonlarına sahip alttaki karbonat kayalarının ayrışması ve müteakip pedojenik süreçlerin topraktaki element konsantrasyonlarını şekillendirdiğini belirlemişlerdir.

Jiang vd., (2020) araştırmalarında, toprak ağır metallerinin kaynaklarını belirlemek ve ölçmek için jeostatistik ve pozitif matris ayrıştırması (PMF) kullanmışlardır. Çalışmada ormanlık alan, inşaat alanı ve tarım arazileri altındaki farklı kaynaklardan gelen ekolojik risk ve insan sağlığı riski (HHR), potansiyel ekolojik risk indeksi (RI) ve HHR değerlendirme modelleri PMF modeli ile birleştirilerek nicel olarak hesaplanmıştır. Entegre yaklaşım, ekolojik risk ve farklı arazi kullanımından kaynaklanan HHR ölçümünü değerlendirmek için oldukça yararlı bulunmuştur.

Ağır metal kirliliğinin insan ve çevre sağlığı açısından son derece önemli bir konu olması dolayısıyla bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi (Alsbou ve Al-Khashman, 2018; Guo vd., 2016; Liu vd., 2018; Peng vd., 2018) yanında maden sahalarının yakınındaki topraklar (Ding vd., 2017; Fan vd., 2017; Meng vd., 2018; Penido vd., 2019; Xiao vd., 2017), kent merkezindeki topraklar (Gulan vd., 2017; Liu vd., 2016a,b; Sezgina vd., 2019; Wu vd., 2019), tarım alanlarındaki topraklar (Guan vd., 2018; Huang vd., 2019; Keshavarzi ve Kumar, 2019; Wu vd., 2020), yol kenarındaki topraklar (Hou vd., 2017; Ojuri vd., 2016; Trujillo-González vd., 2016; Yekeen vd., 2016) gibi farklı topraklarda da ağır metal konsantrasyonlarının değişimi değerlendirilmiştir.

Chen vd., (2016) çalışmalarında Kuzeybatı Çin'in kanalizasyon sulama alanında, As, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni ve Pb içeriğini belirleyebilmek amacıyla 52 üst toprak örneği toplamışlardır. Çalışma sonucunda topraktaki Hg birikimi esas olarak uzun dönemli

sulama ile ilişkilendirilirken, Cr, Ni ve Zn'nin esas olarak endüstriyel faaliyetlerden ve toz birikmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Sanayi ve tozun etkilerine ek olarak, trafikle ilgili faktörler Pb ve Cu kontaminasyonunun ana kaynakları olarak belirlenmiştir.

Pirsaheb vd., (2016) çalışmalarında, 2015 yılında Kermanshah bölgesinde trafik yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda yüzey toprağında ağır metallerin konsantrasyonunu karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında trafik yoğunluğu olan beş alan ve referans toprak olarak beş alan seçilmiş ve her bir konumdan beş numune toplanmıştır. Metallerin konsantrasyonu ICP (Endüktif Olarak Birleştirilmiş Plazma) cihazı ile standart yöntemlere göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları trafik yoğunluğunun olduğu alanlarındaki Cr, Cd ve Ni seviyelerinin referans toprak alanından daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Yang vd., (2018) Çin'deki endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin neden olduğu, ülke çapındaki toprak ağır metal kirliliğini değerlendiren çalışmaları derlemişlerdir. Çalışma kapsamında Çin'deki 402 sanayi bölgesi ve 1041 tarım alanının topraklarında ağır metal konsantrasyonları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ağır metal kirliliği ve özellikle Cd, Pb ve As kaynaklı risklerin daha ciddi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, ağır metal kirliliği ve sanayi bölgelerindeki riskler, tarım bölgelerindeki risklerden daha ciddi olduğu belirlenmiştir.

Chen ve Lu (2018) Çin'deki Xi'an şehrinin etrafındaki bölgedeki üst topraklardan aldıkları numunelerde Zn, Co, V, As, Cu, Mn, Ba, Ni ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Kirlilik yük endeksi (PLI) yardımıyla yapılan değerlendirme, çalışma alanındaki bu elementlerin toprak kirliliğinin az olduğunu göstermiştir. Pozitif matris çarpanlara ayırma (PMF) yöntemini kullanarak dört kontaminasyon kaynağı belirlenmiştir. Bu kaynaklar; doğal kaynaklar, trafik emisyon kaynağı, endüstriyel emisyon kaynağı ve karışık kaynak olarak belirlenmiştir.

Dehghani vd., (2017) çalışmalarında Tahran'ın merkez bölgesinde toplam 30 sokak tozu ve 10 yüzey toprağı toplamış ve analiz etmişlerdir. Sokak tozunun Sb, Pb, Cu ve

Zn'de büyük ölçüde zenginleştiği ve Cr, Mn, Mo ve Ni'de orta derecede zenginleştiği belirlenmiştir. Kirlilik yükü endeksinin sokak tozuna uzamsal dağılımı, kentin güneybatısında yer alan sanayilerin sokak toz kirliliğini yoğunlaştırdığını göstermiştir. Çalışma sonuçları Hesaplanan Tehlike Endeksi (HI) ve elementlerin fraksiyonasyon paterni, Pb'yi sokak tozu ve yüzey toprağında potansiyel sağlık riskini taşıyan tek unsur olarak ortaya koymuştur.

Acar ve Özkul (2020) çalışmalarında Batı Anadolu'nun en önemli ve en işlek yollarından biri olan Kütahya-Eskişehir karayolu üzerinde yaptıkları çalışmada yol kenarı toprak ve toz örneklerini toplamış ve bu numuneleri Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cr ve Hg ağır metal içerikleri yönünden incelemişlerdir. Çalışma kapsamında, zenginleştirme faktörü (EF) ve jeo-birikim indeksi (Igeo), toprak ve tozlardaki ağır metal kirliliği seviyesini değerlendirmek için, çalışma kapsamında elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu faktörlere göre, karayolunun yol kenarındaki toprakları ve tozları çoğunlukla Cu, Pb, Zn, As, Cr ve Hg için düşük ve orta menzilli kirlilik ve zenginleştirme dereceleri ve Ni için oldukça yüksek dereceler gösterdiği belirlenmiştir.

Fernandez vd., (2018) toprak ağır metal kirliliğinin ciddi bir sorun haline geldiği Asturias Prensliği'nde (Kuzey batı İspanya'nın dağ bölgesi) gerçekleştirdikleri çalışmalarında toprak ağır metal konsantrasyonlarının uzamsal dağılımını ve doğal veya antropojenik kökenli ilişkiyi analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında öncelikle, on dört ağır metal ve metaloitin (Ag, As, Ba, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Zn) kaynaklarını tanımlamak için 334 toprak örneği üzerinde standart bir Ana Bileşenler Analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir. Bölgenin yüksek jeolojik heterojenliği nedeniyle, PCA analizi Coğrafi Ağırlıklı Ana Bileşenler Analizi (GWPCA) olarak bilinen bir PCA varyantı kullanılarak geliştirilmiştir.

He vd., (2019) çalışmalarında Daye'den (Hubei Eyaleti, Çin) toplanan 213 toprak örneğini ampirik veri seti olarak kullanmışlardır. İlk olarak, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn için toprak ağır metal dağılım haritaları, sıradan Kriging yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra, Kirlilik indeksi (PI) ve entegre kirlilik indeksi (IPI), Daye toprağındaki sekiz ağır metalin kapsamlı bir nicel kirlilik karakterizasyonu elde etmek

için sıradan Kriging haritalarına dayanarak hesaplanmıştır. Son olarak, kirlenmiş bölgelerde toprak ağır metal dağılımları ile ilgili belirsizlikleri ve riskleri nicel olarak değerlendirmek için IPI'nin bir ve iki noktalı stokastik alan göstergeleri kullanılmıştır. Bu sonuçlar, belirlenen bir eşiği aşan IPI değerlerinin artan eşik değeri ile neredeyse doğrusal olarak arttığını, buna karşılık aşırı kirliliğin göreceli alanının artan eşik ile sabit bir şekilde azaldığını göstermiştir.

Hou vd., (2019) çalışmalarında, Çin genelinde 3877 alanda sokak tozundaki Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları konusunda yapılmış çalışmaları değerlendirmişlerdir. Bu literatür çalışmasında, sokak tozundaki ağır metallerin kirlenme seviyeleri, mekansal dağılımları, kaynakları ve potansiyel sağlık riskleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Sağlık risklerinin mekânsal dağılımı sağlık risklerinin Çin'in güneydoğusunda Çin'in kuzeybatısındakinden daha ciddi olduğunu düşündürmektedir.

Mehr vd., (2017) orta İran'ın İsfahan ilindeki 23 şehrin kentsel topraklarındaki bazı ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) içeriğini incelemişlerdir. Bu amaçla 83 üst toprak numunesi toplanmış ve ICP-MS ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, As, Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının arka plan değerlerinden daha yüksek olduğunu, Co, Cr ve Ni konsantrasyonlarının ise arka plana yakın olduğunu göstermiştir. Dünyadaki seçilmiş şehirlerdeki ağır metal konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında, İsfahan'ın kentsel topraklarındaki As, Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları nispeten daha yoğun olduğu ayrıca, İsfahan il topraklarındaki Co, Cr ve Ni'nin doğal arka plan konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Marrugo-Negrete vd., (2017) çalışmalarında, mevsimsel sel olayları sırasında su altında kalan madencilik alanlarından etkilenen, kuzey Kolombiya'da Sinú Nehri tarafından sulanan 83 tarım topraklarındaki ağır metal konsantrasyonu, kaynaklarını ve kirlilik seviyelerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Toprak kirliliği değerlendirmesi kirlilik faktörü (CF), zenginleştirme faktörü (EF), coğrafi birikim indeksi (Igeo) ve bir risk değerlendirme kodu (RAC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok değişkenli istatistiksel analizler, temel bileşen ve küme analizleri, toprak kirlenmesinin, muhtemelen yukarı akım altın madenciliğinden atmosfer ve nehir akışı taşımacılığından kaynaklanan Hg hariç, tarımsal

uygulamalardan kaynaklandığını göstermiştir. Yüksek Ni konsantrasyonlarının ise tarım ve ferronikel madenciligi faaliyetlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Pan vd., (2017) Kuzeybatı Çin'in Xi'an bölgesinde bulunan dört bölgeden toplanan yol tozlarındaki ağır metal kirliliğini inceledikleri çalışmada Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn ve V konsantrasyonlarını X-Işını Floresansı ile belirlemişlerdir. Geo-birikim indeksi değerine göre Pb, Zn, Co, Cu ve Cr'un önemli ölçüde zenginleştiği belirlenmiştir. Çok değişkenli istatistiksel analiz, Cu, Pb, Zn, Co ve Cr seviyelerinin antropojenik aktivitelerden kaynaklandığını, Mn, Ni ve V konsantrasyonlarının ise doğal kaynaklarla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Açık ağır metal kirliliği sıcak noktaları, CBS haritalaması ile tanımlanmıştır.

Yang vd., (2017) çalışmasında, Çin'in Linfen şehrinde yol kenarındaki topraklardaki taşıt kirleticilerinin izlerini karakterize etmek için manyetik duyarlılık ve ağır metal içeriklerinin (Pb, Cu, Zn ve Fe) yüzey ve dikey dağılımını incelemiştir. Çalışma kapsamında ağaçlandırma yapılan ve bitki örtüsü olmayan alanlar araştırılmıştır. Sonuçlar, manyetik duyarlılığın ve ağır metal içeriğinin ağaçsız yol kenarında ağaçlandırma kuşağına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Manyetik duyarlılık ve ağır metal içeriğindeki değişiklikler hem mesafe hem de derinlik ile azalmıştır.

Pan vd., (2018) çalışmalarında, Çin'in çeşitli şehirlerinde topraklardaki ağır metal (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn ve Hg) konsantrasyonları ve ilgili insan sağlığı riskleri ile ilgili 2006-2016 dönemi içinde yapılan çalışmaları değerlendirmişlerdir. Sekiz metalin ortalama konsantrasyonları, Çin'deki toprak çevre kalite standartlarından daha düşük olarak belirlenmiştir. Zenginleştirme faktörü (EF) ve coğrafi birikim indeksi (Igeo) değerleri, muhtemelen Cd, Hg, Pb ve Zn için antropojenik aktiviteden etkilenen ılımlı kirlilik seviyeleri göstermiştir. Doğu şehirlerindeki kirlilik seviyelerinin batı şehirlerindeki kirlilik seviyelerinden çok daha yüksek olduğu ve farklı şehir tiplerindeki ağır metal konsantrasyonlarının sırasıyla sanayi merkezli şehirler> daha gelişmiş şehirler> metropoller> az gelişmiş şehirler şeklinde olduğu belirlenmiştir. Çoğu şehirde ağır metaller için insan sağlığı risk değerlendirmesi, kanserojen olmayan risklerin eşik değerler arasında olduğunu göstermiştir (HI <1). Çoğu kentsel alanda As, Cr ve Ni'ye bağlı toplam kanserojen risk  $1 \times 10^{-5}$ 'in üzerinde ancak,  $1 \times 10^{-4}$ 'ün

altında bulunmuştur. Bununla birlikte, bazı şehirlerde (örneğin, Baoji Şehri, Tiyyuan Şehri ve Xuzhou Şehri), Ni ve Cr hem yetişkinler hem de çocuklar için potansiyel kanser riski taşıyan değerlerdedir. Çalışma sonucunda Çin şehirlerinde genel olarak kontrol gerektiren öncelikli ağır metal kirleticilerinin Cd, Hg ve Pb olduğu belirtilmiştir.

Zhang vd., (2018) çalışmalarında Kaifeng, Çin'in Heigangkou-Liuyuankou sulama alanlarındaki toprak kalitesini incelemiştir. Toprakta kirlilik ve ağır metal birikimi nedeniyle ortaya çıkabilecek potansiyel riskler Nemerow, Geoakümülyasyon ve Hakanson ekolojik risk endeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Kirlilik kaynaklarındaki mekânsal-zaman değişimlerini ve kirlilik seviyelerini etkileyen faktörleri modellemek ve sunmak için istatistik ve CBS kullanılmıştır. Örneklenen toprakta bulunan ağır metaller Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As ve Hg'dir. Bunlar arasında Cd diğerlerinden daha yoğundur. İncelenen alanın güneybatı bölgesi, ciddi ağır metal kirliliğiyle karşı karşıyadır. Çalışma alanında farklı ağır metallerin düşük konsantrasyonlarının uzamsal farklılıkları vardır. Hg ve Cd'nin en yüksek potansiyel ekolojik riskler olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, risk düzeyleri çalışma alanı boyunca aynı değildir. Çalışma sonucunda topraktaki Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As ve Hg düzeylerinin konsantrasyonunun yüksek derecede ilişkili olduğu ve birlikte, ekolojik çevre için ek bir tehdit oluşturduğu belirtilmiştir.

Shi vd., (2018) Yiyang Endüstri Parkı'ndaki trafik yolunun yüzey toprağını araştırmışlar ve araştırma kapsamında 27 toprak örneğindeki Cr konsantrasyonunu değerlendirmişlerdir. Sonuçlar yüzey toprağındaki Cr içeriğinin kesişme noktasında en yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Kavşaktan uzaklık arttıkça, toprak Cr içeriği önce azalmış ve sonra artmıştır.

Zhang ve Yao (2019) Çin'in Anhui Eyaleti, Ma'anshan Şehrinde üç farklı yol türünün (ana yol, alt ana yol ve şube yolu) yanında toplam 22 yüzey toprak örneğini ICP cihazı ile belirlemişler ve çok değişkenli istatistikler ile değerlendirmişlerdir. Ayrıca olası kaynakları belirlemek için mekânsal dağılım karakteristikleri analizi kullanılmıştır. Sonuçlar, Mn> Pb> Co> Cr> As> Cd sırasına göre ağır metallerin ortalama konsantrasyonlarının ve alt ana yoldaki Cr içeriğinin, ana yol ve şube yolundan çok

daha düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çalışmaya konu ağır metaller arasında en ciddi olanı Cd'dur. Co ve Pb'un ise yüksek kirlilik düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Potansiyel ekolojik risk endeksi, Cd'nin ciddi bir ekolojik risk oluşturduğunu göstermektedir. Pb ve Co orta ekolojik risk derecesindedir.

Yaylalı-Abanuz (2019) çalışmasında Bursa, D-90 karayolu ve O-33 otoyolu çevresinde kirliliğin nedenlerini, yoğunluğunu ve kapsamını bulmayı amaçlamıştır. Çalışma kapsamında 10 farklı lokasyondan toplam 91 toprak örneği yol kenarlarından toplanmıştır. Örnekler As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını belirleyebilmek amacıyla analiz edilmiştir. Analitik sonuçlar, korelasyon analizi, ana bileşen analizi (PCA) ve küme analizi (CA) gibi çeşitli çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak toprak kompozisyonlarının kimyasal değişkenliği belirlenmiştir. Toprak kirliliği, zenginleştirme faktörü (EF), kirlilik indeksi (PI) ve entegre kirlilik indeksi (IPI) değerleri kullanılarak araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, Bursa karayolu boyunca toprakların toksik eser elementlerle ciddi şekilde kirlendiğini göstermektedir.

Görüldüğü üzere ağır metal kirliliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır ve bu çalışmalara her gün yenileri eklenmektedir. Bu durum ağır metal kirliliğinin insan ve çevre sağlığı açısından öneminin daha da iyi anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü yapılan çalışmalar göstermektedir ki ağır metaller hem insan ve çevre sağlığı açısından son derece tehditkâr elementlerdir hem de doğadaki konsantrasyonları sürekli artmaktadır (Sert vd., 2019; Sevik vd., 2023; Sulhan vd., 2022).

### **2.3 Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler**

Çalışma, Ankara kent merkezindeki yüzey topraklarda gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin başkenti olan Ankara aynı zamanda ülkenin ikinci en kalabalık şehridir. Nüfusu 2018 yılına göre 135.091 kişi artarak 2019 yılında 5.639.076 kişiye ulaşmıştır ve metrekareye 222 kişi düşmektedir. Nüfusun 2.793.850'si erkek ve 2.845.226'sıda kadından oluşmaktadır. Bölge olarak İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Türkiye'nin coğrafi konumu olarak merkez bölgesine yakın olduğundan ve hem

konumu hem de işlevi açısından Türkiye'nin kalbi benzetmesi yapılmaktadır (URL-1, 2020; URL-4, 2020; URL-5, 2020; URL-6, 2020; URL-7, 2020; URL-8, 2020).

Bilinen en eski tarihi 10 bin yıl öncesine dayanmaktadır. İlk tarihi kalıntıları ise Eski Taş Çağına kadar uzanmaktadır. Geçmişten günümüze birçok medeniyete ev sahipliği yapan Ankara ilinde sırasıyla, M.Ö 1660-1190 yıllarında Hititler, M.Ö 2 binli yılların sonlarına doğru Frigyalılar, Tunç Çağı'nın sonlarında M.Ö. 7. yy. da Batı Anadolu da yaşamlarını sürdüren Lidyalılar, M.Ö 545'te Pers İmparatorluğu, M.Ö 3. yy.'da Galatlar ve M.Ö 25 yılında da Roma İmparatorluğunun eline geçmiştir. M.S 334-1071 yılları arasında Bizans İmparatorluğu, 1073 yılında Büyük Selçuklu Devleti'nin ve 1304 yılında da özerklik verilerek Osmanlı Devleti'ne bağlanmıştır. Günümüzde de Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisinde. 13 Ekim 1923'te de başkent ilan edilmiştir (URL-1, 2020; URL-6, 2020; URL-7, 2020).

Ankara 25.632 km<sup>2</sup>'lik bir alanda kurulmuştur. Batısında Eskişehir, doğusunda Kırıkkale, kuzeybatısında Bolu, kuzeydoğusunda Çankırı, güneyinde Konya ve güneydoğusunda da Kırşehir ve Aksaray illeri bulunur. Türkiye sınırları içerisinde bulunan ve en büyük nehir olan Kızılırmak nehri ilin doğu kısmından geçmektedir ve bu alanın su ihtiyacını karşılamaktadır. İlin batı kısmından da yine Türkiye'nin büyük nehirlerinden olan Sakarya nehri geçmektedir. Bu nehrin suları da ilin batı bölümünün su ihtiyacını karşılamaktadır. İl aynı zamanda Türkiye'nin ikinci en büyük gölünü de sınırları içerisinde bulundurmaktadır. Tuz Gölü, 1300 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Türkiye'nin ikinci büyük gölü olurken, %32,4 tuz oranı ile de dünyanın en tuzlu ikinci gölü olma özeliğine sahiptir. Bulunduğu havza da ülkenin en büyük kapalı havzasıdır (URL-4, 2020; URL-6, 2020; URL-7, 2020; URL-8, 2020).

Ova arazisi üzerine kurulmuş olan ilin %50'si tarım arazilerinden oluşmaktadır, %28'ini ormanlık ve fundalık alanlar, %12'sini mera ve çayırlar, %10'unu ise diğer tarım alanı dışındaki araziler oluşturmaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 900-1000 metre arasındadır. En yüksek noktası ise 2015 metre rakıma sahip olan Elmadağ'dır. Ankara'nın genelinde 14 tane doğal gölü, 136 sulama göleti ve 11 tane de barajı bulunmaktadır (URL-4, 2020; URL-6, 2020).

İlde karasal iklimin etkileri görülmektedir. Kışın soğuk ve kar yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. En fazla yağış ilkbaharda düşmektedir. İklimin etkisi güneyinde kuzeyinde farklı görülmektedir. Güney bölgesinde İç Anadolu ikliminin belirgin özelliği olan step-bozkır iklimi görülürken kuzey kesimlerinde de Karadeniz ikliminin yağışlı ve yumuşak etkisi görülmektedir. Yıl içerisindeki ısı değişimi 40 °C ile -24,9 °C arasında değişmektedir. En sıcak ayları temmuz ve ağustos ayıdır. Sıcaklığın en düşük olduğu ay ise ocak ayıdır. Kış aylarında oldukça fazla sis oluşmaktadır bu da hayatı olumsuz etkilemektedir. Ortalama sıcaklık değeri 11,7 °C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 389,1 mm'dir. Ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 2012 yılında 41,0 °C olarak ve en düşük sıcaklık değeri de -24,9 °C olarak 1942 yılında ölçülmüştür. Yıllık ortalama en düşük sıcaklığı 6,3 °C ve en yüksek ortalama sıcaklığı da 17,8 °C'dir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi (saat) 81,5'tir. Hâkim rüzgâr yönü arazi yapısına göre değişiklik göstermektedir. Kuzeydoğudan, batıdan, güneydoğu ve güneybatıdan esmektedir. Rüzgârlar mart ve nisan aylarında görülür. Şimdide kadar ölçülmüş en hızlı rüzgâr 29,2 m/sn'dir (URL-1, 2020; URL-2, 2020; URL-4, 2020; URL-6, 2020; URL-7, 2020; URL-8, 2020; URL-9, 2020; URL-10, 2020).

Ankara'nın kuzey bölgesinin toprakları volkanik yapıdadır. Bu topraklarda trakitik ve andezitik kayalar, kuzeydoğusunda granit kayaçlar, kuzeybatı da kumtaşları ve kireç taşları görülür. Güney ve güneydoğu kısımları ise II. (Mezozoik) zamanda meydana gelmiştir. III. zamanın son zamanlarında oluşmuş Tuz Gölü çevresinde Neojen, Sakarya nehri çevresinde Tersiyer, Polatlı çevresinde Eosen, akarsu kenarlarında, düz ve çukur alanlarda Kuaterner oluşumları vardır. İlin büyük bir kısmı kireç taşlarından oluşmuştur bundan dolayı toprakları oldukça kireçlidir. Akarsu boylarında tarıma elverişli alüvyon topraklar bulunur. Jeolojik yapıların bulunması oluştukları dönem hakkında bilgi veren fosil kaynaklara sahiptir ve o dönemde yaşamış canlı ve bitki türleri hakkındaki bilgileri gün yüzüne çıkartmaktadır. Çamlıdere de bulunan Taşlaşmış Ağaç Fosil Ormanı buna bir örnektir. Bizlere 23-15 milyon yıl önce (Erken Miyosen) gelişmiş olan çam ve meşe ağaçlarından oluşan karışık bir ormanın fosil kalıntılarını göstermektedir (URL-4, 2020; URL-6, 2020).

Coğrafi yapısı ve iklim şartlarından dolayı Ankara'da iki farklı bitki örtüsü gelişmiştir. Yaygın olarak karşımıza çıkan step-bozkır bitki örtüsü platolarda ve az yağış alan

çukur alanlarda görülmektedir. Bu bitki örtüsünde ağaç yok denecek kadar azdır. Genellikle bu bozkır bitki örtüsü içerisinde bulunan bitkiler, akarsu kenarlarında bulunan söğüt, iğde ve kavak ağaçları, dikenli çalılar ve otlardır. Bu bitkilerinin çoğu kısa boyludur ve kümeler halinde bulunurlar. Bunlar; geven, kısa boylu çalılar, katırtırnağı, püsküllü çayır, yemlik otu, gelincik, hatmi, yılgın otu, ayrık otu, yabancı arpa, sorguç otu, hardal otu, üzerlik otu, sütleğen, böğürtlen, papatya, yabancı gül, yavşan otu, gelincik, ballıbaba, kekik gibi vb. türlerdir. Stepler ortasında adacıklar halinde bulunan Beynam Ormanında bulunan ağaç türleri ardıç, karaçam ve meşedir. Platolardan yükselerek başlayan çeşitli dağlar ile Kızılcahamam yakınlarından sıklaşmaya ve gürleşmeye başlayan orman örtüsünde iğne yapraklı ağaç türleri yaygın olarak görülmektedir. Ankara zengin bir bitki topluluğuna ev sahipliği yapmaktadır. 175 türü Ankara'ya özgü olan ve doğal olarak yetişen 960 farklı bitki türü bulunmaktadır. Tükrük otu, Ankara çiğdemi, peygamber çiçeği yöreye özgü bitki türleridir. Tür sayısı bakımından en zengin familyaları; ballıbabagiller, papatyagiller, buğdaygiller, baklagiller, turpgiller familyalarıdır (URL-1, 2020; URL-2, 2020; URL-3, 2020; URL-4, 2020; URL-6, 2020; URL-8, 2020).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında öncelikle Ankara kent merkezi farklı özelliklerdeki alt bölgelere ayrılmış ve bu bölgeleri temsilen örnek alınacak noktalar belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan ön çalışmalar 50 noktadan örnek alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında kullanılan toprak materyali, belirlenen noktalarda üst topraktan (0-5 cm derinlik) alınmış ve daha sonra etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda topraklar elenerek petri kaplarına yerleştirilmiş ve 15 gün boyunca 45 °C sıcaklıkta kurutulmuştur.

Çalışma kapsamında kullanılacak olan toprak numunesinin homojenize edilmesinin zor olması ve elementer içeriğinin oldukça değişken olması sebebiyle 6 tekrür çalışılmıştır.

Toplanan örnekler kurutulduktan sonra elenmiş ve ICP-OES cihazı yardımıyla analiz edilerek Ba, Cd, Cr, Ba, Cu, Mn, Ni, Co, Zn, S, V, P, Na, K, Ca, Fe, Mg ve Al konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda topraklarda ağır metal analizleri amacıyla en sık kullanılan yöntemlerdendir (Cetin vd., 2022a,b; Elajail ve Sevik, 2022a,b). Elde edilen veriler öncelikle SPSS 22.0 paket programı kullanılarak varyans analizi ve Duncan testi yardımıyla değerlendirilmiştir.

Daha sonra farklı lokasyonlardan alınan toprak numunelerinin ağır metal değerleri ArcGIS 10.7 yazılımı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) aktarılmış öncelikle verilerin koordinat ve projeksiyonları tanımlanmıştır. Daha sonra enterpolasyon yöntemlerinden kriging yöntemiyle modellenmiş ve kirlilik haritaları oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımı özellikle geniş alanlarda haritalar oluşturulması ve modelleme amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Adiguzel vd., 2020; Cetin vd., 2019; Zeren Cetin ve Sevik, 2020; Zeren Cetin vd., 2022). Yapılan her bir haritanın alanı ve yüzdeleri de Excel programında hesaplanmıştır.

#### 4. BULGULAR

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimleri ve farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

##### 4.1 Ba Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerden Ba elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Ba elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	321,68 g	457,51 i	294,08 i	223,40 d	202,50 c
2	264,75 f	149,35 b	183,45 e	308,85 i	321,41 h
3	255,35 e	211,39 e	233,58 h	417,31 j	338,05 i
4	219,52 c	267,02 g	177,57 d	235,96 e	261,34 f
5	189,46 b	126,74 a	134,49 b	207,06 c	473,60 j
6	801,45 h	169,66 c	206,22 f	190,63 b	190,92 b
7	243,17 d	231,55 f	213,26 g	278,63 g	286,49 g
8	241,41 d	195,87 d	93,17 a	288,70 h	228,36 e
9	241,95 d	208,16 e	168,62 c	252,13 f	179,65 a
10	57,51 a	306,89 h	214,61 g	155,94 a	214,44 d
<b>F Değeri</b>	<b>14.105,41***</b>	<b>7078,83***</b>	<b>3081,08***</b>	<b>4045,28***</b>	<b>4567,01***</b>

Sütunlardaki farklı harfler, her bir trafik yoğunluğunda değerlendirilen elementinin bölgeler arasındaki farklılığı göstermektedir. \*\*\* =  $P \leq 0,001$ . (Bu alt bilgi tüm tek sayılı tablolar için geçerlidir).

Tablo değerleri incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında Ba konsantrasyonunun bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafik olmadığı alanlarda en düşük değerler 57,51 ppm ile 10. bölge, 189,46 ppm ile 5. bölge ve 219,52 ppm ile 4. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 801,45 ppm ile 6. bölge, 321,68 ppm ile 1. bölge ve 264,75 ppm ile 2. bölgede elde edilmiştir. Trafik az yoğun olduğu alanlarda Ba konsantrasyonu 126,74 ppm ile 457,51 ppm arasında değişmekte olup en düşük değerler 126,74 ppm ile 5. bölge, 149,35 ppm ile 2. bölge ve 169,66 ppm ile 3. bölgede elde edilmiş, en yüksek değerler

de 457,51 ppm ile 1. bölge, 306,89 ppm ile 10. bölge ve 267,02 ppm ile de 4. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda Ba konsantrasyonunun en fazla 294,08 ppm seviyesine kadar çıktığı ve bu değer 1. bölgede elde edildiği belirlenmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 233,58 ppm ile 3. bölge, 214,61 ppm ile 10. bölge ve 213,26 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 93,17 ppm ile 8. bölge, 134,49 ppm ile 5. bölge ve 168,62 ppm ile de 9. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin çok yoğun olduğu alanlardaki Ba konsantrasyonunun 155,94 ppm ile 417,31 ppm arasında değiştiği, en düşük değer 10. bölgede, sonraki en düşük değerlerin ise 190,63 ppm ile 6. bölge ve 207,06 ppm ile 5. bölgede elde edildiği görülmektedir. Bu bölgede en yüksek değerler 417,31 ppm ile 3. bölge, 308,85 ppm ile 2. bölge ve 288,70 ppm ile 8. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük Ba konsantrasyonu 179,65 ppm ile 9. bölge, 190,92 ppm ile 6. bölge ve 202,50 ppm ile 1. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 473,60 ppm ile 5. bölge, 338,05 ppm ile 3. bölge ve 321,41 ppm ile 2. bölgede elde edilmiştir.

Ba konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde trafiğin orta veya daha az yoğun olduğu alanlarda 1. ve 3. bölgede elde edilen değerlerin nispeten daha yüksek düzeyde olduğu, 8. bölgede elde edilen değerlerin ise diğer bölgelere göre daha düşük düzeyde olduğu söylenebilir. Bunun dışında trafiğin olmadığı alanlarda en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farkın oldukça fazla olduğu, diğer bölgelerde ise en düşük ve en yüksek değerlerin birbirlerine oldukça yakın konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir.

Ba elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Ba elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	321,68 D	457,51 E	294,08 C	223,40 B	202,50 A	6405,646
2	264,75 C	149,35 A	183,45 B	308,85 D	321,41 E	2919,540
3	255,35 C	211,39 A	233,58 B	417,31 E	338,05 D	7388,314
4	219,52 B	267,02 E	177,57 A	235,96 C	261,34 D	4753,808
5	189,46 C	126,74 A	134,49 B	207,06 D	473,60 E	8520,869
6	801,45 D	169,66 A	206,22 C	190,63 B	190,92 B	15.907,718
7	243,17 C	231,55 B	213,26 A	278,63 D	286,49 E	1509,744
8	241,41 D	195,87 B	93,17 A	288,70 E	228,36 C	6383,731
9	241,95 D	208,16 C	168,62 A	252,13 E	179,65 B	1365,299
10	57,51 A	306,89 D	214,61 C	155,94 B	214,44 C	4984,691

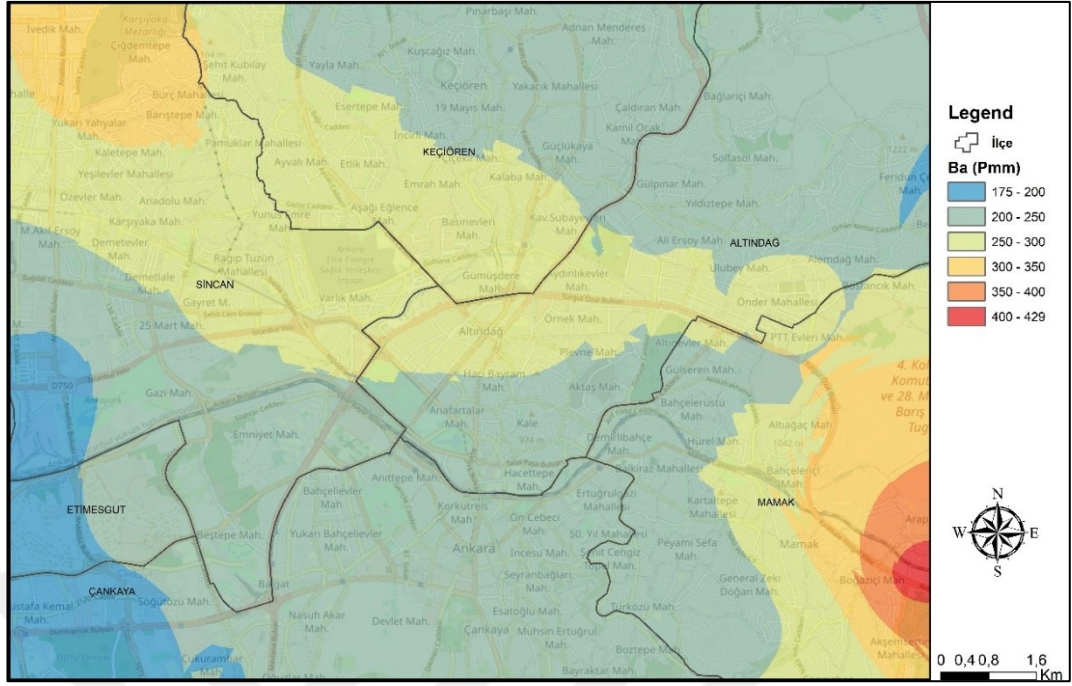
Satırlardaki farklı harfler, her bir bölgenin kendi içindeki trafik yoğunluğuna bağlı olarak değerlendirilen elementindeki farklılıkları göstermektedir. (Bu alt bilgi tüm çift sayılı tablolar için geçerlidir).

Ba elementinin bütün bölgelerdeki trafik yoğunluğu bazında elde edilen değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 6. bölge ve 10. bölge değerleri dört homojen grupta diğer bütün bölgeler beş homojen grupta toplandığı belirtilmiştir.

Bütün değerler içerisinde en düşük değer 57,51 ppm ile trafiğin olmadığı alanlarda 10. bölgede elde edilmiştir. Sonraki en düşük değerler ise 93,17 ppm ile orta yoğunluktaki alanlarda 8. bölgede, 126,74 ppm ile trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki 5. bölgede elde edilmiştir.

En yüksek değerler ise 801,45 ppm ile trafiğin olmadığı alanlarda 6. bölgede, 473,6 ppm ile trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda 5. bölgede, 457,51 ppm ile trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 1. bölgede elde edilmiştir. En yüksek değerlerin en düşük değerlerin yaklaşık 14 katı olması dikkat çekmektedir.

Çalışma alanında Ba konsantrasyonunun değişimi Harita 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Ba konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Ba konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde, çalışma alanının büyük bölümünde (%53,69) Ba konsantrasyonunun 200-250 ppm aralığında olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Ba konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %7,57'sinde 200 ppm'in altında ve %0,49'unda da 400 ppm'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Bunun dışında Ba konsantrasyonu çalışmaya konu alanın yaklaşık %28,44'ünde 250-300 ppm, %7,88'inde 300-350 ppm ve %1,92'sinde de 350-400 ppm aralığında olarak hesaplanmıştır. Ba konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde Ba konsantrasyonunun en düşük olduğu bölgenin çalışma alanının güneybatısı yani Çankaya ve Etimesgut ilçeleri civarı, Ba konsantrasyonunun en yüksek olduğu bölgenin ise çalışma alanının güneydoğusu yani Mamak ilçesi olduğu görülmektedir.

#### 4.2 Cd Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerin en zararlılarından olan Cd elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Cd elementinin bölge bazında değişimi (ppm)

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	1,80 g	1,73 e	2,16 g	1,71 d	1,08 a
2	1,35 c	1,23 b	1,45 d	2,81 i	1,16 b
3	0,92 a	1,56 d	1,98 f	2,87 j	1,52 d
4	1,45 d	1,88 g	1,26 c	1,62 c	1,85 e
5	1,68 f	1,58 d	0,93 b	2,03 g	1,95 g
6	2,14 j	1,15 a	1,29 c	1,57 b	1,30 c
7	1,64 e	1,42 c	1,65 e	2,21 h	2,29 j
8	1,95 h	1,71 e	0,86 a	1,91 e	2,22 i
9	2,04 i	1,79 f	1,28 c	1,99 f	2,02 h
10	1,00 b	2,21 h	1,95 f	1,30 a	1,90 f
<b>F Değeri</b>	1035,42***	414,53***	1769,95***	3790,34***	2975,95***

Cd elementinin bölge bazında değişimi incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında, bölge bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda Cd konsantrasyonunun 0,92 ppm ile 2,14 ppm arasında değiştiği, en yüksek konsantrasyonların 6. bölge (2,14 ppm), 9. bölge (2,04 ppm) ve 8. bölgede (1,95 ppm) elde edildiği görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değerler ise 3. bölge (0,92 ppm), 10. bölge (1,00 ppm) ve 2. bölgede (1,35 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (2,21 ppm), 4. bölge (1,88 ppm) ve 9. bölgede (1,79 ppm) elde edilirken bu alanlarda en düşük değerler 6. bölge (1,15 ppm), 2. bölge (1,23 ppm) ve 7. bölgede (1,42 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en yüksek değerler 1. bölge (2,16 ppm), 3. bölge (1,98 ppm) ve 10. bölgede (1,95 ppm) elde edilirken en düşük değerler 8. bölge (0,86 ppm), 5. bölge (0,93 ppm) ve 4. bölgede (1,26 ppm) elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre 9. bölge (1,28 ppm) ve 6. bölgede (1,29 ppm) elde edilen Cd konsantrasyonları, 4. bölgede elde edilen Cd konsantrasyonu ile aynı homojen gruptadır.

Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Cd konsantrasyonlarının, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlara göre daha yüksek düzeyde olması dikkat çekmektedir. Trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki en yüksek Cd konsantrasyonları 3. bölge (2,87 ppm), 2.

bölge (2,81 ppm) ve 7. bölgede (2,21 ppm) elde edilirken en düşük Cd konsantrasyonları 10. bölge (1,30 ppm), 6. bölge (1,57 ppm) ve 4. bölgede (1,62 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise en yüksek değerler 7. bölge (2,29 ppm), 8. bölge (2,22 ppm) ve 9. bölgede (2,02 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en düşük değerler 1. bölge (1,08 ppm), 2. bölge (1,16 ppm) ve 6. bölgede (1,30 ppm) elde edilmiştir.

Cd konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde ilk dikkat çeken nokta genel olarak en yüksek değerlerin trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilmiş olmasıdır. Dikkat çeken bir diğer husus, bazı bölgelerde elde edilen değerlerin oldukça değişken olmasıdır. Örneğin 10. bölgede trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en düşük değerler arasında iken, aynı bölgede trafiğin az yoğun olduğu, orta yoğunlukta olduğu ve çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en yüksek değerler arasındadır. Cd elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.4’de verilmiştir.

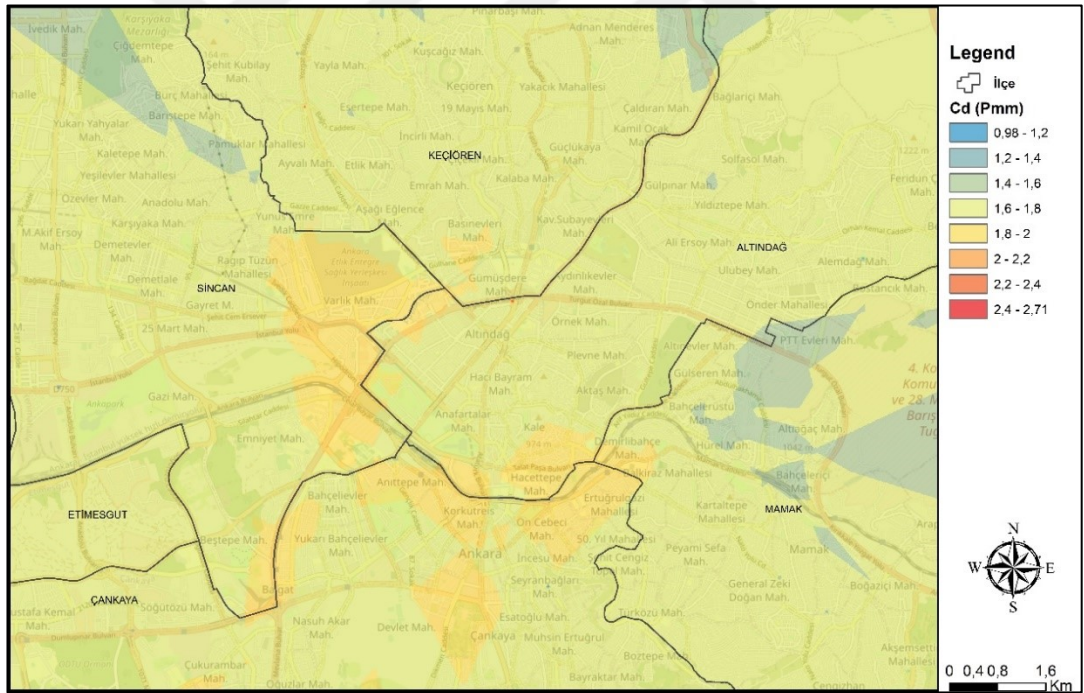
Tablo 4.4 Cd elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	1,80 C	1,73 B	2,16 D	1,71 B	1,08 A	1100,710
2	1,35 C	1,23 B	1,45 D	2,81 E	1,16 A	7583,714
3	0,92 A	1,56 C	1,98 D	2,87 Ej	1,52 B	4115,482
4	1,45 B	1,88 D	1,26 A	1,62 C	1,85 D	469,873
5	1,68 C	1,58 B	0,93 A	2,03 E	1,95 D	4271,550
6	2,14 Aj	1,15 A	1,29 B	1,57 D	1,30 C	1242,620
7	1,64 B	1,42 A	1,65 B	2,21 C	2,29 Dj	388,712
8	1,95 D	1,71 B	0,86 A	1,91 C	2,22 E	5040,146
9	2,04 D	1,79 B	1,28 A	1,99 C	2,02 CD	701,192
10	1,00 A	2,21 E	1,95 D	1,30 B	1,90 C	3349,441
<b>F Değeri</b>	1035,42***	414,53***	1769,95***	3790,34***	2975,95***	

Tablo değerleri incelendiğinde Cd elementinin trafik yoğunluğuna bağlı bölgesel değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre toplam 10 bölgenin beş tanesinin dört homojen grup, diğer beş tanesinin beş homojen grup oluşturduğu görülmüştür.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde Trafik yoğunluğunun olmadığı alanlarda üç bölge, trafik yoğunluğunun az olduğu alanlarda iki bölge, trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu alanlarda dört bölge ve trafik yoğunluğunun çok yoğun olduğu alanlarda iki bölgede elde edilen değerlerin ilk homojen grupta olduğu görülmüştür. Trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin hiç birisinin ilk homojen grupta olmaması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken bir diğer husus 6. bölgede hem trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda hem de trafik yoğunluğunun az olduğu alanlarda ilk homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Cd elementinin tablo değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin 4 tanesinin trafik yoğunluğunun olduğu alanda yer aldığı ve 1 tanesinin en yüksek ikinci değer olduğu görülmüştür. Trafik yoğunluğunun olmadığı ve trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu alanlarda hiçbir bölgede en yüksek birinci değer olmaması dikkat çekmiştir. Çalışma alanında Cd konsantrasyonunun değişimi Harita 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Cd konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışmaya konu alanda Cd konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde alanın yaklaşık %85,49’unu kapsayan alanda Cd konsantrasyonunun 1,6-1,8 ppm aralığında olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Ba konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %6,18’inde 1,6 ppm’in altında ve %8,33’ünde de 1,8 ppm’in üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla çalışma alanında Cd konsantrasyonunun

oldukça dar bir aralıkta değişim gösterdiği söylenebilir. Cd konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde Cd konsantrasyonunun çalışma alanının orta bölümlerinde daha yüksek, kuzey, kuzeybatı ve batı bölümlerde daha düşük seviyede olduğu görülmektedir.

#### 4.3 Cr Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Cr elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	54,89 e	41,14 b	63,03 h	53,04 c	38,14 b
2	65,91 i	37,82 a	51,75 d	75,62 i	52,27 d
3	18,63 a	53,66 d	52,00 d	72,81 h	53,89 e
4	58,15 f	42,77 b	33,98 a	46,13 b	29,35 a
5	37,81 c	36,36 a	36,82 b	45,82 b	69,65 h
6	53,54 d	46,76 c	59,60 g	58,66 d	44,45 c
7	58,76 f	54,50 d	49,81 c	63,23 f	88,88 i
8	62,78 g	62,14 e	58,33 f	65,07 g	66,91 g
9	65,48 h	60,95 e	55,45 e	62,17 e	62,18 f
10	32,08 b	72,49 f	65,35 i	42,73 a	62,42 f
<b>F Değeri</b>	5219,74	459,2	842,38	3217,23	21.039,72

Tabloda görülebileceği üzere Cr elementinin de bütün alanlarda bölge bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafik olmadığı alanlarda en düşük Cr konsantrasyonları 18,63 ppm (3. bölge), 32,08 ppm (10. bölge) ve 37,81 ppm (5. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek Cr konsantrasyonları 65,91 ppm (2. bölge), 65,48 ppm (9. bölge) ve 62,78 ppm (8. bölge) olarak hesaplanmıştır.

Trafik az yoğun olduğu alanlarda en düşük Cr konsantrasyonları 36,36 ppm (5. bölge), 37,82 ppm (2. bölge), 41,14 ppm (1. bölge) ve 42,77 ppm (4. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek Cr konsantrasyonları 72,49 ppm (10. bölge), 62,14 ppm (8. bölge) ve 60,95 ppm (9. bölge) olarak hesaplanmıştır. Cr konsantrasyonlarının trafik

orta yoğunlukta olduğu alanlarda ise 33,98 ppm (4. bölge) ile 65,35 ppm (10. bölge) arasında değiştiği, en düşük değerlerin 4. bölgeden sonra 5. bölge (36,82 ppm) ve 7. bölgede (49,81 ppm), en yüksek değerlerin ise 9. bölgeden sonra 1. bölge (63, 03 ppm) ve 6. bölgede (59,60 ppm) elde edildiği görülmektedir.

Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda Cr konsantrasyonu değerlerinin daha da yükseldiği görülmektedir. Bu alanlarda en düşük değerler 42,73 ppm (10. bölge), 45,82 ppm (5. bölge) ve 46,13 ppm (4. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek değerler 75,62 ppm (2. bölge), 72,81 ppm (3. bölge) ve 65,07 ppm (8. bölge) olarak hesaplanmıştır. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en yüksek değer 88,88 ppm (7. bölge) olup sonraki en yüksek değerler 69,65 ppm (5. bölge) ve 66,91 ppm (8. bölge) olarak hesaplanmıştır. Bu alanlarda en düşük Cr konsantrasyonları 29,35 ppm (4. bölge), 38,14 ppm (1. bölge) ve 44,45 ppm (6. bölge) olarak hesaplanmıştır. Cr elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.6'da verilmiştir.

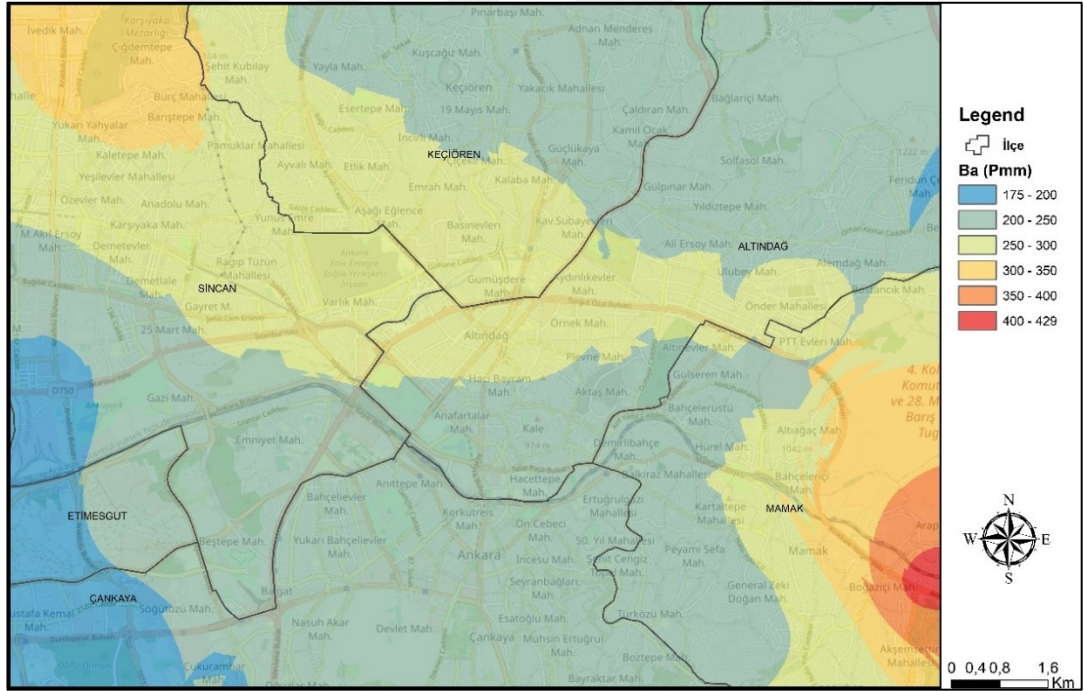
Tablo 4.6 Cr elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	54,89 D	41,14 B	63,03 E	53,04 C	38,14 A	827,663
2	65,91 C	37,82 A	51,75 B	75,62 D	52,27 B	3465,908
3	18,63 A	53,66 C	52,00 B	72,81 D	53,89 C	12.658,967
4	58,15 E	42,77 C	33,98 B	46,13 D	29,35 A	6051,238
5	37,81 B	36,36 A	36,82 AB	45,82 C	69,65 D	1889,619
6	53,54 C	46,76 B	59,60 E	58,66 D	44,45 A	1795,601
7	58,76 C	54,50 B	49,81 A	63,23 D	88,88 E	440,825
8	62,78 C	62,14 B	58,33 A	65,07 D	66,91 E	2133,569
9	65,48 D	60,95 B	55,45 A	62,17 C	62,18 C	409,265
10	32,08 A	72,49 E	65,35 D	42,73 B	62,42 C	2060,545

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak Cr konsantrasyonunun bölgesel değişim tablo değerleri incelendiğinde elde edilen değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir. 2. bölge, 3. bölge, 5. bölge ve 9. bölgede elde edilen değerlerin Duncan testi sonucuna göre dört homojen grupta diğer bölgelerin beş homojen grupta yer aldığı incelenmiştir.

Tablo değerlerine bakıldığında bütün değerler içerisinde en düşük değer 18,63 ppm ile trafiğin olmadığı alanlarda 3. bölgede elde edilmiştir. Trafik yoğun olduğu alanlarda hiçbir bölgenin ilk homojen grupta yer almadığı dikkat çekmiştir. Trafik en düşük değerlerinin 2 tanesinin trafiğin olmadığı, az yoğun olduğu ve çok yoğun olduğu alanlarda elde edilirken 3 tanesi trafiğin orta yoğun olduğu alanda elde edilmiştir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde 88,88 ppm ile en yüksek değer trafik çok yoğun olduğu alanlarda 7. bölgede yer aldığı görülmüştür. Trafik yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin hiç birisinin beşinci homojen grupta yer almadığı belirlenmiştir. Trafik çok yoğun olduğu alanlardaki değerlerin 3 tanesinin en yüksek değerde ve bunlardan bir tanesinin en yüksek ikinci değerde olduğu incelenmiştir. En yüksek değerlerin 2 tanesi trafiğin olmadığı ve trafiğin orta yoğun olduğu alanlarda 1 tanesi trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Çalışma alanında Cr konsantrasyonunun değişimi Harita 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Cr konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen alanda Cr konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde, Cr konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %13,65’ini kapsayan bir alanda 46 ppm’in altında, %6,10’unu kapsayan bir alanda da 62 ppm’in üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun dışında yapılan hesaplamalar

sonucunda Cr konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %13,22'sinde 46-50 ppm, %22,96'sında 50-54 ppm, %22,51'inde 54-58 ppm ve %21,56'sında da 58-62 ppm aralığında olduğu belirlenmiştir. Cr konsantrasyonunun değişimini gösteren haritada görülebileceği üzere Cr konsantrasyonunun en yüksek olduğu bölge, çalışma alanının güneybatısında yani Mamak ilçesi sınırlarında kalmaktadır. Genel olarak çalışma alanının kuzeybatı-güneydoğu ekseninde Cr konsantrasyonunun daha yüksek seviyede olduğu, kuzeydoğu ve güneybatıya gidildikçe Cr konsantrasyonunun düştüğü söylenebilir.

#### 4.4 Cu Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Cu elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	26,45 e	24,28 b	38,88 f	16,79 a	14,95 a
2	24,65 d	26,26 c	18 a	37,20 h	21,89 c
3	31,61 f	41,57 h	27,50 d	50,58 i	59,94 h
4	40,80 h	27,51 d	30,03 e	28,17 e	18,14 b
5	14,98 a	14,54 a	19,56 b	32,52 f	104,92 i
6	19,43 c	39,77 g	56,38 h	34,88 g	25,05 e
7	34,35 g	41,94 h	19,50 b	50,56 i	43,23 g
8	14,47 a	37,24 f	23,32 c	22,90 c	34,98 f
9	72,41 i	33,43 e	43,10 g	24,15 d	25,48 e
10	16,22 b	70,48 i	43,14 g	20,52 b	24,29 d
<b>F Değeri</b>	3950,17	3840,53	6085,12	5622,86	25.936,63

Cu elementinin bölge bazında değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında Cu konsantrasyonunun bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değerler 14,47 ppm ile 8. bölge, 14,98 ppm ile 5. bölge ve 16,22 ppm ile 10. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 72,42 ppm ile 9. bölge, 40,80 ppm ile 4. bölge ve 34,35 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin az yoğun olduğu

alanlarda Cu konsantrasyonu 14,54 ppm ile 70,48 ppm arasında değişmekte olup en düşük değerler 14,54 ppm ile 5. bölge, 24,28 ppm ile 1. bölge ve 26,26 ppm ile 2. bölgede elde edilmiş, en yüksek değerler de 70,48 ppm ile 10. bölge, 41,94 ppm ile 7. bölge ve 39,77 ppm ile de 6. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda Cu konsantrasyonunun en fazla 56,38 ppm seviyesine kadar çıktığı ve bu değerin 6. bölgede elde edildiği belirlenmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 43,14 ppm ile 10. bölge, 43,10 ppm ile 9. bölge ve 38,88 ppm ile 1. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 18,00 ppm ile 2. bölge, 19,50 ppm ile 7. bölge ve 23,32 ppm ile de 8. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Cu konsantrasyonunun 16,79 ppm ile 50,58 ppm arasında değiştiiği, en düşük değerin 1. bölgede, sonraki en düşük değerlerin ise 20,52 ppm ile 10. bölge ve 22,90 ppm ile 8. bölgede elde edildiği görölmektedir. Bu bölgede en yüksek değerler 50,58 ppm ile 3. bölge, 50,56 ppm ile 7. bölge ve 37,20 ppm ile 2. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük Cu konsantrasyonu 14,95 ppm ile 1. bölge, 18,14 ppm ile 4. bölge ve 21,89 ppm ile 2. bölgede elde edilirken en yüksek değerlerin 104,92 ppm ile 5. bölge, 59,94 ppm ile 3. bölge ve 43,23 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir.

Cu konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek değerin trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilmiş olması dikkat çekmektedir. Bunun dışında en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farkın da en yüksek seviyeye trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ulaştığı söylenebilir.

Cu elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Cu elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

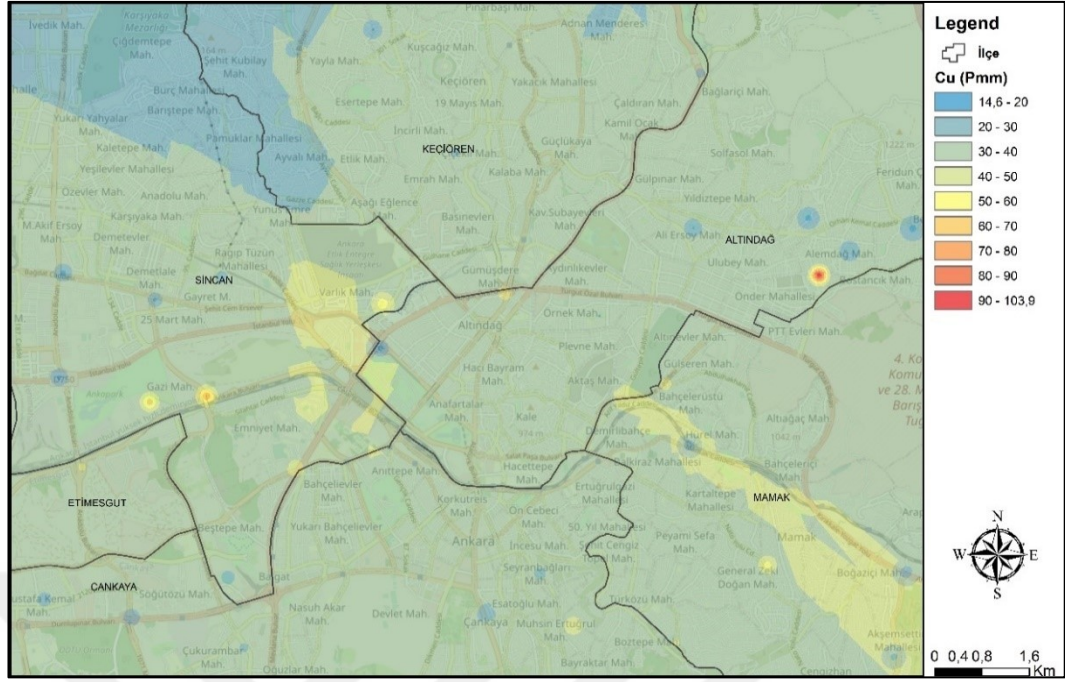
BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	26,45 D	24,28 C	38,88 E	16,79 B	14,95 A	3256,520
2	24,65 C	26,26 D	18,00 A	37,20 E	21,89 B	2614,933
3	31,61 B	41,57 C	27,50 A	50,58 D	59,94 E	4626,089
4	40,80 E	27,51 B	30,03 D	28,17 C	18,14 A	2448,893
5	14,98 A	14,54 A	19,56 B	32,52 C	104,92 D	54.790,581
6	19,43 A	39,77 D	56,38 E	34,88 C	25,05 B	10.987,880
7	34,35 B	41,94 C	19,50 A	50,56 D	43,23 C	774,234
8	14,47 A	37,24 D	23,32 B	22,90 B	34,98 C	3131,394
9	72,41 E	33,43 C	43,10 D	24,15 A	25,48 B	11.137,881
10	16,22 A	70,48 E	43,14 D	20,52 B	24,29 C	15.543,061

Tablo değerleri incelendiğinde Cu elementinin trafik yoğunluğuna bağlı bölgesel değişim değerlerinin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmüştür. Toplam 10 bölgenin Duncan testi sonuçlarına göre 3 tanesi dört homojen grupta diğer 7 tanesi beş homojen grupta incelenmiştir.

Elde edilen verilerde en düşük homojen gruba sahip değerlerin bütün alanlarda olduğu belirlenmiştir. Trafik olmadığı alanlarda 4 tanesi, trafikin orta yoğunlukta olduğu alanlarda 3 tanesi, trafikin çok yoğun olduğu alanlarda 2 tanesi ve trafikin az yoğun ile trafikin yoğun olduğu alanlarda 1 tanesi en düşük değerde elde edilmiştir.

En yüksek değere bakıldığında trafik yoğunluğuna bağlı olarak tüm alanlarda varlığını sürdürdüğü görülmüştür. Trafikin olmadığı ve orta yoğun olduğu alanlarda 2 tanesi, diğer alanlarda da 1 tanesi elde edilmiştir.

Çalışma alanında Cu konsantrasyonunun değişimi Harita 1’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Cu konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Cu konsantrasyonunun değişimini gösteren haritaya göre, Cu konsantrasyonu çalışma alanının büyük bölümünde 30-40 ppm aralığındadır. Bu alanın çalışmaya konu alanın yaklaşık %86,93'ünü kapsadığı hesaplanmıştır. Bunun dışında çalışma alanının sadece %0,02'sinde Cu konsantrasyonu 20 ppm'in altındadır. Altındağ-Mamak sınırına yakın bir bölgede Cu konsantrasyonunun en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu bölgede Cu konsantrasyonu çalışma alanının yaklaşık %0,01'ini kapsayan alanda 70 ppm'in üzerinde, çalışma alanının yaklaşık %0,02'sini kapsayan alanda 60-70 ppm aralığında ve çalışma alanının yaklaşık %0,06'sını kapsayan alanda da 50-60 ppm aralığında olduğu hesaplanmıştır. Çalışma alanının orta bölümleri ile güneydoğu bölümlerinde bulunan ve çalışma alanının yaklaşık %5,05'ini kapsayan bir alanda da Cu konsantrasyonunun 40-50 ppm aralığında olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5 Pb Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.9'de verilmiştir.

Tablo 4.9 Pb elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	23,52 d	25,98 g	28,16 g	18,00 b	15,97 b
2	17,42 c	17,27 b	17,13 d	29,31 g	13,82 a
3	15,96 b	19,65 c	25,97 f	37,28 h	26,98 f
4	26,83 f	25,01 f	13,67 b	18,93 c	23,54 e
5	16,24 b	13,97 a	6,82 a	19,50 d	38,00 h
6	24,71 e	22,68 e	30,05 h	19,74 d	28,60 g
7	17,31 c	31,16 h	16,63 c	24,86 f	27,00 f
8	82,50 h	20,94 d	13,48 b	18,80 c	27,20 f
9	34,95 g	19,44 c	22,95 e	20,77 e	20,80 c
10	11,07 a	43,55 i	38,21 i	13,98 a	21,43 d
<b>F Değeri</b>	22.164,75	1712,91	10.322,79	2677,62	2040,94

Çalışmaya konu elementlerin en önemlilerinden birisi Pb'dur. Pb, gerek insan sağlığı ve ekosisteme etkisi, gerekse trafik yoğunluğu ile ilişkisi bakımından ağır metal çalışmalarında ilk akla gelen elementlerdendir. Çalışma kapsamında Pb elementinin de bütün trafik yoğunluklarında bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Trafiğin olmadığı alanlarda en yüksek Pb konsantrasyonları 8. bölge (82,50 ppm), 9. bölge (34,95 ppm) ve 4. bölgede (26,83 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en düşük değerler ise 10. bölge (11,07 ppm), 5. bölge (16,24 ppm) ve 2. bölgede (17,42 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (43,55 ppm), 7. bölge (31,16 ppm) ve 1. bölgede (25,98 ppm) elde edilirken en düşük değerler 5. bölge (13,97 ppm), 2. bölge (17,27 ppm), 9. bölge (19,44 ppm) ve 3. bölgede (19,65 ppm) elde edilmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda Pb konsantrasyonunun 6,82 ppm'e kadar düştüğü ve bu değer 5. bölgede elde edildiği görülmektedir. Sonraki en düşük değerler ise 8. bölge (13,48 ppm), 4. bölge (13,67 ppm) ve 7. bölgede (16,63 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en yüksek değerler sırasıyla 10. bölge (38,21 ppm), 6. bölge (30,05 ppm) ve 1. bölgede (28,16 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler 3. bölge (37,28 ppm), 2. bölge (29,31 ppm) ve 7. bölgede (24,86 ppm), en düşük değerler ise 10. bölge (13,98 ppm), 1. bölge (18,00 ppm) ve 8. bölgede (18,80 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise Pb konsantrasyonu en yüksek değerine 38,00 ppm ile 5. bölgede ulaşmış sonraki en yüksek değerler 6. bölge (28,60 ppm) ve 3. bölgede (26,98 ppm) elde edilmiştir. Bu alanda en düşük değerler 13,82 ppm ile 2. bölgede ve 15,97 ppm ile birinci bölgede elde edilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde Pb konsantrasyonunun değişim aralığının büyük oranda dar bir aralıkta (yaklaşık 15 ppm ile 30 ppm aralığında) seyrettiği ancak 6,82 ppm'e kadar düştüğü ve 82,50 ppm seviyesine kadar da çıkabildiği görülmektedir. Ancak kirlilik düzeyi bakımından öne çıkan bir bölge olduğunu söylemek oldukça zordur. Pb elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Pb elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

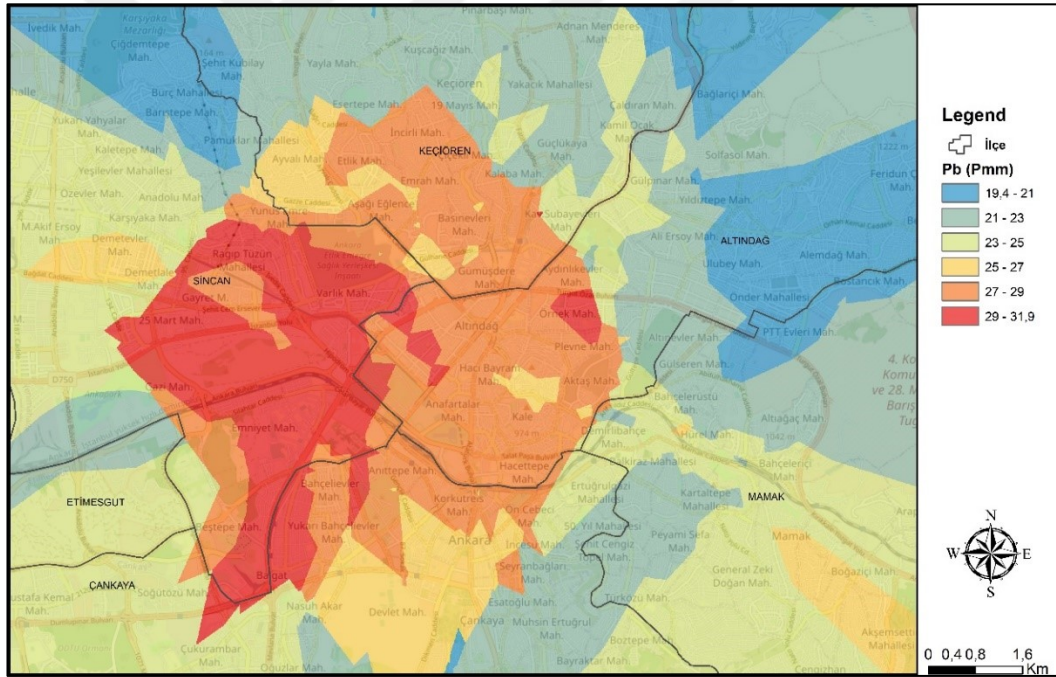
BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	23,52 C	25,98 D	28,16 E	18,00 B	15,97 A	1199,655
2	17,42 B	17,27 B	17,13 B	29,31 C	13,82 A	3382,699
3	15,96 A	19,65 B	25,97 C	37,28 E	26,98 D	2454,278
4	26,83 E	25,01 D	13,67 A	18,93 B	23,54 C	729,082
5	16,24 C	13,97 B	6,82 A	19,50 D	38,00 E	2909,584
6	24,71 C	22,68 B	30,05 E	19,74 A	28,60 D	2208,030
7	17,31 B	31,16 E	16,63 A	24,86 C	27,00 D	936,320
8	82,50 E	20,94 C	13,48 A	18,80 B	27,20 D	98.853,140
9	34,95 D	19,44 A	22,95 C	20,77 B	20,80 B	8396,766
10	11,07 A	43,55 E	38,21 D	13,98 B	21,43 C	21.005,365

Trafiğin yoğunluğuna bağlı olarak Pb elementinin değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir.

Pb elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değerleri ve Duncan testi sonucu olan gruplaşmalar incelendiğinde 3. bölgenin üç homojen grupta 9. bölgenin dört homojen

grupta ve diğer bölgelerin beş homojen grupta olduğu belirlenmiştir. Tablo değerlerine göre en düşük değerlerin dördü trafiğin orta yoğun olduğu alanlarda, 2 tanesi trafiğin çok yoğun olduğu ve trafiğin hiç olmadığı alanlarda tespit edilmiştir. En düşük değerlerin birer tanesi de trafiğin az yoğun ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir.

Tablo değerlerine bakıldığında trafiğin hiç olmadığı alanlarda elde edilen değerlerden üç tanesinin, trafiğin az yoğun, orta ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerden iki tanesinin, trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise bir tanesinin en yüksek değerler olduğu görülmektedir. 3. bölgedeki en yüksek değer trafiğin yoğun olduğu, 9. bölgedeki en yüksek değer ise trafiğin hiç olmadığı alanlarda olduğu dikkat çekmektedir. Çalışma alanında Pb konsantrasyonunun değişimi Harita 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5 Pb konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışmaya konu alanda Pb konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde, Pb konsantrasyonunun en yüksek düzeyde olduğu bölgenin, çalışmaya konu alanın merkezinde yani Sincan ilçesinin batısında yer aldığı görülmektedir. Değerler incelendiğinde, çalışmaya konu alanın yaklaşık %9,19’unda Pb konsantrasyonunun 29 ppm’in üzerinde olduğu görülmektedir. Pb konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %28,92’sinde 21-23 ppm aralığında, %27,36’sında 23-25

ppm aralığında, %7,72'sinde 25-27 ppm aralığında, %14,57'sinde de 27-29 ppm aralığında olduğu hesaplanmıştır. Çalışmaya konu alanın yaklaşık %12,24'ünde ise Pb konsantrasyonu 21 ppm'in altındadır.

#### 4.6 Mn Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Mn elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Mn elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	634,69 h	534,84 de	631,79 i	769,86 i	429,64 c
2	547,82 g	538,73 e	338,15 b	760,63 h	407,99 b
3	524,15 f	720,28 g	589,10 h	884,75 j	477,87 d
4	386,92 c	480,18 b	348,15 c	493,43 c	529,33 e
5	299,72 b	537,54 de	366,55 d	723,96 g	526,11 e
6	1025,99 i	469,00 b	409,40 f	479,19 b	387,86 a
7	523,69 f	402,68 a	515,52 g	531,28 e	658,52 h
8	504,97 e	524,13 d	223,27 a	554,05 f	572,83 g
9	488,12 d	493,46 c	402,70 e	514,33 d	549,84 f
10	219,06 a	687,31 f	655,42 j	420,87 a	526,81 e
<b>F Değeri</b>	4997,19	481,73	15.902,886	3973,2	3094,26

Tabloda görüldüğü üzere Mn elementinin bölge bazında değişimi de bütün trafik yoğunluklarında, istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafik olmadığı alanlarda Mn konsantrasyonunun 1025,99 ppm düzeyine kadar çıktığı ve en düşük 219,06 ppm olduğu görülmektedir. Tablo incelendiğinde trafikin olmadığı alanlarda en yüksek Mn konsantrasyonlarının 6. bölge (1025,99 ppm), 1. bölge (634,69 ppm) ve 2. bölgede (547,82 ppm) elde edildiği görülmektedir. Trafikin olmadığı alanlarda en düşük değerler ise 10. bölge (219,06 ppm), 5. bölge (299,72 ppm) ve 4. bölgede (386,92 ppm) elde edilmiştir.

Trafikin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler 3. bölge (720,28 ppm), 10. bölge (687,31 ppm) ve 2. bölgede (538,73 ppm) elde edilirken bu alanlarda en düşük

değerler 7. bölge (402,68 ppm), 6. bölge (469,00 ppm) ve 9. bölgede (493,46 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (655,42 ppm), 1. bölge (631,79 ppm) ve 3. bölgede (589,10 ppm) elde edilirken en düşük değerler 8. bölge (223,27 ppm), 2. bölge (338,15 ppm) ve 4. bölgede (348,15 ppm) elde edilmiştir.

Genel olarak trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Mn konsantrasyonlarının, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlara göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en yüksek Mn konsantrasyonları 1. bölge (769,86 ppm), 2. bölge (760,63 ppm) ve 5. bölgede (723,96 ppm) elde edilirken en düşük Mn konsantrasyonları 10. bölge (420,87 ppm), 6. bölge (479,19 ppm) ve 4. bölgede (493,43 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise en yüksek değerler 7. bölge (658,52 ppm), 8. bölge (572,83 ppm) ve 9. bölgede (549,84 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en düşük değerler 6. bölge (387,86 ppm), 2. bölge (407,99 ppm) ve 1. bölgede (429,64 ppm) elde edilmiştir.

Mn konsantrasyonlarının bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde ilk dikkat çeken nokta, en yüksek değer olan 1025,99 ppm ile sonraki en yüksek değer olan 769,86 ppm arasında oldukça fark olmasıdır. Dikkat çeken bir diğer husus, bazı bölgelerde elde edilen değerlerin oldukça değişken olmasıdır. Örneğin 10. bölgede trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en düşük değerler iken, aynı bölgede trafiğin çok yoğun olduğu, orta yoğunlukta olduğu ve az yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en yüksek değerler arasındadır.

Mn elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.12'de verilmiştir.

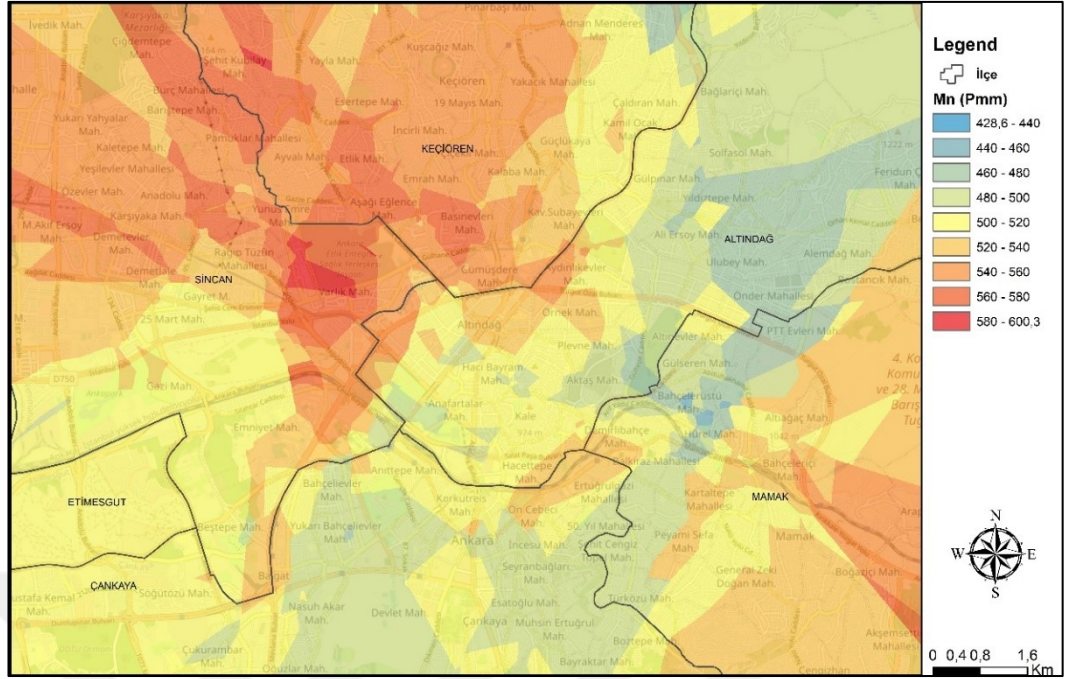
Tablo 4.12 Mn elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değer
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	634,69 C	534,84 B	631,79 C	769,86 D	429,64 A	1332,959
2	547,82 D	538,73 C	338,15 A	760,63 E	407,99 B	3412,525
3	524,15 B	720,28 D	589,10 C	884,75 Ej	477,87 A	1330,797
4	386,92 B	480,18 C	348,15 A	493,43 D	529,33 E	1735,688
5	299,72 A	537,54 D	366,55 B	723,96 E	526,11 C	12.057,377
6	1025,99 E	469,00 C	409,40 B	479,19 D	387,86 A	18.888,247
7	523,69 BC	402,68 A	515,52 B	531,28 C	658,52 D	374,837
8	504,97 B	524,13 C	223,27 A	554,05 D	572,83 E	18.170,480
9	488,12 B	493,46 C	402,70 A	514,33 D	549,84 E	1873,738
10	219,06 A	687,31 E	655,42 Dj	420,87 B	526,81 C	12.191,915

Mn konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak bölgeler bazında değişimi incelendiğinde, trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu anlarda toplam 10 bölgenin 4 tanesinde elde edilen değerlerin Duncan testi sonuçlarına göre ilk homojen grupta yer alması ve trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu alanlarda en yüksek değerlerin hiçbir zaman bu alanda olmaması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken bir başka nokta ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda bölgelerin 4 tanesinde en yüksek değerlerin elde edilmiş olmasıdır.

Dolayısıyla genel olarak trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlardaki değerlerin en düşük değerler trafiğin yoğun olduğu alanlardaki değerlerin en yüksek değerler olduğu söylenebilir. Ancak mangan konsantrasyon değişimi ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu söylemek mümkün değildir. Örneğin trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda 3 bölgede en düşük değerler tespit edilmiştir. Dolayısıyla bazı bölgelerde en düşük değerler bazı bölgelerde ise en yüksek değerler trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Benzer durum diğer bölgeler içinde geçerlidir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük iki değer en yüksek bir değer, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en düşük bir değer en yüksek bir değer olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında Mn konsantrasyonunun değişimi Harita 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Mn konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışmaya konu alanın yaklaşık %5,59’unda Mn konsantrasyonunun 480 ppm’in altında olduğu hesaplanmıştır. Bunun dışında Mn konsantrasyonu çalışmaya konu alanın yaklaşık %19,22’sinde 480-500 ppm arasında, %28,26’sında 500-520 ppm arasında, %20,42’sinde 520-540 ppm arasında, %19,26’sında 540-560 ppm arasında, %6,90’ında da 560-580 ppm arasında olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanının yaklaşık %0,35’inde Mn konsantrasyonu 580 ppm’in üzerindedir. Mn konsantrasyonunun dağılımını gösterir harita incelendiğinde çalışma alanının kuzeybatısında değerlerin daha yüksek olduğu, Altındağ ilçesinde ise değerlerin daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

#### 4.7 Ni Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Ni elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	42,28 e	39,67 d	43,63 h	40,13 d	27,48 a,b
2	51,52 i	36,40 c	36,56 d	60,84 g	54,32 f
3	25,77 b	50,96 f	41,21 e	70,82 h	38,10 c
4	29,58 c	31,89 b	26,86 a	36,63 b	27,24 a
5	34,48 d	29,47 a	42,64 f	36,75 b	48,72 e
6	43,71 g	32,54 b	53,88 i	39,93 d	27,68 b
7	51,34 i	42,43 e	35,26 c	49,52 f	99,56 h
8	50,04 h	42,25 e	33,82 b	45,29 e	54,33 f
9	43,08 f	41,47 e	43,29 g	39,09 c	45,07 d
10	21,82 a	59,27 g	57,53 j	33,14 a	59,19 g
<b>F Değeri</b>	3929,69	533,61	8532,72	11.028,55	42.871,39

Çalışmaya konu elementlerin en önemlilerinden birisi de Ni'dir. Ni de, gerek insan sağlığı ve ekosisteme etkisi, gerekse trafik yoğunluğu ile ilişkisi bakımından ağır metal çalışmalarında ilk akla gelen elementlerdendir. Düşük konsantrasyonlarda bile insan sağlığı açısından tehdit oluşturabilmesi Ni elementini önemli kılmaktadır. Çalışma kapsamında Ni elementinin de bütün trafik yoğunluklarında bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük Ni konsantrasyonu değerleri 21,82 ppm ile 10. bölge, 25,77 ppm ile 3. bölge ve 29,58 ppm ile 4. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 51,52 ppm ile 2. bölge, 51,34 ppm ile 7. bölge ve 50,04 ppm ile 8. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda Ni konsantrasyonu 29,47 ppm ile 59,27 ppm arasında değişmekte olup en düşük değerler 29,47 ppm ile 5. bölge, 32,54 ppm ile 6. bölge ve 36,40 ppm ile 2. bölgede elde edilmiş, en yüksek değerler de 59,27 ppm ile 10. bölge ve 50,96 ppm ile 3. bölge elde edilmiştir.

Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda Ni konsantrasyonunun en fazla 57,53 ppm seviyesine kadar çıktığı ve bu değer 10. bölgede elde edildiği belirlenmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 53,88 ppm ile 6. bölge ve 43,63 ppm ile 1. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler ise 26,86 ppm ile 4. bölge, 33,82 ppm ile 8. bölge ve 35,26 ppm ile de 7. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Ni konsantrasyonunun 33,14 ppm ile 70,82 ppm arasında değiştiği, en düşük değer 10. bölgede, sonraki en düşük değerlerin ise 36,75 ppm ile 5. bölge ve 36,63 ppm ile 4. bölgede elde edildiği görülmektedir. Bu bölgede en yüksek değerler 70,82 ppm ile 3. bölge, 60,84 ppm ile 2. bölge ve 49,52 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük Ni konsantrasyonu 27,24 ppm ile 4. bölge, 27,68 ppm ile 4. bölge ve 38,10 ppm ile 3. bölgede elde edilirken en yüksek değerlerin 99,56 ppm ile 7. bölge, 59,19 ppm ile 10. bölge ve 54,33 ppm ile 8. bölgede elde edilmiştir.

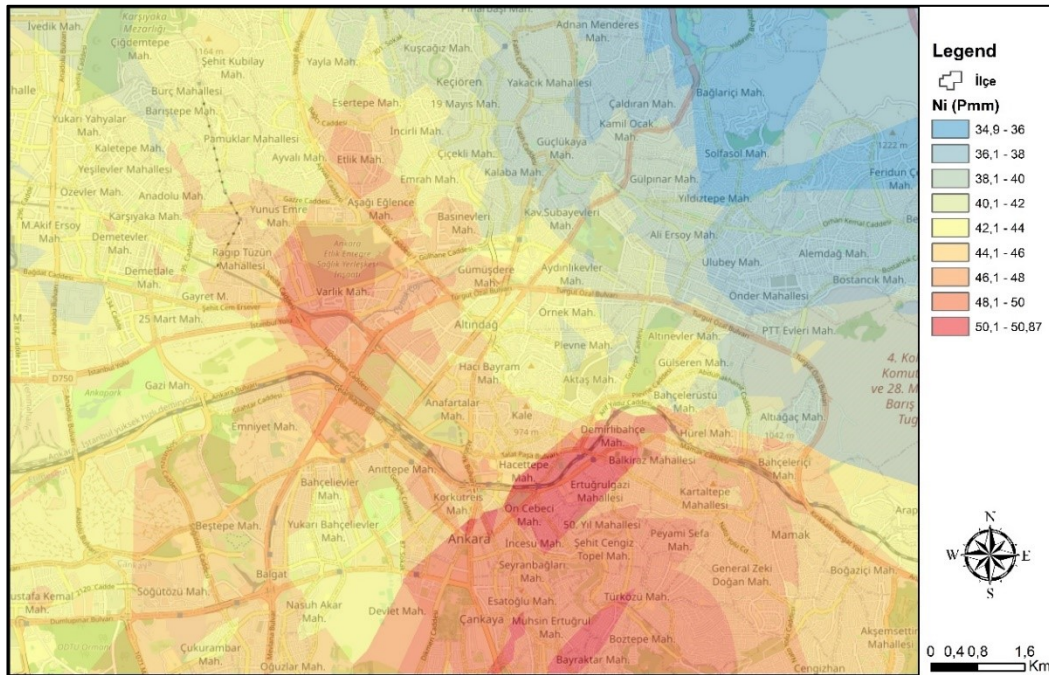
Ni konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek değer trafik yoğun olduğu alanlarda elde edilmiş olması dikkat çekmektedir. Bunun dışında genel olarak en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farkın diğer elementlerle kıyaslandığında oldukça az olduğu söylenebilir. En yüksek ve en düşük değerler arasında 5 kattan az bir fark bulunmaktadır. Ni elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14 Ni elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	42,28 C	39,67 B	43,63 D	40,13 B	27,48 A	790,191
2	51,52 B	36,40 A	36,56 A	60,84 D	54,32 C	6060,339
3	25,77 A	50,96 D	41,21 C	70,82 E	38,10 B	8588,829
4	29,58 C	31,89 D	26,86 A	36,63 E	27,24 B	5863,394
5	34,48 B	29,47 A	42,64 D	36,75 C	48,72 E	5038,738
6	43,71 D	32,54 B	53,88 E	39,93 C	27,68 A	6621,739
7	51,34 D	42,43 B	35,26 A	49,52 C	99,56 E	2510,051
8	50,04 D	42,25 B	33,82 A	45,29 C	54,33 E	6898,277
9	43,08 C	41,47 B	43,29 C	39,09 A	45,07 D	402,351
10	21,82 A	59,27 D	57,53 Cj	33,14 B	59,19 D	11.943,799

Ni konsantrasyonu değişimi incelendiğinde ise yine varyans analiz sonuçlarına göre bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde 1. bölgede en düşük değer trafiğin yoğun olduğu en yüksek değer trafiğin orta yoğun olduğu alanlarda belirlenmiştir. 2. bölgede en düşük değerler trafiğin az yoğun olduğu ve orta yoğun olduğu alanlarda elde edilirken en yüksek değer trafiğin yoğun olduğu alanlarda, 3. bölgede ise en düşük değer trafiğin olmadığı en yüksek değer trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. 4. bölgede en düşük değer trafiğin orta yoğunlukta en yüksek değer de trafiğin yoğun olduğu alanlarda tespit edilmiştir. 5. bölgede en düşük değer trafiğin az yoğun olduğu en yüksek değer ise trafiğin çok yoğun olduğu alanda görülmüştür. 7. bölgede ve 8. bölgede en düşük değerler trafiğin orta yoğunlukta en yüksek değerler ise trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilirken, 9. bölgede en düşük değer trafiğin yoğun olduğu, 10. bölgede en düşük değer trafiğin hiç olmadığı alanlarda, bu iki bölgede en yüksek değerler ise trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ikinci bölgede elde edilen değerler en düşük değerler iken 5. bölgede elde edilen değerler en yüksek değerlerdir. Tablo değerleri incelendiğinde 1. bölge ve 6. bölge dışındaki bütün bölgelerde en düşük değerler trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. 1. bölge ve 6. bölgede ise en düşük değer trafiğin çok yoğun olduğu en yüksek değer ise trafiğin orta yoğun olduğu alanlarda hesaplanmıştır. Çalışma alanında Ni konsantrasyonunun değişimi Harita 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Ni konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışmaya konu elementler içerisinde en zararlılarından birisi olan Ni konsantrasyonunun dağılımı incelendiğinde, çalışma alanının güney kesimlerinde değerlerin daha yüksek düzeyde olduğu, çalışma alanının kuzeydoğusunda ise en düşük değerlerin elde edildiği bölgelerin yer aldığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Ni konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %5,02'sinde 36 ppm'in altında ve %1,86'sında da 50 ppm'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bunun dışında Ni konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %8,80'inde 36-38 ppm arasında, %10,08'inde 38-40 ppm arasında, %7,67'sinde 40-42 ppm arasında, %31,26'sında 42-44 ppm arasında, %19,48'inde 44-46 ppm arasında, %8,39'unda 46-48 ppm arasında ve %7,44'ünde de 48-50 ppm arasında olduğu belirlenmiştir.

#### 4.8 Co Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15 Co elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	11,95 e	10,16 b	13,09 i	10,69 b	8,04 a
2	11,08 c	11,90 d	10,38 d	17,50 h	9,5 b
3	7,74 a	13,43 f	12,12 h	23,10 i	12,15 d
4	10,00 b	10,92 c	8,58 b	14,25 d	11,19 c
5	13,54 h	11,91 d	11,73 f	14,89 g	16,26 h
6	12,87 g	10,65 c	10,98 e	11,53 c	11,17 c
7	12,32 f	9,62 a	11,96 g	14,96 g	19,02 i
8	11,68 d	12,98 e	6,64 a	13,42 e	13,71 e
9	14,43 i	13,56 f	9,43 c	14,51 f	14,69 g
10	7,87 a	15,32 g	13,81 j	9,36 a	14,00 f
<b>F Değeri</b>	1672,89	342,97	3822,73	7519,26	7108,42

Tablo değerleri incelendiğinde Co elementinin de bütün trafik yoğunluklarında, bölge bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafik olmadığı alanlarda Co konsantrasyonunun 7,74 ppm ile 14,43

ppm arasında değiştiği, en yüksek konsantrasyonların 9. bölge (14,43 ppm), 5. bölge (13,54 ppm) ve 6. bölgede (12,87 ppm) elde edildiği görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değerler ise 3. bölge (7,74 ppm), 10. bölge (7,87 ppm) ve 4. bölgede (10,00 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (15,32 ppm), 9. bölge (13,56 ppm) ve 3. bölgede (13,43 ppm) elde edilirken bu alanlarda en düşük değerler 7. bölge (9,62 ppm), 1. bölge (10,16 ppm) ve 4. bölgede (10,92 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (13,81 ppm), 1. bölge (13,09 ppm) ve 3. bölgede (12,12 ppm) elde edilirken en düşük değerler 8. bölge (6,64 ppm), 4. bölge (8,58 ppm) ve 9. bölgede (9,43 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Co konsantrasyonlarının, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlara göre daha yüksek düzeyde olması dikkat ckmektedir. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en yüksek Co konsantrasyonları 3. bölge (23,10 ppm), 2. bölge (17,50 ppm), 7. bölge (14,96 ppm) ve 5. bölgede (14,89 ppm) elde edilirken en düşük Co konsantrasyonları 10. bölge (9,36 ppm), 1. bölge (10,69 ppm) ve 6. bölgede (11,53 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin ck yoğun olduğu alanlarda ise en yüksek değerler 7. bölge (19,02 ppm), 5. bölge (16,26 ppm) ve 9. bölgede (14,69 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en düşük değerler 1. bölge (8,04 ppm), 2. bölge (9,50 ppm) ve 4. bölgede (11,19 ppm) elde edilmiştir.

Co konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde ilk dikkat cken nokta genel olarak en yüksek değerlerin trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilmiş olmasıdır. Dikkat cken bir diğer husus, bazı bölgelerde elde edilen değerlerin oldukca değişken olmasıdır. Örneğin 10. bölgede trafiğin ck yoğun ve olmadığı alanlarda elde edilen değerler en düşük değerler arasında iken, aynı bölgede az yoğun, orta yoğunlukta ve ck yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en yüksek değerler arasındadır. Dikkat cken bir diğer husus en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farkın ck yüksek olmamasıdır. En düşük değer olan 6,64 ppm ile en yüksek değer olan 23,10 ppm arasında 3,5 kattan az fark bulunmaktadır. Co elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.16'da verilmiştir.

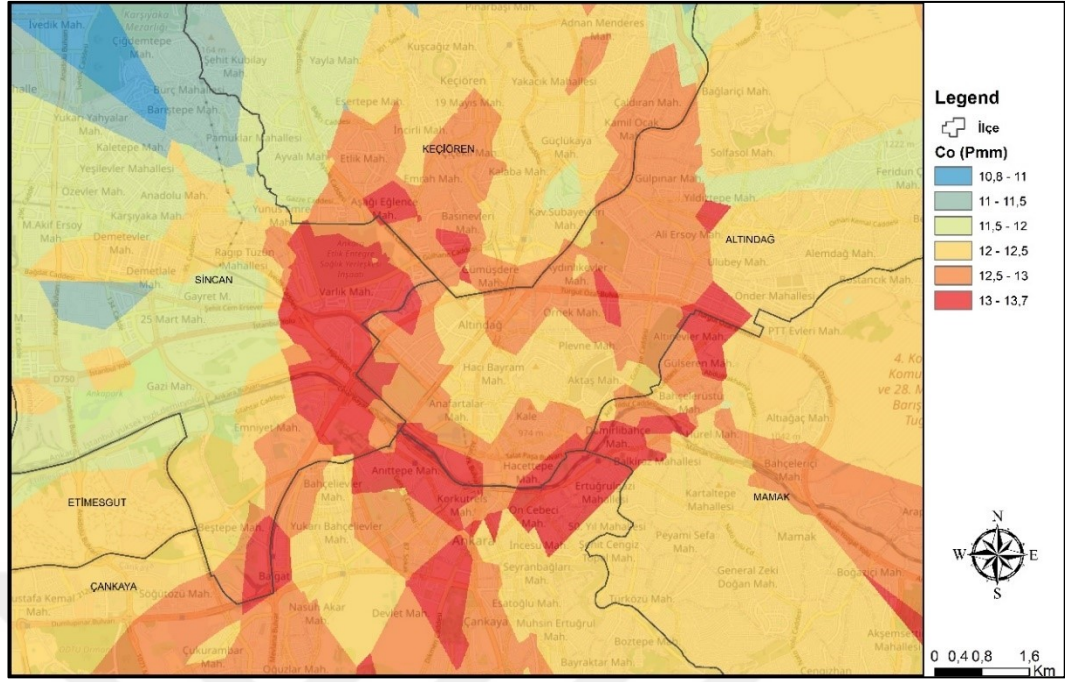
Tablo 4.16 Co elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	11,95 D	10,16 B	13,09 E	10,69 C	8,04 A	1032,414
2	11,08 C	11,90 D	10,38 B	17,50 E	9,5 A	2978,277
3	7,74 A	13,43 C	12,12 B	23,10 D	12,15 B	15.465,823
4	10,00 B	10,92 C	8,58 A	14,25 E	11,19 D	1658,245
5	13,54 C	11,91 B	11,73 A	14,89 D	16,26 E	1869,394
6	12,87 E	10,65 A	10,98 B	11,53 D	11,17 C	327,838
7	12,32 C	9,62 A	11,96 B	14,96 D	19,02 E	1069,091
8	11,68 B	12,98 C	6,64 A	13,42 D	13,71 E	3642,833
9	14,43 C	13,56 B	9,43 A	14,51 C	14,69 D	2016,240
10	7,87 A	15,32 E	13,81 Cj	9,36 B	14,00 D	3786,731

Co konsantrasyonu bölgeler bazında trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi incelendiğinde doğrusal bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Trafik olmadığı alanlarda en düşük değerlerin ikisi en yüksek değerlerin biri, trafik az yoğun olduğu alanlarda, en düşük değerlerin ikisi en yüksek değerlerin biri, trafik orta yoğun olduğu alanlarda en düşük değerlerin dördü en yüksek değerlerin biri, trafik çok yoğun olduğu alanlarda ise en düşük değerlerin ikisi en yüksek değerlerin üçü görülmektedir. Trafik yoğun olduğu alanlarda ise en yüksek üç değer elde edilmiş olup bu alanlarda ki beş değerde en yüksek ikinci değerdir. Dolayısıyla Co konsantrasyonunun en yüksek olduğu alanların trafik yoğun olduğu alanlar olduğu söylenebilir.

Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlarda da en düşük değerlerin dördü, bunların dışında en düşük ikinci değerlerinde dördü bu alanda elde edilmiş olduğundan Co konsantrasyonunun en düşük değerleri trafik orta yoğun olduğu alanlar olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında Co konsantrasyonunun değişimi Harita 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Co konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Co konsantrasyonunun değişimini gösterir harita incelendiğinde çalışma alanının orta bölümlerinde Co konsantrasyonunun daha yüksek düzeyde olduğu, Co konsantrasyonunun en düşük olduğu alanların ise çalışma alanının kuzeybatı bölümlerinde, Sincan ilçesi sınırlarında yer aldığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre Co konsantrasyonu çalışmaya konu alanın yaklaşık %1,44'ünde 11 ppm'in altında, %4,11'inde 11-11,5 ppm aralığında, %16,99'unda 11,5-12 ppm aralığında, %47,29'unda 12-12,5 ppm aralığında, %21,49'unda 12,5-13 ppm aralığında ve %8,68'inde de 13 ppm'in üzerindedir.

#### 4.9 Zn Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 Zn elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	24,10 d	31,95 e	24,87 e	14,74 a	29,96 f
2	23,76 d	23,89 c	15,86 b	25,59 f	23,18 c
3	69,59 i	33,81 f	28,11 f	36,36 h	54,93 i
4	37,30 f	47,99 j	19,90 d	21,09 e	30,71 g
5	14,07 b	15,20 a	9,97 a	19,43 c	79,91 j
6	25,30 e	30,06 d	36,34 h	37,49 i	26,63 d
7	17,66 c	40,86 h	16,84 c	30,19 g	35,90 h
8	63,49 h	36,50 g	28,26 f	19,66 d	27,52 e
9	41,65 g	21,78 b	29,21 g	25,74 f	17,26 a
10	10,12 a	46,68 i	39,67 i	17,76 b	17,64 b
<b>F Değeri</b>	3669,24	771,57	12.292,23	13.884,15	412.913,97

Tabloda görüldüğü üzere Zn elementinin de diğer bütün elementler gibi bölge bazında değişimi, bütün trafik yoğunluklarında, istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafik çok yoğun alanlarda en düşük Zn konsantrasyonları 17,26 ppm (9. bölge), 17,64 ppm (10. bölge) ve 23,18 ppm (2. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek konsantrasyonlar 79,91 ppm (5. bölge), 54,93 ppm (3. bölge) ve 35,90 ppm (7. bölge) olarak hesaplanmıştır.

Trafik yoğun olduğu alanlarda en düşük konsantrasyonlar 14,74 ppm (1. bölge), 17,76 ppm (10. bölge) ve 19,43 ppm (5. bölge) olup, en yüksek konsantrasyonlar ise 37,49 ppm (6. bölge), 36,36 ppm (3. bölge) ve 30,19 ppm (7. bölge) olarak belirlenmiştir. Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 9,97 ppm (5. bölge), 15,86 ppm (2. bölge) ve 16,84 ppm (7. bölge) iken en yüksek değerler 39,67 ppm (10. bölge), 36,34 ppm (6. bölge) ve 29,21 ppm'dir.

Trafik az yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 15,20 ppm (5. bölge), 21,78 ppm (9. bölge) ve 23,89 ppm (2. bölge) olup en yüksek değerler 47,99 ppm (4. bölge), 46,68 ppm (10. bölge) ve 40,86 ppm (7. bölge) olarak hesaplanmıştır. Ağır metal kirliliğinin en düşük düzeyde olması beklenen, trafik olmadığı alanlarda ise en yüksek değer 69,59 ppm olup bu değer 3. bölgede elde edilmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 63,49 ppm ile 8. bölge ve 41,61 ppm ile 9. bölgede elde edilirken en düşük değerler 10. bölgede elde edilen 10,12 ppm ve 5. bölgede elde edilen 14,07 ppm

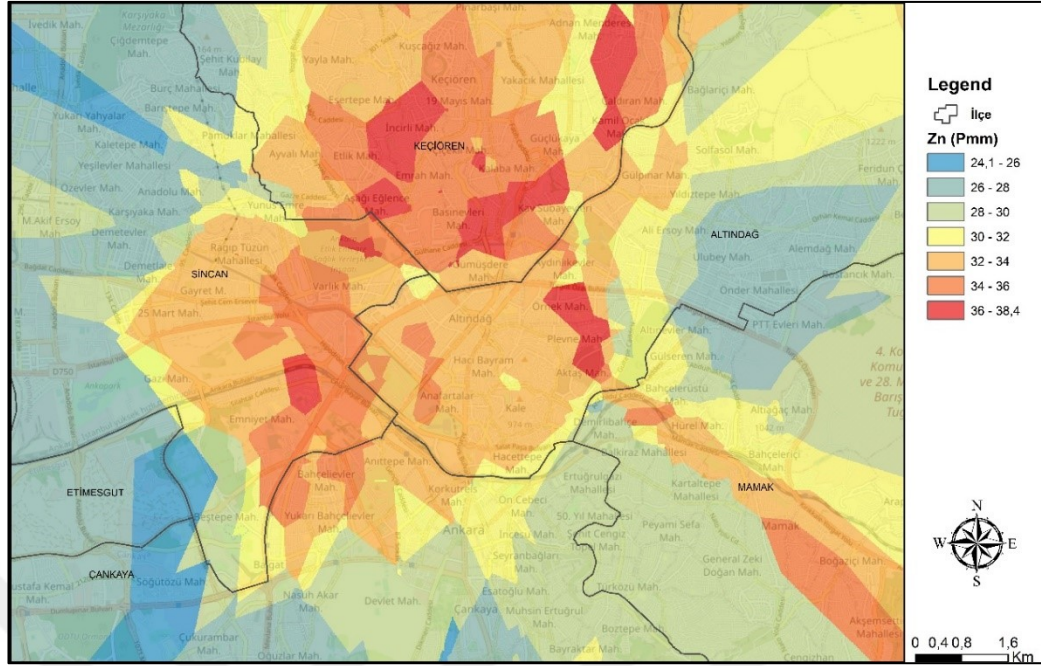
değerleridir. Zn elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18 Zn elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	24,10 B	31,95 E	24,87 C	14,74 A	29,96 D	1345,323
2	23,76 C	23,89 C	15,86 A	25,59 D	23,18 B	1187,374
3	69,59 E	33,81 B	28,11 A	36,36 C	54,93 D	881,089
4	37,30 D	47,99 Ej	19,90 A	21,09 B	30,71 C	24.195,293
5	14,07 B	15,20 C	9,97 A	19,43 D	79,91 Ej	10.634,422
6	25,30 A	30,06 C	36,34 D	37,49 E	26,63 B	6669,661
7	17,66 A	40,86 D	16,84 A	30,19 B	35,90 C	930,195
8	63,49 E	36,50 D	28,26 C	19,66 A	27,52 B	29.736,766
9	41,65 E	21,78 B	29,21 D	25,74 C	17,26 A	15.046,456
10	10,12 A	46,68 D	39,67 C	17,76 B	17,64 B	25.757,370

Zn elementinin bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişim tablosu incelendiğinde trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda ki değerlerden beş tanesi en küçük değer iken bu alanda hiç en yüksek değer olmaması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken bir başka konu ise aynı şekilde trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki değerlerin dört tanesinin en yüksek değerler olduğu ve bu alanda en küçük değerlerin bulunmamasıdır. Dolayısıyla Zn elementinin en düşük alanlarının trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlar ve en yüksek alanlarının da trafiğin az yoğun olduğu alanlar olduğu söylenebilir. Ayrıca Duncan testi sonuçlarına göre Zn elementinin 2., 7. ve 10. bölgelerde toplam dört diğer bölgelerde toplam beş homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında Zn konsantrasyonunun değişimi Harita 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9 Zn konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen elementlerden Zn konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde, çalışma alanının orta ve kuzey bölümlerinde, özellikle Keçiören ilçesinde Zn konsantrasyonunun oldukça yüksek düzeyde olduğu, merkezden uzaklaştıkça düştüğü, çalışma alanının batı, özellikle güneybatı ve kuzeybatı bölümleri ile orta doğu bölümlerinde oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Zn konsantrasyonunun, çalışma alanının yaklaşık %3,84'ünde 26 ppm'in altında ve %3,15'inde 36 ppm'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Bunun dışında Zn konsantrasyonunun genel olarak çalışma alanının yaklaşık %22,31'inde 26-28 ppm arasında, %24,5'inde 28-30 ppm arasında, %15,28'inde 30-32 ppm arasında, %20,2'sinde 32-34 ppm arasında ve %10,71'inde de 34-36 ppm arasında olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.10 S Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.19'de verilmiştir.

Tablo 4.19 S elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	722,27 d	886,57 g	888,92 e	657,87 g	873,92 h
2	809,83 f	477,49 c	176,36 a	635,53 f	630,59 e
3	707,51 c	641,26 d	671,43 d	894,40 i	1205,19 i
4	654,76 b	651,79 d	541,14 c	486,69 b	326,18 a
5	428,73 a	189,87 a	1133,26 h	780,36 h	1536,46 j
6	1212,10 g	834,20 f	1055,08 g	610,51 d	431,70 b
7	653,55 b	996,87 h	272,85 b	893,53 i	787,44 g
8	1302,27 h	697,74 e	1474,03 i	623,72 e	665,16 f
9	781,83 e	401,78 b	1023,78 f	304,97 a	488,94 d
10	2700,18 i	1200,34 i	891,41 e	590,68 c	460,96 c
<b>F Değeri</b>	26.917,19	1197,29	28.287,5	19.838,11	81.706,38

S elementinin de farklı trafik yoğunluklarındaki bölgeler bazında değişimi, varyans analizi sonuçlarına göre istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafik olmadığı alanlarda en düşük 428,73 ppm düzeyinde olan S konsantrasyonu 2700,18 ppm seviyesine kadar çıkmaktadır. En düşük değer 5. bölgede elde edilirken sonraki en düşük değerler 7. bölge (653,55 ppm), 4. bölge (654,76 ppm) ve 3. bölgede (707,51 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlardaki en yüksek değer ise 10. bölgede elde edilirken sonraki en yüksek değerler 8. bölge (1302,27 ppm) ve 6. bölgede (1212,10 ppm) elde edilmiştir.

Trafik az yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 5. bölge (189,87 ppm), 9. bölge (401,78 ppm) ve 2. bölgede (477,49 ppm) elde edilirken en yüksek değerler 10. bölge (1200,34 ppm), 7. bölge (996,87 ppm) ve 1. bölgede (886,57 ppm) elde edilmiştir. Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlardaki S konsantrasyonunun genel olarak trafik az yoğun olduğu alanlardakinden daha yüksek seviyede olduğu söylenebilir. Bu alanlarda en yüksek değerler 1474,03 ppm ile 8. bölge, 1133,26 ppm ile 5. bölge ve 1055,08 ppm ile de 6. bölgede elde edilmiştir. En düşük değerler ise 176,36 ppm (2. bölge), 272,85 ppm (7. bölge) ve 541,14 ppm (4. bölge) olarak hesaplanmıştır. Trafik yoğun olduğu bölgede hesaplanan en düşük değerler 304,97 ppm (9. bölge), 486,69 ppm (4. bölge) ve 590,68 ppm (10. bölge) iken en yüksek değerler 894,40 ppm (3. bölge), 893,53 ppm (7. bölge) ve 780,36 ppm'dir (5. bölge).

Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler incelendiğinde en yüksek değer 1536,46 ppm ile bu alanlarda ve 5. bölgede elde edildiği görülmektedir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 1205,19 ppm ile 3. bölge ve 873,92 ppm ile de 1. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen en düşük S değerleri ise 326,18 ppm (4. bölge), 431,70 ppm (6. bölge) ve 460,96 ppm'dir (10. bölge). S konsantrasyonunun bölge bazında değişimi incelendiğinde verilerin oldukça değişken olabildiği görülmektedir. Örneğin trafiğin olmadığı ve az yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 5. bölgede elde edilirken trafiğin çok yoğun olduğu, yoğun olduğu ve orta yoğunlukta olduğu alanlarda elde edilen değerler çalışmada elde edilen en yüksek değerlerdendir. Aynı bölgede farklı trafik yoğunluğuna sahip alanlarda elde edilen değerler arasındaki fark 8 kattan fazladır. S elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.20'de verilmiştir.

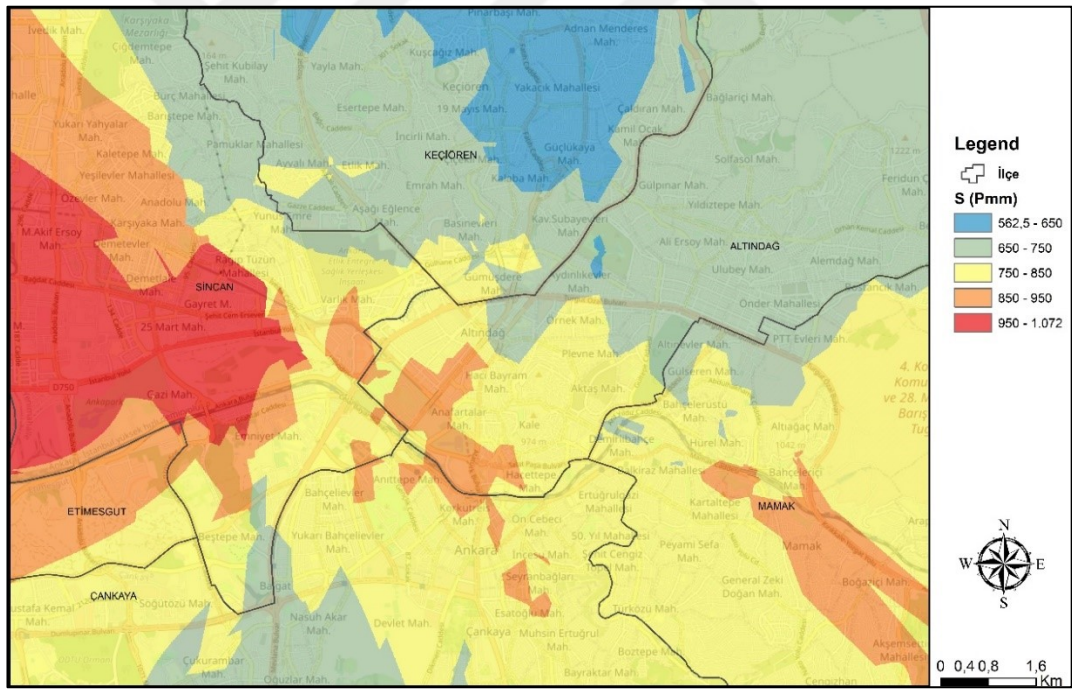
Tablo 4.20 S elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	722,27 B	886,57 CD	888,92 D	657,87 A	873,92 C	576,803
2	809,83 D	477,49 B	176,36 A	635,53 C	630,59 C	19.024,474
3	707,51 C	641,26 A	671,43 B	894,40 D	1205,19 E	1391,226
4	654,76 D	651,79 D	541,14 C	486,69 B	326,18 A	10.486,425
5	428,73 B	189,87 A	1133,26 D	780,36 C	1536,46 E <sub>j</sub>	36.501,472
6	1212,10 E	834,20 C	1055,08 D	610,51 B	431,70 A	28.127,728
7	653,55 B	996,87 E	272,85 A	893,53 D	787,44 C	779,712
8	1302,27 D	697,74 C	1474,03 E	623,72 A	665,16 B	40.751,187
9	781,83 D	401,78 B	1023,78 E	304,97 A	488,94 C	19.429,738
10	2700,18 E	1200,34 D	891,41 C	590,68 B	460,96 A	70.791,408

Duncan testi sonuçlarına göre bölgeler bazında trafiğin yoğunluğuna bağlı olarak S konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir. 1., 2. ve 4. bölgelerin dört homojen grup oluşturduğu bunların dışındaki bölgelerinde beş homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir.

Bölgeler incelendiğinde 1. bölgede en düşük değer trafiğin yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler de trafiğin hem az yoğun hem de orta yoğun olduğu alanlarda tespit

edilmiştir. 2. bölgedeki en küçük değer trafiğin orta yoğun olduğu alanlarda en yüksek değer trafiğin hiç olmadığı alanlarda, 3. bölgede en küçük değer trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değer trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda hesaplanmıştır. 4. bölgedeki en küçük değer trafiğin çok yoğun olduğu alanda en yüksek değerler de trafiğin hem hiç olmadığı hem de az yoğun olduğu alanlarda elde edilirken 5. bölgede en küçük değer trafiğin az yoğun olduğu en yüksek değer trafiğin çok yoğun olduğu alanda elde edilmiştir. 6. Ve 10. bölge de en küçük değerlerin trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerlerin de trafiğin hiç olmadığı alanlarda olması ve 8. İle 9. bölgenin en küçük değerlerinin trafiğin yoğun olduğu en yüksek değerlerinde trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda olması dikkat çekmektedir. Son olarak 7. bölgeye bakıldığında en düşük değerlerin trafiğin orta yoğunlukta en yüksek değerlerin de trafiğin az yoğun olduğu alanlarda olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında S konsantrasyonunun değişimi Harita 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 S konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışmaya konu elementlerden S elementinin konsantrasyonunun en yüksek olduğu alanların, çalışma alanının batısı ve özellikle orta batısı yani Sincan ilçesi toprakları olduğu belirlenmiştir. S konsantrasyonunun değişimini gösteren harita incelendiğinde, S konsantrasyonu özellikle Keçiören ve Altından ilçelerinde oldukça düşük seviyelerdedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda S konsantrasyonunun çalışma

alanının yaklaşık %5,24'ünde 650 ppm'in altında, %32,85'inde 650-750 ppm aralığında, %39,09'unda 750-850 ppm aralığında, %13,90'ında 850-950 ppm aralığında ve %8,92'sinde de 950 ppm'in üzerinde olduğu belirlenmiştir.

#### 4.11 V Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21 V elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	55,29 e	45,29 c	77,49 i	57,80 d	38,02 b
2	51,38 d	46,80 d	45,45 d	81,99 h	33,07 a
3	27,02 a	41,98 b	66,42 h	58,58 d	47,80 c
4	48,21 c	50,20 e	40,50 b	56,46 c	51,84 d
5	65,21 h	53,83 f	64,04 g	71,20 g	57,59 e
6	69,34 i	38,17 a	43,49 c	49,90 b	47,68 c
7	59,49 f	41,21 b	57,94 f	63,34 e	73,25 h
8	53,97 e	55,41 g	25,57 a	67,18 f	62,15 f
9	62,24 g	60,32 h	44,91 d	63,63 e	63,42 g
10	38,01 b	64,25 i	53,80 e	41,49 a	63,38 g
<b>F Değeri</b>	798,06	558,02	1974	626,5	1810,85

V elementinin değişimini gösterir tabloda görülebileceği üzere, V elementinin de bütün trafik yoğunluklarında bölge bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Değerler incelendiğinde V konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda 27,02 ppm ile 69,34 ppm, trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 38,17 ppm ile 64,25 ppm, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda 25,57 ppm ile 77,49 ppm, trafiğin yoğun olduğu alanlarda 41,49 ppm ile 81,99 ppm ve trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda da 33,07 ppm ile 73,25 ppm arasında değiştiği görülmektedir. V konsantrasyonunun değişim aralığının oldukça düşük olduğu dikkat çekmektedir. En yüksek değer (81,99 ppm), en düşük değer (25,57 ppm) sadece 3,2 katıdır.

V elementinin konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda, bölge bazında değişimi incelendiğinde en düşük değerlerin 27,02 ppm ile 3. bölgede, sonraki en düşük değerlerin ise 38,01 ppm ile 10. bölge ve 48,21 ppm ile 4. bölgede elde edildiği görülmektedir En yüksek değer ise 69,34 ppm ile 6. bölgede elde edilirken sonraki en yüksek değerler 65,21 ppm ile 5. bölge ve 62,24 ppm ile de 9. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilen en yüksek V konsantrasyonları 64,25 ppm ile 10. bölge ve 60,32 ppm ile 9. bölgede elde edilmiş, en düşük V konsantrasyonları ise 38,17 ppm ile 6. bölge ve 41,21 ppm ile de 7. bölgede elde edilmiştir. Bu alanlarda 3. bölgede elde edilen 41,98 ppm değeri, Duncan testi sonucuna göre 7. bölge değeri ile aynı homojen grupta yer almaktadır. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 25,57 ppm ile 8. bölge, 40,50 ppm ile 4. bölge ve 43,49 ppm ile de 6. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 77,49 ppm ile 1. bölge, 66,42 ppm ile 3. bölge ve 64,04 ppm ile de 5. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 10. bölge (41,49 ppm), 6. bölge (49,90 ppm) ve 4. bölgede (56,46 ppm) elde edilmiş olup bu alanlardaki en yüksek değerler de 2. bölge (81,99 ppm), 5. bölge (71,20 ppm) ve 8. bölgede (67,18 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda da en düşük değerler 2. bölge (33,07 ppm), 1. bölge (38,02 ppm), 6. bölge (47,68 ppm) ve 3. bölgede (47,80 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlardaki en yüksek değerler ise 7. bölge (73,25 ppm), 9. bölge (63,42 ppm) ve 10. bölgededir (63,38 ppm). V elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.22'de verilmiştir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak bölgeler bazında incelenen V elementinin Duncan testi sonuçlarına göre ilk dikkat çeken nokta 5. bölgenin dört homojen grup oluşturduğu ve en düşük değerlerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak üç alanda da olmasıdır.

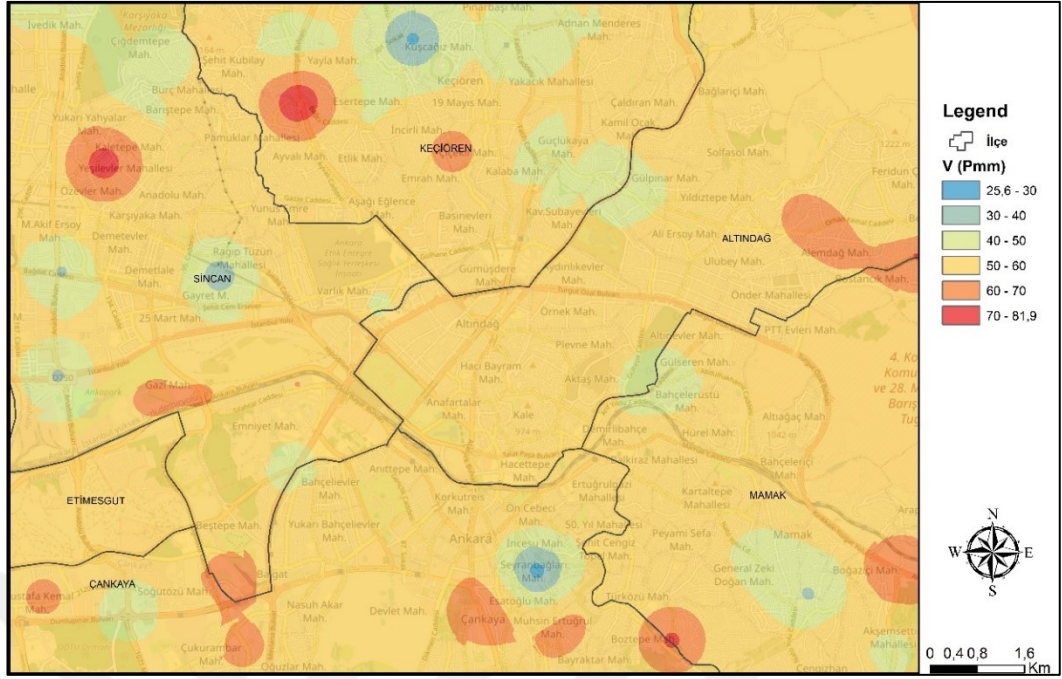
Tablo 4.22 V elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	55,29 C	45,29 B	77,49 E	57,80 D	38,02 A	1824,123
2	51,38 D	46,80 C	45,45 B	81,99 E	33,07 A	5365,782
3	27,02 A	41,98 B	66,42 E	58,58 D	47,80 C	2809,044
4	48,21 B	50,20 C	40,50 A	56,46 E	51,84 D	126,109
5	65,21 A	53,83 A	64,04 A	71,20 D	57,59 B	249,846
6	69,34 E	38,17 A	43,49 B	49,90 D	47,68 C	674,212
7	59,49 C	41,21 A	57,94 B	63,34 D	73,25 E	727,103
8	53,97 B	55,41 C	25,57 A	67,18 E	62,15 D	2225,261
9	62,24 C	60,32 B	44,91 A	63,63 D	63,42 CD	425,428
10	38,01 A	64,25 D	53,80 C	41,49 B	63,38 D	1501,588
<b>F Değeri</b>	798,06	558,02	1974	626,5	1810,85	

Tablo sonuçlarına göre trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda dört, trafiğin hiç olmadığı ve az yoğun olduğu alanlarda üç, trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda iki değer en küçük değer olduğu elde edilmiştir. Trafik yoğun olduğu alanda ise hiç ilk homojen gruba rastlanmamıştır. V konsantrasyonunun en düşük olduğu alana bakıldığında bunun trafiğin az yoğun olduğu alan olarak söylenebilir. Çünkü en düşük değerlerin üç tanesi ve en düşük ikinci değerlerin de üç tanesi bu alanda yer almaktadır.

En yüksek değerleri de trafiğin yoğun olduğu alanlarda beş, trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda üç, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda iki ve trafiğin hiç olmadığı ile trafiğin az yoğun olduğu alanlarda bir değer olmak üzere hesaplanmıştır. Trafik yoğun olduğu alanlara baktığımızda en yüksek değerlerin beşinin burada olduğunun dışında en yüksek ikinci değerlerin de dört tanesinin bu alanda olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla V konsantrasyonunun en yüksek olduğu alanların trafiğin yoğun olduğu alanlar olduğu söylenebilir.

Çalışma alanında V konsantrasyonunun değişimi Harita 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11 V konsantrasyonunun (ppm) dağılımı

Harita 4.11 V konsantrasyonunun dağılımını gösteren harita incelendiğinde çalışmaya konu alanın büyük bölümünde V konsantrasyonunun 50-60 ppm arasında olduğu görülmektedir. Bu alanın, çalışmaya konu alanın yaklaşık %81,60'ını kapsadığı hesaplanmıştır. Bunun dışında çalışma alanının yaklaşık %11,79'unu kapsayan bölümünde V konsantrasyonunun 40-50 ppm aralığında olduğu hesaplanmıştır.

Böylece çalışma alanının %83'ünden fazlasında ortalama V konsantrasyonunun 40-60 ppm aralığında olduğu söylenebilir. Diğer alanlarda ise V konsantrasyonu, çalışma alanının yaklaşık %0,04'ünde 30 ppm'in altında, %0,72'sinde 30-40 ppm arasında, %5,53'ünde 60-70 ppm arasında ve %0,31'inde de 70 ppm'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Bu alanların belirli bölgelerde toplanmadığı, dağınık bir şekilde haritada yer aldığı görülmektedir.

#### 4.12 P Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında dağılımı Tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.23 P elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	833,87 h	348,84 a	604,36 e	351,03 a	438,28 a,b
2	988,77 i	644,43 c	249,34 a	1149,51 g	514,86 d
3	448,45 d	875,52 e	1092,13 i	1163,32 h	1142,30 h
4	596,00 f	999,64 f	1009,54 g	670,14 e	542,69 e
5	267,77 c	324,93 a	401,37 c	494,37 c	5846,32 i
6	174,71 a	473,52 b	678,19 f	1135,70 f	442,67 b
7	701,87 g	1216,22 g	344,71 b	1508,23 i	818,68 g
8	1106,03 j	1257,49 h	1027,08 h	434,04 b	700,12 f
9	472,21 e	807,33 d	502,79 d	500,44 c	476,47 c
10	197,92 b	1436,73 i	4553,49 j	628,93 d	434,47 a
<b>F Değeri</b>	15.695,34	1920,6	198.235,26	21.407,62	783.709,28

Çalışmaya konu elementlerden bir diğeri, ağır metal olması yanında ayrıca önemli bir besin elementi olan P'dir. Tabloda görülebileceği üzere P elementinin de bütün trafik yoğunluklarında bölge bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Değerler incelendiğinde trafiğin olmadığı alanlardaki en yüksek P konsantrasyonlarının 1106,03 ppm ile 8. bölge, 988,77 ppm ile 2. bölge ve 833,87 ppm ile de 1. bölgede elde edildiği görülmektedir. En düşük değerler ise 6. bölge (174,71 ppm), 10. bölge (197,92 ppm) ve 5. bölgede (267,77 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki en yüksek P konsantrasyonları 1436,73 ppm ile 10. bölge, 1257,49 ppm ile 8. bölge ve 1216,22 ppm ile 7. bölgede elde edilirken en düşük P konsantrasyonları 324,93 ppm ile 5. bölge, 348,84 ppm ile 1. bölge ve 473,52 ppm ile de 6. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda hesaplanan en düşük değerler 249,34 ppm (2. bölge), 344,71 ppm (7. bölge) ve 401,37 ppm (5. bölge) iken en yüksek değerler 4553,49 ppm (10. bölge) 1092,13 ppm (3. bölge) ve 1027,08 ppm'dir (8. bölge). Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda hesaplanan en yüksek P konsantrasyonunun (4553,49 ppm), bu alandaki sonraki en yüksek değer (1092,13 ppm) yaklaşık 4,5 katı olması, en düşük değer (249,34 ppm) ise 18 katından fazla olması dikkat çekicidir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 1. bölge (351,03 ppm), 8. bölge (434,04 ppm) ve 5. bölgede (494,37 ppm) elde edilirken en yüksek değerler 7. bölge

(1508,23 ppm), 3. bölge (1163,32 ppm) ve 2. bölgede (1149,51 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise en düşük değerler 10. bölge (434,47 ppm), 1. bölge (438,28 ppm) ve 6. bölgede (442,67 ppm), en yüksek değerler ise 5. bölge (5846,32 ppm), 3. bölge (1142,30 ppm) ve 7. bölgede (818, 68 ppm) elde edilmiştir. Genel olarak P konsantrasyonunun oldukça değişken olması ve en yüksek değer (5846,32 ppm) ile en düşük değer (174,71 ppm) arasında 33 kattan fazla fark olması dikkat çekicidir. P elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.24’de verilmiştir.

Tablo 4.24 P elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	833,87 D	348,84 A	604,36 C	351,03 A	438,28 B	6248,549
2	988,77 D	644,43 C	249,34 A	1149,51 E	514,86 B	10.432,311
3	448,45 A	875,52 B	1092,13 C	1163,32 E	1142,30 D	9175,304
4	596,00 B	999,64 D	1009,54 E	670,14 C	542,69 A	11.110,208
5	267,77 A	324,93 B	401,37 C	494,37 D	5846,32 E	1.065.618,687
6	174,71 A	473,52 C	678,19 D	1135,70 E	442,67 B	50.303,791
7	701,87 B	1216,22 D	344,71 A	1508,23 E	818,68 C	1368,212
8	1106,03 Dj	1257,49 E	1027,08 C	434,04 A	700,12 B	42.520,415
9	472,21 A	807,33 D	502,79 C	500,44 C	476,47 B	14.216,261
10	197,92 A	1436,73 D	4553,49 Ej	628,93 C	434,47 B	213.920,15

P konsantrasyonu incelendiğinde yine hepsinde olduğu gibi varyans analiz sonuçlarına göre bölgeler bazında trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre toplam 10 bölgenin 1. ve 9. bölgelerinde dört diğer bölgelerinde beş homojen grup oluşturduğu görülmüştür.

Tablo değerleri dikkate alındığında ilk dikkat çeken şeyin trafiğin hiç olmadığı alanlarda beş bölgenin en küçük değere sahip olduğu ve bu alanda hiç en yüksek değere rastlanmamasıdır. Ancak 1. bölgenin dört homojen grup oluşturması nedeniyle o bölgenin en büyük değeri trafiğin olmadığı alanda yer almaktadır. Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en küçük bir tane en yüksek iki tane değer, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanda en düşük iki en yüksek iki değer, trafiğin çok yoğun olduğu alanda en düşük bir en yüksek bir değer olduğu belirlenmiştir. Trafiğin yoğun olduğu alanlarda da en düşük iki değer en yüksek dört değer tespit edilmiştir.



Tablo 4.25 Na elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	431,75 f	2494,25 f	691,08 j	426,50 d	2428,08 g
2	349,00 e	3363,50 g	362,50 h	725,25 e	2424,83 g
3	5164,00 i	4517,58 h	405,58 i	1135,08 h	285,66 c
4	1426,00 h	435,00 d	50,58 a	260,33 a	356,83 d
5	321,08 d	708,83 e	329,50 g	846,41 f	385,91 e
6	153,75 a	1,33 a	256,08 f	408,16 c	145,83 a
7	325,25 d	107,33 b	84,83 b	1039,25 g	192 b
8	280,75 c	446,66 d	212,66 e	319,41 b	410,50 f
9	550,91 g	374 c	110,83 d	435,66 d	396,75 e,f
10	197,58 b	379,75 c	99,66 c	264,66 a	283,91 c
<b>F Değeri</b>	46.382,64	14.346,14	9618,69	7516,56	35.609,29

Çalışmaya konu bir diğer element olan Na konsantrasyonunun değişimini gösterir tabloda görüldüğü üzere Na elementinin bölge bazında değişimi de bütün trafik yoğunluklarında, istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafik olmadığı alanlarda Mn konsantrasyonunun 5164,00 ppm düzeyine kadar çıktığı ve en düşük 153,75 ppm olduğu görülmektedir. Tablo incelendiğinde trafiğin olmadığı alanlarda en yüksek Na konsantrasyonlarının 3. bölge (5164,00 ppm) ve 4. bölgede (1426,00 ppm) elde edildiği görülmektedir. 3. bölgede elde edilen değer 4. bölgede elde edilen değer 3 katından daha yüksek olup, 4. bölgede elde edilen değer (1426,00 ppm) de sonraki en yüksek değer olan 550,91 ppm'in (9. bölge) 2,5 katından fazladır. Diğer 8 bölgede elde edilen değerlerin ise birbirlerine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Trafik olmadığı alanlarda en düşük değerler ise 6. bölge (153,75 ppm), 10. bölge (197,58 ppm) ve 8. bölgede (280,75 ppm) elde edilmiştir.

Trafik az yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler yine 3. bölge (4517,58 ppm), 2. bölge (3363,50 ppm) ve 1. bölgede (2494,25 ppm) elde edilirken bu alanlarda en düşük değerler 6. bölge (1,33 ppm), 7. bölge (107,33 ppm) ve 10. bölgede (379,75 ppm) elde edilmiştir. Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlarda en yüksek değerler 1. bölge (691,08 ppm), 3. bölge (405,58 ppm) ve 2. bölgede (362,50 ppm) elde edilirken en düşük değerler 4. bölge (50,58 ppm), 7. bölge (84,83 ppm) ve 10. bölgede (99,66 ppm) elde edilmiştir.

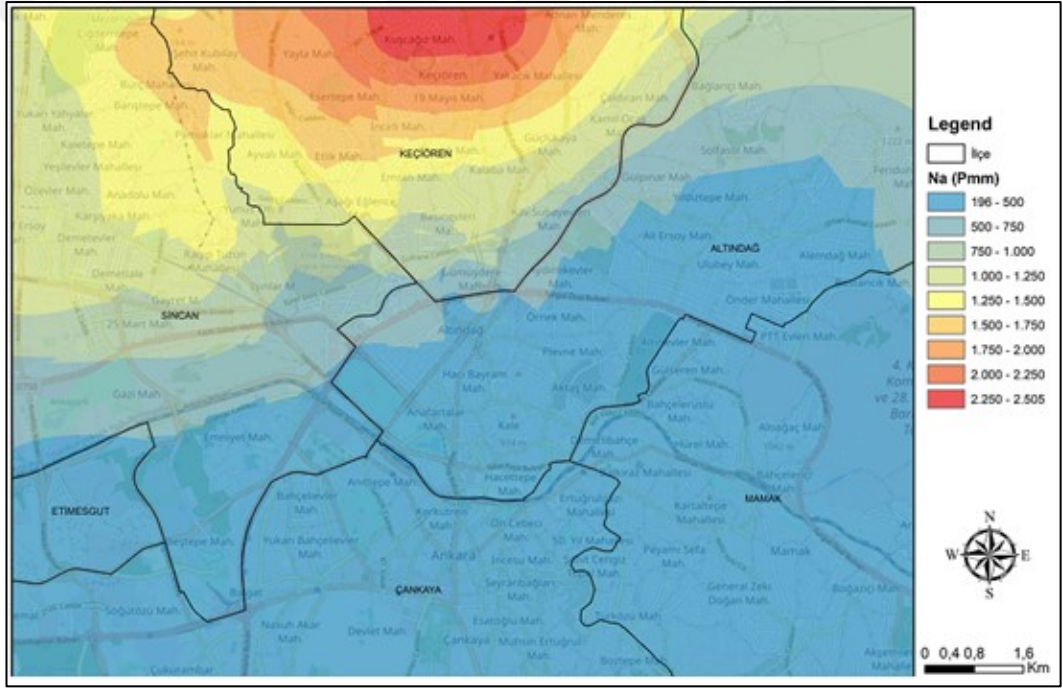
Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en yüksek Na konsantrasyonları 3. bölge (1135,08 ppm), 7. bölge (1039,25 ppm) ve 5. bölgede (846,41 ppm) elde edilirken en düşük Na konsantrasyonları 4. bölge (260,33 ppm), 10. bölge (264,66 ppm) ve 8. bölgede (319,41 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda ise en yüksek değerler 2. bölge (2424,83 ppm), 1. bölge (2428,08 ppm) ve 8. bölgede (410,50 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin olmadığı alanlardaki gibi, trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda da elde edilen en yüksek iki değer ile diğer değerler arasında çok yüksek düzeyde fark bulunması dikkat çekmektedir. Aynı durum trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en yüksek üç değer için de geçerlidir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler ise 6. bölge (145,83 ppm), 7. bölge (192,00 ppm), 10. bölge (283,91 ppm) ve 3. bölgede (285,66 ppm) elde edilmiştir. Na elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.26’de verilmiştir.

Tablo 4.26 Na elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	431,75 A	2494,25 D	691,08 B	426,50 A	2428,08 C	11.985***
2	349,00 A	3363,50 D	362,50 A	725,25 B	2424,83 C	22.339***
3	5164,00 E	4517,58 D	405,58 B	1135,08 C	285,66 A	18.576***
4	1426,00 E	435,00 D	50,58 A	260,33 B	356,83 C	18.370***
5	321,08 A	708,83 C	329,50 A	846,41 D	385,91 B	3313***
6	153,75 C	1,33 A	256,08 D	408,16 E	145,83 B	12.805***
7	325,25 D	107,33 B	84,83 A	1039,25 E	192 C	14.632***
8	280,75 B	446,66 E	212,66 A	319,41 C	410,50 D	2350***
9	550,91 E	374 B	110,83 A	435,66 D	396,75 C	8739***
10	197,58 B	379,75 E	99,66 A	264,66 C	283,91 D	2819***

Na elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde, Na elementinin bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise, Na elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak doğrusal bir değişim gösterdiğini söylemek oldukça zordur. Bazı bölgelerde en düşük değerler trafiğin olmadığı alanlarda elde edilirken bazı bölgelerde en yüksek değerler trafiğin olmadığı alanlarda elde edilmiştir. Benzer bir durum diğer trafik yoğunlukları için de geçerlidir.

Duncan testi sonuçlarına göre farklı trafik yoğunluklarında elde edilen bütün değerlerin ayrı bir homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Tabloda görüldüğü üzere Duncan testi sonucunda 10 bölgenin 7 tanesinde 5 homojen grup oluşurken 1., 2. ve 5. bölgelerde dörder homojen grup oluşmuştur. Bütün değerler incelendiğinde en çok dikkat çeken nokta, trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu alanlarda 10 bölgenin 7 tanesinde elde edilen değerlerin ilk homojen grupta yer almasıdır. Trafikğin orta düzeyde yoğun olduğu alanlarda 1 ve 3. bölgelerde elde edilen değerler ikinci homojen grupta, 6. bölgede elde edilen değer dördüncü homojen grupta yer alırken bunun dışındaki bütün bölgelerde elde edilen değerler ilk homojen grupta yer almıştır. Çalışma alanında Na konsantrasyonunun değişimi Harita 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13 Na konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Na konsantrasyonunun değişimini gösteren haritada görüldüğü üzere çalışma alanının orta kuzey bölümlerinde en yüksek seviyede olan Na konsantrasyonu, güney bölümlere doğru azalmaktadır. Çalışma alanının güneydoğu bölümünde Na konsantrasyonu en düşük seviyededir. Yapılan hesaplamalar sonucunda bu bölgede Na konsantrasyonunun 500 ppm’in altında olduğu ve bu alanın çalışmaya konu toplam alanın yaklaşık %54,53’ünü oluşturduğu belirlenmiştir.

Bunun dışında ise Na konsantrasyonunun çalışmaya konu alanın yaklaşık %11,76'unda 500-750 ppm arasında, %7,99'unda 750-1000 ppm arasında, %9,01'inde 1000-1250 ppm arasında, %7,52'sinde 1250-1500 ppm arasında, %4,11'inde 1500-1750 ppm arasında, %2,43'ünde 1750-2000 ppm arasında, %1,43'ünde 2000-2250 ppm arasında ve %1,17'sinde de 2250 ppm'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.14 K Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27 K elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	5747,08 i	3066,50 c	9154,75 j	5691,33 e	2164,41a
2	3547,66 c	2380,91 a	3326,83 e	10589,33 i	2898,33 c
3	2173,25 a	4020,83 g	6943,58 i	6880,08 g	2867,08 c
4	4853,08 g	3271,58 d	3739,08 f	4464,50 b	2631,83 b
5	3862,50 d	3813,41 f	1982,25 a	4864,16 d	3569,66 e
6	5958,25 j	2519,58 b	2900,00 c	4453,33 b	3497,83 d
7	4764,91 f	3434,16 e	4614,33 g	8097,33 h	5904,66 h
8	3921,33 e	4775,66 h	2133,25 b	4606,08 c	6875,75 i
9	5590,41 h	6124,58 i	3149,83 d	5968,16 f	5705,33 g
10	2314,83 b	7215,08 j	4956,25 h	3472,33 a	4694,00 f
<b>F Değeri</b>	11.741,33	12.521,83	46.165,81	17.118,53	14.363,36

Çalışmaya konu elementlerden bir diğeri, aynı zamanda önemli besin elementlerinden olan K'dır. K konsantrasyonunun değişimini gösterir tabloda görüldüğü üzere K elementinin bölge bazında değişimi de bütün trafik yoğunluklarında, istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafiğin olmadığı alanlarda K konsantrasyonunun 2173,25 ppm ile 5958,25 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. K konsantrasyonunun değişimini gösterir tabloda görüldüğü üzere trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değerler 3. bölge (2173,25 ppm), 10. bölge (2314,83 ppm) ve 2. bölgede (3547,66 ppm) elde edilmiştir. Bu alanlarda en yüksek değerler ise 6. bölge (5958,25 ppm), 1. bölge (5747,08 ppm) ve 9. bölgede (5590,41 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki K konsantrasyonu 2380,91 ppm ile 7215,08 ppm arasında değişirken bu alanlarda en düşük değerler 2. bölge (2380,91 ppm), 6. bölge (2519,58 ppm) ve 1. bölgede (3066,50 ppm) hesaplanmıştır. Trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki en yüksek değerler 10. bölge (7215,08 ppm), 9. bölge (6124,58 ppm) ve 8. bölgede (4775,66 ppm) elde edilmiştir.

Orta düzeyde trafik yoğunluğuna sahip alanlarda en düşük K konsantrasyonları 1982,25 ppm ile 5. bölge, 2133,25 ppm ile 8. bölge ve 2900,00 ppm ile 6. bölgede elde edilirken en yüksek konsantrasyonlar 9154,75 ppm ile 1. bölge, 6943,58 ppm ile 3. bölge ve 4956,25 ppm ile de 10. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda hesaplanan en düşük K konsantrasyonu 3472,33 ppm (10. bölge) iken sonraki en düşük değerler 4453,33 ppm (6. bölge) ve 4606,08 ppm (8. bölge) olarak hesaplanmıştır. Bu alanlardaki en yüksek K konsantrasyonları da 10589,33 ppm ile 2. bölge, 8097,33 ppm ile 7. bölge ve 6880,08 ppm ile de 3. bölgede hesaplanmıştır.

Trafik yoğunluğunun en fazla olduğu alanlarda K konsantrasyonunun 2164,41 ppm ile 6875,75 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu alanlarda en düşük konsantrasyonlar 1. bölge (2164,41 ppm), 4. bölge (2631,83 ppm), 3. bölge (2867,08 ppm) ve 2. bölgede (2898,33 ppm) elde edilirken en yüksek değerler 8. bölge (6875,75 ppm), 7. bölge (5904,66 ppm) ve 9. bölgede (5705,33 ppm) elde edilmiştir.

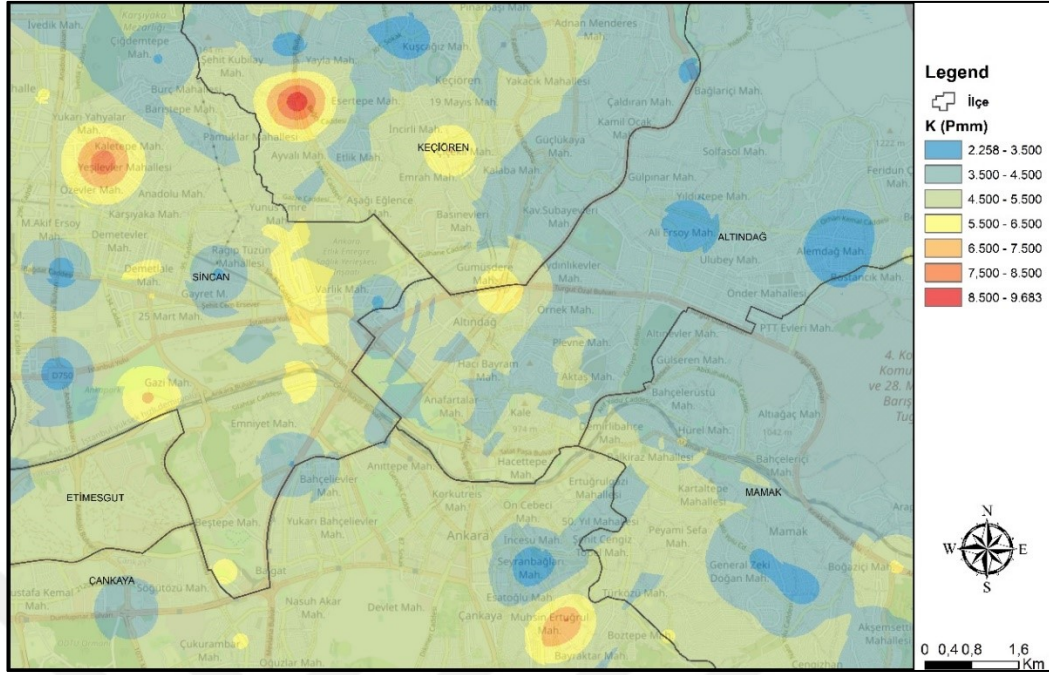
K elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28 K elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	5747,08 C	3066,50 B	9154,75 D	5691,33 C	2164,41A	23.748,372
2	3547,66 D	2380,91 A	3326,83 C	10.589,33 E	2898,33 B	98.478,130
3	2173,25 A	4020,83 C	6943,58 E	6880,08 D	2867,08 B	37.586,533
4	4853,08 E	3271,58 B	3739,08 C	4464,50 D	2631,83 A	7954,883
5	3862,50 D	3813,41 C	1982,25 A	4864,16 E	3569,66 B	5619,897
6	5958,25 E	2519,58 A	2900,00 B	4453,33 D	3497,83 C	29.551,179
7	4764,91 C	3434,16 A	4614,33 B	8097,33 E	5904,66 D	9844,350
8	3921,33 B	4775,66 D	2133,25 A	4606,08 C	6875,75 E	11.160,375
9	5590,41 B	6124,58 E	3149,83 A	5968,16 D	5705,33 C	10.431,610
10	2314,83 A	7215,08 E	4956,25 D	3472,33 B	4694,00 C	20.166,826
<b>F Değeri</b>	11.741,33	12.521,83	46.165,81	17.118,53	14.363,36	

Varyans analizi sonuçlarına göre K elementinin de bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimlerinin istatistikî olarak anlamlı (%99,9 güven düzeyinde) olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise belirgin bir trafik yoğunluğunun dikkati çekmediği görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre birinci bölge dışında bütün bölgelerde her bir trafik yoğunluğu ayrı bir homojen grup oluşturmuş, 1. bölgede ise trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler üçüncü homojen grupta yer almıştır.

Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplaşmalar incelendiğinde, K elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değiştiğini söylemek mümkün değildir. Bununla birlikte genel olarak en yüksek değerlerin genelde trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği söylenebilir. Trafikin yoğun olduğu alanlarda Duncan testi sonuçlarına göre elde edilen değerlerin 3 tanesi son homojen grupta, 5 tanesi de en yüksek ikinci değer grubunda yer almaktadır. En düşük değerlerin ise bölgeler bazında önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. En düşük değerlerin 2 tanesi trafiğin olmadığı, 3 tanesi az yoğun olduğu, 3 tanesi orta yoğunlukta olduğu, 2 tanesi de çok yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Çalışma alanında K konsantrasyonunun değişimi Harita 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14 K konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen K elementinin konsantrasyonunun değişimini gösterir harita incelendiğinde genel olarak çalışma alanının doğu bölümlerinde daha düşük, batı bölümlerinde ise daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda çalışma alanının yaklaşık %2,27'sinde K konsantrasyonunun 3500 ppm'in altında, %4,37'sinde ise 5500 ppm'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının büyük bölümünde K konsantrasyonu 3500-5500 ppm arasında olduğu görülmektedir. Çalışmaya konu alanın yaklaşık %44,54'ünde K konsantrasyonunun 3500-4500 ppm arasında, %48,82'sinde de 4500-5500 ppm arasında olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.15 Ca Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29 Ca elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	7277,41 e	6327,25 a	8489,41 e	6349,66 a	6338,66 b
2	6508,25 d	9833,50 f	6138,91 a	9371,83 e	8572,25 e
3	9334,41 g	9855,16 g	9410,66 f	6541,58 b	6299,33 ab
4	7298,83 e	9164,33 d	9807,33 g	9820,41 f	9888,16 h
5	9588,75 h	9806,66 e	6244,75 bc	6352,08 a	6259,83 a
6	6158,75 b	6347,25 b	6298,91 c	9806,25 f	9833,25 gh
7	8236,00 f	6457,00 c	9815,16 g	8667,50 d	6401,00 c
8	6327,16 c	9804,83 e	6152,91 ab	7383,75 c	7338,16 d
9	6379,25 c	9799,91 e	6305,83 c	9817,00 f	9709,25 f
10	5906,50 a	6362,16 b	6583,25 d	9816,25 f	9779,41 g
<b>F Değeri</b>	1021,68	70911,14	2561,78	5043,63	6940,52

Tablo değerleri incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında Ca konsantrasyonunun bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafik olmadığı alanlarda en düşük değerler 5906,50 ppm ile 10. bölge, 6158,75 ppm ile 6. bölge, 6327,16 ppm ile 8. bölge ve 6379,25 ppm ile 9. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 9588,75 ppm ile 5. bölge, 9334,41 ppm ile 3. bölge ve 8236,00 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir. Trafik az yoğun olduğu alanlarda Ca konsantrasyonu 6327,25 ppm ile 9855,16 ppm arasında değişmekte olup en düşük değerler 6327,25 ppm ile 1. bölge, 6347,25 ppm ile 6. bölge ve 6362,16 ppm ile 10. bölgede elde edilmiş, en yüksek değerler de 9855,16 ppm ile 3. bölge ve 9833,50 ppm ile de 2. bölgede elde edilmiştir.

Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlarda Ca konsantrasyonunun en fazla 9815,16 ppm seviyesine kadar çıktığı ve bu değer 7. bölgede elde edildiği belirlenmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 9807,33 ppm ile 4. bölge, 9410,66 ppm ile 3. bölge ve 8489,41 ppm ile 1. bölgede elde edilmiştir. Trafik orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 6138,91 ppm ile 2. bölge, 6152,91 ppm ile 8. bölge ve 6244,75 ppm ile de 5. bölgede elde edilmiştir.

Ca konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde, trafik yoğun olduğu alanlardaki Ca konsantrasyonunun 6349,66 ppm ile 9820,41 ppm arasında değiştiği, en düşük değer 4. bölgede elde edildiği görülmektedir. Tablo

değerleri incelendiğinde 4. bölgede elde edilen değer ile 6. bölge (9806,25 ppm), 9. bölge (9817,00 ppm) ve 10. bölgede (9816,25 ppm) elde edilen değerlerin, Duncan testi sonuçlarına göre aynı homojen gruplarda yer alması dikkat çekmektedir. Bu bölgede en düşük değerler ise 6349,66 ppm ile 1. bölge, 6352,08 ppm ile 5. bölge ve 6541,58 ppm ile 3. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük Ca konsantrasyonları 6259,83 ppm ile 5. bölge, 6299,33 ppm ile 3. bölge ve 6338,66 ppm ile 1. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 9888,16 ppm ile 4. bölge, 9833,25 ppm ile 6. bölge ve 9779,41 ppm ile 10. bölgede elde edilmiştir. Ca konsantrasyonunun bölge bazında değişimi genel olarak değerlendirildiğinde en çok dikkat çeken nokta en düşük ve en yüksek değerlerin birbirlerine oldukça yakın konsantrasyonlarda olmasıdır. Bütün alanlarda elde edilen en yüksek değer, en düşük değer 1,7 katından daha düşüktür. Bu durumda diğer elementlerin çoğunun aksine en yüksek ve en düşük değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Ca elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.30'da verilmiştir.

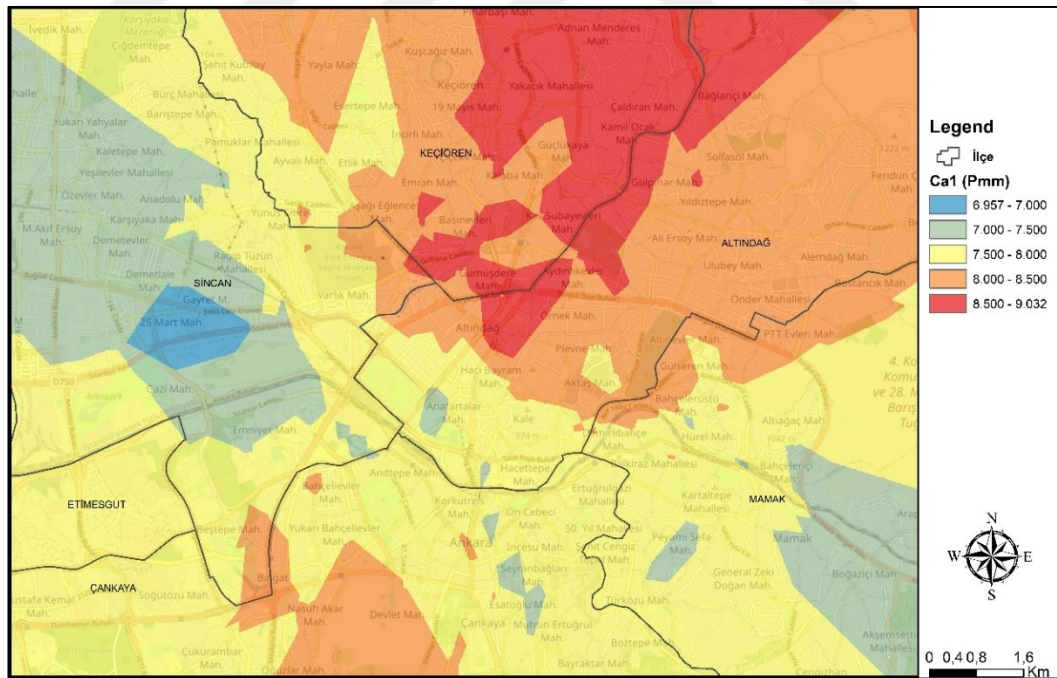
Tablo 4.30 Ca elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	7277,41 B	6327,25 A	8489,41 C	6349,66 A	6338,66 A	705,916
2	6508,25 B	9833,50 E	6138,91 A	9371,83 D	8572,25 C	1165,871
3	9334,41 C	9855,16 E	9410,66 D	6541,58 B	6299,33 A	9080,883
4	7298,83 A	9164,33 B	9807,33 C	9820,41 C	9888,16 C	561,612
5	9588,75 C	9806,66 D	6244,75 A	6352,08 B	6259,83 A	12.893,390
6	6158,75 A	6347,25 C	6298,91 B	9806,25 D	9833,25 E	12.022,418
7	8236,00 B	6457,00 A	9815,16 D	8667,50 C	6401,00 A	3397,208
8	6327,16 B	9804,83 D	6152,91 A	7383,75 C	7338,16 C	4633,430
9	6379,25 B	9799,91 D	6305,83 A	9817,00 E	9709,25 C	14.844,887
10	5906,50 A	6362,16 B	6583,25 C	9816,25 E	9779,41 D	36.680,991
<b>F Değeri</b>	1021,68	70911,14	2561,78	5043,63	6940,52	

Tabloda görüldüğü üzere Ca elementinin bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Duncan testi sonucunda farklı trafik yoğunluklarının olduğu alanlarda elde edilen değerler; 1. ve 4.

bölgelerde üç, 5., 7. ve 8. bölgelerde dört, diğer bölgelerde ise beş homojen grup oluşturmuştur. 1. bölgede trafiğin az yoğun, yoğun ve çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler ilk homojen grubu oluştururken, 4. bölgede trafiğin orta, yoğun ve çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler son homojen grubu oluşturmuştur. Tablo değerleri incelendiğinde trafik yoğunluğu ile doğru olarak artan Ca konsantrasyonunun sadece 4. bölgede olduğu, diğer bölgelerde Ca konsantrasyonunun değişimi ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal veya ters orantılı bir değişimin bulunmadığı görülmektedir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak en yüksek değerlerin trafiğin az yoğun olduğu alanda elde edildiğini söylemek yanlış olmaz. Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin az yoğun olduğu alanda elde edilen değerlerden 4 tanesi son homojen gruplarda yer almaktadır. Trafik çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerden de 4 tanesi ilk homojen gruplarda yer almaktadır. Çalışma alanında Ca konsantrasyonunun değişimi Harita 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15 Ca konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Ca konsantrasyonunun değişimini gösterir harita incelendiğinde Ca konsantrasyonunun, çalışmaya konu alanın orta kuzey bölümünde oldukça yüksek

seviyede olduğu, en düşük düzeyde olduğu bölümlerin ise Sincan ilçesi sınırlarında yer aldığı görülmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda Ca konsantrasyonunun çalışmaya konu alanın yaklaşık %1,01'inde 7000 ppm'in altında ve %10,05'inde 8500 ppm'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bunun dışında Ca konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %16,16'sında 7000-7500 ppm, %45,98'inde 7500-8000 ppm ve %26,80'inde de 8000-8500 ppm arasında olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.16 Fe Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31 Fe elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	12.232,66 e	10.138,25 b	15.960,50 h	11.004,25 b	9454,41 b
2	9939,33 c	12.028,75 d	10.334,25 d	20.336,16 h	9135,08 a
3	7657,50 b	13.241,41 f	13.281,58 f	21.789,08 i	11.130,00 d
4	12.590,08 f	10.847,33 c	10.210,58 c	14.124,58 d	10.656,66 c
5	12.281,41 e	12.779,75 e	9089,16 b	15.381,41 e	12.805,58 e
6	11.363,16 d	9409,50 a	10.791,25 e	12.222,66 c	12.976,83 f
7	12.699,41 f	9858,25 b	13.174,16 f	16.298,08 g	18.153,58 j
8	14.334,83 g	12.979,41 ef	6320,33 a	15.203,50 e	15.537,08 i
9	16.075,25 h	15.731,16 g	10.418,25 d	16.039,50 f	14.370,91 g
10	6410,91 a	16.709,25 h	14.737,83 g	10267 a	14.798,58 h
<b>F Değeri</b>	2916,82	629,99	5733,62	2442,07	6411,44

Tabloda görülebileceği üzere Fe elementinin de bütün alanlarda bölge bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük Cr konsantrasyonları 6410,91 ppm (10. bölge), 7657,50 ppm (3. bölge) ve 9939,33 ppm (2. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek Fe konsantrasyonları 16.075,25 ppm (9. bölge), 14.334,83 ppm (8. bölge), 12.699,41 ppm (7. bölge) ve 12.590,08 ppm (4. bölge) olarak hesaplanmıştır.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en düşük Fe konsantrasyonları 9409,50 ppm (6. bölge), 9858,25 ppm (7. bölge) ve 10.138,25 ppm (1. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek Fe konsantrasyonları 16.709,25 ppm (10. bölge), 15.731,16 ppm (9. bölge) ve 13.241,41 ppm (3. bölge) olarak hesaplanmıştır. Fe konsantrasyonlarının trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda ise 6320,33 ppm (8. bölge) ile 15.960,50 ppm (1. bölge) arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük değerlerin 8. bölgeden sonra 5. bölge (9089,16 ppm) ve 4. bölgede (10.210,58 ppm), en yüksek değerlerin ise 1. bölgeden sonra 10. bölge (14.737,83 ppm), 3. bölge (13.281,58 ppm) ve 7. bölgede (13.174,16 ppm) elde edildiği görülmektedir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda Fe konsantrasyonu değerlerinin daha da yükseldiği görülmektedir. Bu alanlarda en düşük değerler 10.267,00 ppm (10. bölge), 11.004,25 ppm (1. bölge) ve 12.222,66 ppm (6. bölge) olarak hesaplanırken en yüksek değerler 21.789,08 ppm (3. bölge), 20.336,16 ppm (2. bölge) ve 16.298,08 ppm (7. bölge) olarak hesaplanmıştır. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en yüksek değer 18.153,58 ppm (7. bölge) olup sonraki en yüksek değerler 15.537,08 ppm (8. bölge) ve 14.798,58 ppm (10. bölge) olarak hesaplanmıştır. Bu alanlarda en düşük Fe konsantrasyonları 9135,08 ppm (2. bölge), 9454,41 ppm (1. bölge) ve 10.656,66 ppm (4. bölge) olarak hesaplanmıştır. Fe elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.32’de verilmiştir.

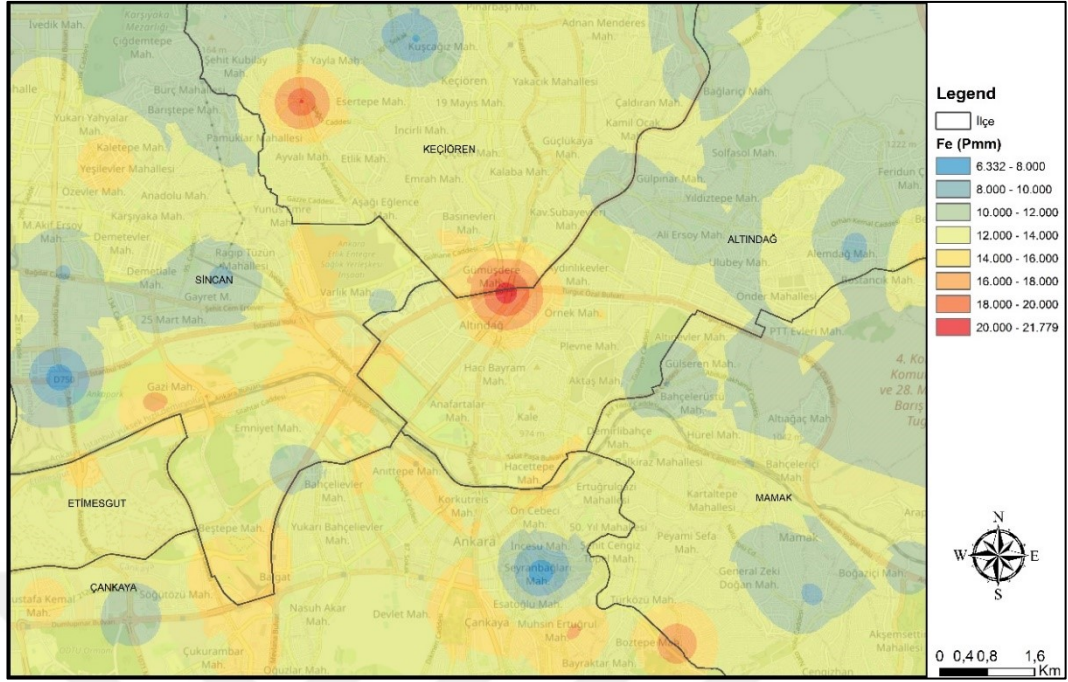
Tablo 4.32 Fe elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	12.232,66D	10.138,25 B	15.960,50 E	11.004,25 C	9454,41 A	1163,193
2	9939,33 B	12.028,75D	10.334,25 C	20.336,16 E	9135,08 A	5158,603
3	7657,50 A	13.241,41 C	13.281,58 C	21.789,08D	11.130,00B	4413,147
4	12.590,08D	10.847,33 C	10.210,58A	14.124,58 E	10.656,66B	2866,773
5	12.281,41 B	12.779,75 C	9089,16 A	15.381,41D	12.805,58C	1944,731
6	11.363,16 C	9409,50 A	10.791,25B	12.222,66D	12.976,83 E	1236,428
7	12.699,41 B	9858,25 A	13.174,16C	16.298,08D	18.153,58 E	771,985
8	14.334,83 C	12.979,41 B	6320,33 A	15.203,50D	15.537,08 E	10.049,429
9	16.075,25D	15.731,16 C	10.418,25A	16.039,50D	14.370,91B	2304,479
10	6410,91 A	16.709,25 D	14.737,83 C	10267 B	14.798,58 C	5834,544
<b>F Değeri</b>	2916,82	629,99	5733,62	2442,07	6411,44	

Fe elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tabloda görüldüğü üzere Varyans analizi sonuçlarına göre Fe elementinin de bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise, Fe elementinin de trafik yoğunluğuna bağlı olarak doğrusal veya ters orantılı bir değişim gösterdiğini söylemek oldukça zordur. Bazı bölgelerde en düşük değerler trafiğin olmadığı alanlarda elde edilirken bazı bölgelerde en yüksek değerler trafiğin olmadığı alanlarda elde edilmiştir. Benzer bir durum diğer trafik yoğunlukları için de geçerlidir. Örneğin trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin 3 tanesi Duncan testi sonuçlarına göre son homojen grupta yer alırken 2 tanesi ilk homojen grupta yer almaktadır.

Duncan testi sonuçlarına göre farklı trafik yoğunluklarında elde edilen değerlerin 3., 5., 9. ve 10. bölgelerde dört homojen grup oluşturduğu, bunların dışında bütün bölgelerde farklı trafik yoğunluklarında elde edilen değerlerin ayrı birer homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Tabloda görüldüğü üzere Bütün değerler incelendiğinde en çok dikkat çeken nokta, trafik yoğunluğunun orta düzeyde olduğu alanlarda 10 bölgenin 4 tanesinde elde edilen değerlerin ilk homojen grupta yer almasıdır. Trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise 10 bölgenin 5 tanesinde elde edilen değerler son homojen gruplarda yer almaktadır.

Çalışma alanında Fe konsantrasyonunun değişimi Harita 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 Fe konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Fe konsantrasyonunun değişimini gösterir harita incelendiğinde çalışma alanının yarısından fazlasında ortalama Fe konsantrasyonunun 12.000-14.000 ppm arasında olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalara göre bu alan çalışma alanının yaklaşık %57,89'ünü kapsamaktadır. Çalışmaya konu alanın yaklaşık %0,16'sında Fe konsantrasyonunun 8000 ppm'in altında ve 1,26'sında 16.000 ppm'in üzerinde olduğu belirlenirken ortalama Fe konsantrasyonu çalışma alanının yaklaşık %1,17'sinde 8000-10.000 ppm arasında, %29,02'sinde 10.000-12.000 arasında ve %10,50'sinde de 14.000-16.000 ppm arasında olarak hesaplanmıştır.

#### 4.17 Mg Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin en toksik ve zehirli olanlarından birisi olan Cr elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.33'de verilmiştir.

Tablo 4.33 Mg elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	2686,16 d	2826,25 f	2692,08 f	3233,91 f	1534,75 a
2	2371,16 c	1926,91 b	1420,75 a	5036,91 i	1574,75 b
3	1261,16 a	2911,50 f	2715,16 f	4987,33 h	204458 d
4	2262,08 d	2102,83 c	1612,08 b	3038,16 d	1829,50 c
5	2334,41 c	2531,41 e	1925,16 c	3317,08 g	2554,33 f
6	3228,91 g	1595,91 a	2761,66 g	2183 b	2044,41 d
7	2981,91 f	1968,25 b	2003,91 d	3119,50 e	3392,66 h
8	2743,16 e	2425,41 d	2010,83 d	2992,41 c	3439,41 i
9	3942,91 h	3041,58 g	2398,91 e	2970,41 c	2974,08 g
10	1868,16 b	4279,58 h	3371,83 h	2136,58 a	2423,50 e
<b>F Değeri</b>	2376,91	697,53	5343,29	8204,47	11.341,14

Mg elementinin bölge bazında değişimini gösterir tabloda belirtilen F değerlerine göre, bütün trafik yoğunluklarında elementlerin bölge bazında değişimleri istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Değerler incelendiğinde trafiğin olmadığı alanlarda Mg elementinin konsantrasyonunun 1261,16 ppm ile 3942,91 ppm arasında değiştiği görülmektedir. En düşük değerler 3. bölge (1261,16 ppm), 10. bölge (1868,16 ppm) ve 5. bölgede (2334,41 ppm) elde edilirken en yüksek değerler 9. bölge (3942,91 ppm), 6. bölge (3228,91 ppm) ve 7. bölgede (2981,91 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 6. bölge (1595,91 ppm), 2. bölge (1926,91 ppm) ve 7. bölgede (1968,25 ppm) elde edilirken bu alanlarda en yüksek değerler 10. bölge (4276,58 ppm), 9. bölge (3041,58 ppm), 3. bölge (2911,50 ppm) ve 1. bölgede (2826,25 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 2. bölge (1420,75 ppm), 4. bölge (1612,08 ppm) ve 5. bölgede (1925,16 ppm) elde edilirken bu alanlardaki en yüksek değerler 10. bölge (3371, 83 ppm), 6. bölge (2761,66 ppm), 3. bölge (2715,16 ppm) ve 1. bölgede (2692,08 ppm) elde edilmiştir.

Trafiğin yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler 10. bölge (2136,58 ppm), 6. bölge (2183,00 ppm), 9. bölge (2970,41 ppm) ve 8. bölgede (2992,41 ppm) elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük değerler ise 1. bölge (1534,75 ppm), 2. bölge (1574,75 ppm) ve 4. bölgede (1829,50 ppm) elde edilmiştir. En yüksek değerler

ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda 2. bölge (5036,91 ppm), 3. bölge (4987,33 ppm) ve 5. bölgede (3317,08 ppm) elde edilirken trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en yüksek değerler ise 8. bölge (3439,41 ppm), 7. bölge (3392,66 ppm) ve 9. bölgede (2974,08 ppm) elde edilmiştir.

Mg konsantrasyonunun bölge bazında değişimi incelendiğinde trafik yoğunluğuna bağlı olarak bölge bazında sıralamanın değiştiği, bazı bölgelerde bir trafik yoğunluğunda en düşük değerler elde edilirken bir başka trafik yoğunluğunda en yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir. Örneğin 10. bölgede trafiğin az yoğun ve orta yoğunlukta olduğu alanlarda elde edilen değerler, bu alanlardaki en yüksek değerlerden iken aynı bölgede trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en yüksek değerlerdendir. Benzer bir durum diğer birçok bölge için de geçerlidir. Örneğin 1. bölgede trafiğin az yoğun, orta yoğun ve yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerler en yüksek değerlerden iken trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda elde edilen değer en düşük değerdir ve bu değer aynı bölgede trafiğin yoğun olduğu bölgede elde edilen değerden yarisından daha düşük seviyededir. Mg elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.34’de verilmiştir.

Tablo 4.34 Mg elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	2686,16 B	2826,25 C	2692,08 B	3233,91 D	1534,75 A	1138,418
2	2371,16 D	1926,91 C	1420,75 A	5036,91 E	1574,75 B	15.007,833
3	1261,16 A	2911,50 D	2715,16 C	4987,33 E	204458 B	12.108,493
4	2262,08 D	2102,83 C	1612,08 A	3038,16 E	1829,50 B	8331,795
5	2334,41 B	2531,41 C	1925,16 A	3317,08 D	2554,33 C	4227,712
6	3228,91 E	1595,91 A	2761,66 D	2183 C	2044,41 B	2607,515
7	2981,91 B	1968,25 A	2003,91 A	3119,50 C	3392,66 D	362,237
8	2743,16 C	2425,41 B	2010,83 A	2992,41 D	3439,41 E	3590,884
9	3942,91 D	3041,58 C	2398,91 A	2970,41 B	2974,08 B	1062,566
10	1868,16 A	4279,58 E	3371,83 D	2136,58 B	2423,50 C	10.820,693

Tabloda görülebileceği üzere varyans analizi sonuçlarına göre Mg elementinin de bütün bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı (%99,9 güven düzeyinde) olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde



belirlenmiştir. Çalışma alanının yarısından fazlasını (%51,64'ü) kapsayan alanda Mg konsantrasyonunun 2500-3000 ppm arasında olduğu hesaplanırken Mg konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %32,59'unda 2000-2500 ppm arasında, %8,88'inde 3000-3500 ppm arasında, %2,33'ünde 3500-4000 ppm arasında ve %0,89'unda da 4000-4500 ppm arasında olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.18 Al Elementinin Değişimi (ppm)

Çalışmaya konu elementlerin sonuncusu olan Al elementinin, farklı trafik yoğunluğunun olduğu alanlarda bölge bazında değişimi Tablo 4.35'de verilmiştir.

Tablo 4.35 Al elementinin bölge bazında değişimi

BÖLGE	Trafik Yoğunluğu				
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun
1	4984,33 g	3979,50 c	5378,41 i	4924,50 d	3187,91 a
2	4210,83 d	3304,58 a	4808,58 f	6732,66 h	3678,91 b
3	2682,66 a	4268,66 e	5064,41 g	5941,58 g	3675 b
4	4150,41 c	4518,08 f	4468,83 e	4831,50 c	4630,83 e
5	5241,58 h	5234,08 h	3367,50 b	5464,75 ef	4162 c
6	4996,16 g	3803,58 b	3702,41 c	4548,50 b	4309,75 d
7	4800,25 f	4170,58 d	5103,16 h	5961,25 g	5626,25 g
8	4297,41 e	4775,83 g	2871,33 a	5429,25 e	5857,66 i
9	5506,58 i	5244,66 h	3854,16 d	5497,83 f	5656,83 h
10	3055,50 b	5606,58 i	5432,91 j	4401,50 a	5467,91 f
<b>F Değeri</b>	3574,79***	1255,45***	6252,21***	3466,42***	9449,3***

Tablo değerleri incelendiğinde bütün trafik yoğunluklarında Al konsantrasyonunun bölge bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değerler 2682,66 ppm ile 3. bölge, 3055,50 ppm ile 10. bölge ve 4150,41 ppm ile 4. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 5241,58 ppm ile 5. bölge, 4996,16 ppm ile 6. bölge ve 4984,33 ppm ile 1. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda Al konsantrasyonu 3304,58 ppm ile 5606,58 ppm arasında değişmekte olup en düşük değerler 3304,58 ppm ile 2. bölge, 3803,58 ppm ile 6. bölge ve 3979,50 ppm ile 1. bölgede elde edilmiş, en yüksek değerler de 5606,58

ppm ile 10. bölge, 5244,66 ppm ile 9. bölge ve 4775,83 ppm ile de 8. bölgede elde edilmiştir.

Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda Al konsantrasyonunun en fazla 5432,91 ppm seviyesine kadar çıktığı ve bu değer 10. bölgede elde edildiği belirlenmiştir. Bu alanlarda sonraki en yüksek değerler 5378,41 ppm ile 1. bölge, 5103,16 ppm ile 7. bölge ve 5064,41 ppm ile 3. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda en düşük değerler 2871,33 ppm ile 8. bölge, 3367,50 ppm ile 5. bölge ve 3702,41 ppm ile de 5. bölgede elde edilmiştir.

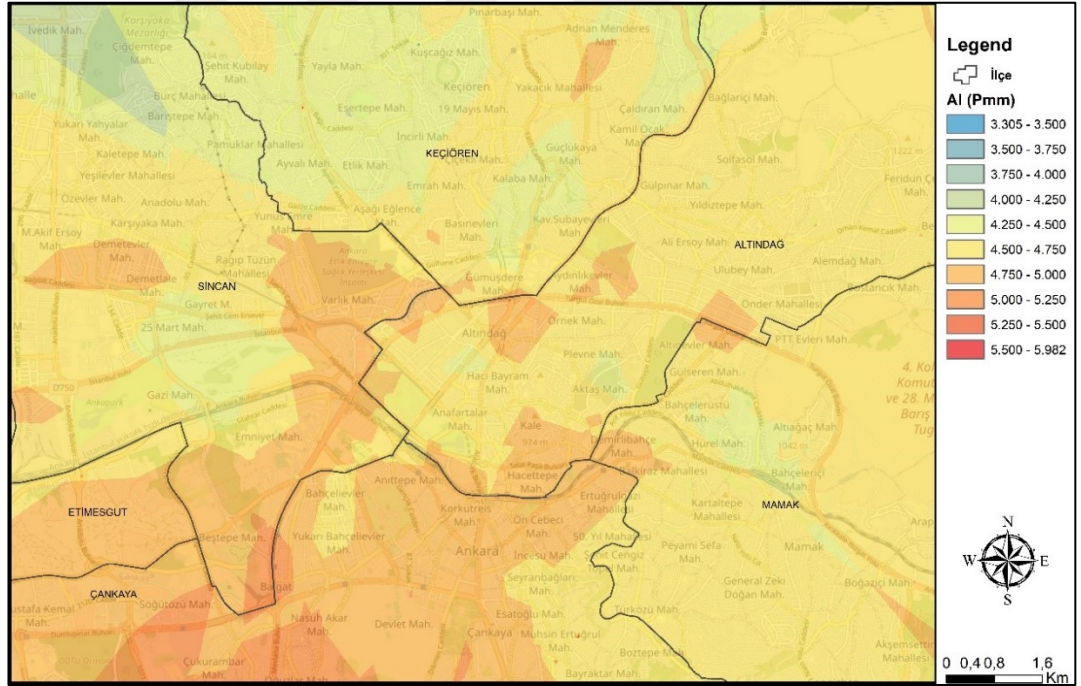
Al konsantrasyonunun trafiğin yoğun olduğu alanlarda 4401,50 ppm ile 6732,66 ppm arasında değiştiği, en düşük değer 10. bölgede, sonraki en düşük değerlerin ise 4548,50 ppm ile 6. bölge ve 4831,50 ppm ile 4. bölgede elde edildiği görülmektedir. Bu alanda en yüksek değerler 6732,66 ppm ile 2. bölge, 5961,25 ppm ile 8. bölge ve 5941,58 ppm ile 3. bölgede elde edilmiştir. Trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda en düşük Al konsantrasyonu 3187,91 ppm ile 1. bölge, 3675,00 ppm ile 3. bölge ve 3678,91 ppm ile 2. bölgede elde edilirken en yüksek değerler 5857,66 ppm ile 8. bölge, 5656,83 ppm ile 9. bölge ve 5626,25 ppm ile 7. bölgede elde edilmiştir. Al elementinin, farklı bölgelerde trafik yoğunluğuna bağlı değişimi Tablo 4.36'da verilmiştir.

Tablo 4.36 Al elementinin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

BÖLGE	Trk					F Değeri
	Yok	Az Yoğun	Orta	Yoğun	Çok Yoğun	
1	4984,33 D	3979,50 B	5378,41 E	4924,50 C	3187,91 A	3097,92
2	4210,83 C	3304,58 A	4808,58 D	6732,66 E	3678,91 B	17.423,07
3	2682,66 A	4268,66 C	5064,41 D	5941,58 E	3675,00 B	4090,35
4	4150,41 A	4518,08 C	4468,83 B	4831,50 E	4630,83 D	433,87
5	5241,58 C	5234,08 C	3367,50 A	5464,75 D	4162,00 B	3871,18
6	4996,16 E	3803,58 B	3702,41 A	4548,50 D	4309,75 C	2878,53
7	4800,25 B	4170,58 A	5103,16 C	5961,25 E	5626,25 D	894,34
8	4297,41 B	4775,83 C	2871,33 A	5429,25 D	5857,66 E	19.387,32
9	5506,58 C	5244,66 B	3854,16 A	5497,83 C	5656,83 D	3515,44
10	3055,50 A	5606,58 E	5432,91 Cj	4401,50 B	5467,91 D	11.477,09

Al konsantrasyonunun trafik yoğunluklarına bağlı olarak değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde, bütün bölgelerde trafik yoğunluğu bazında elde edilen değerlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 5. bölge ve 9. bölgede elde edilen değerlerin dört homojen grupta toplandığı, diğer bütün bölgelerde beş homojen grup oluştuğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değerlerin 3 tanesinin ilk homojen grupta olduğu görülmektedir. Trafik yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin hiç birisi ilk homojen grupta yer almamaktadır. Trafik az yoğun olduğu alanlarda iki bölge, trafiğin orta yoğunlukta olduğu alanlarda dört bölge ve trafiğin çok yoğun olduğu alanlarda bir bölgede elde edilen değerlerin Duncan testi sonuçlarına göre ilk homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir. Çalışma alanında Al konsantrasyonunun değişimi Harita 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18 Al konsantrasyonunun (ppm) değişimi

Al konsantrasyonunun değişimini gösterir harita incelendiğinde çalışma alanının büyük bölümünde Al konsantrasyonunun 4250-5000 ppm arasında değiştiği görülmektedir ve bu alanın toplam çalışma alanının yaklaşık %95,79'unu kapsadığı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Al konsantrasyonunun, çalışma

alanının yaklaşık %15,13'ünde 4250-4500 ppm arasında, %57,80'inde 4500-4750 ppm arasında ve %22,85'inde de 4750-5000 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Bunun dışında Al konsantrasyonunun çalışma alanının yaklaşık %1,45'inde 4250 ppm'in altında ve %2,76'sında da 5000 ppm'in üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak çalışma alanının güneybatı kesimlerinde Al konsantrasyonunun daha yüksek, kuzeybatı kesimlerinde ise daha düşük konsantrasyonlarda olduğu söylenebilir.



## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonuçları çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının değişiminin trafik yoğunluklarında bölge bazında ve bölgelerde trafik yoğunluğu bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Çalışmaya konu ağır metallerin çoğunluğu genel olarak trafik yoğunluğu ile ilişkilendirilen elementlerdir ve yapılan çok sayıda çalışmada bu elementlerin trafik kaynaklı olarak ortamdaki konsantrasyonlarının arttığı belirtilmektedir (Alaouri vd., 2020a,b; Cesur vd., 2021).

Zhao vd., (2020) Çin'de yaptıkları çalışmada Cd, Cu, Zn, Ni ve Cr ağır metallerinin esas olarak maden alanına en yakın yerlerde daha yüksek düzeyde olduğunu, dolayısıyla topraktaki Cu, Ni ve Cr'nin esas olarak madencilik faaliyetleriyle, Pb'nin gübre uygulamasıyla yakından ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Jia vd., (2019) çalışmalarında tekstil endüstrisinde, metal işleme endüstrisinde ve kimya endüstrisinde Cr kontaminant oranlarının sırasıyla %94, %55 ve %40, Pb kontaminant oranlarının sırasıyla %2, %15 ve %20 olduğunu belirtmişlerdir.

Quiao vd., (2019) maden aktivitesi ve pH değerinin, toplam ve suda çözünür ağır metaller için birincil derecede etkili faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Liu vd., (2019) farklı arazi türlerinde Cr konsantrasyonunun çim alanlar> tarım arazisi> suni bahçe> orman alanı> orman-çim alanı şeklinde olduğunu belirlemişlerdir. Jin vd., (2019) çocuk oyun alanlarında Cr'un esas olarak doğal kaynaklara bağlı olarak arttığını, Pb'deki artışın ise trafik aktivitelerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ye vd., (2019) ağır metallerin başlıca tanımlanabilir antropojenik kaynaklarının trafik egzozu, organik madde çıktısı ile ilişkili kaynaklar (örneğin, kanalizasyon) olduğunu belirlemişlerdir. Jiang vd., (2020) Jiedong Bölgesi'nde, topraklardaki ağır metal birikimine tarım uygulamaları (%23,08), endüstriyel faaliyetler (%29,10), doğal kaynak (%22,87) ve trafik emisyonları (%24,95) olmak üzere dört kaynağın katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Topraktaki ağır metaller, yerel ekosistem ve insan sağlığı için potansiyel bir tehdit oluşturabilir (Zhao vd., 2020). Mao vd., (2019) toprak ve ve pirinç bitkilerinde Pb ve

Cr elementlerinin değişimini incelemişler ve topraktaki ağır metal seviyelerinin artan toprak pH'ı ile azaldığını, pirinç filizlerinin ise düşük toprak pH koşullarında daha kolay ağır metal biriktirdiğini tespit etmişlerdir. Çünkü toprak, iklimik faktörler (Canturk ve Kulac, 2021; Koç, 2021d; Varol vd., 2021a; Yigit vd., 2021) ile birlikte bitki gelişimini etkileyen en önemli çevresel faktördür (Koç, 2019; Kravkaz Kusu vd., 2018a,b; Varol vd., 2021b). Ağır metaller aynı zamanda bitkiler için de stres faktörü olabilmektedir ve diğer stres faktörleri gibi (Koc ve Nzokou, 2018; Ozel vd., 2021b,c; Yildiz vd., 2014) bitki gelişimini sekteye uğratabilmektedir (Cetin vd., 2019b; Turkyilmaz vd., 2020). Ayrıca ağır metaller bakımından kirletilmiş topraklarda yetişen bitki organlarında ağır metal konsantrasyonları da yüksek düzeylerde olmaktadır (Arıcak vd., 2019; Cetin vd., 2020). Bundan dolayı ağır metaller bakımından kirli olan topraklarda yetiştirilen bitkilerin gıda olarak tüketimi insan sağlığı açısından son derece zararlı olabilir (Sevik vd., 2020a).

Çalışma sonuçları Ankara kent merkezinde bazı bölgelerde ağır metal konsantrasyonlarının oldukça yüksek düzeylerde olduğunu göstermektedir. Bu bölgeler aynı zamanda birim alanda yaşayan insan sayısının oldukça fazla olduğu bölgelerdir ve bundan dolayı bu kirlilikten etkilenen insan sayısı da oldukça yüksek düzeyde olacaktır. Avrupa Çevre Ajansı; Avrupa genelinde yaklaşık 2,5 milyon yaşam alanının kirlenmiş olduğunu ve bu alanların yaklaşık %14'ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Cesur vd., 2021; Karacocuk vd., 2021). Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, dünya nüfusun yüzde 90'ı artık kirli hava solmaktadır ve hava kirliliği her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölüm nedenidir (Jo vd., 2020). Bu ölümler içerisinde ağır metallerin payının oldukça yüksek olduğu düşünülmektedir.

Havada biriken ağır metaller hem yağmur, kar veya yerçekimi etkisiyle yeryüzüne inerek toprak ve su kaynaklarını kirletmekte hem de solunum yolu ile insanlara doğrudan büyük oranda zarar verebilmektedir. Londra'da 5-9 Aralık 1952 tarihleri arasında hava kirliliği ile bağlantılı sebeplerden dolayı yaklaşık 4000 kişi hayatını kaybetmiş, sonraki aylarda hayatını kaybedenlerle birlikte toplam ölü sayısı 12.000'i bulmuş, yapılan incelemeler kurbanların akciğerlerinin Pb, Zn ve Fe gibi ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğunu

göstermiştir (Ateya, 2020; Shahid vd., 2017). Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Üst topraklardaki ağır metal konsantrasyonları genellikle havadaki ağır metal kirliliğini yansıttığından, ağır metal kirliliğinin düzeyinin bölgesel bazda değişiminin belirlenmesinde son derece kullanışlı bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Jia vd., (2019) çalışmalarında 7643 işletme kontaminantının saha araştırması sonuçlarına göre, tekstil endüstrisinde, metal işleme endüstrisinde ve kimya endüstrisinde Cd kontaminant oranlarının sırasıyla %1, %18 ve %10, Hg kontaminant oranlarının sırasıyla %1, %12 ve %17, Cr kontaminant oranlarının sırasıyla %94, %55 ve %40, Pb kontaminant oranlarının sırasıyla %2, %15 ve %20, As kontaminant oranlarının ise sırasıyla %2, %0 ve %13 olduğunu belirtmişlerdir.

Mao vd., (2019) toprak ve ve pirinç bitkilerinde As, Pb, Cd, Cr ve Cu elementlerinin değişimi incelemişler ve topraktaki ağır metal seviyelerinin artan toprak pH'ı ile azaldığını, pirinç filizlerinin ise düşük toprak pH koşullarında daha kolay ağır metal biriktirdiğini tespit etmişlerdir.

Quiao vd., (2019) maden aktivitesi ve pH değerinin, toplam ve suda çözünür ağır metaller için birincil derecede etkili faktörler olduğunu belirtmişlerdir. Toplam ağır metaller için maden aktivitesi ile toprak tipi, pH değerleri ve normalize edilmiş farklı bitki örtüsü indeksi (NDVI) ile suda çözünür ağır metaller için pH değeri ve maden aktivitesinin etkileşimli etkilerinin, iki faktörün toplam etkisinden daha büyük olduğu belirlenmiştir. Ağır metal yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerin yola daha yakın ve düşük NDVI, geniş eğim, yüksek arazi ve büyük pH değerlerine sahip maden alanından daha uzak alanlar olduğu saptanmıştır. Kalkerli topraklarda, kurak alan ve ormanlarda toplam ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Suda çözünür ağır metallerin daha yüksek konsantrasyonuna sahip bölgelerin, daha düşük pH değerlerine sahip olan maden ve nehre daha yakın alanlar olduğu belirlenmiştir.

Liu vd., (2019) farklı arazi türlerinde Cr konsantrasyonunun çim alanlar> tarım arazisi> suni bahçe> orman alanı> orman-çim alanı şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Jin vd., (2019) çocuk oyun alanlarında Be, V, Cr, Mn, Co, Ni ve As'ın esas olarak doğal kaynaklara bağlı olarak arttığı, Cu ve Pb'deki artışın ise trafik aktivitelerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bunların arasında Be, V, Mn, Co, Cu, As, Pb'nin kış mevsiminde hâkim kuzey rüzgarının getirdiği, Pekin'in kuzeyinden kaynaklanan atmosferik kirliliğe bağlı olduğu; oysa, Cr ve Ni'nin muhtemelen yaz sezonu rüzgarları ile güneydoğudan getirildiği belirtilmiştir.

Jiang vd., (2020) Jiedong Bölgesi'nde, topraklardaki ağır metal birikimine tarım uygulamaları (%23,08), endüstriyel faaliyetler (%29,10), doğal kaynak (%22,87) ve trafik emisyonları (%24,95) olmak üzere dört kaynağın katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Topraklardaki ağır metal birikimi bözellikle bitki gelişimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar ağır metallerin bitki bünyesine girişinin çok kompleks bir mekanizmanın sonucunda şekillendiğini göstermiştir (Ozel vd., 2021d,e). Esasında ağır metallerin bitki bünyesine girişi üç farklı yoldan olabilmektedir. Bu yollar topraktan kökler vasıtasıyla, havadan yapraklar vasıtasıyla ve gövde bölümlerinden doğrudan olmak şeklindedir (Cobanoğlu vd., 2023; Key vd., 2022). Yapılan çok sayıda çalışma bitki bünyesine en önemli ağır metal giriş yolunun kökler vasıtasıyla olduğunu ortaya koymaktadır (Kuzmina vd., 2023). Bundan dolayı ağır metal kirliliği yüksek olan topraklarda yetişen bitkilerin bünyesine bol miktarda ağır metal birikimi olmaktadır (Erdem vd., 2023; Koç, 2021e).

Ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve birikimi çevresel koşullarla da yakından ilişkilidir. Ağır metaller kaynağından salınımından itibaren rüzgâr yardımıyla oldukça uzaklara taşınabilmektedir. Bunun yanında metallerin bitki bünyesine girişleriyle özellikle hava rutubeti ve yağış arasında da önemli düzeyde ilişki bulunmaktadır. Bunun dışında bitki bünyesine ağır metal girişini etkileyen faktörler birbirini de etkilemektedir. Örneğin ağır metallerin bitki bünyesinde birikimi bitki habitusu ve gelişimi ile ilişkilidir. Bitki gelişimi çevre koşullarından etkilenmektedir (Ertugrul vd.,

2019; Savas vd., 2021). Çevre koşulları da edafik (Özel vd., 2021) ve iklimik (Yigit vd., 2018) faktörlerin birleşiminden oluşmaktadır ve bu koşullar hem bitki gelişimini hem de ağır metallerin bitki bünyesine girişini etkilemektedir. Çünkü bitki gelişimi çevre koşulları yanında genetik yapı ile de ilişkilidir (Sevik vd., 2011; 2012). Kısaca canlıların bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Imren, 2021; Sevik, 2012) ile çevre koşullarının (Ertugrul vd., 2021; Shults vd., 2020; Yigit vd., 2019) etkisi altında şekillenmektedir ve dolayısıyla toprak, bitki gelişimini en çok etkileyen çevresel faktörlerin başında gelmektedir. Bundan dolayı toprak kirliliği sadece insan ve hayvan sağlığını değil bitki sağlığı ve hatta gelişimini de önemli ölçüde etkileyen bir faktördür.



## 6. ÖNERİLER

Ağır metal kirliliği insan sağlığını tehdit eden en önemli çevresel kirlilik etmenlerindedir ve bundan dolayı özellikle insan yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde ağır metal kirliliğinin izlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada da insan ve çevre sağlığı açısından en zararlı ve toksik elementlerden bazılarının konsantrasyonlarının Ankara kent merkezinde değişimi belirlenmiş ve kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında ağır metal kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde, kirlilik düzeyinin azaltılması için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu kapsamda alınabilecek en önemli tedbirler öncelikle önemli bir kirlilik kaynağı olan trafik yoğunluğunun azaltılmasıdır. Kirlilik düzeyinin yüksek olduğu bölgelerde bireysel taşıt kullanımının azaltılması, toplu taşımaya yönelim ve çevreyi daha az kirleten taşıtların kullanımı önerilmektedir.

Kirlilik düzeyinin yüksek olduğu bölgelerde yetişen bitkilerin organlarında da ağır metal konsantrasyonları doğal olarak daha yüksek düzeyde olacaktır. Bundan dolayı bu bölgelerde gıda amaçlı kullanılabilen bitkilerin yetiştirilmemesi, bu bitkilerin yerine bünyesinde ağır metalleri daha fazla tutan bitkilerin yetiştirilerek toprak ve hava kirliliğinin bu bitkiler yardımıyla azaltılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, R. U., & Özkul, C. (2020). Investigation of heavy metal pollution in roadside soils and road dusts along the Kütahya–Eskişehir Highway. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(5), 1-11.
- Adimalla, N. (2020). Heavy metals contamination in urban surface soils of Medak province, India, and its risk assessment and spatial distribution. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(1), 59-75.
- Adimalla, N., Chen, J., & Qian, H. (2020). Spatial characteristics of heavy metal contamination and potential human health risk assessment of urban soils: A case study from an urban region of South India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 194, 110406.
- Affholder, M. C., Flöhr, A., & Kirchmann, H. (2019). Can Cd content in crops be controlled by Se fertilization? A meta-analysis and outline of Cd sequestration mechanisms. *Plant and Soil*, 440(1-2), 369-380.
- Ahmed, F., Fakhruddin, A. N. M., Imam, M. T., Khan, N., Khan, T. A., Rahman, M. M., & Abdullah, A. T. M. (2016). Spatial distribution and source identification of heavy metal pollution in roadside surface soil: a study of Dhaka Aricha highway, Bangladesh. *Ecological Processes*, 5(1), 2.
- Al-Swadi, H. A., Usman, A. R., Al-Farraj, A. S., Al-Wabel, M. I., Ahmad, M., & Al-Faraj, A. (2022). Sources, toxicity potential, and human health risk assessment of heavy metals-laden soil and dust of urban and suburban areas as affected by industrial and mining activities. *Scientific Reports*, 12(1), 8972.
- Alaqouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020a). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 20273-20280.
- Alaqouri, H. A. A., Ozer Genc, C., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., Cetin, M. (2020b). The possibility of using Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles as biomonitor in the determination of heavy metal accumulation. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(2):3713-3727.
- Alghamdi, A. G., El-Saeid, M. H., Alzahrani, A. J., & Ibrahim, H. M. (2022). Heavy metal pollution and associated health risk assessment of urban dust in Riyadh, Saudi Arabia. *Plos one*, 17(1), e0261957.
- Als bou, E. M. E., & Al-Khashman, O. A. (2018). Heavy metal concentrations in roadside soil and street dust from Petra region, Jordan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1), 48.

- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 6723-6734.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1051-1057.
- Ateya, T.A.A. (2020). The Availability of *Picea pungens* Engelm. Installation in Monitoring the Change of Heavy Metal Pollution in Urban Planning Studies, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Engineering Management, MsC Thesis, 79 pages
- Batır, D. (2019). Heavy Metal Accumulation in Some Edible Landscape Plants Breeding in Eskişehir, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Landscape Architecture, MsC Thesis, 60 pages
- Behera, S. K., Rao, B. N., Suresh, K., & Manoja, K. (2016). Soil nutrient status and leaf nutrient norms in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations grown on southern plateau of India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 86(3), 691-697.
- Bisht, L., Gupta, V., Singh, A., Gautam, A. S., & Gautam, S. (2022). Heavy metal concentration and its distribution analysis in urban road dust: A case study from most populated city of Indian state of Uttarakhand. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*, 40, 100470.
- Boz Eravcı, D. (2016). Ağır Metal Maruziyetinin Sağlık Etkilerinin Değerlendirilmesi: Seramik Sektörü Örneği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Tezi, 58 sayfa
- Canturk, U., & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 1-15.
- Cesur A, Zeren Cetin I, Abo Aisha AES, Alrabiti OBM, Aljama AMO, Jawed AA, Cetin M, Sevik H., Ozel HB (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35642-35648.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2022). The use of *Cupressus arizonica* as a biomonitor of Li, Fe, and Cr pollution in Kastamonu. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(6), 193.
- Cetin, M. (2019). The effect of urban planning on urban formations determining bioclimatic comfort area's effect using satellitia imagines on air quality: a case study of Bursa city. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(10), 1237-1249.

- Cetin, M., Adiguzel, F., Gungor, S., Kaya, E., & Sancar, M. C. (2019). Evaluation of thermal climatic region areas in terms of building density in urban management and planning for Burdur, Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(9), 1103-1112.
- Cetin, M., Ahmaida, E. A., Mossi, M. M. M., & Sevik, H. (2017b). The effect of the amount of CO<sub>2</sub> on *Sansevieria trifasciata* in indoor environment. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity 05-08 July 2017, Minsk – BELARUS, p:280
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M. Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using topsoil analysis to determine and map changes in Ni Co pollution. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233, 293.
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and mapping of regional change of Pb and Cr pollution in Ankara City Center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 163.
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., Canturk, U., & Akpınar, H. (2018). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(24), 798.
- Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17), 21816-21825.
- Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2017a). Changes in the particulate matter and CO<sub>2</sub> concentrations based on the time and weather conditions: the case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, 40(1-II), 477-485.
- Cetin, M., Sevik, H., & Saat, A. (2017c). Indoor air quality: the samples of Safranbolu Bulak Mencilis cave. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10), 5965-5970.
- Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (7), 404.
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Genc, C. O., Aisha, A. E. S. A., Jawed, A.A., Aljama, A.M.O. & Alrabiti, O. B. M. (2019b). The investigation of the changing in concentration of some heavy metals in seeds, leaves, and branches because of traffic density: a case study of *Acer platanoides*. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 83-92.
- Cetin, M., Sevik, H., Canturk, U., & Cakir, C. (2018e). Evaluation of the recreational potential of Kutahya Urban Forest. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 2629-2634.

- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Cetin, M., Sevik, H., Turkyilmaz, A., Isinkaralar, K. (2021). Using *Abies*'s needles as biomonitors of recent heavy metal accumulation. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 1-6.
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018a). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5): 3206-3211.
- Chen, T., Chang, Q., Liu, J., Clevers, J. G. P. W., & Kooistra, L. (2016). Identification of soil heavy metal sources and improvement in spatial mapping based on soil spectral information: A case study in northwest China. *Science of the Total Environment*, 565, 155-164.
- Chen, X., & Lu, X. (2018). Contamination characteristics and source apportionment of heavy metals in topsoil from an area in Xi'an city, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 151, 153-160.
- Cobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal Cd, Ni, and Zn pollution in the air related to traffic density? An example of the Cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Çobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2022). Havadaki Ca konsantrasyonunun tespitinde ve trafik yoğunluğu ile ilişkisinde yıllık halkaların kullanılabilirliği. *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology*, 6(3), 94-106.
- De Silva, S., Ball, A. S., Huynh, T., & Reichman, S. M. (2016). Metal accumulation in roadside soil in Melbourne, Australia: effect of road age, traffic density and vehicular speed. *Environmental Pollution*, 208, 102-109.
- Dehghani, S., Moore, F., Keshavarzi, B., & Beverley, A. H. (2017). Health risk implications of potentially toxic metals in street dust and surface soil of Tehran, Iran. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 136, 92-103.
- Dev, A., Kumar, S., Kumar, D., Patel, V. K., Kumar, A., Sahu, R. K., & Singh, P. (2020). The effect of integrated nutrient management (INM) and Zn fertilization on yield of potato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(4), 1518-1526.
- Ding, Q., Cheng, G., Wang, Y., & Zhuang, D. (2017). Effects of natural factors on the spatial distribution of heavy metals in soils surrounding mining regions. *Science of the Total Environment*, 578, 577-585.
- Dogan S, Kilicoglu C, Akinci H, Sevik H, Cetin M (2022) Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection

- analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 29180-29189.
- Duan, Q., Lee, J., Liu, Y., Chen, H., & Hu, H. (2016). Distribution of heavy metal pollution in surface soil samples in China: a graphical review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 97(3), 303-309.
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022a). Assessing the Co, Bi, and Mg contents of some mineral concrete additives in terms of environmental effects. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(2), 128-134.
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022b). Çevresel etkileri bakımından bazı mineral beton katkı maddelerinin Ga, Ag ve B içeriklerinin değerlendirilmesi. *Icontech International Journal*, 6(3), 83-93.
- Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining the chemical compositions of mineral concrete agents in terms of their environmental effects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(9), 9784-9790.
- Elsunousi AAM, Sevik H, Cetin M, Ozel HB., Uzun Ozel H (2021). Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 707. DOI: 10.1007/s10661-021-09478-0
- Emek, Ö.A. (2019). Büyük Menderes Nehrinden Avlanan Sazan Balıklarında (*Cyprinus carpio*) Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyokimya (Veteriner) Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Tezi, 90 sayfa
- Erdem, R., Çetin, M., Arıca, B., & Sevik, H. (2023). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73(2), 207-212.
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(12), 737.
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
- Faisal, M., Wu, Z., Wang, H., Hussain, Z., Zhou, Y., & Wang, H. (2022b). Ecological and health risk assessment of dissolved heavy metals in the urban road dust. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 34(1), 102-111.
- Faisal, M., Wu, Z., Wang, H., Lin, X., Hussain, Z., & Azam, M. I. (2022a). Potential heavy metals pollution contribution from wash-off of urban road-dust. *Toxics*, 10(7), 397.
- Fan, Y., Zhu, T., Li, M., He, J., & Huang, R. (2017). Heavy metal contamination in soil and brown rice and human health risk assessment near three mining areas in

central China. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017.

- Fernández, S., Cotos-Yáñez, T., Roca-Pardiñas, J., & Ordóñez, C. (2018). Geographically weighted principal components analysis to assess diffuse pollution sources of soil heavy metal: application to rough mountain areas in Northwest Spain. *Geoderma*, 311, 120-129.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15, 415-424.
- Guan, Q., Liu, Z., Shao, W., Tian, J., Luo, H., Ni, F., & Shan, Y. (2022). Probabilistic risk assessment of heavy metals in urban farmland soils of a typical oasis city in northwest China. *Science of The Total Environment*, 833, 155096.
- Guan, Q., Wang, F., Xu, C., Pan, N., Lin, J., Zhao, R., ... & Luo, H. (2018). Source apportionment of heavy metals in agricultural soil based on PMF: A case study in Hexi Corridor, northwest China. *Chemosphere*, 193, 189-197.
- Gulan, L., Milenkovic, B., Zeremski, T., Milic, G., & Vuckovic, B. (2017). Persistent organic pollutants, heavy metals and radioactivity in the urban soil of Priština City, Kosovo and Metohija. *Chemosphere*, 171, 415-426.
- Guo, X., Wei, Z., Wu, Q., Li, C., Qian, T., & Zheng, W. (2016). Effect of soil washing with only chelators or combining with ferric chloride on soil heavy metal removal and phytoavailability: field experiments. *Chemosphere*, 147, 412-419.
- Gültekin, Y. (2020). Variation of Heavy Metal Concentrations in Some Cultivar Plants in The Ordu City Center. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 54 pages
- Hashemi, S. A., Shokri, A. K., & Tahvildari, M. (2016). Detecting of heavy metal pollution in steel factory environment health of the North of Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 36(4), 225-228.
- He, J., Yang, Y., Christakos, G., Liu, Y., & Yang, X. (2019). Assessment of soil heavy metal pollution using stochastic site indicators. *Geoderma*, 337, 359-367.
- He, Y., Peng, C., Zhang, Y., Guo, Z., Xiao, X., & Kong, L. (2023). Comparison of heavy metals in urban soil and dust in cities of China: Characteristics and health risks. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(2), 2247-2258.
- Hou, D., O'Connor, D., Nathanail, P., Tian, L., & Ma, Y. (2017). Integrated GIS and multivariate statistical analysis for regional scale assessment of heavy metal soil contamination: A critical review. *Environmental Pollution*, 231, 1188-1200.
- Hou, S., Zheng, N., Tang, L., Ji, X., Li, Y., & Hua, X. (2019). Pollution characteristics, sources, and health risk assessment of human exposure to Cu, Zn, Cd and Pb

- pollution in urban street dust across China between 2009 and 2018. *Environment International*, 128, 430-437.
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvaauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and evolution*, 7(23), 10018-10030.
- Huang, C., Zhang, L., Meng, J., Yu, Y., Qi, J., Shen, P., ... & Hu, G. (2022). Characteristics, source apportionment and health risk assessment of heavy metals in urban road dust of the Pearl River Delta, South China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 236, 113490.
- Huang, Y., Wang, L., Wang, W., Li, T., He, Z., & Yang, X. (2019). Current status of agricultural soil pollution by heavy metals in China: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 651, 3034-3042.
- Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of superior clones by the multi-dimensional decision making techniques in Scots pine seed orchard. *Journal of Forests*, 8(1), 13-22.
- Isinkaralar K, Koc I, Erdem R, Sevik H (2022a). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233, 120.
- Isinkaralar K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Romanian Biotechnological Letters*, 27(1), 3227-3236. DOI: 10.25083/rbl/27.7/3227-3236.
- Isinkaralar K. Erdem R (2021). Landscape plants as biomonitors for magnesium concentration in some species. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 29(2), 468-473.
- Isinkaralar, K. (2022b). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(3), 341-350. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Sevik, H. (2022b). Usability of some landscape plants in biomonitoring technique: an anaysis with special regard to heavy metals. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(3):1413-1421. <https://doi.org/10.35674/kent.1078472>
- Isinkaralar, K., Koç, İ., Kuzmina, N. A., Menshchikov, S. L., Erdem, R., Aricak, B. (2022c). Determination of heavy metal levels using *Betula pendula* Roth. under various soil contamination in Southern Urals, Russia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(12), 12593-12604. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04586-x>.
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78.

- Işınkaralar, K. (2021). Changes in cadmium (Cd) concentrations in some plants depending on traffic density. *New Trends and Issues Proceedings on Advances in Pure and Applied Sciences*, 14, 63-70.
- Işınkaralar, K. (2022). Temporal and spatial variation of air quality in Kütahya city center. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 10(1), 152-160. <https://doi.org/10.21923/jesd.999748>
- Jafari, A. J., Kermani, M., Kalantary, R. R., & Arfaeinia, H. (2018). The effect of traffic on levels, distribution and chemical partitioning of harmful metals in the street dust and surface soil from urban areas of Tehran, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 77(2), 38.
- Jia, X., Hu, B., Marchant, B. P., Zhou, L., Shi, Z., & Zhu, Y. (2019). A methodological framework for identifying potential sources of soil heavy metal pollution based on machine learning: A case study in the Yangtze Delta, China. *Environmental Pollution*, 250, 601-609.
- Jiang, H. H., Cai, L. M., Wen, H. H., Hu, G. C., Chen, L. G., & Luo, J. (2020). An integrated approach to quantifying ecological and human health risks from different sources of soil heavy metals. *Science of the Total Environment*, 701, 134466.
- Jin, Y., O'Connor, D., Ok, Y. S., Tsang, D. C., Liu, A., & Hou, D. (2019). Assessment of sources of heavy metals in soil and dust at children's playgrounds in Beijing using GIS and multivariate statistical analysis. *Environment International*, 124, 320-328.
- Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., & Han, W. (2020). Development of an iot-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*, 2020.
- Kalayci Onac A, Cetin M, Sevik H, Orman P, Karci A, Gonullu Sutcuoglu G (2021). Rethinking the campus transportation network in the scope of ecological design principles: case study of Izmir Katip Çelebi University Çiğli Campus. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(36), 50847-50866. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14299-2>
- Karacocuk, T., Sevik, H., Işınkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M (2021). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Keshavarzi, A., & Kumar, V. (2019). Ecological risk assessment and source apportionment of heavy metal contamination in agricultural soils of Northeastern Iran. *International Journal Of Environmental Health Research*, 29(5), 544-560.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(9), 1623-1633.

- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N. K., Murtaza, B., Bibi, I., & Dumat, C. (2017). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 247-268.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2020). Site selection by using the multi-criteria technique-a case study of Bafra, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(9), 1-12.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021). Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1-2), 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Koc, I., Nzokou, P. (2018). Effects of water stress and cold treatments on the germination of two conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) species from Turkey. *Hortscience*, 53(9), 259.
- Koç, İ. (2019). Conifers response to water stress: Physiological responses and effects on nutrient use physiology. Dissertation, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Koç, İ. (2021a). Examining seed germination rate and seedlings gas exchange performances of some Turkish red pine provenances under water stress. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 9(3), 48-60.
- Koç, İ. (2021b). Changes that may occur in temperature, rain, and climate types due to global climate change: The example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.
- Koç, İ. (2021c). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605.
- Koç, İ. (2021d). Küresel iklim değişikliğinin Bolu’da bazı iklim parametreleri ve iklim tiplerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 706-719.
- Koç, İ. (2021e). Using *Cedrus atlantica*’s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880-35886.
- Koç, İ. (2022a). Comparison of the gas exchange parameters of two maple species (*Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus*) seedlings under drought stress. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 24(1), 65-76.

- Koç, İ. (2022b). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022a). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022b). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2421-2429.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(3), 49.
- Koç, İ., Nzokou, P., & Cregg, B. (2022). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*, 53(5), 915-933.
- Kravkaz Kuscu, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., Sevik, H. (2018a). Relationship between enzyme activity (urease-catalase) and nutrient element in soil use. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5), 2107-2112.
- Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (3), 1613-1617.
- Kravkaz-Kuşcu, İ.S. (2014). Kastamonu Yöresindeki Tarım-Mera-Orman Topraklarındaki Enzim (Katalaz- Üreaz) Aktivitelerinin Karşılaştırılması. Istanbul University, Institute of Science. Ph.D. thesis. İstanbul.
- Kulaç, Ş., & Yıldız, Ö. (2016). Effect of fertilization on the morphological development of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuscu, I. S. K. (2020). Certain soil characteristics and light conditions of enzyme activities and variance conditional to plant type. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(4), 1-9.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M., and Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources*, 18(1), 792-803.

- Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. *Chemosphere*, 287, 132341.
- Lima, L. H. V., do Nascimento, C. W. A., da Silva, F. B. V., & Araújo, P. R. M. (2023). Baseline concentrations, source apportionment, and probabilistic risk assessment of heavy metals in urban street dust in Northeast Brazil. *Science of the Total Environment*, 858, 159750.
- Liu, D., Li, Y., Ma, J., Li, C., & Chen, X. (2016b). Heavy metal pollution in urban soil from 1994 to 2012 in Kaifeng City, China. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(5), 154.
- Liu, J., Liu, C., & Han, W. (2016a). Efficiently evaluating heavy metal urban soil pollution using an improved entropy-method-based TOPSIS model. *Archives Of Environmental Contamination and Toxicology*, 71(3), 377-382.
- Liu, L., Li, W., Song, W., & Guo, M. (2018). Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: principles and applicability. *Science of the Total Environment*, 633, 206-219.
- Liu, S., Pan, G., Zhang, Y., Xu, J., Ma, R., Shen, Z., & Dong, S. (2019). Risk assessment of soil heavy metals associated with land use variations in the riparian zones of a typical urban river gradient. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 181, 435-444.
- Mao, C., Song, Y., Chen, L., Ji, J., Li, J., Yuan, X., ... & Theiss, F. (2019). Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice. *Catena*, 175, 339-348.
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J., & Díez, S. (2017). Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. *Environmental Research*, 154, 380-388.
- Mehr, M. R., Keshavarzi, B., Moore, F., Sharifi, R., Lahijanzadeh, A., & Kermani, M. (2017). Distribution, source identification and health risk assessment of soil heavy metals in urban areas of Isfahan province, Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 132, 16-26.
- Meng, J., Tao, M., Wang, L., Liu, X., & Xu, J. (2018). Changes in heavy metal bioavailability and speciation from a Pb-Zn mining soil amended with biochars from co-pyrolysis of rice straw and swine manure. *Science of the Total Environment*, 633, 300-307.
- Mirzaei, M., Marofi, S., Solgi, E., Abbasi, M., Karimi, R., & Bakhtyari, H. R. R. (2020). Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and Bakhtiari province of Iran). *Environmental Geochemistry and Health*, 42(1), 27-43.
- Munns, R., Passioura, J. B., Colmer, T. D., & Byrt, C. S. (2020). Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. *New Phytologist*, 225(3),

1091-1096.

- Ojuri, O. O., Taiwo, O. A., & Oluwatuyi, O. E. (2016). Heavy metal migration along a rural highway route: Ilesha-Akure roadside soil, Southwestern, Nigeria. *Global NEST Journal*, 18(4), 742-760.
- Ozel H.B, Cetin M, Sevik H, Varol T, Isik B., Yaman B. (2021b). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 72, 359-365. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
- Ozel H.B., Varol, T., Emir, T., Sevik, H. (2021c). Effects of extraction from compartment on soil enzymes. *American Journal of Engineering Research*. 10(2), 115-121.
- Ozel, H. B., Donduran, B., Cakmakli, E., & Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Kas region of Antalya. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6(2), 054-059.
- Ozel, H. B., Donduran, V., Şevik, H., Bilir, N., & Varol, T. (2021d). Investigation on sand-dune afforestation by *Eucalyptus* (*Eucalyptus grandis* W. Hill) in Patara-Antalya region. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 34-39.
- Ozel, H. B., Sen, M., Sevik, H. (2021e). Change of Ba concentration by species and organ in several fruits grown in city centers. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(03), 143–150. DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.3.0681>
- Ozel, H. B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021a). Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(01), 447–453. DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.1.0551>
- Ozel, H.B., Abo Aisha, A.E.S., Cetin, M. Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2021c). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 388. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09178-9>
- Ozel, H.B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021f). The change of Mn concentration by organ and species in several edible plants. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 29(2), 474-480.
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 645.
- Özdel, E. (2010). Sarıseki Dörtüyl yöresi topraklarında ağır metallerin yersel dağılımının jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 106 s.

- Özel, H., Şevik, H., Kaptan, S., Varol, T. (2021). Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) bireylerinde farklı alana geliş şekillerine göre bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler arasındaki farklılıkların incelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 636-641. DOI: 10.24011/barofd.958446
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The effect of geographic location and seed storage time on the content of fatty acids in stone pine (*Pinus pinea* L.) seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.
- Pan, H., Lu, X., & Lei, K. (2017). A comprehensive analysis of heavy metals in urban road dust of Xi'an, China: contamination, source apportionment and spatial distribution. *Science of the Total Environment*, 609, 1361-1369.
- Peng, L., Liu, P., Feng, X., Wang, Z., Cheng, T., Liang, Y., ... & Shi, Z. (2018). Kinetics of heavy metal adsorption and desorption in soil: Developing a unified model based on chemical speciation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 224, 282-300.
- Penido, E. S., Martins, G. C., Mendes, T. B. M., Melo, L. C. A., do Rosário Guimarães, I., & Guilherme, L. R. G. (2019). Combining biochar and sewage sludge for immobilization of heavy metals in mining soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 172, 326-333.
- Pirsaheb, M., Almasi, A., Sharafi, K., Jabari, Y., & Haghghi, S. (2016). A comparative study of heavy metals concentration of surface soils at metropolis squares with high traffic-A case study: kermanshah, Iran (2015). *Acta Medica*, 32, 891.
- Qiao, P., Yang, S., Lei, M., Chen, T., & Dong, N. (2019). Quantitative analysis of the factors influencing spatial distribution of soil heavy metals based on geographical detector. *Science of the Total Environment*, 664, 392-413.
- Ross, S.M. 1994. Toxic metals in soil-plant systems. Wiley, Chichester
- Sargıncı, M., Beyazyüz, F. (2022). İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisi: İklim akılcı ormancılık bakışı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 142-149.
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyılmaz, A., Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55446-55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sellami, S., Zeghouan, O., Dhahri, F., Mechi, L., Moussaoui, Y., & Kebabi, B. (2022). Assessment of heavy metal pollution in urban and peri-urban soil of Setif city (High Plains, eastern Algeria). *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(2), 126.
- Sen, G., Gungor, E., & Sevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (8), 454.

- Sen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), 454.
- Sert, E. B., Turkmen, M., & Cetin, M. (2019). Heavy metal accumulation in rosemary leaves and stems exposed to traffic-related pollution near Adana-İskenderun Highway (Hatay, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 553.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf). *African Journal of Biotechnology*, 11(23), 6389-6395.
- Sevik, H. (2020). Change of Cu concentration in some edible landscape plants grown in Ankara city center. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-7.
- Sevik, H. (2021). The variation of chrome concentration in some landscape plants due to species, organ and traffic density. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020c). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019d). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.

- Sevik, H., Cetin, M., Yigit, N., Aricak, B., Ozturk, S., Onac, A. K., & Kuscu, I. S. K. (2021). The effect of shadow conditions on stomatal characters of several plants used in landscape design. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 9(3), 109-115. DOI: 10.30574/wjarr.2021.9.3.0086
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(2), 189-195.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2011). Analysis of seed characteristics from 17 different populations in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf. In *Proceedings of the 10th International Christmas Tree Research & Extension Conference* (pp. 18-24).
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. *Chapter, 12*, 231-248.
- Sezgin, N., Balkaya, N., Sahmurov, A., & Aysal, N. (2019). Assessment of heavy metal contamination in urban soil (Tuzla District, Istanbul, Turkey). *Desalination and Water Treatment*, 172, 167-176.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., ... & Dumat, C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity. *Crop Production and Global Environmental Issues*, 1-25.
- Shi, X., Zhou, G., Liao, S., Shan, S., Wang, G., & Guo, Z. (2018). Immobilization of cadmium by immobilized *Alishewanella* sp. WH16-1 with alginate-lotus seed pods in pot experiments of Cd-contaminated paddy soil. *Journal of Hazardous Materials*, 357, 431-439.
- Shults, P., Nzokou, P., & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(2), 261-272.
- Sinduja, M., Sathya, V., Maheswari, M., Dhevagi, P., Kalpana, P., Dinesh, G. K., & Prasad, S. (2022). Evaluation and speciation of heavy metals in the soil of the Sub Urban Region of Southern India. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 31(8), 974-993.
- Soleymani, S., Javan, S., & Naimabadi, A. (2022). Heavy metal concentrations and health risk assessment in urban soils of Neyshabur, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3), 218.

- Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365-4384. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>
- Sultan, M. B., Choudhury, T. R., Alam, M. N. E., Doza, M. B., & Rahmana, M. M. (2022). Soil, dust, and leaf-based novel multi-sample approach for urban heavy metal contamination appraisals in a megacity, Dhaka, Bangladesh. *Environmental Advances*, 7, 100154.
- Tandoğan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., and Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources* 18(2), 3496-3508.
- Tekin O, Cetin M, Varol T, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022). Altitudinal migration of species of Fir (*Abies spp.*) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 385. DOI: 10.1007/s11270-022-05851-y
- Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., & Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the Total Environment*, 565, 1054-1062.
- Trujillo-González, J. M., Torres-Mora, M. A., Keesstra, S., Brevik, E. C., & Jiménez-Ballesta, R. (2016). Heavy metal accumulation related to population density in road dust samples taken from urban sites under different land uses. *Science of the Total Environment*, 553, 636-642.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.
- Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 5122-5130.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14(1):115–120.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh E. A. (2018c). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5):2277–2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018a). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 578.
- Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 42495-42512.

Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartin River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.

URL-1: <http://www.cografya.gen.tr/> (2020)

URL-2: <http://ankara.gov.tr/bitki-ortusu> (2020)

URL-3: <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/ankara/turizmaktiviteleri/bitki-inceleme> (2020)

URL-4: <https://sites.google.com/site/aankaracomtr/Ankara-corafi-yaps> (2020)

URL-5: <https://www.nufusu.com/il/ankara-nufusu> (2020)

URL-6: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara> (2020)

URL-7: <https://www.mynet.com/ankara/hakkinda> (2020)

URL-8: <https://ankara.ktb.gov.tr/TR-152389/ankara-tarihce-ve-diger-bilgiler.html> (2020)

URL-9: <http://www.ankara.gov.tr/iklimi> (2020)

URL-10: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> (2020)

Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022b). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 637-647. DOI: 10.1007/s00704-022-04179-1

Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB., Sevik H. (2021a). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199

Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022a). The effects of climate change scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(2), 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>

Varol, T., Ozel, H. B., Ertugrul, M., Emir, T., Tunay, M., Cetin, M., & Sevik, H. (2021b). Prediction of soil-bearing capacity on forest roads by statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 527.

Wang, H., Wang, X., Chen, J., Xia, P., & Zhao, J. (2016). Recovery of nutrients from wastewater by a MgCl<sub>2</sub> modified zeolite and their reuse as an amendment for Cu and Pb immobilization in soil. *RSC advances*, 6(61), 55809-55818.

Wang, M., Liu, R., Chen, W., Peng, C., & Markert, B. (2018). Effects of urbanization on heavy metal accumulation in surface soils, Beijing. *Journal of Environmental*

*Sciences*, 64, 328-334.

- Wang, Y., Wu, S., Yan, D., Li, F., Chengcheng, W., Min, C., & Wenyu, S. (2020). Determining and mapping the spatial mismatch between soil and rice cadmium (Cd) pollution based on a decision tree model. *Environmental Pollution*, 265, 115029.
- Wen, Y., Li, W., Yang, Z., Zhang, Q., & Ji, J. (2020). Enrichment and source identification of Cd and other heavy metals in soils with high geochemical background in the karst region, Southwestern China. *Chemosphere*, 245, 125620.
- Wu, J., Li, J., Teng, Y., Chen, H., & Wang, Y. (2020). A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 121766.
- Wu, S., Shi, Y., Zhou, S., Wang, C., & Chen, H. (2016). Modeling and mapping of critical loads for heavy metals in Kunshan soil. *Science of the Total Environment*, 569, 191-200.
- Wu, S., Zhou, S., Bao, H., Chen, D., Wang, C., Li, B., ... & Xu, B. (2019). Improving risk management by using the spatial interaction relationship of heavy metals and PAHs in urban soil. *Journal of Hazardous Materials*, 364, 108-116.
- Wu, W., Wu, P., Yang, F., Sun, D. L., Zhang, D. X., & Zhou, Y. K. (2018). Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. *Science of the Total Environment*, 630, 53-61.
- Xiao, R., Wang, S., Li, R., Wang, J. J., & Zhang, Z. (2017). Soil heavy metal contamination and health risks associated with artisanal gold mining in Tongguan, Shaanxi, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 141, 17-24.
- Yang, P., Ge, J., & Yang, M. (2017). Identification of heavy metal pollution derived from traffic in roadside soil using magnetic susceptibility. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98(6), 837-844.
- Yang, Q., Li, Z., Lu, X., Duan, Q., Huang, L., & Bi, J. (2018). A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: pollution and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 642, 690-700.
- Yang, Q., Zhang, L., Wang, H., & Martín, J. D. (2022). Bioavailability and health risk of toxic heavy metals (As, Hg, Pb and Cd) in urban soils: A Monte Carlo simulation approach. *Environmental Research*, 214, 113772.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.

- Yaylalı-Abanuz, G. (2019). Application of multivariate statistics in the source identification of heavy-metal pollution in roadside soils of Bursa, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(12), 382.
- Ye, C., Butler, O. M., Du, M., Liu, W., & Zhang, Q. (2019). Spatio-temporal dynamics, drivers and potential sources of heavy metal pollution in riparian soils along a 600 kilometre stream gradient in Central China. *Science of the Total Environment*, 651, 1935-1945.
- Yekeen, T. A., Xu, X., Zhang, Y., Wu, Y., Kim, S., Reponen, T., ... & Huo, X. (2016). Assessment of health risk of trace metal pollution in surface soil and road dust from e-waste recycling area in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(17), 17511-17524.
- Yılmaz, Ç., Kulaç, Ş., & Beyazyüz, F. (2022). Kuraklık stresi uygulanan kayalık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) fidanlarında morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin araştırılması. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2), 169-190.
- Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018). The change in some leaf micromorphological characters of *Prunus laurocerasus* L. species by their habitat. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 6(11), 1517-1521.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of some fiber characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. wood grown under different ecological conditions. *BioResources*, 16(3), 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016b). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry*, 35(7), 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016a). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.
- Yildiz, D., Nzokou, P., Deligoz, A., Koc, I., Genc, M. (2014). Chemical and physiological responses of four Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances to cold temperature treatments. *European Journal of Forest Research*, 133(5), 809-818.
- Yu, R., Cui, Z., Luo, N., & Yu, Y. (2022). Detection and assessments of sources and health hazards caused by heavy metals in the dust of urban streets in Harbin, Northeast China. *Sustainability*, 14(18), 11657.

- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(5), 1-4.
- Zeren Cetin, I. & Sevik, H. (2020). Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 71.
- Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H.B. Sevik H. (2022). The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5688-5699. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22566-z>
- Zhang, J., & Yao, D. (2019). Comparative analysis of soil heavy metal pollution on different roads: a case study in a typical industrial city of China. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 15219-15232.
- Zhang, P., Qin, C., Hong, X., Kang, G., Qin, M., Yang, D., ... & Dick, R. P. (2018). Risk assessment and source analysis of soil heavy metal pollution from lower reaches of Yellow River irrigation in China. *Science of the Total Environment*, 633, 1136-1147.
- Zhao, K., Zhang, L., Dong, J., Wu, J., Ye, Z., Zhao, W., ... & Fu, W. (2020). Risk assessment, spatial patterns and source apportionment of soil heavy metals in a typical Chinese hickory plantation region of southeastern China. *Geoderma*, 360, 114011.
- Zhu, G., Guo, Q., Xiao, H., Chen, T., & Yang, J. (2017). Multivariate statistical and lead isotopic analyses approach to identify heavy metal sources in topsoil from the industrial zone of Beijing Capital Iron and Steel Factory. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17), 14877-14888.