



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY İLİ GÜNEYİNİN TOPRAK JEOKİMYASI
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muslim İSAKOV

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZER

İKİNCİ DANIŞMAN

Prof. Dr. M. Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202302802 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Muslim İSAKOV** tarafından hazırlanan “**AKSARAY İLİ GÜNEYİNİN TOPRAK JEOKİMYASI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZER

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Bahattin GÜLLÜ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Musa Avni AKÇE

Nevşehir Hacı Bektaş Veli üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Muslim İSAKOV

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans programı çerçevesinde sunulan bu çalışmada, değerli fikirleri ile beni yönlendiren, araştırmalarım süresince karşılaştığım her türlü sorunun çözülmesinde yardımlarını esirgemeyen, danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZER'e ve Prof. Dr. Musatafa Murat KAVURMACI'ya en içten ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım süresince: araba ile eski dere yatağına girdiğimizde, köpek kovaladığımda, arazinin son günün rahatsız olduğumda ve tüm arazi çalışmalarım bana eşlik eden ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim meslektaşlarım Maksat MOMMADOV'a ve Begenç MUHAMMEDOV'a sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca Aksaray Üniversitenin Jeoloji Mühendisliği Bölümünün lisans öğrenciliğimden beri bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tüm hocalarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Beni yetiştirip bu günlere getiren, güvenleri ve maddi-manevi yönden destekleri ile her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Muslim ISAKOV

AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Yerleşim Merkezleri.....	3
1.3 İklim, Bitki Örtüsü ve Jeomorfoloji	4
1.4 Materyal ve Metod	5
1.5 Büro Çalışmaları.....	5
1.5.1 Arazi çalışmaları.....	5
1.5.2 Labaratuvar çalışmaları	6
2. BÖLGESEL JEOLJİ.....	11
2.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK).....	11
2.1.1 Orta Anadolu metamorfikleri	12
2.1.2 Orta Anadolu ofiyolitleri	14
2.1.3 Orta Anadolu granitoidleri.....	14
2.1.4 Örtü birimleri	15
2.1.5 Kartal formasyonu	16
2.1.6 Mezgit formasyonu.....	17
2.1.7 Uzunkaya formasyonu	18
2.1.8 Göstük ignimbiriti.....	18
2.1.9 Selime tüfü.....	19
2.1.10 Kızılkaya ignimbiriti.....	19
2.1.11 Hasandağı volkanitleri.....	20
2.1.12 Traverten.....	20
2.1.13 Tuzgölü formasyonu.....	20
2.1.14 Alüvyon	21
2.2 Yapısal Jeoloji	21
3. JEOİSTATİSTİK	23
3.1 Kobalt (Co).....	24
3.2 Mangan (Mn).....	26
3.3 Demir (Fe)	28
3.4 Nikel (Ni)	31
3.5 Bakır (Cu).....	33
3.6 Çinko (Zn).....	35
3.7 Arsenik (As)	37
3.8 Kadmiyum (Cd).....	39
3.9 Kurşun (Pb)	41
3.10 Krom (Cr)	43
4. TOPRAK JEOKİMYASI	46
4.1 Örneklerin Jeokimyasal Değerlendirmesi	46
4.2 Dağılım Haritaları.....	48
5. TOPRAK ÖRNEKLERİNİN KİRLİLİK AÇISINDAN	
DEĞERLENDİRİLMESİ.....	53

5.1 Jeobirikim İndeksi (Igeo)	53
5.2 Zenginleşme Faktörü (EF).....	55
5.3 Kirlilik Faktörü (CF)	61
5.4 Sağlık Riski Değerlendirmesi (HRA).....	62
6. TARTIŞMA	67
6.1 Jeokimyasal ve İstatistiksel Değerlendirme	67
6.2 Kirlilik İndekslerin Açısından Değerlendirmesi	70
6.3 Analiz Sonuçları Sağlık Riski Açısından Değerlendirmesi	72
7. SONUÇLAR.....	74
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ.....	84



YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY İLİ GÜNEYİNİN TOPRAK JEOKİMYASI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Muslim İSAKOV

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZER

İkinci Danışman: Prof. Dr. M. Murat KAVURMACI

ÖZET

Bu çalışma Aksaray şehir merkezinin güneyinde, Yeşilova, Kutlu, Karaören, Karacaören yerleşim yerleri arasında kalan yaklaşık 200 km²'lik bir alanın toprak jeokimyası özelliklerinin incelenmesini konu almaktadır. Bu kapsamda yaklaşık 2,25km x2,25 km olacak şekilde karelemlenen sahada 54 adet örnek toprak profilinin B horizonundan alınmış, bu örnekler Dalga Boyu Dağılımlı X-Işını Floresan Spektrometresi (WDXRF) ile ana element oksit ve bazı iz elementler için analiz edilmiştir. Analiz sonuçları öncelikle istatistiksel olarak incelenmiş, sonrasında bölgenin kirlilik potansiyeli coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla görselleştirilmiştir. Bu doğrultuda sahadan toplanan örneklerin Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, Cd içerikleri ortalama sırasıyla 23.90, 103.69, 30.51, 67.11, 14.29, 54.16, 759.80, 3110.10, 157.60, 0.1 ppm olarak belirlenmiş, Cr ve Ni dışındaki tüm elementlerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kirlilik yönetmeliği, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) standartlarına göre genel olarak normal değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Zenginleşme Faktörü (EF), Jeo-birikim indeksi (Igeo) ve Kirlilik Faktörü (Cf) gibi indeksler yardımı ile yapılan incelemeler, tüm örneklerin As, Ni, Pb ve Cr element içeriklerinin yüksek olduğunu göstermiştir. As, Ni, Cr, Pb elementleri için hazırlanan dağılım haritalarına göre sahanın kuzey, batı ve güney doğu kesimlerinin diğer kesimlere oranla daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür. Özellikle çalışma alanının kuzey kesimlerinde yer alan örneklerin diğer örneklere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu ve daha çok endüstriyel faaliyetlere bağlı olarak lokal bir zenginleşme ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Sonuçta, lokal bazı alanlar hariç, incelenen tüm elementler genel olarak bölgenin jeolojik özellikleri ile ilişkili olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Aksaray, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Toprak jeokimyası, Ağır metal, Toprak kirliliği.

Haziran, 2023; 84 sayfa

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF SOIL GEOCHEMISTRY CHARACTERISTICS OF THE SOUTH OF AKSARAY PROVINCE

Muslim İsakov

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering**

Supervisor: Dr. Lecturer Erkan YILMAZER

Second Supervisor: Prof. Dr. M. Murat KAVURMACI

ABSTRACT

The scope of this study is to examine the soil geochemistry of an area of approximately 200 km², located in the south of Aksaray city center, between Yeşilova, Kutlu, Karaören and Karacaören settlements. In this respect, a total of 54 samples were taken from the B horizon of the soil profile in the gridded area of approximately 2.25 km x 2.25 km and then were analyzed for the main element oxide and some trace elements with Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (WDXRF). The collected data were first analyzed statistically, then the pollution potential of the region was visualized with the help of geographic information systems (GIS). The mean concentrations of Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, Cd in the samples are 23.90, 103.69, 30.51, 67.11, 14.29, 54.16, 759.80, 3110.10, 157.60 and 0.1 ppm, respectively. All elements except Cr and Ni are found to be normal according to pollution regulations of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, and World Health Organization (WHO) and Food and Agriculture Organization (FAO) standards. Besides, examinations with the help of indices such as Enrichment Factor (EF), Geo-accumulation index (Igeo) and Pollution Factor (Cf) showed that As, Ni, Pb and Cr element contents of all samples are high. According to the distribution maps prepared for As, Ni, Cr, Pb elements, it is observed that the northern, western and southeastern parts of the study area have higher concentrations than the other parts. Especially the samples located in the northern parts of the study area have higher values compared to the other samples, suggesting that there may be a local enrichment due to industrial activities. As a result, it can be said that all the elements are generally related to the geological features of the region, except for some local areas.

Keywords: Aksaray, Geographic Information System (GIS), Soil geochemistry, Heavy metal, Soil pollution.

June, 2023; 84 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Jeokimyasal döngü.	3
Şekil 1.2. Jeokimyanın dalları ve ilgi olduğu bilimler.	3
Şekil 1.3. Çalışma alanının yer bulduru haritası.	4
Şekil 2.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığın'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası... 11	
Şekil 2.2. OAKK'nın genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.	12
Şekil 2.3. İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası	16
Şekil 3.1. Co elementine ait histogram grafiği.	25
Şekil 3.2. Co elementine ait Q-Q plot grafiği.	25
Şekil 3.3. Co elementine ait boxplot grafiği.	26
Şekil 3.4. Mn elementine ait histogram grafiği.	27
Şekil 3.5. Mn elementine ait Q-Q plot grafiği.	28
Şekil 3.6. Mn elementine ait boxplot grafiği.	28
Şekil 3.7. Fe elementine ait histogram grafiği.	30
Şekil 3.8. Fe elementine ait Q-Q plot grafiği.	30
Şekil 3.9. Fe elementine ait boxplot grafiği.	31
Şekil 3.10. Nikel elementine ait histogram grafiği.	32
Şekil 3.11. Nikel elementine ait Q-Q plot grafiği.	33
Şekil 3.12. Ni elementine ait boxplot grafiği.	33
Şekil 3.13. Cu elementine ait histogram grafiği.	34
Şekil 3.14. Cu elementine ait Q-Q plot grafiği.	35
Şekil 3.15. Cu elementine ait boxplot grafiği.	35
Şekil 3.16. Zn elementine ait histogram grafiği.	36
Şekil 3.17. Zn elementine ait Q-Q plot grafiği.	37
Şekil 3.18. Zn elementine ait boxplot grafiği.	37
Şekil 3.19. As elementine ait histogram grafiği.	38
Şekil 3.20. As elementine ait Q-Q plot grafiği.	39
Şekil 3.21. As elementine ait boxplot grafiği.	39
Şekil 3.22. Cd elementine ait histogram grafiği	40
Şekil 3.23. Cd elementine ait Q-Q plot grafiği.	41
Şekil 3.24. Cd elementine ait boxplot grafiği.	41
Şekil 3.25. Pb elementine ait histogram grafiği.	42
Şekil 3.26. Pb elementine ait Q-Q plot grafiği.	43
Şekil 3.27. Pb elementine ait boxplot grafiği.	43
Şekil 3.28. Cr elementine ait histogram grafiği.	44
Şekil 3.29. Cr elementine ait Q-Q plot grafiği.	45
Şekil 3.30. Cr elementine ait boxplot grafiği.	45
Şekil 4.1. Fe, Co ve Mn elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.	47
Şekil 4.2. Cu, Zn ve Ni elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.	48
Şekil 4.3. As, Pb, Cr ve Cd elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.	48
Şekil 4.4. Fe, Mn ve Zn elementlerine ait dağılım haritaları.	50
Şekil 4.5. Co, Cu ve Cd elementlerine ait dağılım haritaları.	51
Şekil 4.6. As, Pb, Cr ve Nikel elementlerine ait dağılım haritaları.	52
Şekil 5.1. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Igeo dağılım haritaları.	55
Şekil 5.2. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Ef dağılım haritaları.	57
Şekil 5.3. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Cf dağılım haritaları.	62
Şekil 6.1. Ağır metallere ait dendogram.	70
Şekil 6.2. Igeo, Ef ve Cf grafiği.	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Toprak numunelerin ana oksit analiz sonuçları.	7
Çizelge 1.2. Toprak numunelerin iz element analiz sonuçları.	10
Çizelge 3.1. Co elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	24
Çizelge 3.2. Mn elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	27
Çizelge 3.3. Fe elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	29
Çizelge 3.4. Ni elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	32
Çizelge 3.5. Cu elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	34
Çizelge 3.6. Zn elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	36
Çizelge 3.7. As elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	38
Çizelge 3.8. Cd elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	40
Çizelge 3.9. Pb elementine ait Tanımlayıcı istatistik veriler.	42
Çizelge 3.10. Cr elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.	44
Çizelge 4.1. Bazı kayaçların ve üst kabuk ağır metal element içeriklerinin ortalama değerleri.	46
Çizelge 5.1. Igeo kirlilik derecesi.	54
Çizelge 5.2. Ef kirlilik sınıfı.	56
Çizelge 5.3. İnceleme alanına ait örneklerin jeobirikim indeksi değeri.	58
Çizelge 5.4. İnceleme alanına ait örneklerin zemginleşme faktörü değerleri.	59
Çizelge 5.5. İnceleme alanına örneklerin kirlilik faktörü değerleri.	60
Çizelge 5.6. Ortalama günlük dozlarına ait parametreler.	64
Çizelge 5.7. Ağır metal referans dozları.	65
Çizelge 5.8. Ortalama günlük dozları.	66
Çizelge 5.9. HQ ve HI sonuçları.	66
Çizelge 6.1. Ağır metal elementlerin korelasyon analizi.	69
Çizelge 6.2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve uluslararası ağır metallerin sınır değerleri.	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADD	Ortalama Günlük Dozu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cf	Kirlilik Faktörü
ÇŞB	Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
EF	Zenginleşme Faktörü
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
HI	Tehlike İndeksi
HQ	Tehlike Katsayısı
HRA	Sağlık Riski Değerlendirmesi
Igeo	Jeobirikim İndeksi
OAG	Orta Anadolu Granitoyidleri
OAKK	Orta Anadolu Kristalen Kompleksi
OAM	Orta Anadolu Metamorfikleri
OAO	Orta Anadolu Ofiyolitleri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
XRF	X-ışınları Floresans Spektrometres

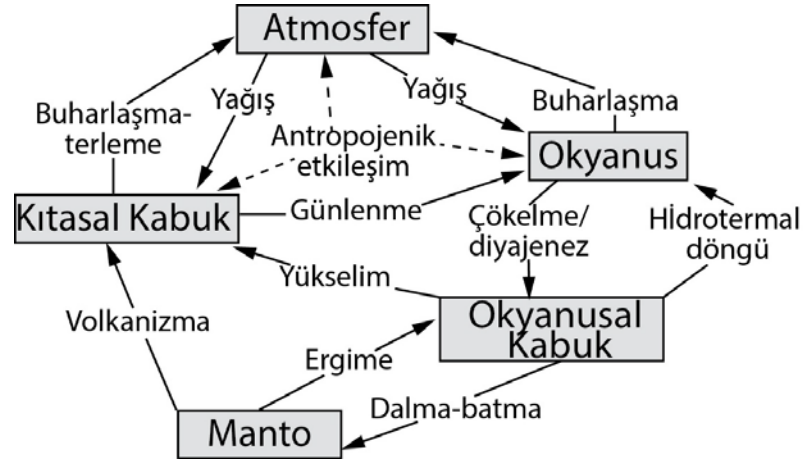
1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

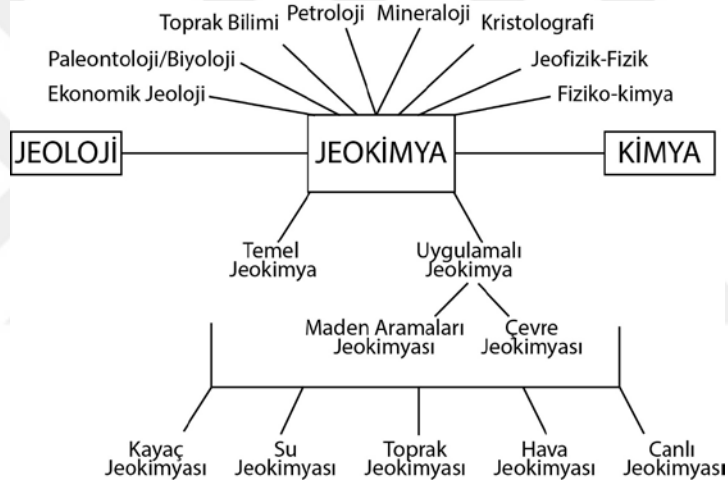
“Yer kimyası” olarak türkçeleştirilebilen jeokimya (geo-chemie) kelimesi ilk defa İsveçli kimyager C.F. Schönbein tarafından 1838 yılında kullanılmıştır. Jeokimya, yeryuvarı ve çevresini oluşturan taşıyıcı (lithosphere), suyuvar (hidrosphere), toprakyuvar (pedosphere), canlıyuvar (biosphere) ve havayüvar (atmosphere) olarak bilinen beş ayrı küredeki kimyasal olayları inceleyen bir bilim dalıdır. Elementlerin bu ortamlardaki dağılımları, bu dağılımların zaman içerisindeki değişimleri ve bu sırada işleyen yasa ve kurallar jeokimyanın konusunu oluşturmaktadır. Element dağılımlarında meydana gelen değişimler yeryuvarı içerisindeki rezervuarların birbirleri ile olan etkileşimleri neticesinde doğal yollardan olabileceği gibi (örneğin kimyasal sedimanter kayaların oluşumu gibi) insan eliyle/antropojenik olarakta (fosil yakıt kaynaklı CO₂ salınımı) gerçekleşebilmektedir (Şekil 1.1) (Walther, 2009). Genel olarak jeoloji ve kimya ile olan bağlantılı olan jeokimya, ekonomik jeoloji, izotop jeolojisi, mineraloji, hidrojeoloji, paleontoloji, fiziko-kimya, termodinamik gibi birçok konu ile doğrudan ilişkilidir. Jeokimya çalışmalar temel (pure geochemistry) ve uygulamalı jeokimya (applied geochemistry) çalışmalar olarak ikiye ayrılır (Şekil 1.2). Temel jeokimya, genel anlamda yeryuvarı ve çevresindeki jeokimyasal olayları, elementlerin dağılımını ve bu dağılımla ilgili yasaları inceliyor iken, uygulamalı jeokimya, temel jeokimyanın tüm yasa ve kurallarını maden aramaları ve çevre sorunlarının çözümü için kullanmaktadır (Çağatay vd., 1993).

Jeokimya çalışmalar, jeokimyasal prospeksiyon, çevre kirliliği tespiti, tıbbi çalışmalar, hastalık kaynaklarının belirlenmesi ve atık depolama alanlarının belirlenmesi gibi birçok alanda yapılmaktadır. Örneğin doğal kirliliğin araştırılması, canlıların sağlığını tehdit eden şehirleşme ile sanayileşmeye bağlı yapay kirliliğin boyutlarını ortaya koymak ve zamana bağlı değişimini takip etmek amacıyla çevre jeokimyası çalışmaları yapılır. Bu çalışmalarda su, toprak ve bitki örnekleri, yapay kirliliğe duyarlılıkları nedeniyle tercih edilmektedir. Bununla birlikte, jeokimyasal çalışmaların en önemli kullanım alanı jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarıdır. Jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında, elementlerin çevrelerindeki matrisse göre göreceli olarak hareket edebilme kolaylığı olarak tanımlanan jeokimyasal hareketlilik (mobilité) ve element dağılım işlemini kontrol eden ana etkenlere göre tanımlamalar

ve incelemeler yapılmaktadır. Bu çalışmalar her ne amaç için yapılırsa yapılsın, sonunda anomali gösteren sahalara/değerler belirlenmeye çalışılır ve elde edilen bu anomali değerleri ile, anomaliyi oluşturan kaynağın saptanması veya önemli litolojik yüzey bulgularına göre jeolojik birimlerin veya maden damar takibi gibi çalışmalar gerçekleştirilir. Literatürde maden aramalarında toprak, dere kumu ve kayaç jeokimyasından yararlanılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Reis vd. (2001) yaptığı çalışmalarda altın cevherleşmelerinin aranmasında toprak jeokimya çalışmalarının etkin olarak kullanıldığını göstermiş ve özellikle iz bulucu elementlerden de yararlanarak eşik değer hesabında önerdiği yöntemle toprak jeokimyası ile oluşturulmuş element dağılım haritalarının anomali kontrast çözünürlüğü artırarak çalışılacak alanı detaylandırmıştır. Kısacık (Çanakkale-Ayvacık) sahasında, bölgedeki toprak jeokimyası çalışmaları ile bulunmuş, belirlenen uygun sondaj yerleri ile 10 ton altın rezervi ortaya konmuştur (Vural, 2006). Bir diğer örnek, Kansız vd. (1994) tarafından 1989, 1990 ve 1991 1/5000 ölçekli prospeksiyon ve jeolojik etüt çalışmaları ile Canca sahasında 85-167 mg/kg Cu, 146 mg/kg Pb, 165 mg/kg Zn, 5-24 mg/kg Sb, 80-200 mg/kg As, 1,2-2 mg/kg Ag ve 1 mg/kg Au değeri jeokimya çalışmaları ile saptanmıştır. Aksaray bölgesinde toprak jeokimyasına yönelik gerçekleştirilen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma alanında yapılan incelemeler genellikle bölgenin jeolojisi (Göncüoğlu vd., 1996; Çemen vd., 1999; Kurt ve Arslan, 2005), hidrojeolojisi (Karataş, 2006; Kavurmacı, 2013, 2022), jeofizik ve kirliliğine (Aydemir, 2008; Demirela vd., 2020; Tuğ ve Duman, 2010; Dengiz vd., 2010) yönelik yapılmıştır. Bu nedenle Aksaray bölgesi topraklarının jeokimyasal olarak anomali gösteren elementlerin var olup-olmadığının belirlenmesi, elementlerin miktarındaki değişimin jeostatistik yöntemlerle belirlenmesi ile bu elementlerden toksik olanların varlığının tespiti ve bölgenin jeolojisi ile denştirilerek incelenmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda Aksaray şehir merkezinin güneyinde Yeşilova, Kutlu, Karaören, Karacaören yerleşim yerleri arasında yaklaşık 200 km² lik bir alan içerisinde 54 adet örnek toplanmıştır (Şekil 1.3). Toplanan bu örneklerin major, minor ve bazı iz element içerikleri belirlenmiş, bu elementlerin konumsal dağılımları ve değişimleri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla ortaya konmuştur. Neticede bu çalışmadan elde edilen bilgilerin belkide bölge topraklarının değerli mineral-metal içerikleri ile ilgili potansiyellerin var olup-olmadığı ve toprak ve sedimanlardaki kalite değişimleri ile olası kirliliği belirlemeye yönelik yapılan çalışmalara altlık oluşturulacağı öngörülmektedir.



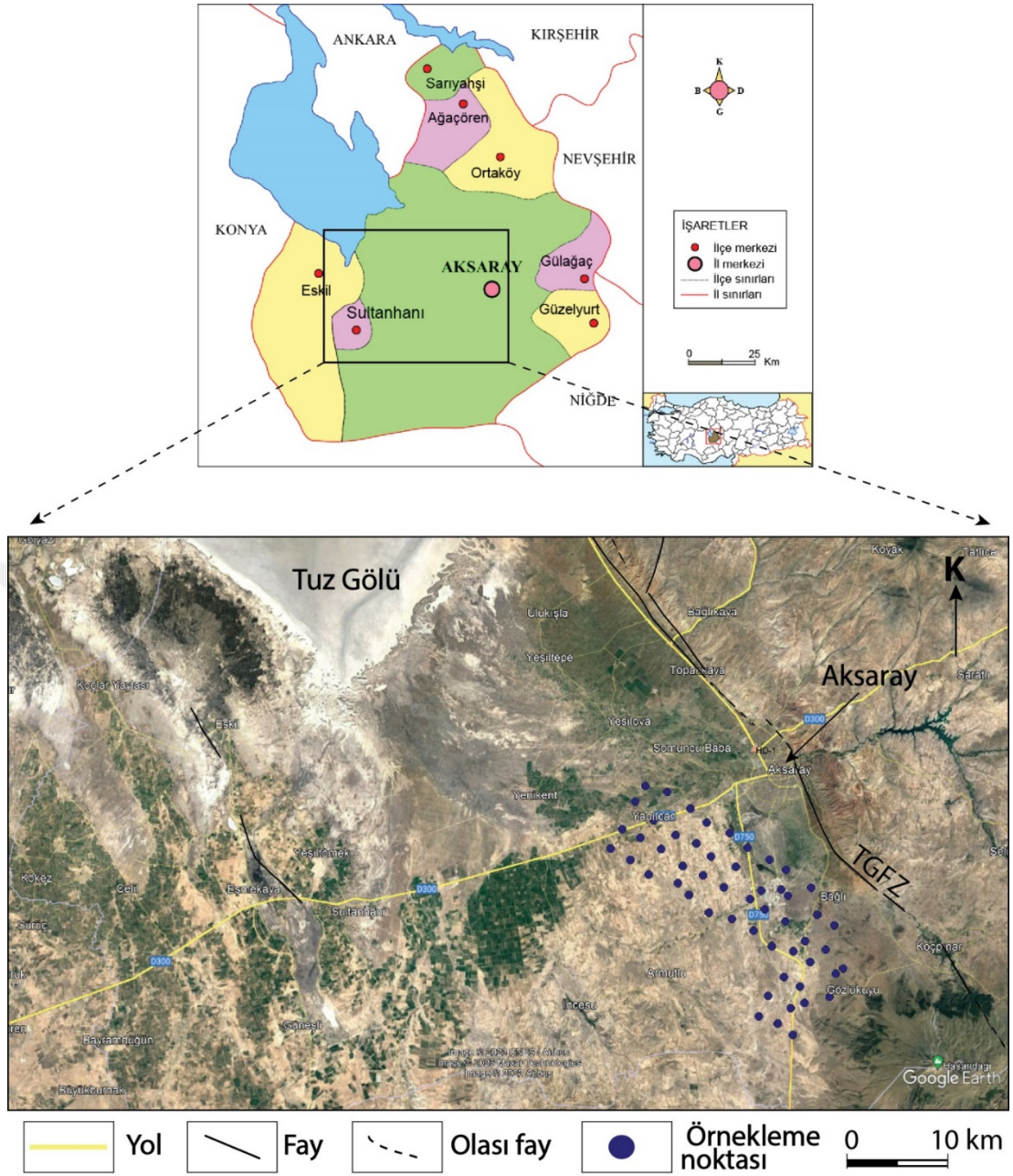
Şekil 1.1. Jeokimyasal döngü (Walther, 2009).



Şekil 1.2. Jeokimyanın dalları ve ilgi olduğu bilimler (Çağatay vd., 1984).

1.2 Yerleşim Merkezleri

Aksaray Anadolu'nun eski şehirlerinden biri arasında olup, kuzeyde Ankara, ve Kırşehir, güney ve batısında Konya, kuzeydoğuda Nevşehir ve güneydoğusunda Niğde illeri ile çevrilidir. Çalışma alanında en önemli yerleşim yerleri başta Aksaray il merkezi olup Aksaray'a bağlı 7 ilçe bulunmaktadır. Bunlar Ağaçören, Eskil, Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy, Sarıyahşi ve Sultanhanı ilçeleridir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Çalışma alanının yer buldurur haritası.

1.3 İklim, Bitki Örtüsü ve Jeomorfoloji

İç Anadolu Bölgesinde bulunan Aksaray ili tipik olarak karasal iklim özellikleri taşımaktadır. Yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlı geçer. Yağışlar en çok ilkbahar ve kış aylarında olmaktadır. Bölge bitki örtüsü açısından fakir olup, en çok rastlanan bitki örtüsü bozkırdır.

Aksaray ili rakım olarak denizden ortalama yüksekliği 965 metredir. Bölgedeki önemli yükseltileri ilin güneydoğusunda bulunan volkanik bir dağ olan Hasandağı (3268 m) ve kuzeyinde bulunan Ekecikdağıdır (2137 m). Bölgenin önemli akarsuları ise Ulırmak, Melendiz çayı ve Karasu ırmağıdır.

1.4 Materyal ve Metod

Bu tez çalışması büro, saha ve laboratuvar çalışmaları olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.5 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, literatür taraması, arazi ve laboratuvar verilerin yorumlaması ve görselleştirilmesi, arazide kullanılacak haritaların ve malzemelerin tedarik ve hazırlanması çalışmalarını kapsamaktadır. Literatür çalışmaları sırasında inceleme alanına ait önceki yıllarda yapılmış çeşitli çalışmalar ve tez konusu ile ilişkili olabilecek çalışmalar derlenmiştir. Bununla birlikte büro çalışmaları kapsamında toplanan verilerin değerlendirilmesi, ulaşım durumu, örnekleme noktalarının arazideki konumu ve arazide kullanılacak malzemeleri belirlenmesi saha çalışmalarının alt yapısının oluşturulması ve ayrıca literatür, arazi ve büro çalışmaları ile elde edilen verilerin bazı bilgisayar programları kullanılarak (ArcGis, Exel, IBM SPSS) uygun ve yorumlanabilir hale getirilmesi, harita ve grafikler oluşturularak tezde kullanılacak hale getirilmesi bu çalışmalar kapsamında gerçekleştirilmiş,

1.5.1 Arazi çalışmaları

Saha çalışmaları kapsamında 54 adet toprak örneği toplanmıştır. Örnekleme aralığı karelej sistemine göre belirlenmiş olup, aralıklar 2,25km x 2,25km olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler toprak profilinin B horizonundan alınmıştır. Ana horizonlar yukarıdan aşağıya doğru A, B ve C harfleri ile gösterilir. Bunlardan A koyu renkli üst toprağı, B ise alt toprağı gösterir. Bu horizon genellikle birikme horizonu olup demir ve alüminyum oksitlerinin ve kilin biriktiğı zondur. C ise çözölmeye uğramış fakat gerçek toprak haline dönüşmemiş anakayayı gösterir. C horizonu altında ise çözölmemiş anakaya yer alır ki buna da D horizonu denir. B horizonu bölgeden bölgeye değişmektedir. Özellikle toprak oluşumunun olmadığı veya az olduğu alanlarda daha sık, fakat toprak oluşumunun fazla olduğu alanlarda daha derinde

başlamaktadır. Aksaray bölgesi için örnekleme derinliği yaklaşık 25 cm'den sonra başlamaktadır. Bu derinlikten sonraki zonlarda, yaklaşık 500 gram örnek plastik kürek kullanılarak ve herhangi bir jeokimyasal kirlenmeye mahal vermeyecek şekilde temiz naylon poşetlere örnek alma standartlarına uygun bir şekilde numaralandırılarak alınmıştır. Bununla birlikte saha çalışmaları sırasında gözlenen jeolojik birimler yorumlamalarda kullanılması için not edilmiştir.

1.5.2 Laboratuvar çalışmaları

Laboratuvar çalışmalar kapsamında arazide alınan toprak örneklerinin ana ve iz element (Çizelge 1.1; Çizelge 1.2) analizleri Aksaray Üniversitesi Merkezi Laboratuvar bünyesindeki Jeokimyasal Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analizler Panalytical Axios marka Dalga boyu dağılımlı XRF cihazı ile yapılmıştır. Araziden toplanan örnekler, ilk önce nemini kaybetmesi amacıyla 1 hafta bekletilmiştir. Nemini kaybeden örnekler daha sonra, çeneli kırıcı yardımıyla daha ufak boyutlara getirildikten ardından Fritsch marka bilyeli öğütücüde öğütülerek 200 mesh altındaki boyutlara kadar küçültülmüştür. Toz haline getirilen örnekler ardından 6 gr örnek ve 1 gr WACHS adı verilen bağlayıcı ile karıştırılarak, Toz Pelet Hazırlama Aparatı yardımıyla hidrolik pres altında 15-20 N/m basınç altında tutularak 40 mm çaplı yuvarlak pres-pastil tabletler halinde ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 1.1. Toprak numunelerin ana oksit analiz sonuçları.

Örnek No	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	SiO2 %	P2O5 %	K2O %	CaO %	MnO %	Fe2O3 %	Cr2O3 %	TiO2 %	LOI	TOTAL
1	1,6	7,9	8,6	43,9	0,2	2,3	14,2	0,09	4,1	0,013	0,5	16,5	100,0
2	1,4	3,2	12,9	58,1	0,2	2,5	7,5	0,09	4,3	0,012	0,6	8,5	99,2
3	0,5	4,8	10,2	40,5	0,1	2,0	16,6	0,10	5,7	0,017	0,6	19,3	100,5
4	0,8	5,1	12,6	48,6	0,2	2,4	8,7	0,14	6,6	0,029	0,8	14,0	99,9
5	1,2	4,8	11,0	51,0	0,2	2,6	9,9	0,10	4,8	0,010	0,6	13,8	100,1
6	0,4	4,4	8,7	36,7	0,1	1,6	21,0	0,13	4,8	0,019	0,6	22,4	100,9
7	0,4	4,7	8,4	36,4	0,2	1,6	20,7	0,11	4,8	0,022	0,6	23,2	100,9
8	0,4	6,2	7,3	33,8	0,1	1,2	23,5	0,07	5,4	0,042	0,6	22,1	100,7
9	1,2	7,2	9,7	45,3	0,1	1,9	12,1	0,09	4,9	0,012	0,5	17,3	100,4
10	0,6	4,1	9,1	38,5	0,1	1,5	21,6	0,13	4,7	0,028	0,6	19,1	100,2
11	0,2	4,7	5,3	26,5	0,1	1,0	32,5	0,07	3,5	0,013	0,4	26,9	101,3
12	0,2	3,3	8,9	33,8	0,1	1,3	24,2	0,10	5,0	0,016	0,6	23,4	100,9
13	0,5	4,9	8,5	39,7	0,2	1,5	20,8	0,10	5,0	0,039	0,6	18,6	100,4
14	0,7	3,4	5,9	33,9	0,8	2,3	26,8	0,09	3,3	0,012	0,4	23,2	100,8
15	0,2	4,3	5,9	28,6	0,1	0,9	29,9	0,06	3,2	0,008	0,4	28,2	101,7
16	0,4	3,6	9,7	37,4	0,1	1,5	21,6	0,13	5,4	0,022	0,7	19,6	100,1
17	0,4	3,8	8,9	37,0	0,1	1,8	23,0	0,10	4,8	0,017	0,6	18,7	99,5
18	0,5	3,6	12,4	50,2	0,1	2,3	11,7	0,09	4,9	0,011	0,6	12,5	98,9
19	0,4	3,5	9,9	40,3	0,1	1,7	19,5	0,10	5,0	0,016	0,6	18,9	100,0
20	0,3	3,5	8,7	35,7	0,2	1,5	22,4	0,09	4,6	0,015	0,6	23,2	100,7

Çizelge 1.1 (devam). Toprak numunelerin ana oksit analiz sonuçları.

Örnek No	Na2O %	MgO %	Al2O3 %	SiO2 %	P2O5 %	K2O %	CaO %	MnO %	Fe2O3 %	Cr2O3 %	TiO2 %	LOI	TOTAL
21	0,5	7,6	8,0	40,2	0,1	1,6	18,3	0,07	4,1	0,010	0,5	20,0	100,9
22	0,3	6,8	9,3	46,5	0,0	1,7	10,8	0,06	5,2	0,020	0,5	19,5	100,9
23	0,7	3,7	11,4	49,4	0,1	2,1	13,5	0,11	4,3	0,014	0,6	13,9	99,8
24	0,2	3,7	6,1	26,4	0,1	0,9	32,3	0,08	3,7	0,011	0,4	27,4	101,4
25	0,5	16,5	3,1	29,5	0,1	0,7	20,3	0,05	1,7	0,213	0,0	29,2	102,0
26	1,2	4,1	10,1	42,7	0,2	1,8	16,2	0,10	5,4	0,015	0,6	17,6	100,1
27	0,4	3,4	6,8	36,0	0,1	1,2	26,7	0,08	4,1	0,018	0,5	20,8	100,2
28	0,4	2,8	7,6	34,1	0,2	1,1	28,5	0,10	4,4	0,019	0,6	20,2	99,9
29	0,5	10,1	1,4	26,6	0,2	0,4	28,8	0,04	0,9	0,0	0,1	33,6	102,5
30	1,0	11,5	5,3	37,6	0,2	1,6	19,0	0,07	2,6	0,0	0,3	21,6	100,9
31	1,5	2,6	14,3	65,3	0,1	3,0	3,5	0,09	3,7	0,0	0,5	4,4	99,1
32	1,2	2,7	13,3	62,0	0,1	2,9	6,1	0,09	3,8	0,0	0,5	5,9	98,7
33	1,0	4,8	15,9	57,0	0,2	2,1	4,2	0,12	7,2	0,0	1,0	5,3	99,0
34	1,2	4,5	13,4	61,1	0,5	2,5	4,2	0,11	5,5	0,0	0,8	5,7	99,4
35	0,7	4,7	13,9	58,8	0,1	2,9	2,9	0,10	6,2	0,0	0,7	9,2	100,1
36	0,9	2,7	15,3	64,3	0,1	2,6	2,7	0,08	4,9	0,0	0,6	4,5	98,8
42	0,7	4,3	14,5	56,9	0,1	2,5	4,1	0,13	6,8	0,0	0,9	8,8	99,8
43	0,7	3,9	14,9	58,3	0,1	2,7	3,4	0,13	6,7	0,0	0,9	8,1	99,9
44	0,9	3,8	11,8	55,3	0,1	2,5	8,9	0,09	4,7	0,0	0,6	11,1	99,8
45	0,6	4,6	11,1	49,7	0,1	2,4	11,9	0,10	5,6	0,0	0,6	12,9	99,7

Çizelge 1.1 (devam). Toprak numunelerin ana oksit analiz sonuçları.

Örnek No	Na ₂ O %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MnO %	Fe ₂ O ₃ %	Cr ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	LOI	TOTAL
46	1,7	2,4	12,8	61,1	0,1	2,7	6,3	0,09	4,4	0,0	0,5	5,2	97,3
47	0,3	4,5	9,7	40,2	0,1	1,6	17,0	0,10	7,1	0,0	0,7	18,9	100,2
50	1,4	4,4	16,1	54,9	0,3	1,8	6,8	0,14	8,7	0,0	1,2	3,2	99,0
51	1,7	2,6	16,1	60,5	0,2	2,2	4,9	0,11	5,9	0,0	0,8	3,3	98,3
52	1,4	3,3	15,0	55,3	0,3	1,9	8,3	0,13	6,9	0,0	1,0	5,4	98,9
53	0,8	3,4	15,3	57,3	0,1	2,4	4,8	0,10	6,0	0,0	0,7	8,4	99,4
54	0,9	3,5	12,0	46,5	0,2	2,0	14,6	0,12	5,8	0,0	0,7	13,4	99,7
62	1,1	3,9	14,8	52,4	0,3	2,0	8,1	0,15	9,2	0,0	1,5	3,7	97,3
63	1,6	4,0	15,0	56,8	0,3	2,2	6,7	0,13	7,3	0,0	1,1	2,9	98,0
64	0,7	4,3	12,3	52,2	0,2	2,4	8,7	0,11	5,9	0,0	0,7	12,3	99,9
65	0,7	3,7	12,4	55,3	0,1	2,5	8,5	0,10	5,0	0,0	0,6	10,3	99,2
66	0,5	4,6	9,6	41,1	0,1	1,5	18,6	0,09	6,2	0,1	0,8	16,9	100,1
67	1,4	2,9	12,0	57,9	0,1	2,7	9,9	0,08	4,3	0,0	0,5	7,1	98,9
68	1,8	1,2	11,0	68,5	0,1	4,7	4,5	0,07	1,9	0,0	0,3	4,8	98,8

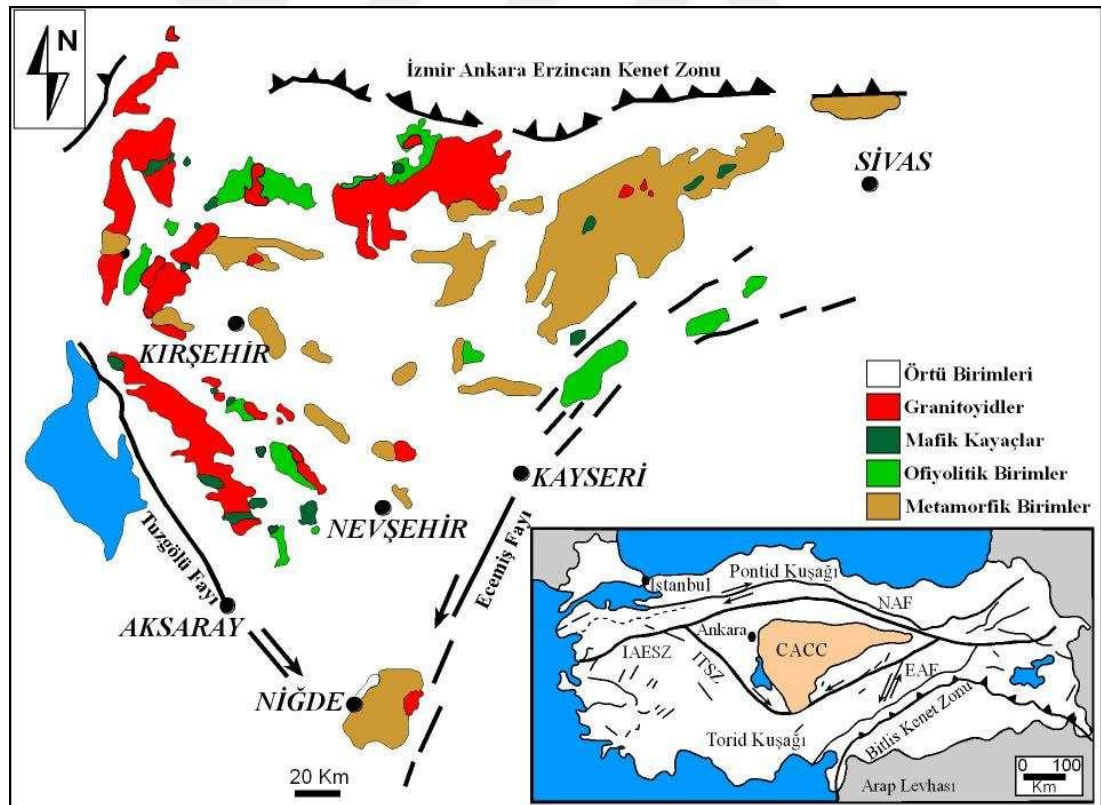
Çizelge 1.2. Toprak numunelerin iz element analiz sonuçları.

Örnek No	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm	As ppm	Co ppm	Mn ppm	Cd ppm	Pb ppm	Cr ppm
1	63,4	24,2	61,0	25,0	15,1	902,0	0,1	77,5	89,14
2	44,5	23,2	60,2	16,9	19,5	929,7	0,077	50,5	79,51
3	133,6	34,9	84,7	9,1	26,3	1008,7	0,11	45,9	119,45
4	154,8	42,4	93,4	8,6	38,6	1379,6	0,088	39,1	199,81
5	60,9	30,0	69,8	18,6	26,1	1035,3	0,087	59,2	68,11
6	113,2	26,1	68,4	7,7	20,6	1320,9	0,118	47,0	130,04
7	145,9	34,7	73,6	8,7	22,2	1146,4	0,118	46,4	149,09
8	261,9	36,8	73,5	11,9	25,2	741,8	0,133	59,4	290,03
9	84,3	29,5	70,4	22,6	24,7	886,3	0,097	71,1	79,97
10	112,3	30,1	67,6	6,4	17,5	1257,2	0,119	40,6	189,65
11	95,4	23,3	52,8	8,6	9,6	713,4	0,153	52,9	89,91
12	113,4	34,8	74,3	6,9	18,1	1001,6	0,135	43,1	110,95
13	146,4	32,3	68,9	7,2	20,6	1005,0	0,117	42,5	267,03
14	90,8	36,7	65,7	4,0	7,4	863,6	0,127	37,0	85,34
15	75,6	25,7	52,3	5,8	6,4	646,6	0,142	44,7	56,08
16	118,6	34,0	84,4	7,3	22,9	1300,1	0,125	45,8	149,39
17	101,1	28,6	67,7	5,5	16,7	953,4	0,122	38,1	119,24
18	68,9	31,6	78,5	5,1	20,8	901,8	0,094	32,8	72,59
19	97,6	31,1	72,0	5,6	17,8	957,8	0,115	35,7	109,22
20	97,6	35,4	69,8	4,7	17,5	906,6	0,121	36,2	105,58
21	88,2	26,9	62,2	13,5	14,4	713,0	0,108	57,7	70,61
22	141,0	31,7	64,3	4,4	29,3	554,6	0,094	29,3	134,64
23	75,9	29,1	65,0	7,1	18,5	1064,3	0,094	34,3	97,09
24	96,7	30,9	57,4	2,0	8,7	765,9	0,149	37,7	76,69
25	42,0	2,7	37,8	210,4	4,2	474,3	0,131	178,1	1457,34
26	130,9	33,8	73,4	8,7	24,3	1002,9	0,103	40,9	101,91
27	99,5	28,3	52,2	3,2	11,6	841,4	0,127	36,2	121,91
28	83,1	27,1	56,5	2,5	12,6	1025,7	0,133	33,1	130,72
29	36,6	8,7	26,2	50,5	nd	371,5	0,143	167,3	12,10
30	63,2	19,4	50,3	34,3	5,2	667,2	0,107	103,1	45,01
31	40,6	19,9	52,2	14,1	17,9	850,1	0,059	39,5	125,16
32	42,7	22,4	60,2	8,9	15,2	892,6	0,07	33,6	74,48
33	104,0	29,8	70,8	8,5	43,5	1195,3	0,071	34,9	147,35
34	80,1	29,7	65,6	12,4	32,3	1114,3	0,067	40,3	151,04
35	135,0	41,7	81,6	12,0	40,0	1037,7	0,073	41,1	128,47
36	43,3	25,3	56,3	9,7	26,6	827,2	0,06	30,2	126,60
42	130,4	44,0	88,7	8,6	44,4	1310,9	0,077	34,7	194,68
43	132,0	44,9	88,4	8,2	44,4	1309,5	0,073	33,5	201,41
44	107,8	34,0	67,8	10,6	23,2	944,3	0,083	40,5	111,15
45	181,5	40,4	73,0	13,3	25,5	1019,4	0,099	51,2	167,40
46	53,2	20,5	58,1	5,9	16,8	947,2	0,064	25,4	132,73
47	289,6	53,1	88,2	43,2	36,1	991,3	0,117	143,6	210,25
50	142,5	38,7	80,3	2,7	54,3	1443,8	0,074	24,3	245,10
51	49,9	24,3	61,0	1,4	30,7	1092,7	0,063	20,2	99,17
52	92,4	34,7	71,0	2,5	38,3	1267,5	0,077	24,6	170,48
53	91,6	29,8	78,7	7,9	32,0	975,0	0,074	31,1	114,77
54	93,5	35,7	76,6	4,2	27,9	1164,7	0,098	32,6	125,82
62	109,0	38,2	81,3	0,3	47,5	1458,1	0,085	21,2	180,67
63	95,5	27,6	66,2	1,9	41,8	1273,8	0,074	22,3	161,96
64	145,8	45,3	79,6	10,2	31,9	1065,6	0,087	38,8	123,80
65	101,2	32,4	63,8	13,7	24,7	1020,9	0,079	44,9	151,22
66	234,6	37,2	71,5	18,5	30,6	915,8	0,114	75,7	469,92
67	53,5	20,5	56,1	8,1	16,8	826,9	0,077	37,0	80,82
68	12,3	13,8	33,0	12,3	1,8	695,0	0,058	34,0	7,43

2. BÖLGESEL JEOLojİ

2.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)

OAKK, jeolojik olarak doğuda Ecemiş Fayı batıda Tuz Gölü Fayı, ve kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Sütür zonu ile sınırlanan, Sulakyurt, Yozgat, Sivas, Kayseri, Ulukışla, Aksaray, Şereflikoçhisar yerleşim merkezleri arasında kabaca üçgen biçimli bir alandır (Şekil 2.1). OAKK genel olarak dört kaya grubundan oluşur. Bunlar, Orta Anadolu Metamorfikleri (OAM), Orta Anadolu Ofiyolitleri (OAO), Orta Anadolu Granitoyidleri (OAG) ve Örtü birimleridir (Göncüoğlu vd., 1991; 1992; 1993). OAM, karmaşığın en yaşlı birimlerini oluşturur ve okyanusal kabuğa ait OAO olarak adlandırılan birimler tarafından tektonik olarak üzerlenir. Bu birimler, OAG ve daha sonra gelişen alkali magmatizma ürünleri tarafından kesilir. Bu topluluk, çoğunluğu sedimanter olan ve kısmen volkanik-piroklastik kayalardan oluşan örtü kayaları ile örtülür (Şekil 2.2; Erler ve Bayhan, 1995).



Şekil 2.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Kadioğlu vd., 2006'dan alınmıştır).

Yaş	Birim	Alt Birim	Litoloji	Açıklama
Tersiyer	Örtü			Kumtaşı, Volkanikler, Konglomera
Üst Kratese Paleosen		Volkanik		Riyolit- Riyodasit, Tüf, Kristal Tüf
Türkiye Kambriyen	OAO			S ve I tipi granitoidler İzotropik Gabro, Plajiogranit, Yastık Lav Diyabaz, Epi-okyanusal sedimentler
Üst Kratese		MOK		S-tipi granitoidler Meta bazalt blokları ve pelajik kireçtaşları ile meta olistostrom
Paleozoyik-Mezozoyik	OAM	Aşıldığı		Rekristalize pelajik kireç taşları, mermer Masif Mermer Dolomitik Mermer
		Kaleboyunu		Mermer, Amfibolit Şist, Kalk-silikatik Amfibolit Mika Şist
		Gümüşler		Biyotit-Muskovit Gnays Amfibol Gnays Sillimanit Biyotit Gnays
				Kuarsit Kalk-silikatik mermer
				Amfibolit Mermer Orto-Gnays

Şekil 2.2. OAKK'nın geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Göncüoğlu vd., 1994).

2.1.1 Orta Anadolu metamorfikleri

Orta Anadolu Kristalen Kompleksinde yer alan kendisi içerisinde düzenli bir istif sunan metamorfik kayalar, Orta Anadolu Metamorfikleri (OAM) olarak adlandırılmaktadır (Göncüoğlu vd., 1993) Metamorfikler Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde güneyde Niğde masifi, orta kısmında Kırşehir Masifi ve

kuzeydoğu bölümdeki metamorfik kütleler Akdağmadeni Masifi olarak tanımlanmıştır.

OAM birimleri, Seymen (1981) Kalkanlıdağ, Tamadağ ve Bozçaldağ formasyonları olarak; Göncüoğlu (1977) ve Göncüoğlu vd. (1991; 1992) tarafından Gümüşler, Kaleboynu, Aşıgediği formasyonları olarak adlandırılmaktadır. Bu birimler birbirinin eşleniği olarak kabul edilmektedir. Bu metamorfikler alttan üste doğru Gümüşler, Kaleboynu ve Aşıgediği metamorfikleridir. Tüm bu metamorfik kayalar ofiyolitler tarafından tektonik olarak üzerlenir ve granitoidler tarafından kesilmektedir. (Göncüoğlu, 1977; Göncüoğlu vd., 1991; Göncüoğlu vd., 1993).

Kırşehir masifinde metamorfizma ve magmatizma yaş ilgili araştırmalar Niğde masifine oranla daha fazladır. OAM yapılan genel ve bölgesel çalışmalarda metamorfik birimlerin yaşlarına ilişkin zıt görüşler günümüze kadar devam etmektedir. Araştırmacıların bir kısmı Seymen'de (1985) tartışıldığı gibi, metamorfik kayaların çökme ve metamorfizmasının Mesozoyik öncesi olduğunu savunurken, Ketin (1956) masifin oluşum ve metamorfizmasını Laramiyen fazı ile tamamladığını öne sürmektedir (Göncüoğlu, 1985).

OAM' nin alt kesimini Gümüşler metamorfik kayaları oluşturmaktadır. Gümüşler metamorfikleri çeşitli tiplerde gnays, şist ve kuvarsitlerden oluşmaktadır. (Göncüoğlu vd., 1993). Birim Seymen (1981)' in Kalkanlıdağ Formasyonu'nun eşleniğidir. Bu birim çalışma alanı ve yakın civarında gözlenmemektedir.

Kaleboynu metamorfikleri Gümüşler metamorfiklerinin üzerinde yer alır ve mermer bantları, mikaşist kalsilikat mermer, biyotit gnays-kuvarsit ve amfibol şist ardalanmaları oluşturur (Göncüoğlu vd., 1993). Bu formasyonun ismi Niğde yöresindeki Kaleboynu Tepe'den (Niğde) gelmektedir (Göncüoğlu vd., 1991). Birim Göncüoğlu (1977) ve Göncüoğlu vd. (1991; 1992)' nin Kaleboynu Formasyonu, Seymen (1981)' in Tamadağ Formasyonu'nun eşleniğidir. Tamadağ metamorfiti Aksaray'ın kuzeydoğusunda Hamamboğazı deresinde yüzeylenir (Yıldız vd., 2014; Güllü, 2003).

OAM 'nın en üst düzeyi Aşıgediği metamorfikleri oluşturmaktadır. Adını Niğde yöresindeki Aşıgediği Tepeden alır (Göncüoğlu vd., 1993). Birim kalın tabakalı, gri-

boz renkli iri kalsit kristallerinden oluşan mermerler ile temsil edilmektedir. Birim Göncüoğlu (1977) ve Göncüoğlu vd. (1991;1992)' nin Aşığediği formasyonu ile Seymen (1981)'in Bozçaldağ Formasyonu'nun eşleniğidir. Bozçaldağ metamorfikleri Aksaray'ın kuzeydoğusunda Hamamboğazı deresinde yüzeylenir (Yıldız vd., 2014; Güllü, 2003).

2.1.2 Orta Anadolu ofiyolitleri

Orta Anadolu Metamorfitlerini tektonik olarak üzerleyerek gelen Orta Anadolu Ofiyolitleri, supra-subduction tipi okyanusal kabuk birimleri ve bunlarla ilişkili ensimatik yay kayalarıdır ve başlıca ultramafitlerden, tabakalı gabrolardan, izotrop gabrolardan, levha-dayk kompleksinden, yastık yapılı lavlardan ve epi-ofiyolitik çökel kayalarından oluşmaktadır (Yalınız vd., 1996). Bu kayaçlar Orta Anadolu Granitoyidleri tarafından sıcak dokanak ile kesilmiştir. Birim bazen granitoyidler içerisinde mega-anklavlar şeklinde de görülebilmektedir (Türel vd., 1993). Birim Mamasun (Aksaray) (Dönmez vd., 2005, Göncüoğlu ve Türel 1993, Ayhan ve Papak, 1988), Çiçekdağı (Yalınız vd., 2000), Kurancalı (Toksoy-Köksal vd., 2001) ve Sarıkaraman'da (Yalınız vd., 1996, Yalınız vd., 2000) yüzeylenirler. Ancak bu birimlerden bazılarının (örneğin Mamasun yöresi ofiyolitleri) ofiyolit olmadığı, bunların bazılarının manto kökenli intrüzif gabro türünde kayaçlar olduğu yönünde çalışmalar da bulunmaktadır (Kadıoğlu ve Güleç; 1995; Güllü, 2003; Güllü ve Yıldız, 2012).

OAO' ne ilişkin yaş çalışmaları, yastık lavlar arasında çökelmiş pembe-kırmızı pelajik kireçtaşlarında tespit edilmiş fosil faunasından gelmektedir. Sözü edilen fosil topluluğu birime Orta Turoniye öncesi bir yaş vermektedir (Göncüoğlu vd., 1992; Yalınız vd., 1996).

2.1.3 Orta Anadolu granitoidleri

Orta Anadolu Granitoyidleri (OAG), petrolojik, jeolojik ve jeokimyasal özellikleri itibarı ile çarpışma tipi granitoyidler olup, genel itibarı ile monzogranit, kuvars monzonit ve granodiyorit bileşimleri ile karakteristik kayaçlardan oluşmaktadır (Erler ve Bayhan, 1995). OAG, doğu, batı ve kuzey grubu şeklinde üç ana gruba ayrılmıştır (Erler vd., 1991; Akıman vd., 1993). Doğu Grubu Granitoyidleri, OAKK'nın

içerisinde doğu kenar boyunca yerel alanlarda meydana gelen ve metamorfik kütleler içerisinde plütonları içeren kuşaktır. Bu kuşaktaki önemli plütonlar; Akdağmadeni masifi dahilindeki Akçakışla, Bayramali (Tülümen 1980; Sağiroğlu, 1982) ve Niğde masifi dahilindeki Üçkapılı Plütonlarıdır (Göncüoğlu, 1977; 1981). Bu granitoidler genel olarak monzogranit-kuvars, monzonit-granodiyorit bileşimindedir.

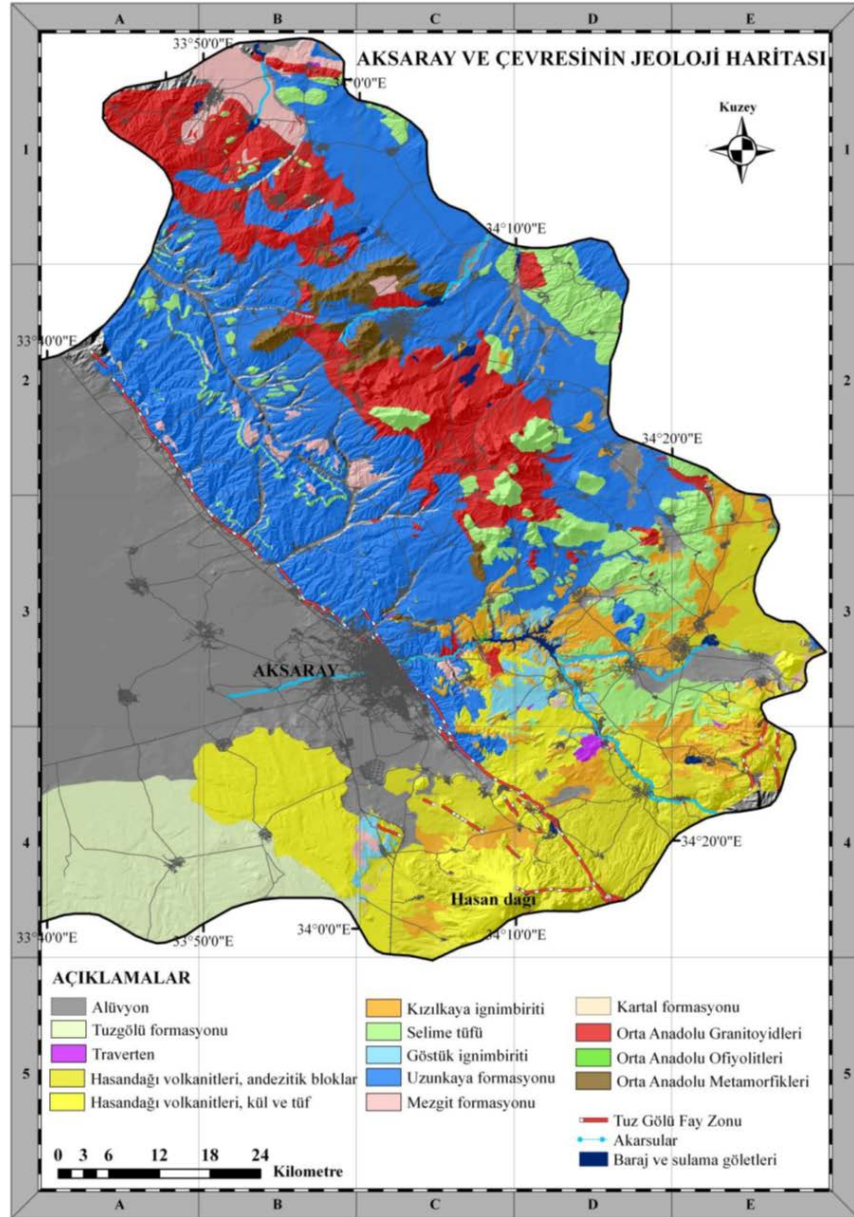
Batı Grubu Granitoidleri, OAKK'nin batı kenarı boyunca, kuzeyde Sulakyurt'tan güneyde Aksaray'a kadar uzanmaktadır. Bu kuşak kendi içerisinde dış kuşak ve iç kuşak olarak ikiye ayrılmıştır (Erler ve Bayhan, 1995). Dış kuşak granitoidleri, Sulakyurt, Karacaali, Keskin, Behrekdağ, Çelebi, Ağaören ve Ekecikdağ plütonlarını kapsar. İç kuşak granitoidleri ise; Çiçekdağı, Fatmakadın Tepe, Baranadağ, Cefalıkdağ, Fakih, Dedeli, Terlemez ve Gümüşkent plütonlarını kapsar (Erler ve Bayhan, 1995). Kuzey Grubu Granitoidleri, Şefaatali, Sorgun, Osmanpaşa, Yerköy, Yozgat yörelerinde yüzeylenmektedir (Dalkılıç ve Erler, 1986; Erler vd., 1991; Boztuğ, 1994). Bu bölgede Yerköy, Şefaatali, Yozgat, Kerkenez, Karlı Tepe, Ocaklı, Gelingüllü ve Sivri Tepe plütonları tanımlanmıştır (Erler ve Göncüoğlu, 1995).

Bu granitoidler üzerine Üst Paleosen ve Lütisiyen yaşlı sedimanter kayalar gelmektedir. Bunlar sedimanter kayalarla örtüldükleri için, sokulum yaşlarının Üst Paleosen öncesi olduğu bilinmektedir (Oktay, 1981). Bununla birlikte OAG üzerinde yapılan radyometrik yaş verilerine göre batı grubu 54 My (Baranadağ Plütonunda Toplam Pb yöntemi, Ayan, 1963) ile 110 ± 14 My (Ağaören plütonunda Rb-Sr yöntemi, Güleç, 1994) arasında, kuzey grubu $68 \pm 0,3$ (Yozgat Batolitinde K-Ar yöntemi, Boztuğ vd., 2009) ile $80,0 \pm 0,2$ My (Sarıhacılı plütonunda Ar-Ar yöntemi, Boztuğ vd., 2009) arasında ve Doğu grubu $42,4 \pm 4$ My (Kösedağ plütonunda Rb-Sr yöntemi; Kalkancı, 1974) ile $109-110 \pm 5$ My (Murmano plütonunda Rb-Sr yöntemi, Zeck ve Ünlü, 1987) arasında değişen yaşlar vermektedir.

2.1.4 Örtü birimleri

Temel kayaların üzerine gelen örtü birimler Üst Kampaniyen'den Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimler ve Üst Eosen'den günümüze kadar da karasal, gölsel ve volkanik çökeller oluşturur (Ünlütürk, 2000). Çalışma alanında gözlenmemesine rağmen bölgenin genel stratigrafik istifinde alttan üste doğru Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK), Kartal formasyonu, Mezgit formasyonu, Uzunkaya formasyonu,

Göstük ignimbiriti, Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı külleri, Traverten ve alüvyon formasyonlarından oluşur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA, 2005).

2.1.5 Kartal formasyonu

Birim ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından Kartal Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Temel birimlerini uyumsuzlukla örten, Üst Kampaniyen'den günümüze kadar farklı dönemlerde çökelmiş denizel, karasal ve gölsel örtü çökelleri gelir. Formasyon Tuz Gölü fayı boyunca yüzeyleşmiş olan bordo

- kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Az miktarda da granit ve metamorfik kayalardan türeyen çakıllar bulunmaktadır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıl boyları 0,5 - 20 cm arasında değişmekte, üst seviyelere doğru tane boyu küçülmektedir (Akıl, 2008). Formasyonun üst kesimlerinde kötü boylanmalı ve gevşek çimentolu kumtaşı-çamurtaşı ardalanması gözlenir.

Kartal formasyonu geniş bir kıyı düzlüğünde çökelmiş olan akarsu çökellerinin zaman zaman deniz etkisi altında kalmasıyla oluşmuştur (Öney, 1999). Birim Mezgit formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir.

2.1.6 Mezgit formasyonu

Tromp 1942, tarafından Mezgit grubu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon, karasal çakıltası, kumtaşı ve yer yer jipsli seviyelerle temsil edilen birim, çalışma alanında en geniş alanı kaplamaktadır. Formasyonun çakıltası ve kumtaşı seviyenin üzerine kalın tabakalı jipsler gelmektedir. Birimin hakim renk tonları sarı ve kahverengidir. Formasyonun karasal çakıltalarla temsil edilen alt seviyeleri en iyi Dorukini Köyü güneyinde mostra verirken, jipsli seviyeleri ise en iyi Aksaray-Ihlara yolu üzerinde Kireçlik Mevkii'nde gözlenmektedir (Güllü, 2003). Çakıltası içerisinde inceleme alanının taban birimlerine ait daha yaşlı gabbro, ofiyolit, granit, diyabaz, bazalt ve Lütetiyen yaşlı kireçtaşı çakılları yer almaktadır. Tabanda gözlenen bu konglomeralar orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, derecelenmesiz ve iyi çimentolanmıştır (Yıldız vd., 2002). Birim akarsu ve göl ortamında teşekkül etmiştir.

Dış görünümü sarı- kahverengi olan Mezgit formasyonunun orta seviyelerini oluşturan çakıltaları ise çoğunlukla magmatik çakıllarının yanı sıra Eosen yaşlı kireçtaşlarına ait çakıllarda içermektedir. Orta seviyeleri oluşturan bu çakıltaları, orta-iri taneli, gevşek tutturulmuş olup kötü boylanmalıdır (Güllü, 2003).

Birimin içerisinde kaba taneli, gevşek çimentolu olarak gözlenen kumtaşı seviyeleri de yine aynı kökenli kayalardan türeyen malzemelerden oluşmuştur. Mezgit formasyonu içerisinde gözlenen evaporitli seviyeler ise beyaz-yeşilimsi beyaz anhidrit ile ince-orta tabakalı jipslerden meydana gelmektedir.

Tabandan tavana doğru litoloji özellikleri dikkate alındığında yüksek enerjili akarsu ortamından, göl ortamına geçişi temsil ettiği düşünülen birimin içerisinde yaş verisi sağlayacak herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır (Yıldız vd., 2002). Ancak içerisinde Eosen kireçtaşı çakıllarını bulundurması ve Alt Pliyosen yaşlı Uzunkaya formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülü olması, birimin yaşının Oligo-Miyosen olabileceğini göstermektedir (Yıldız vd., 2002).

2.1.7 Uzunkaya formasyonu

Beekman 1966, tarafından Karakaya Formasyonu olarak isimlendirilen, birim çalışmalarda Uzunkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Uzunkaya Formasyonu iki üyeye ayrılmaktadır Birim, bölgede Hamamboğazı derenin her iki yamacında ve Dorukini Köyü civarında, Mezgit formasyonunun üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir (Güllü, 2003). Formasyon Karakaya üyesi ve Tekmezartepe üyesi olarak ikiye ayrılır.

Karakaya tepe üyesi Selime köyünün 1 km batısında Karakaya tepede tipik olarak gözlenir ve sarımsı, yeşilimsi ve kahverengi renklerdeki volkanik malzemeli tüf, tüfit, kumtaşı, çakıltası ve kıltaşı gibi kırıntılarla karakteristiktir (Göçmez 1994). Tekmezar tepe üyesi ise açık sarı beyaz renkli killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Karakaya tepe üyesi üzerine uyumlu olarak gelen bu birim bol bitki izli ve gastropoda fosilleri de içermektedir (Yıldız vd., 2002).

2.1.8 Göstük ignimbiriti

Bu Formasyon en iyi yuzyelediği yer Göstük yöresi olduğu için ilk kez Beekman (1966) tarafından Göstük İgnimbiriti olarak adlandırılmıştır. Göstük, Kızılkaya ve Selime köyleri çevresinde ve Melendiz çayı boyunca gözlenmektedir. Bu birim beyaz, gri, pembe dış görünüşe sahip bir birim olup asidik bileşimdedir. Göstük ignimbiritinin çok sayıda irili ufaklı pumıs parçaları içermesi, ve peri bacaları benzeri yapılar oluşturması ile karakteristiktir (Güllü, 2003).

Birimin alt seviyelerde yaklaşık 1.5- 3 m arası beyaz renkli ve ince taneli vitrik tüfle başlar, üste doğru ignimbirit özelliği kazanarak devam eder. Düşük mukavemetine sahip olan birim kolay oyulması ve kesilip işlenmesi nedeniyle bölge halkı tarafından depo olarak ve binalarda yapı ve kaplama (süsleme) taşı olarak da kullanılmaktadır.

2.1.9 Selime tf

İlk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılmış olan bu birim beyazımsı-gri, beyaz, sarımsı-pembe ve pembe renkli çoğunlukla silt ve kil boyu küllerden, iyi yuvarlaklaşmış kayaç içerisinde heterojen dağılım gösteren pmis parçalarından, kuvars parçacıklarından ve genellikle volkanik kayaç taneleri başta olmak üzere çeşitli kırıntılılardan oluşmuştur. Birimin kalınlığı bir kaç metreden 100 metre kalınlıklar arasında olabilir. Tüflerin zerine gelen Kızılıkaya ignimbiritleri ile birlikte aşındıklarından dolayı masa şekilli tepeler olarak görülürler (Göçmez, 1994). Selime Tf muhtemelen volkanizma sonucu ortaya çıkan piroklastik malzemelerin gölsel bir havzada çökelmesi sonucu oluşmuşlardır. Selime tf kötü boylanmalı, köşeli, heterojen bir dağılım gösterirler. İçerdikleri pumis parçacıkları ortalama 2 cm – 3 cm arasında değişen aplardadır ve gaz boşluklu görünüm verirler (Yılmaz vd., 2009). Birim Kızılıkaya ignimbiriti ile uyumlu olarak rtlmekte Uzunkaya formasyonu üzerine de uyumsuz olarak gelmektedir (Göçmez, 1994).

2.1.10 Kızılıkaya ignimbiriti

Beekman (1966) tarafından isimlendirilmış birim en iyi İhlara kasabası ve çevresinde gözlenir. Jeomorfolojik olarak topoğrafyada mesa tepeler şeklinde görünümleriyle karakteristik olan ignimbiritlerin taban seviyelerde, boyutarı 30 cm'ye varan süngertaşı parçaları içerir. Orta seviyeleri, pembemsi gri renkte, andezit ve bazalt akıllarıyla kaynaklı birimin üst seviyelerinde tam tutturulmamış volkanik çakıllar gözlenmektedir. Genel olarak beyaz ve açık gri renkli, bozunma yüzeyleri ise pembemsi olup, riyodasit ile andezitik bileşimlidir. İhlara vadisi olarak bilinen dar kanyondaki vadide ignimbiritlerin kalınlığı yaklaşık 60 m'yi bulur. Soğuma çatlakları nedeniyle stunsu bir yapıya sahiptir, soğuma çatlakları boyunca gelişen kırık ve çatlak düzlemleri boyunca kaya düşmeleri gözlenir (Göçmez, 1994).

Birim, genç tektonizmadan oldukça etkilenmiştir. KB-GD gidişli Tuz Gölü Fayının doğrultusuna paralel konumlu eğim atımlı normal faylarla kesilmiştir. Fay düzlemi BGB yönünde eğimlidir. Basamak şeklinde fay topoğrafyası, özellikle Boğazkaya Köyü civarında tipik olarak izlenmektedir (Yıldız vd., 2002).

2.1.11 Hasandağı volkanitleri

Hasandağı külleri gölssel çökelleri ile volkanizma ürünü birimlerin aralanmasından oluşmuştur. Birim bölgede pliniyen-sub-pliniyen türü patlamalı volkanizma sonucunda oluşmuş (Çalışkanoğlu vd., 2016). Beyaz gri, gri tonlarda gözlenen birim değişik boyutlarda bloklar, kül ve volkan bombaları içermektedir. Birimin yaşının 0,58-0,08 milyon yıl olduğu belirtilmiştir (Ercan vd., 1992). Birim Hasan Dağı'nın batı-kuzeybatı yamaçlarında oldukça geniş bir alanda yayılım gösterir.

2.1.12 Traverten

Bünyesinde serbest bulunan karbondioksit sıcak ve mineralli yeraltı suları yüzeye doğru hareket ederken temasta bulundukları bölgelerdeki kalsiyum karbonatı (CaCO_3) eriterek taşır. Suda erimiş halde bulunan kalsiyum karbonat çok ince katmanlar halinde kayaların üzerine çöker ve travertenleri oluşturur. Bölgede travertenler Yaprakhisar ve çevresi en yaygın olarak gözlenmekte olup, beyazımsı sarı renkli ve boşluklu bir yapıya sahipler. Kalınlıkları 1-30 m arası değişmektedir. En kalın gözlendiği yer Yaprakhisar batısındaki Karşıbayır sırtıdır.

Travertenler Selime tüflerini üzerlemektedir. Suların çıktığı tüfler içerisindeki çatlaklardan gelerek yüzeye ulaşan sıcak sular, zamanla buralarda kalınlıkları 30-40 cm den bir metreye ulaşan kalsit damarları oluşturmuşlardır. Bu oluşuklar sıcak suların yüzeye çıktığı Yaprakhisar ve çevresinde yaygındır. Kırık ve çatlaklardan su çıkışları devam ettiği sürece traverten oluşumları devam etmektedir. Travertenler çökdikleri topoğrafyaya uygun bir eğim göstererek yayıldıkları alandaki tüm birimleri örtmektedir (Göçmez 1994).

2.1.13 Tuzgölü formasyonu

Tuz Gölü ve yayılım alanı boyunca topoğrafyanın düz olduğu alanlarda çökelim gösteren birim en altta tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil fasiyesi ile başlar, karbonatlı, sülfatlı ve jipsli seviyeler içeren alüvyon yelpazesi çökelleri ile devam eder. Birim Ulu vd. (1994), tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmış ve yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

Formasyon görsel özellikte olup, tabanda kötü boylanmış ve iyi yuvarlaklaşmış çakıl-kum fasiyesi ile başlar. Çakıllar genelde tane desteklidir ve kum matriks içerir (Kavurmacı, 2013). Bunların üzerinde açık yeşil – beyaz renkli kil çökellerinden oluşan kum-silt fasiyesi yer almaktadır. Bu killerin, yayılımları yüzlerce metreyi bulan, mercek şekilli yaygılar halinde jips ara tabakaları da içerir (Ulu vd., 1994). Bunların üzerine ise kireçtaşı – kıltaşı ile birlikte yatay tabakalı kum - silt fasiyesleri gelmektedir. Tuz Gölü yayılım alanı içerisinde hakim litoloji kil olup, killeri içerisinde heterojen dağılım gösteren karbonatlı kum seviyeleri ve yer yer sarımsı - bej renkli bol kırık çatlaklı ince tabakalı marnlı seviyelerde gözlemlenir (Kavurmacı, 2013).

2.1.14 Alüvyon

Periyodik olarak farklı enerji seviyelerine sahip akarsuların yüksek kotlardan diğer birimlerin aşınması sonucu getirdiği gevşek, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil malzemeden oluşmuş alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi, yeşilimsi, gri renklidir. Melendiz akarsuyu ve yan kolları boyunca çökelen birim, Aksaray'ın batı kesimleri ile KB - GD uzanımlı fay sistemleri arasında yaygın dağılım gösterir. Alüvyonun kil içeriği bölgeye göre farklılıklar içerir. Yaşı Holosen olup, oluşumu halen devam etmektedir (MTA, 2005).

2.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının en önemli tektonik yapısı eğim atımlı normal fay niteliğindeki KB-GD gidişli Aksaray-Koçhisar fay zone olarak bilinen Tuz Gölü Fayıdır (TGFZ). Bu fay bazı araştırmacılar tarafından doğrultu atımlı sağ yanal fay olarak tanımlanmıştır. Tuz Gölü'nün kuzeyinden başlayıp Niğde'nin Kemerhisar ilçesine kadar devam eden TGFZ K 25-60 B doğrultusunda, yaklaşık 190 - 200 km. uzunluğunda ve 5 - 25 km. genişliğe sahiptir (Kürçer vd., 2012). TGFZ'nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman (1978), Uygun vd. (1982), Görür vd. (1984), Çemen vd. (1999) fay zoneunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken; Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen; Dellaloğlu ve Aksu, (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd. (1985) ve Şaroğlu vd. (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd. (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen'de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve

Göncüoğlu (1993), Dirik ve Göncüoğlu (1996), Çemen vd. (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer vd. (2012) ise çalışmasında TGFZ'nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan atım açısı; 75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zone olduğunu savunmuştur.

İnceleme alanında yer alan diğer önemli bir tektonik unsur TGFZ'yı dik konumda kesen Sultanhanı fayıdır (Yıldız vd., 2002). Fayın doğrultusu DKD-BGB dır. Bölge için önemli diğer bir yapısal unsorda KB-GD doğrultulu Ihlara Vadisi boyunca uzanan Ihlara fayıdır (Yıldız vd., 2002).

Çalışma alanı alüvyonlar üzerinde yer alır. Çalışma alanı yakın çevresinde herhangi bir yapısal unsur gözlenememektedir.

3. JEOİSTATİSTİK

Jeoistatistik mekansal ya da zamanmekansal veri kümelerine odaklanan istatistiğin bir dalıdır. Geoistatistiğin gelişimi çevre sorunları (toprak ve su kirliliği), petrol rezervuarlarının modellenmesi, jeolojik oluşumların özellikleri (gözeneklilik, geçirgenlik vb.), maden yataklarının modellenmesi, toprak ve bitki örtüsünün çeşitli özellikleri, yağış, hava sıcaklığı gibi farklı alanlarda devam etmektedir (Saveliyev vd., 2012).

Büyük ölçekli yani büyük miktarlarda data içeren çalışmalar son derece maliyetli ve zaman alıcıdır. Bu nedenle genellikle farklı lokasyonlardan o lokasyonu temsil edecek kadar örnek alınması yolu ile bölgenin incelenmesi yapılır. Bu durum hem zaman hem maliyet kaybının önüne geçmek için yapılmaktadır. Örnek alınmayan ve/veya alınamayan lokasyonlar, toplanan örnekler üzerinden tahmin hesaplamaları yapılarak incelenir. Tahmin hesaplamaları jeoistatistik yöntemler kullanılarak yapılır. Bir jeoistatistik analize başlamadan önce elde edilen verilerin yeterli olup-olmadığı ve normal dağılıma uyup uymadığı gibi tanımlayıcı istatistik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bir veri setinin sonuçlarının özet istatistiği hem sayısal olarak hesaplanabilir hem de grafiksel olarak ifade edilebilir. Veri setinde sayısal olarak merkez eğilimi ölçülerinden olan ortalama, medyan, mod değişimi veya dağılım ölçülerinden olan çarpıklık ve sivrilik hesaplanarak verinin dağılımı hakkında bilgi elde edilir. Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre basıklık ve çarpıklık değerleri + 1.5 ve -1.5 değerler arasında yer alıyorsa verilerin normal dağıldığı kabul edilir. Olasılık grafikleri ve histogram ise verilerin dağılımının grafiksel olarak yorumlanmasında kullanılır. Normal dağılıma uymayan bir veri seti transformasyon yolu ile normal dağılıma getirme yoluna gidilebilir. Değişik normal dağılım transformasyon yöntemleri vardır, örneğin yöntemlerden birisi verilerin logaritmalarının alınmasıdır (Ersoy, 2008).

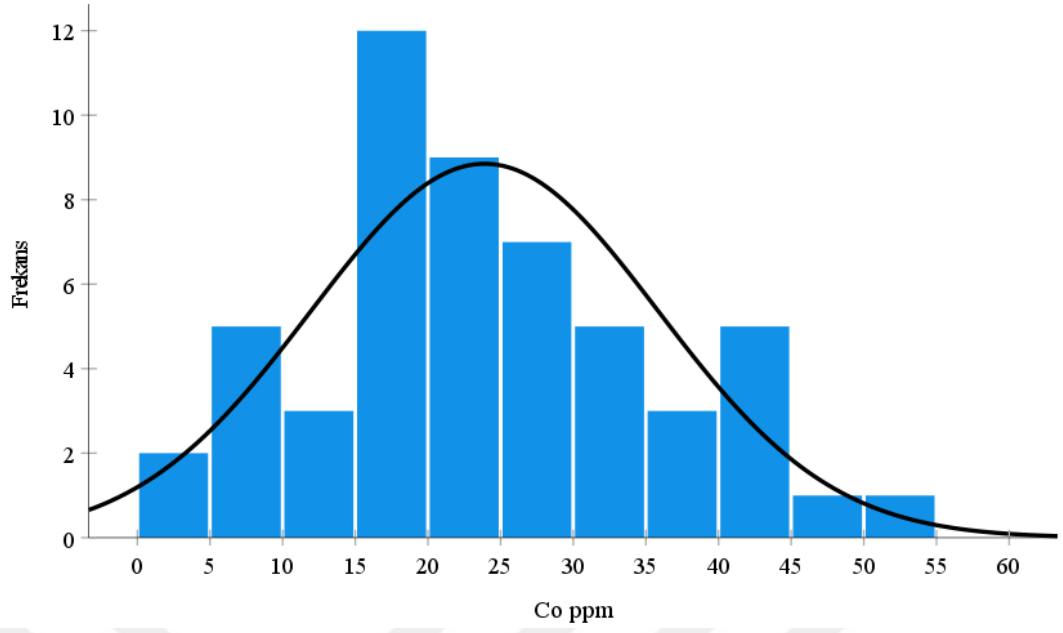
Bu çalışmada, ilk önce her bir elementin tanımlayıcı istatistiki bilgileri (ortalama, mod, medyan) ve dağılım ölçülerden olan (çarpıklık, basıklık) hesaplanmıştır. Daha sonra bu elementlere ait histogram, Q-Q plot ve boxplot grafikleri çizilmiştir. Buna göre verilerinin sayısal ve grafiksel olarak yorumlanarak, elementlerinin dağılımının hakkında bilgileri aşağıda verilmiştir.

3.1 Kobalt (Co)

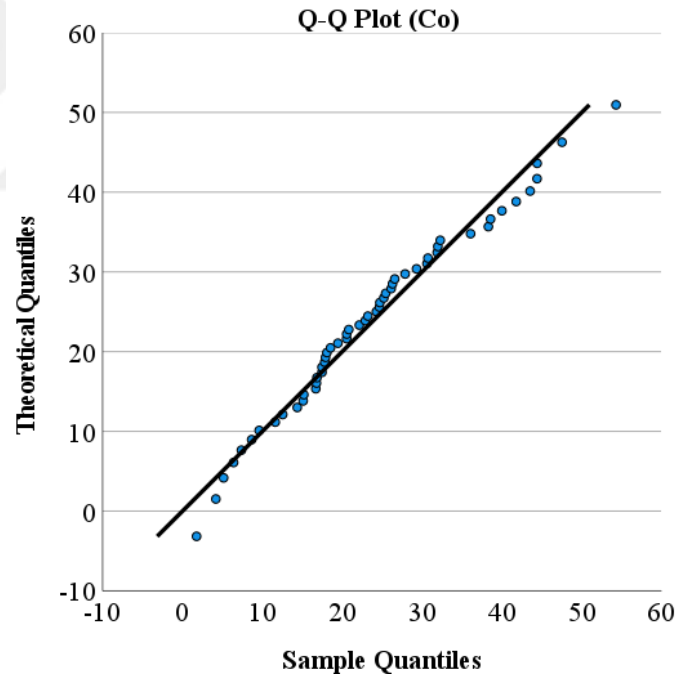
Çalışma alanındaki topraklarının Co ortalama, medyan ve mod değerleri sırasıyla 23.90, 22.91 ve 1.77 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 11.94, en büyük değeri 54.31, en küçük değeri ise 1.77 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1). İncelenen Co elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikleri aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi Co elementine ait veriler, normal dağılıma göre daha basık ve hafif sola çarpıktır (Şekil 3.1). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.2). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında bir adet uç (aykırı) değer gözlenmektedir (Şekil 3.3). Bu uç değer 50 numaralı örneğe karşılık gelmektedir. Ayrıca Co elementinin çarpıklık katsayısı 0.435 ve basıklık katsayısı -0.185 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.1. Co elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

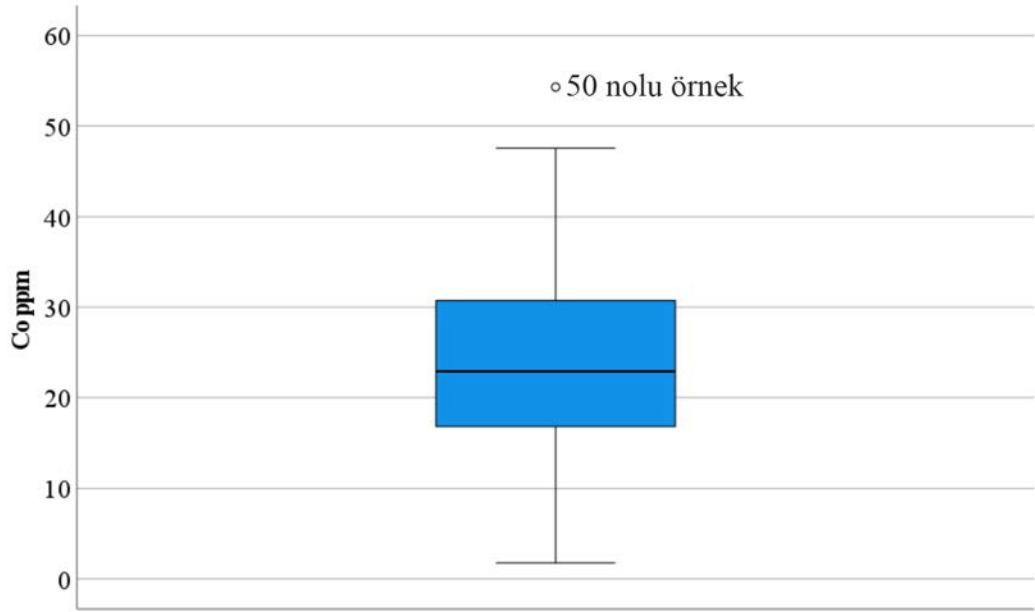
Cobalt (Co)	Ortalama	23.9
	Medyan	22.91
	Mod	1.77
	Standart sapma	11.94
	Çarpıklık	0.435
	Basıklık	-0.185
	Minimum	1.77
	Maksimum	54.31



Şekil 3.1. Co elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.2. Co elementine ait Q-Q plot grafiği.



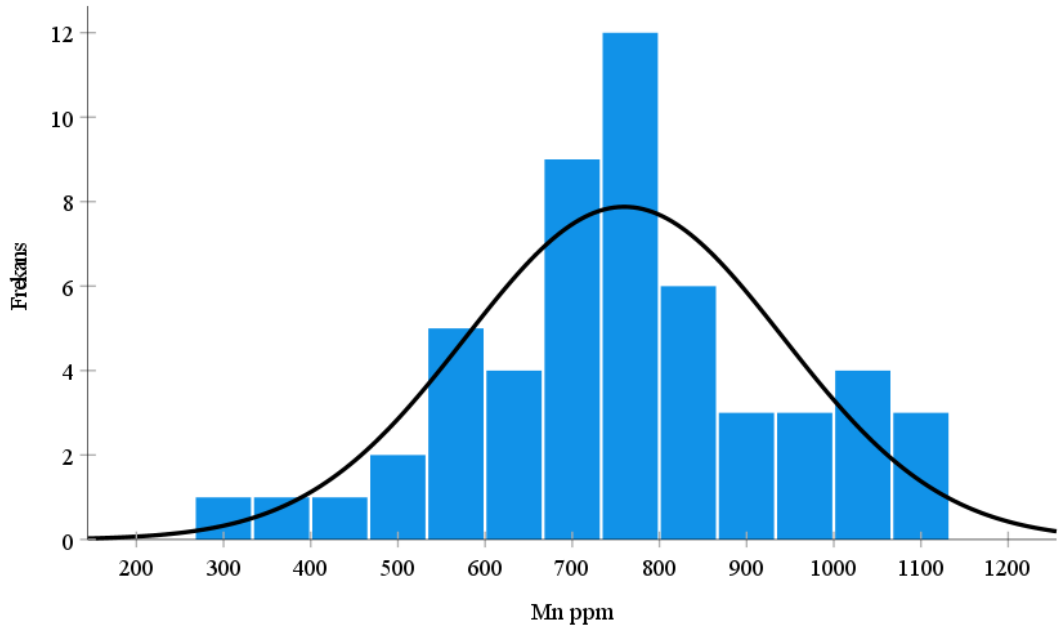
Şekil 3.3. Co elementine ait boxplot grafiği.

3.2 Manganez (Mn)

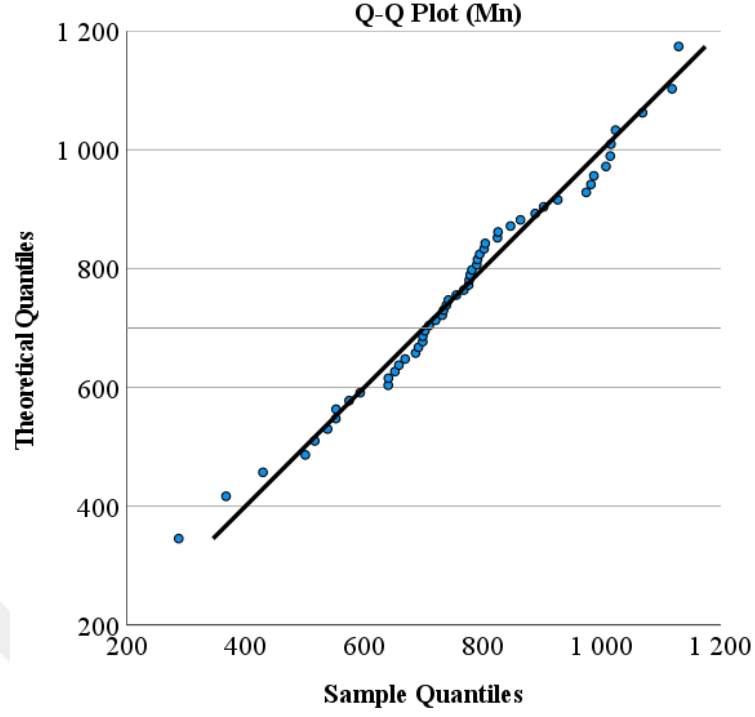
Çalışma alanındaki topraklarının Mn ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 759.80, 761.40 ve 287.69 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 182.29, en büyük değeri 1129.20, en küçük değeri ise 287.69 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.2). İncelenen Mn elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi verilerin dağılımı normal dağılıma göre daha sivri ve hafif sağa çarpıktır (Şekil 3.4). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.5). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında bir adet uç (aykırı) değer gözlenmektedir (Şekil 3.6). Bu uç değer 29 numaralı örneğe karşılık gelmektedir. Ayrıca Mn elementinin çarpıklık katsayısı -0.144 ve basıklık katsayısı 0.117 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.2. Mn elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

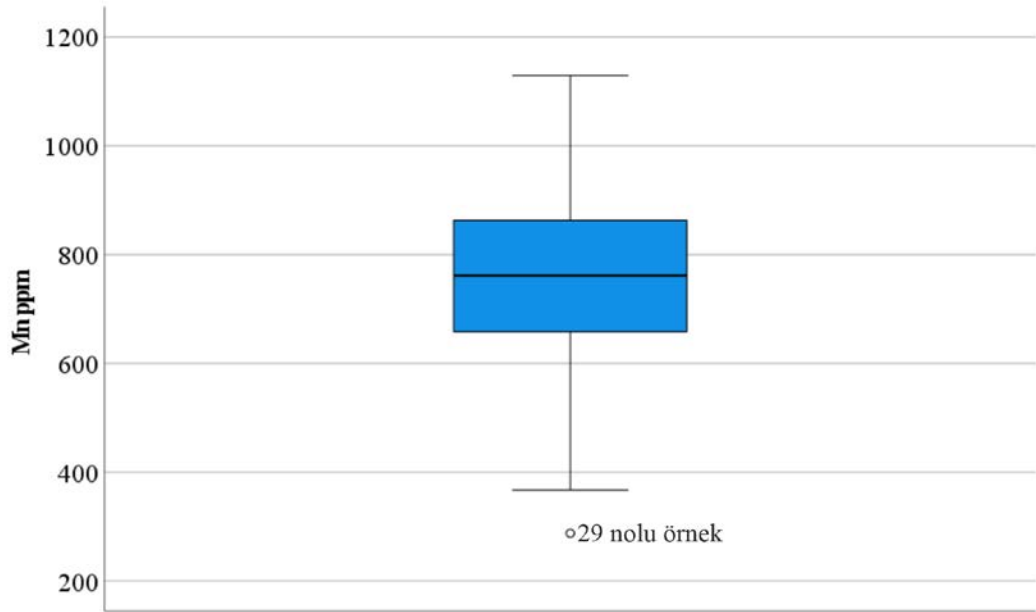
Mangan (Mn)	Ortalama	759.8
	Medyan	761.4
	Mod	287.69
	Standart sapma	182.29
	Çarpıklık	-0,144
	Basıklık	0.117
	Minimum	287.69
	Maksimum	1129.2



Şekil 3.4. Mn elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.5. Mn elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.6. Mn elementine ait boxplot grafiği.

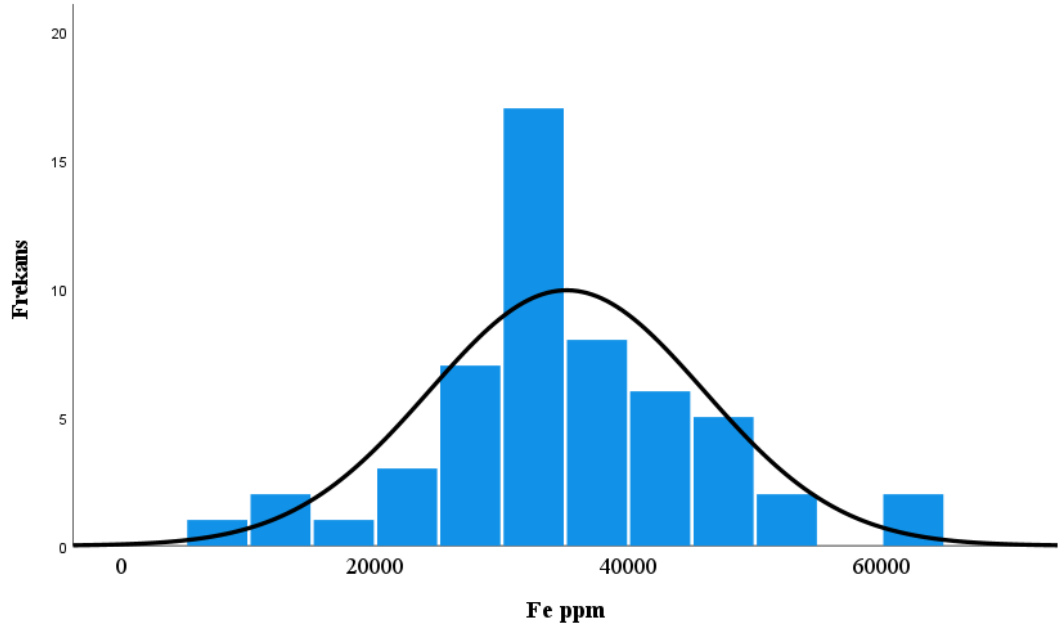
3.3 Demir (Fe)

Çalışma alanındaki topraklarının Fe ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 3110.10, 34118.55 ve 6309.83 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 10849.50,

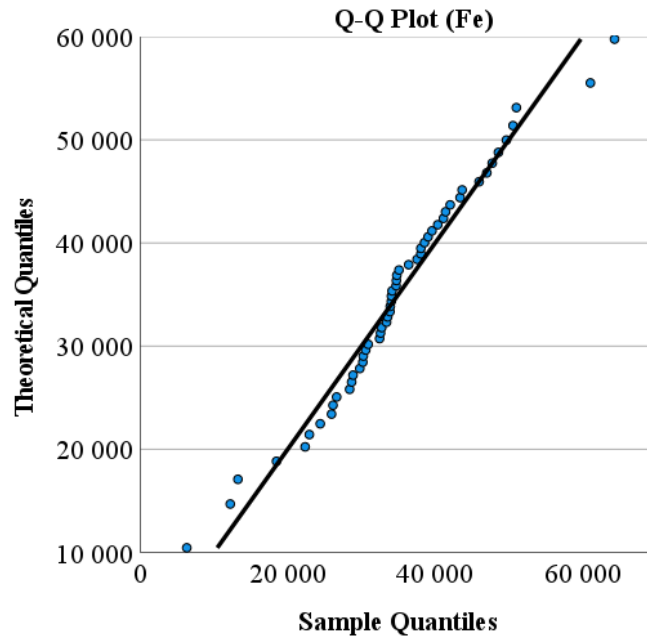
en büyük değeri 64343.17, en küçük değeri ise 6309.83 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.3.). İncelenen Fe elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi verilerin dağılımı normal dağılıma göre daha sivri ve hafif sola çarpıktır (Şekil 3.7). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.8). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında dört adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.9). Bu uç değerler 29, 30, 50 ve 62 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Fe elementinin çarpıklık katsayısı 0.055 ve basıklık katsayısı 1.116 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.3. Fe elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

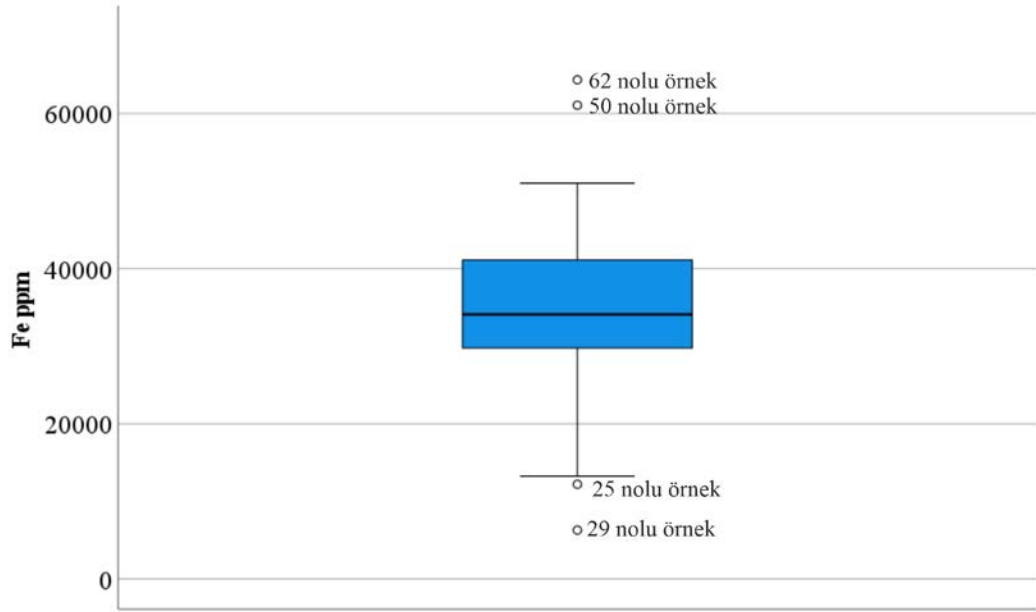
Demir (Fe)	Ortalama	35110.10
	Medyan	34118.55
	Mod	6309.83
	Standart sapma	10849.50
	Çarpıklık	0,055
	Basıklık	1.116
	Minimum	6309.83
	Maksimum	64343.17



Şekil 3.7. Fe elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.8. Fe elementine ait Q-Q plot grafiği.



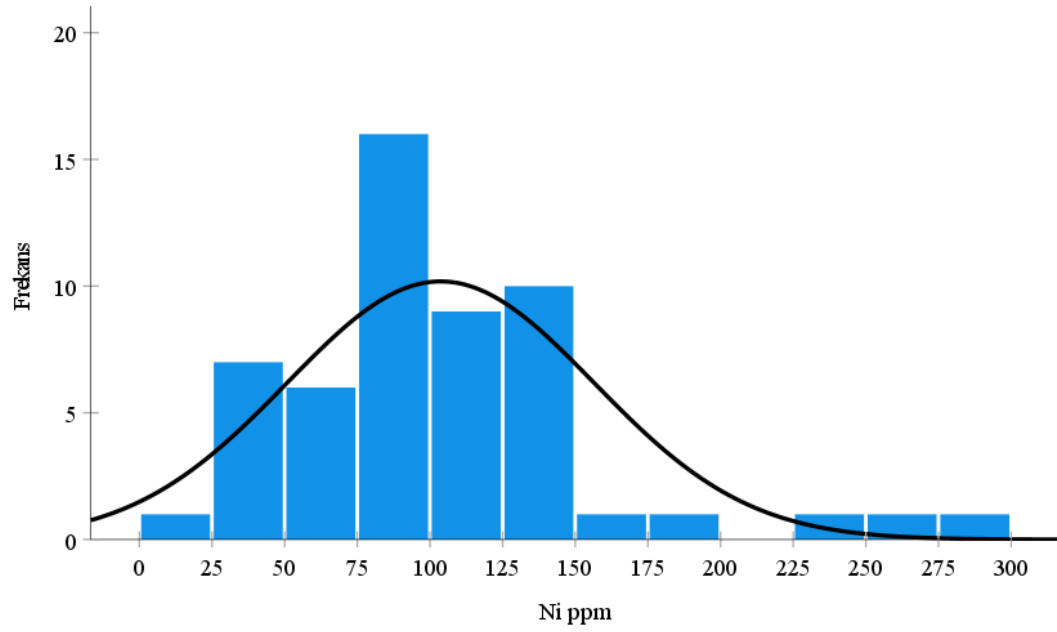
Şekil 3.9. Fe elementine ait boxplot grafiği.

3.4 Nikel (Ni)

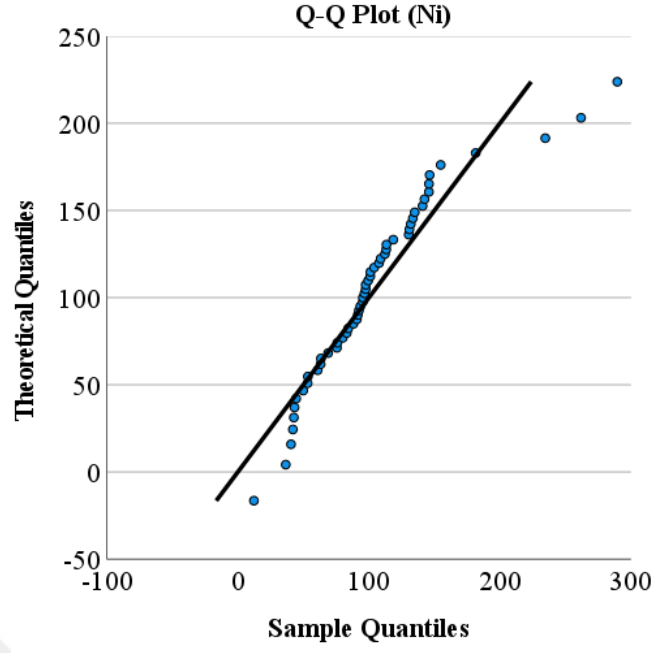
Çalışma alanındaki topraklarının Ni ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 103.69, 97.12 ve 12.27 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 52.87, en büyük değeri 289.59, en küçük değeri ise 12.27 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.4.). İncelenen Ni elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi verilerin dağılımı normal dağılıma göre daha basık ve hafif sola çarpıktır (Şekil 3.10). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgiden önemli ölçüde saptığını görüyoruz (Şekil 3.11). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında üç adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.12). Bu uç değerler 8, 47 ve 66 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Ni elementinin çarpıklık katsayısı 1.425 ve basıklık katsayısı 3.233 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer almadığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olmadığı kabul edilmektedir.

Çizelge 3.4. Ni elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

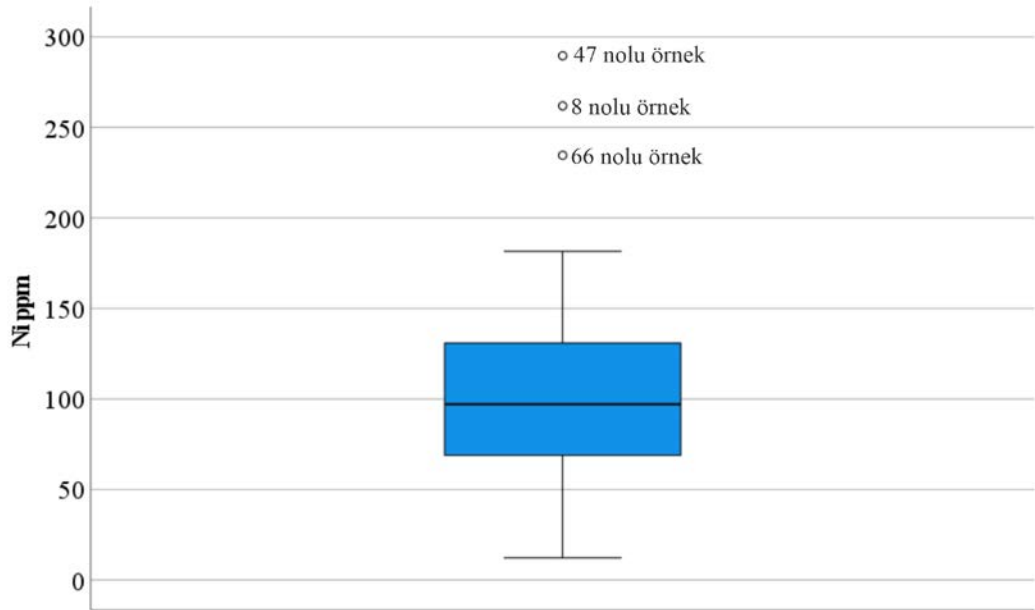
Nikel (Ni)	Ortalama	103.69
	Medyan	97.12
	Mod	12.27
	Standart sapma	52.87
	Çarpıklık	1.425
	Basıklık	3.233
	Minimum	12.27
	Maksimum	289.59



Şekil 3.10. Nikel elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.11. Nikel elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.12. Ni elementine ait boxplot grafiği.

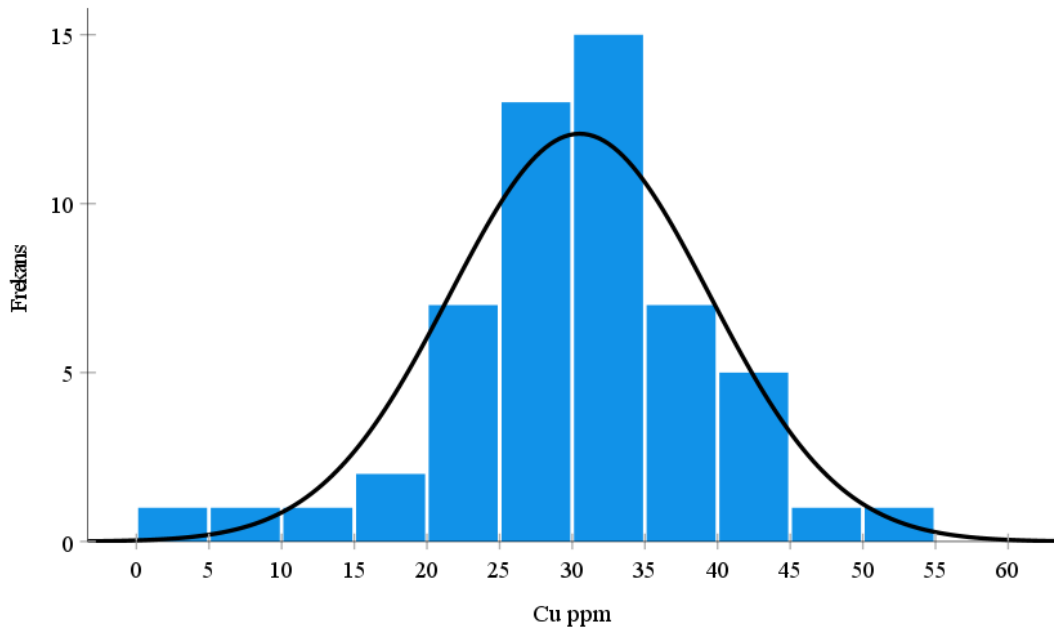
3.5 Bakır (Cu)

Çalışma alanındaki topraklarının Cu ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 30.51, 30.48 ve 2.75 olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 8.92, en büyük değeri 53.07, en küçük değeri ise 2.75 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.5.). İncelenen Cu

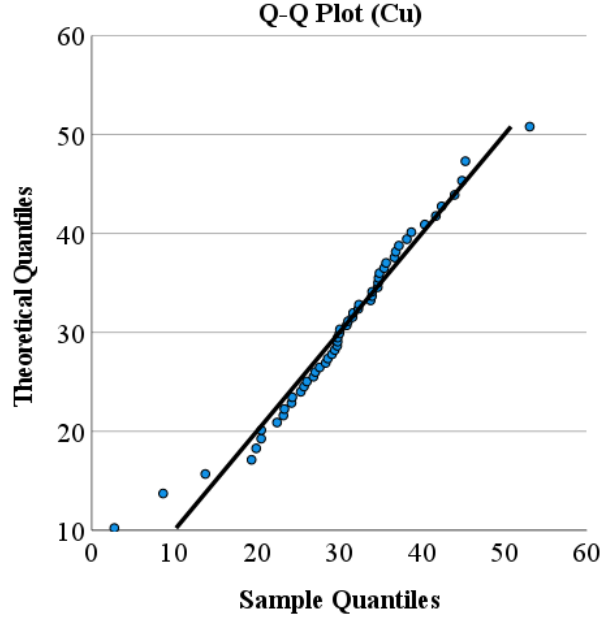
elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi verilerin dağılımı normal dağılıma göre daha sivri ve hafif sağa çarpıktır (Şekil 3.13). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.14). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.15). Bu uç değerler 25, 29 ve 47 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Cu elementinin çarpıklık katsayısı -0.462 ve basıklık katsayısı 1.5 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için ve ayrıca garfiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.5. Cu elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

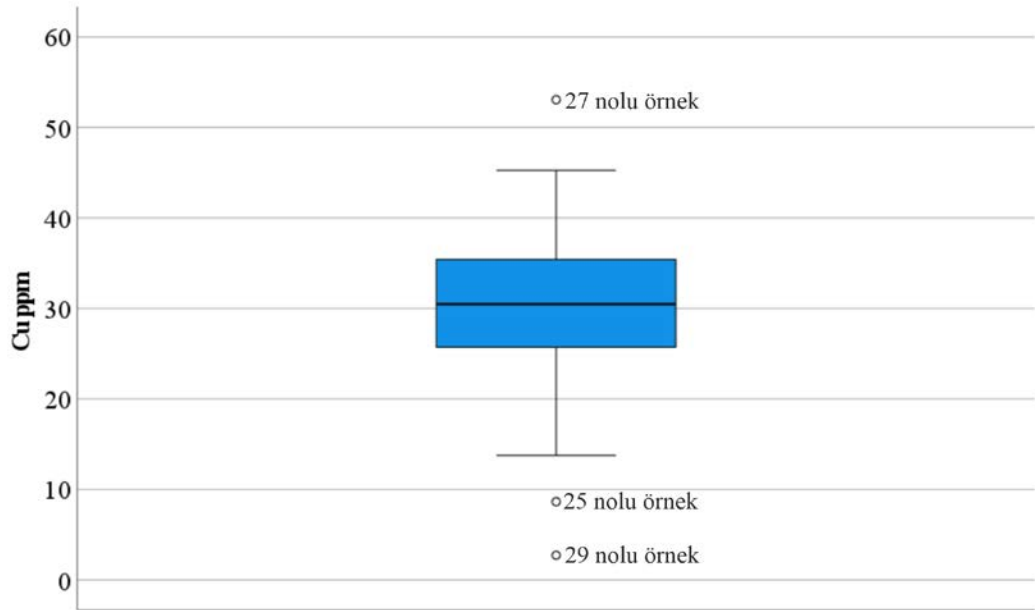
Bakır (Cu)	Ortalama	30.51
	Medyan	30.48
	Mod	2.75
	Standart sapma	8.92
	Çarpıklık	-0.462
	Basıklık	1.500
	Minimum	2.75
	Maksimum	53.07



Şekil 3.13. Cu elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.14. Cu elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.15. Cu elementine ait boxplot grafiği.

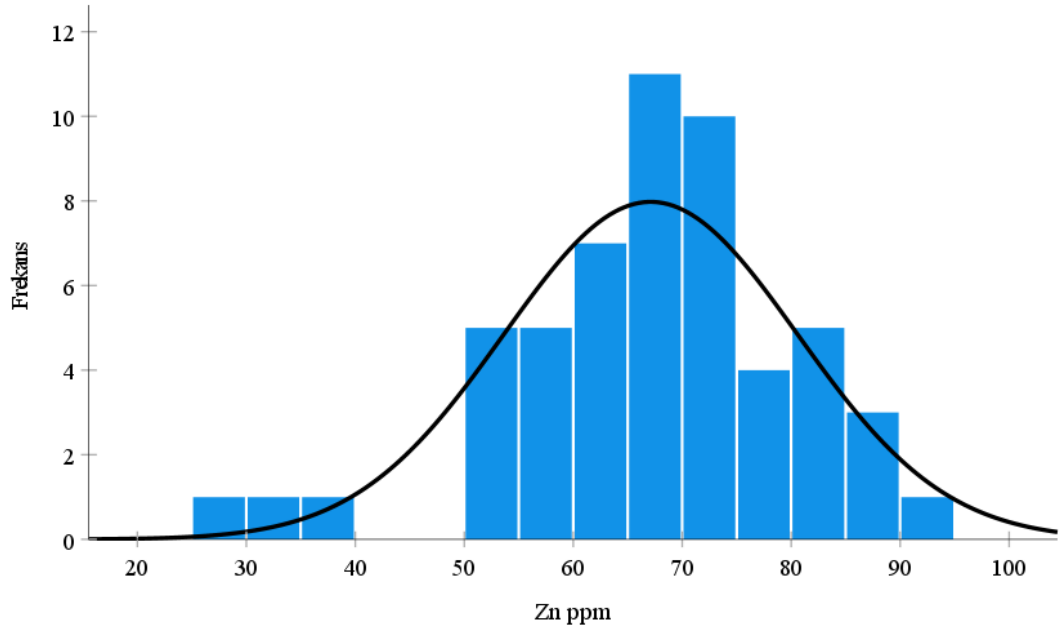
3.6 Çinko (Zn)

Çalışma alanındaki topraklarının Zn ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 67.11, 68.06 ve 26.23 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 13.49, en büyük değeri 93.35, en küçük değeri ise 26.23 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.6).

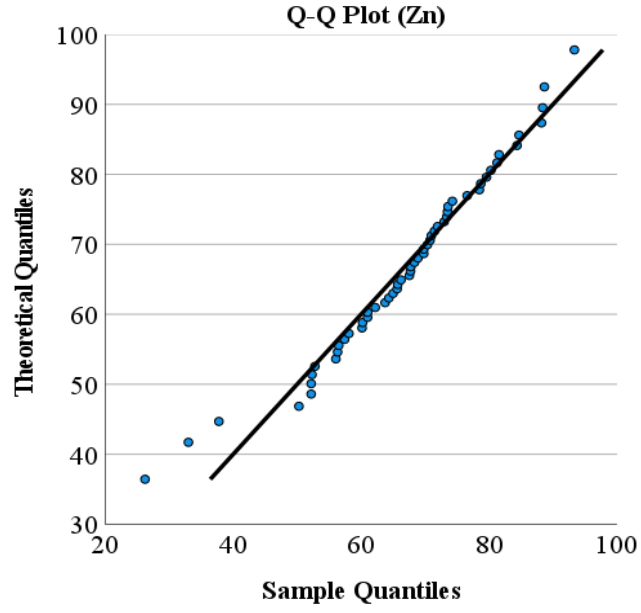
İncelenen Zn elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi Zn elementine ait veriler, normal dağılıma göre daha sivri ve hafif sağa çarpıktır (Şekil 3.16). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.17). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında üç adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.18). Bu uç değerler 25, 29 ve 68 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Zn elementinin çarpıklık katsayısı -0.671 ve basıklık katsayısı 1.081 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.6. Zn elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

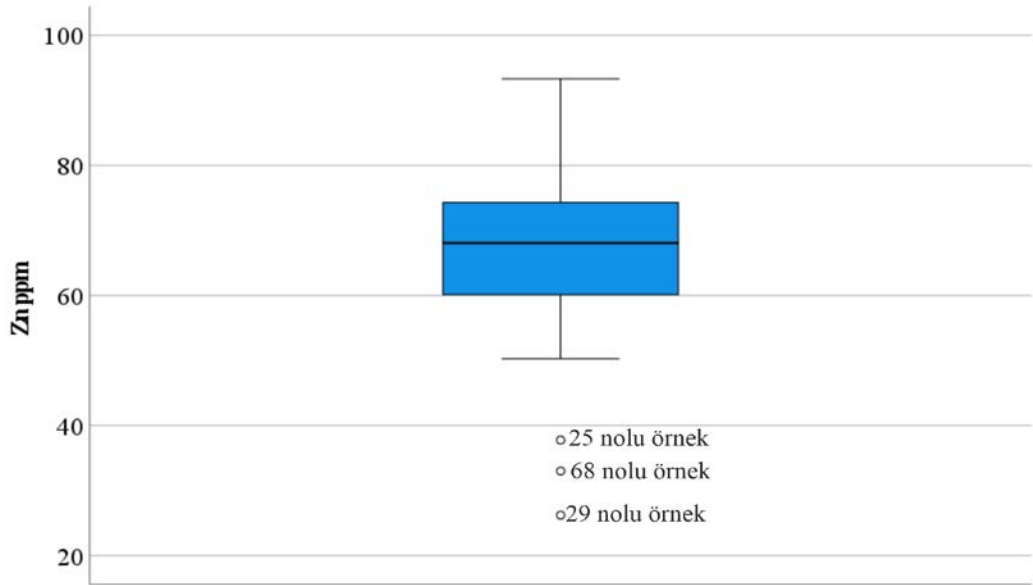
Çinko (Zn)	Ortalama	67.11
	Medyan	68.06
	Mod	26.23
	Standart sapma	13.49
	Çarpıklık	-0.671
	Basıklık	1.081
	Minimum	26.23
	Maksimum	93.35



Şekil 3.16. Zn elementine ait histogram grafiği



Şekil 3.17. Zn elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.18. Zn elementine ait boxplot grafiği.

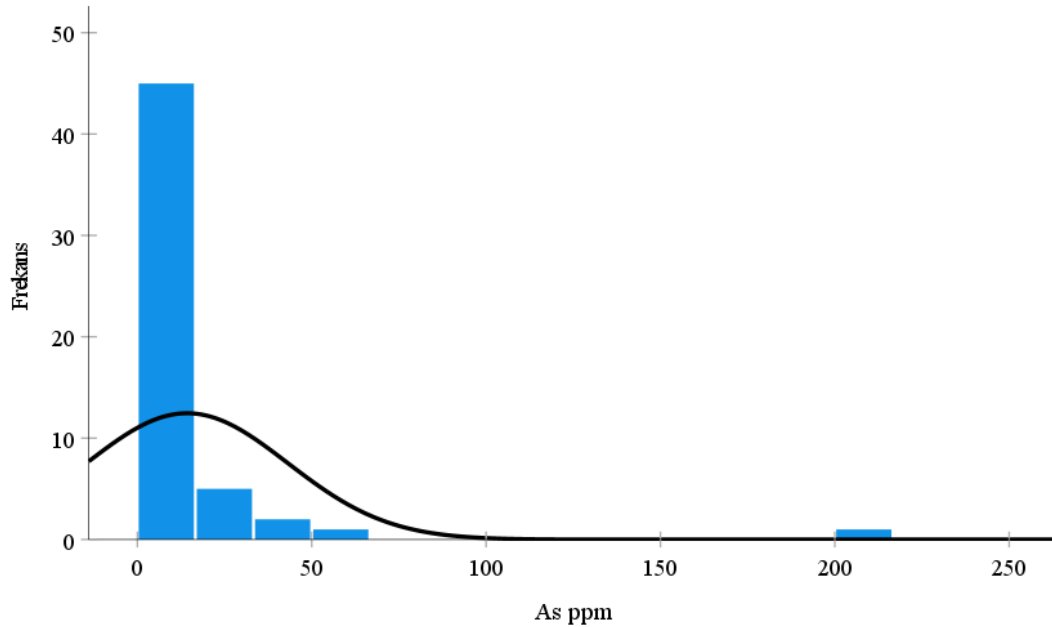
3.7 Arsenik (As)

Çalışma alanındaki topraklarının As ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 14.29, 8.53 ve 0.33 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 28.8, en büyük değeri 210.44, en küçük değeri ise 0.33 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.7). İncelenen As elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi As elementine ait veriler, normal dağılıma

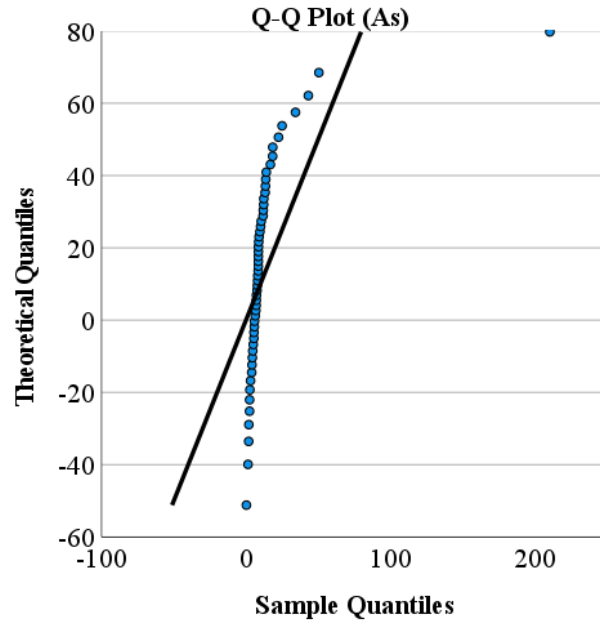
göre daha basık ve sola çarpıktır (Şekil 3.19). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgiden önemli ölçüde saptığını görüyoruz (Şekil 3.20). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında beş adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.21). Bu uç değerler 1, 25, 29, 30, ve 47 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca As elementinin çarpıklık katsayısı 6.232 ve basıklık katsayısı 42.343 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre $(-1.5, +1.5)$ aralığında yer almadığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olmadığı kabul edilmektedir.

Çizelge 3.7. As elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

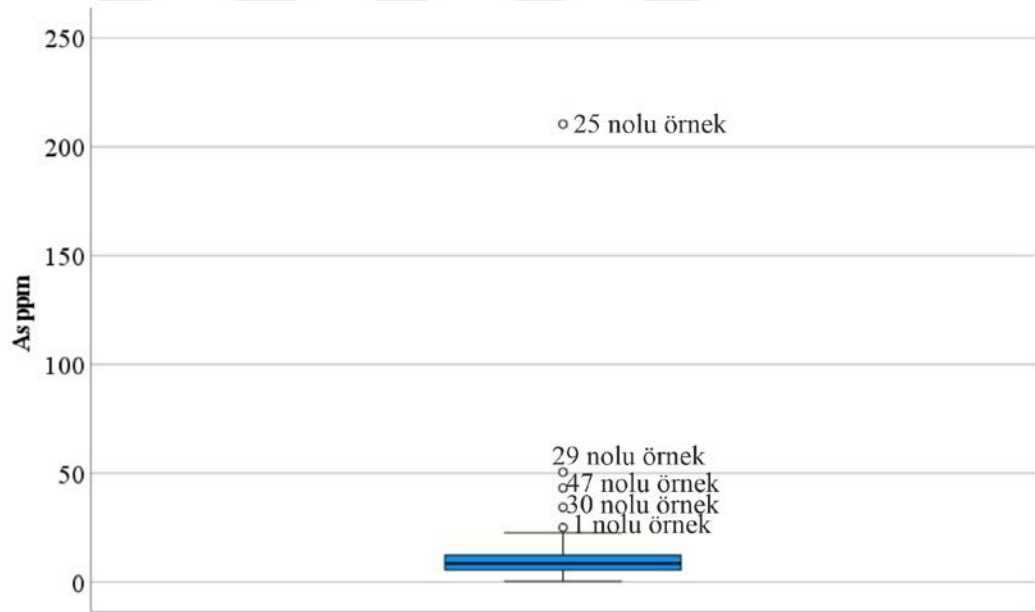
Arsenik (As)	Ortalama	14.29
	Medyan	8.53
	Mod	0.33
	Standart sapma	28.8
	Çarpıklık	6.232
	Basıklık	42.343
	Minimum	0.33
	Maksimum	210.44



Şekil 3.19. As elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.20. As elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.21. As elementine ait boxplot grafiği.

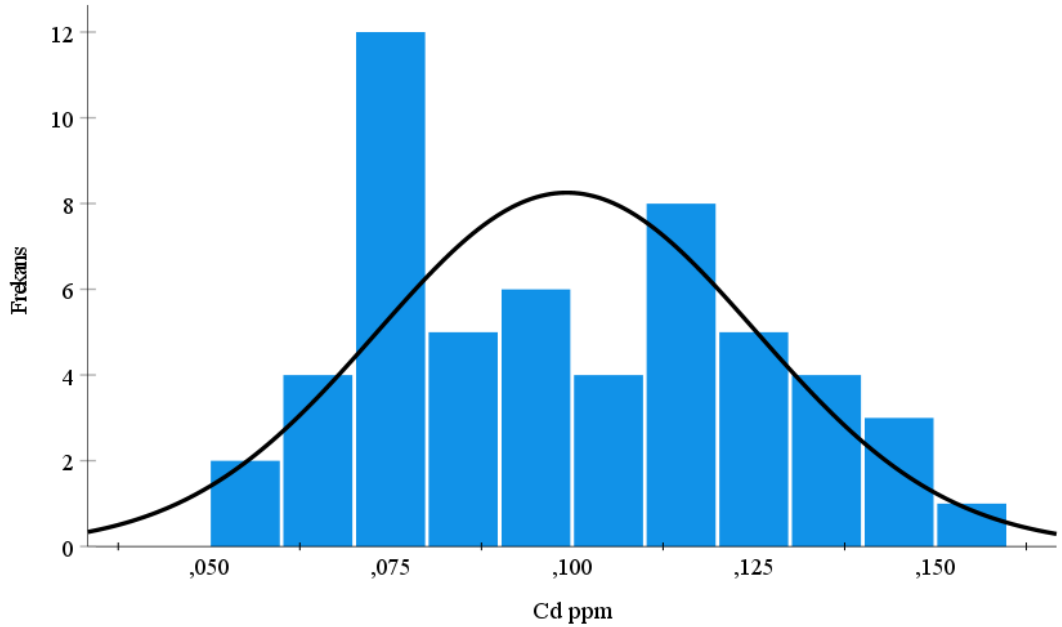
3.8 Kadmiyum (Cd)

Çalışma alanındaki topraklarının Cd ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 0.1, 0.1 ve 0.08 olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 0.03, en büyük değeri 0.15, en küçük değeri ise 0.06 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.8). İncelenen Cd elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmiştir.

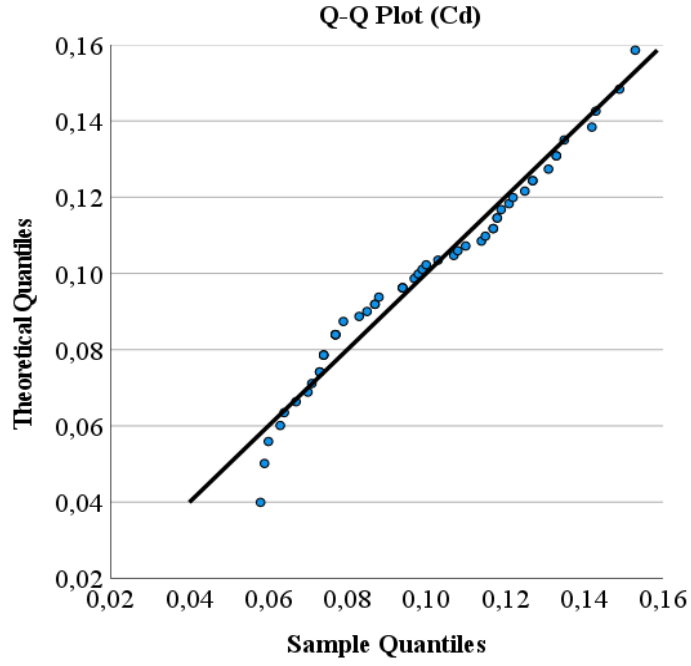
Histogramda görüldüğü gibi Cd elementine ait veriler, normal dağılıma göre daha basık ve hafif sola çarpıktır (Şekil 3.22). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgi etrafında yayılım göstermektedir (Şekil 3.23). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında uç (aykırı) değerler gözlenmemektedir (Şekil 3.24). Ayrıca Cd elementinin çarpıklık katsayısı 0.22 ve basıklık katsayısı -1.05 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer aldığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 3.8. Cd elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

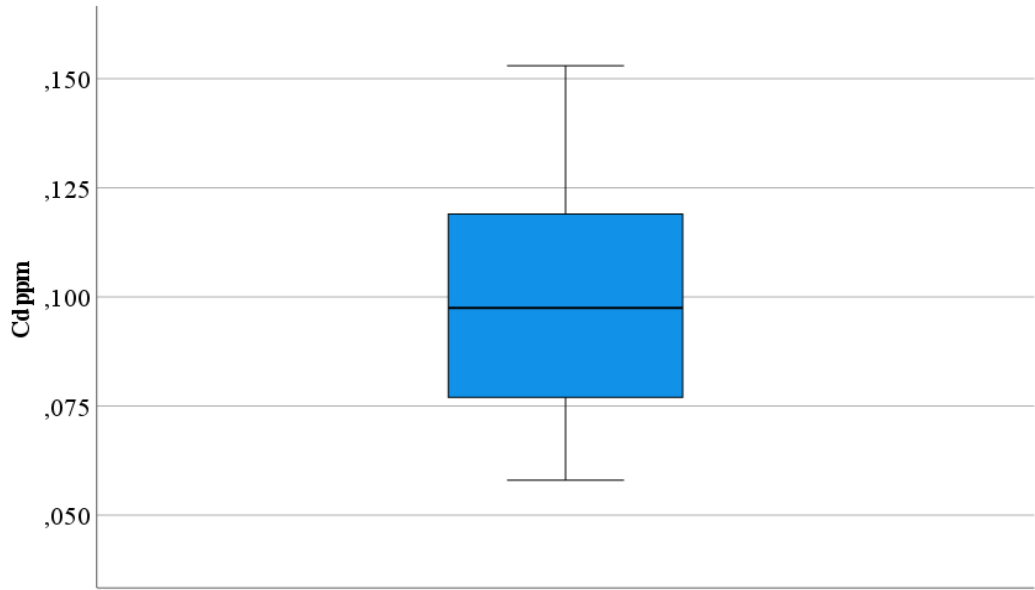
Kadmiyum (Cd)	Ortalama	0.1
	Medyan	0.1
	Mod	0.08
	Standart sapma	0.03
	Çarpıklık	0.22
	Basıklık	-1.05
	Minimum	0.06
	Maksimum	0.15



Şekil 3.22. Cd elementine ait histogram grafiği



Şekil 3.23. Cd elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.24. Cd elementine ait boxplot grafiği.

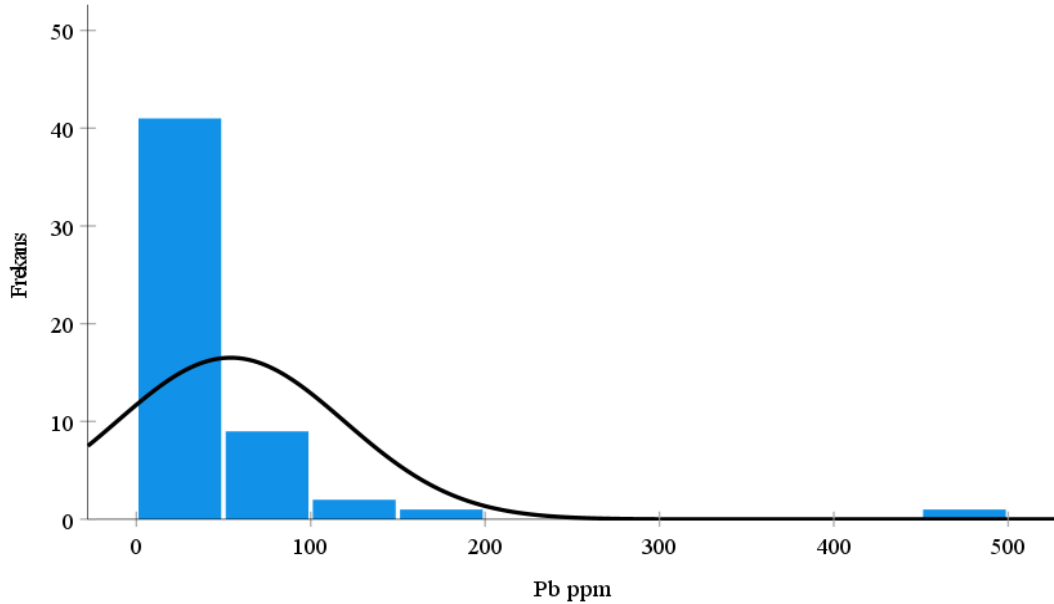
3.9 Kurşun (Pb)

Çalışma alanındaki topraklarının Pb ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 81.3, 56.72 ve 25.15 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 107.99, en büyük değeri 794, en küçük değeri ise 25.15 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.9). İncelenen Pb elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda

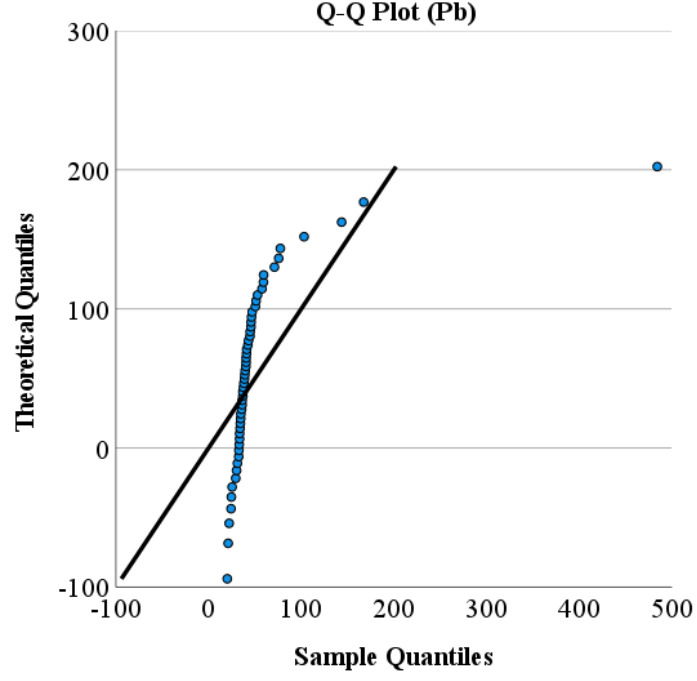
verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi Pb elementine ait veriler, normal dağılıma göre daha sivri ve sola çarpıktır (Şekil 3.25). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgiden önemli ölçüde saptığını görüyoruz (Şekil 3.26). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında altı adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.27). Bu uç değerler 1, 25, 29, 30, 47 ve 66 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Pb elementinin çarpıklık katsayısı 5.768 ve basıklık katsayısı 37.182 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer almadığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olmadığı kabul edilmektedir.

Çizelge 3.9. Pb elementine ait Tanımlayıcı istatistik veriler.

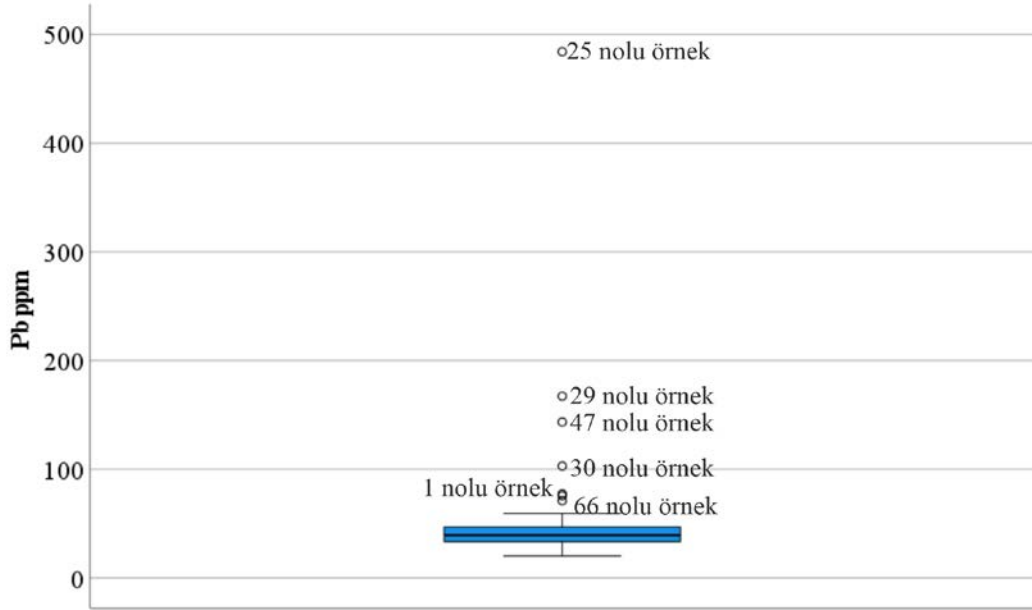
Kurşun (Pb)	Ortalama	54.16
	Medyan	39.32
	Mod	20.22
	Standart sapma	65.18
	Çarpıklık	5.76
	Basıklık	37.126
	Minimum	20.22
	Maksimum	484.17



Şekil 3.25. Pb elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.26. Pb elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.27. Pb elementine ait boxplot grafiği.

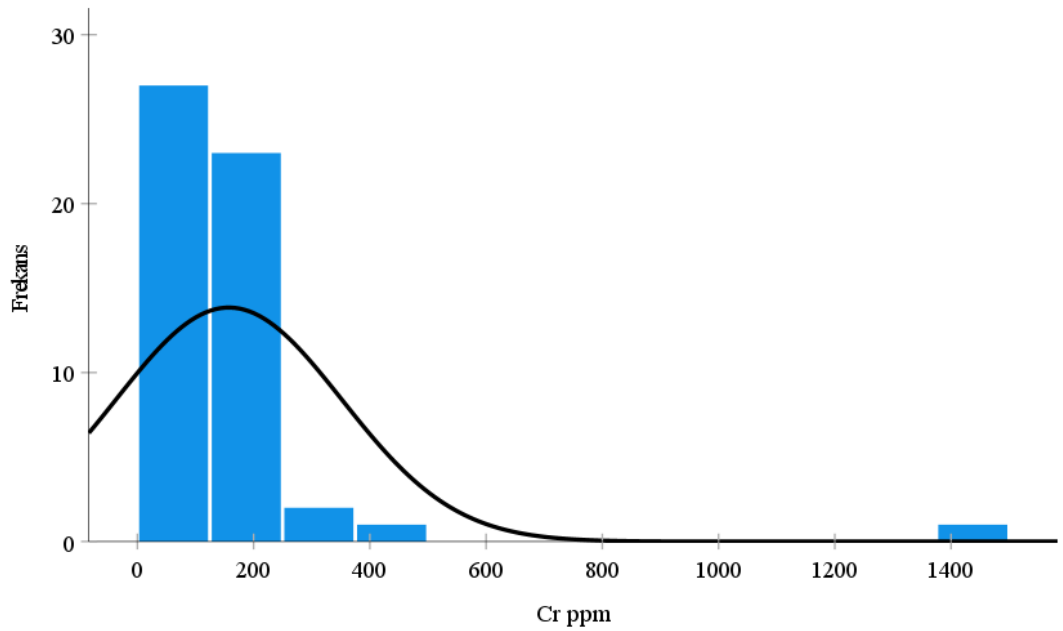
3.10 Krom (Cr)

Çalışma alanındaki topraklarının Cr ortalama, medyan ve mod değerler sırasıyla 157.60, 124.48 ve 7.43 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapması 194.39, en büyük değeri 1457, en küçük değeri ise 7.43 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.10).

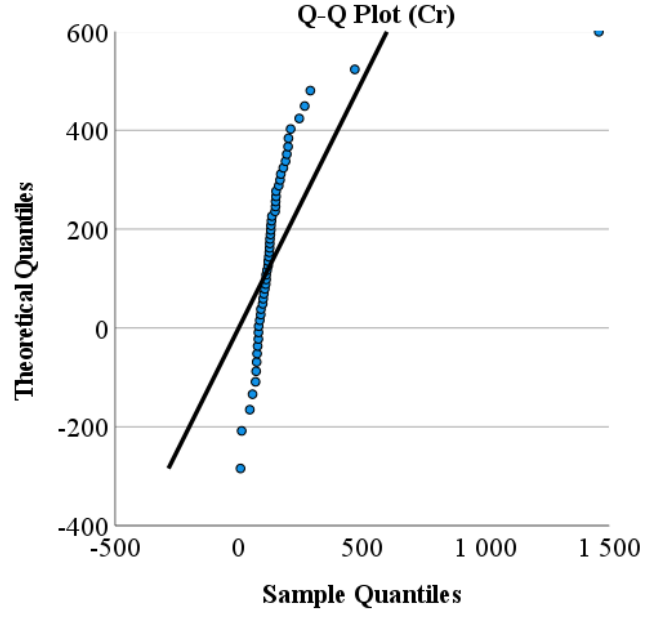
İncelenen Cr elementin dağılımını gösteren histogram, q-q plot ve boxplot grafikler aşağıda verilmektedir. Histogramda görüldüğü gibi verilerin dağılımı normal dağılıma göre daha sivri ve sola çarpıktır (Şekil 3.28). Q-Q plot grafiğinde gözlemler referans çizgiden önemli ölçüde saptığını görüyoruz (Şekil 3.29). Boxplot grafiğe bakıldığında kutunun dışında üç adet uç (aykırı) değerler gözlenmektedir (Şekil 3.30). Bu uç değerler 25, 50 ve 66 numaralı örneklerle karşılık gelmektedir. Ayrıca Cr elementinin çarpıklık katsayısı 5.91 ve basıklık katsayısı 39.230 olarak bulunmuştur. Bu sapmalar Tabachnik ve Fidell'e (2013) göre (-1.5, +1.5) aralığında yer almadığı için ve ayrıca grafiksel yöntemlerden faydalanarak dağılımın normal olmadığı kabul edilmektedir.

Çizelge 3.10. Cr elementine ait tanımlayıcı istatistik veriler.

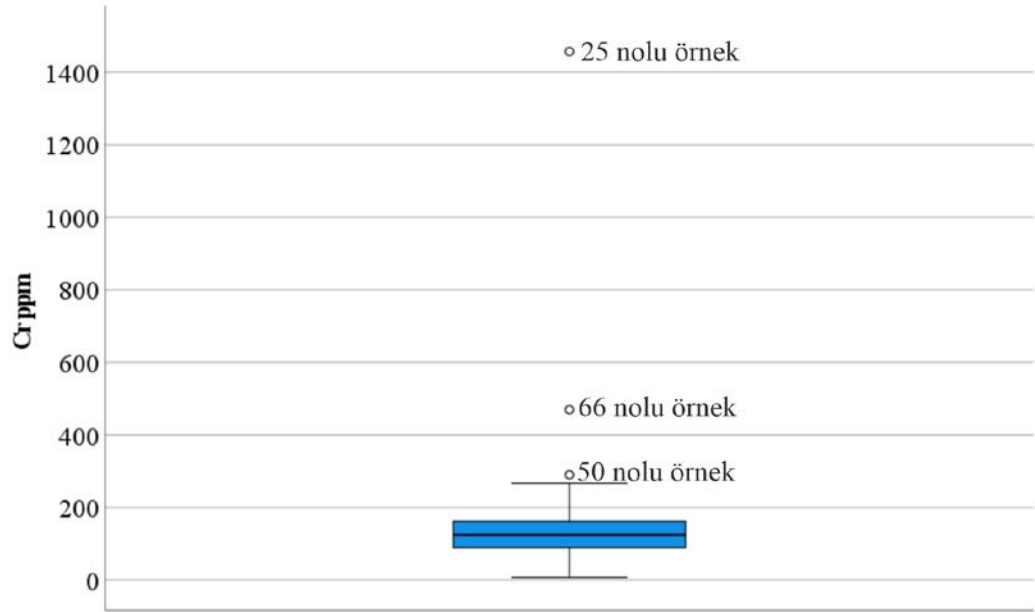
Krom (Cr)	Ortalama	157.6
	Medyan	124.48
	Mod	7.43
	Standart sapma	194.39
	Çarpıklık	5.91
	Basıklık	39.23
	Minimum	7.43
	Maksimum	1457.34



Şekil 3.28. Cr elementine ait histogram grafiği.



Şekil 3.29. Cr elementine ait Q-Q plot grafiği.



Şekil 3.30. Cr elementine ait boxplot grafiği.

4. TOPRAK JEOKİMYASI

Jeokimya, biyosferdeki (kaya, toprak, su, bitkiler ve hava) kimyasal elementlerin dağılımının bir değerlendirmesidir ve çeşitli durumlar arasındaki bileşimi ve kimyasal akışı yöneten kimyasal süreçler ve reaksiyonların incelenmesini içerir (Kabata-Pendias ve Pendias 2001; Nuendorf vd., 2005). Toprak numuneleri üzerine yapılan jeokimya çalışmaları, elementlerin hareketi, topraktaki dağılımı ve antropojenik eklemelerin olup-olmadığı ile ilgilenir. Toprak jeokimyası sadece element konsantrasyonları (jeojenik veya antropojenik kökenli) ve kirlenmenin ölçülmesi gibi çevresel amaçlar için değil, aynı zamanda insan ve bitki toksisitesi ile ilgili sorunları çözmeye yardımcı olmak için de kullanılır. Toprakta element zenginleşme-fakirleşme süreçlerini kontrol eden etmenler jeojenik ve antropojenik olabileceği gibi, toprakların pH ve su içeriği gibi çeşitli toprak özelliklerine de bağlıdır.

4.1 Örneklerin Jeokimyasal Değerlendirmesi

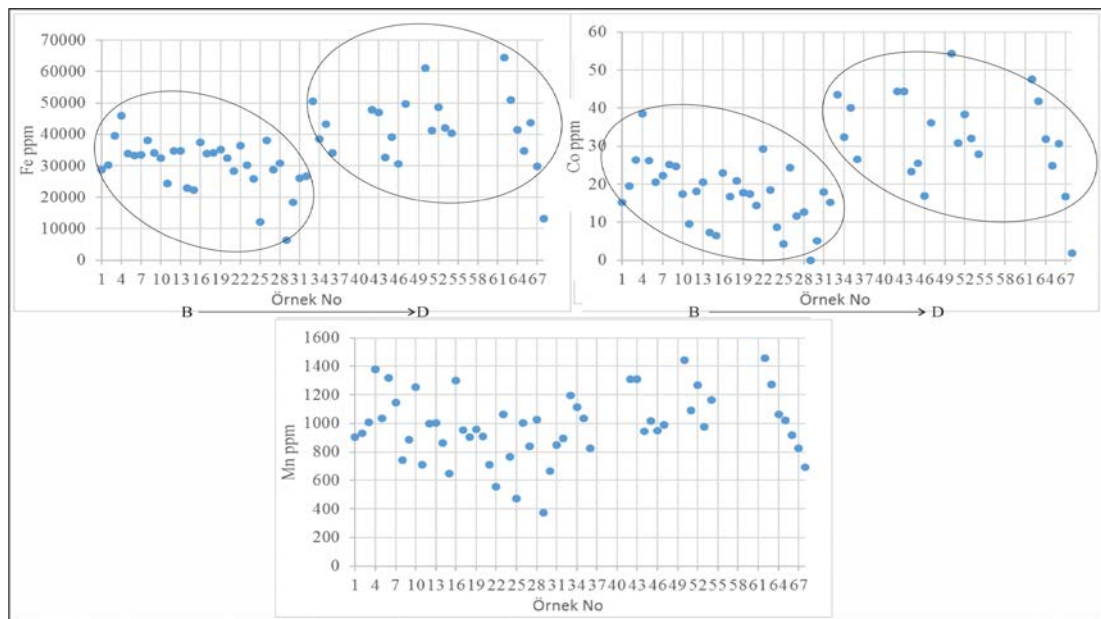
Topraklardaki ağır metallerin doğal konsantrasyonları esas olarak ana kayacın tip ve kimyasına bağlıdır. Elementler, farklı kayaçları ve jeolojik birimleri oluşturan birçok mineral ve cevher yatağında bulunur. Kayaçlar, element içeriği bakımından büyük farklılıklar gösterir. Aşağıdaki Çizelge 4.1’ de , bazı kayaçlar ve üst kabukta bulunan ağır metal elementlerin içeriklerini göstermektedir.

Çizelge 4.1. Bazı kayaçların ve üst kabuk ağır metal element içeriklerinin ortalama değerleri.

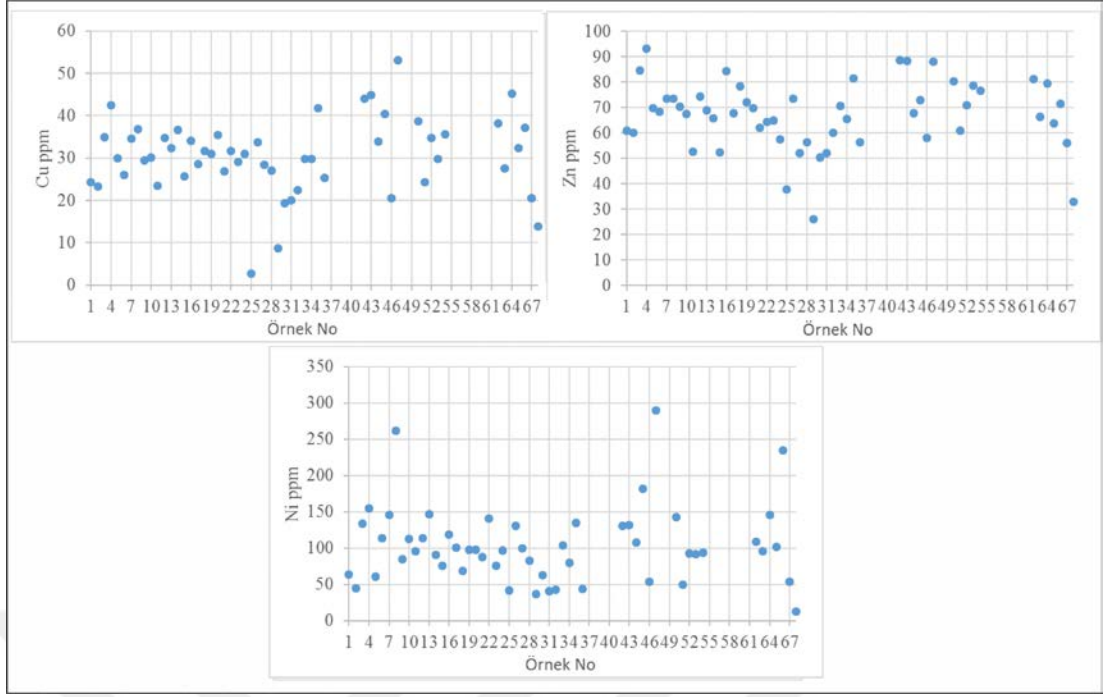
	Rose vd, 1979; Wedepohl, 1978; Meuser, 2010				Bowen, 1979			Wedepohl 1995
Element	Ultramafik	Mafik	Kumtaşı	Şeyl	Granit	Bazalt	Kireçtaşı	Kabuk
Ni ppm	2000	130	2	68	0.5	150	7	18.6
Cu ppm	42	72	10	25	13	90	5.5	14.3
Zn ppm	58	94	40	100	52	100	20	52
As ppm	1	1.5	1.2	12	1.5	1.5	1	2
Pb ppm	1	4	10	25	24	3	5.7	17
Co ppm	110	48	0.33	19	1	35	0.1	11.6
Mn ppm	1040	1500	170	850	400	1500	620	527
Fe ppm	94300	86500	9800	47000	27000	56000	17000	30890
Cr ppm	2980	170	35	90	4	90	11	35
Cd ppm	-	-	<0.1	0.2	0.1	0.1	0.03	0.102

Toprak örneklerinin Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, ve Cd elementlerinin ortalama konsantrasyonları sırasıyla 23.90, 103.69, 30.51, 67.11, 14.29, 54.16, 759.80, 3110.10, 157.60, 0.1 ppm'dir. Analiz sonuçları, bazı kayalarındaki ve üst kabuk değerleri ile (Çizelge 4.1) karşılaştırılarak bu elementlerin topraktaki içerikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm elementler Cd elementi hariç ortalama kabuk değerinden daha yüksek bir konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür. Cd elementi çizelge 4.1'de verilen tüm kayaç tiplerinin ortalama değerlerinden daha düşük değerlere sahiptir. As ve Pb elementlerinin Çizelge 4.1' de verilen kayaç tiplerine ait ortalama içeriklerden daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. Cr ve Ni elementleri incelendiğinde, bazaltik ve mafik kayaç ortalama konsantrasyonlarına daha yakın bir değere sahip, Fe, Zn, Cu, Co ve Mn elementlerin ise bazalt ve şeyl ortalama konsantrasyonlara daha yakın bir değere sahip olduğu görülmektedir.

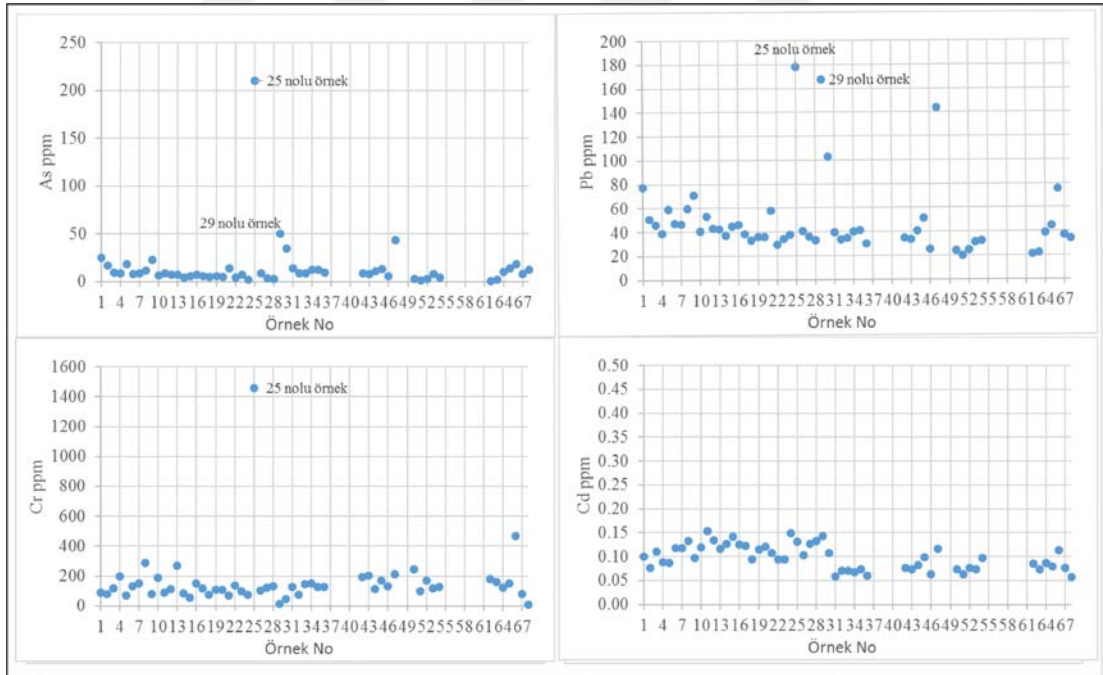
Bununla birlikte örneklerin ağır metal element içeriklerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları incelenmesi için nokta grafikleri oluşturulmuş olup, oluşturulan bu grafiklere göre Fe, Co, Mn, Cu, Zn ve Ni elementlerinin geniş bir aralıkta dağılım gösterdikleri görülür (Şekil 4.1; Şekil 4.2). Bununla birlikte özellikle doğu kesimlerdeki örneklerin Fe ve Co element içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1). As, Pb, Cr ve Cd elementlerinin örneklerinin dar bir aralıkta dağıldığı fakat As, Pb ve Cr elementlerinin 25 ve 29 nolu örneklerinin diğer örneklere göre yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Fe, Co ve Mn elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.



Şekil 4.2. Cu, Zn ve Ni elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.



Şekil 4.3. As, Pb, Cr ve Cd elementlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımları.

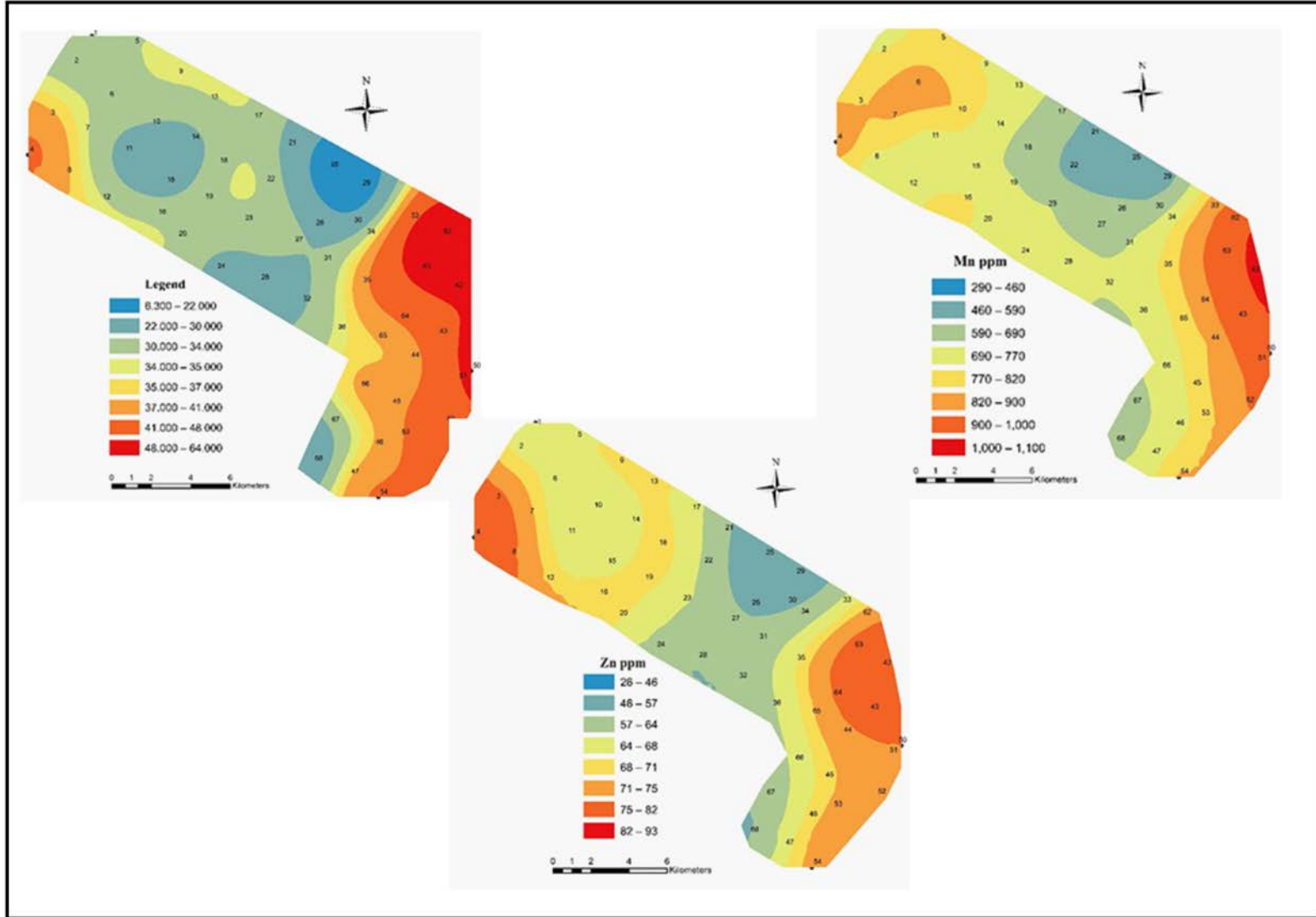
4.2 Dağılım Haritaları

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini

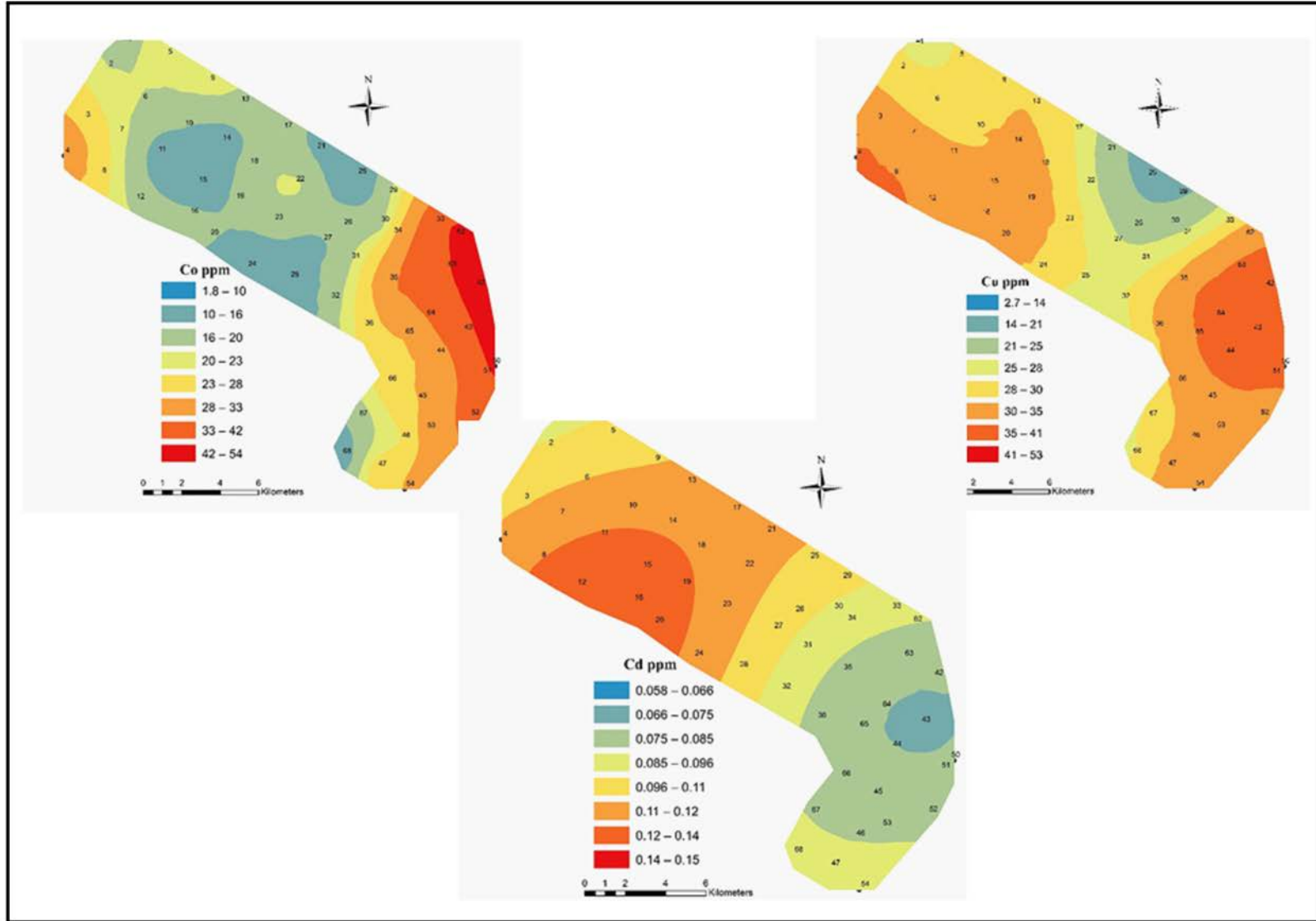
bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000). Aksaray Güneyinden alınan toprak örneklerinin jeokimya verilerinin, konumsal veri kaynakları ile entegrasyon analizi ve görselleştirilebilmesi için CBS yöntemi kullanılmıştır.

Aksaray güneyinden alınan toprakların ağır metal elementler için ArcGIS 10.0 yazılımının “Spatial Analyst” modülü ve “Kriging enterpolasyon” yöntemi ile dağılım haritaları oluşturulmuştur. Dağılım haritaları için yarı varyogram kriging metodu kullanılmıştır. Bu metot bilinen değerlerin değişimleri ile çevredeki diğer noktaların bilinmeyen değerlerini tahmin etmek için geliştirilmiş en kullanışlı metotlardan biridir (Matheron, 1971; Yaylalı-Abanuz vd., 2011).

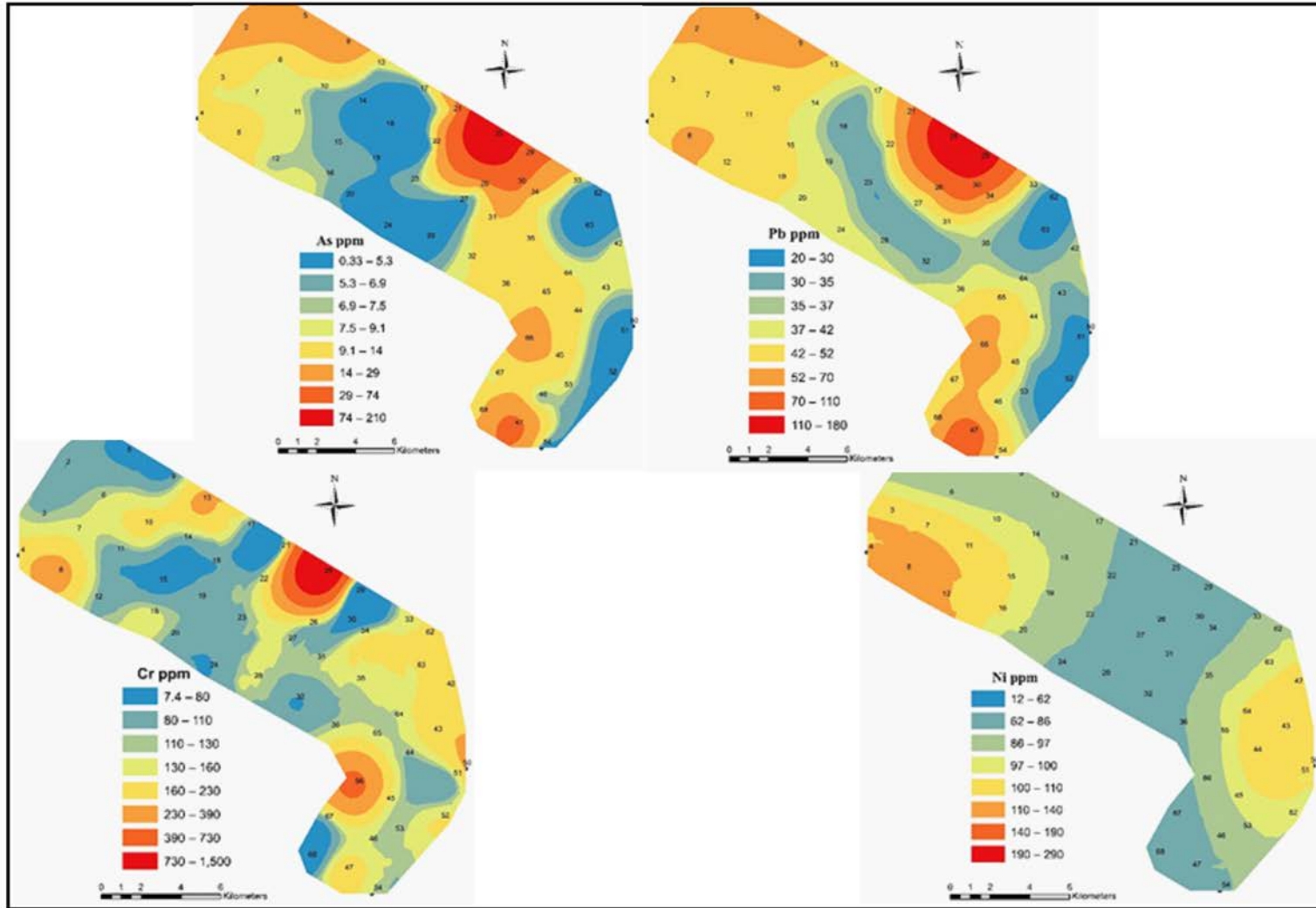
Çalışma alanı ağır metal elementler için oluşturulmuş haritaları incelendiğinde, sahanın kuzey, kuzey batı ve kuzey doğu kesimlerinin diğer kesimlere oranla daha yüksek ağır metal element konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Fe, Mn, Zn, Co, Cu elementlerin dağılım haritalarına göre çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerde yer alan örneklerin diğer örneklere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülür (Şekil 4.4, Şekil 4.5). Cd elementinin dağılım haritasını incelediğinde çalışma alanının güneybatı kesimlerinde yoğunlaştığı görülür (Şekil 4.5). As, Pb, Cr ve Ni elementlerin çalışma alanının kuzey kesimlerinde sanayi bölgelerinde diğer örneklere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.4. Fe, Mn ve Zn elementlerine ait dağılım haritaları.



Şekil 4.5. Co, Cu ve Cd elementlerine ait dağılım haritaları.



Şekil 4.6. As, Pb, Cr ve Nikel elementlerine ait dağılım haritaları.

5. TOPRAK ÖRNEKLERİNİN KİRLİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şehirlerin hızlı büyümesi ve nüfus olarak artması, sanayi ve tarımın gelişmesi tüm dünyada birçok çevresel etkiye neden olmuştur. Topraklar, besin sağlamanın yanı sıra doğal temizleyicilerdir. Buna göre toprak kirliliği ele alınması gereken önemli bir çevresel tehlikedir. Endüstriyel faaliyetler toprakları ağır metallerle kirletir ve toprakta biriktirir. Bu kirlilik çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir.

Ağır metallerin iki ana kaynağı vardır: doğal kökenli (jeojenik) ve insan kaynaklı (antropojenik). Doğal yoldan kaynaklanan kirlenme ana kayaların erozyonu sonucu ağır metallerin toprağa geçmesi ile olur (Alloway, 1995). Bununla birlikte, çoğu çalışmada, antropojenik kaynaklı kirlenme kentsel alanlarda artan sanayi, trafik ve madencilik faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkar (Qu vd., 2013, Shangguan vd., 2018). Örneğin, topraktaki en yüksek Pb konsantrasyonu, esas olarak işlek yolların yakınındadır (Shayler vd., 2009). Topraklardaki ağır metallerin doğal konsantrasyonları esas olarak topraklardaki ana kayanın tip ve kimyasına bağlıdır.

Ağır metallerle toprak kirliliğinin durumunu değerlendirmenin yaygın yöntemlerinden biri, kirlilik indekslerin kullanılmasıdır. Bunlardan en önemlileri Zenginleşme Faktörü (EF), Jeo-birikim indeksi (Igeo) ve Kirlilik Faktörü (Cf) olup, hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

5.1 Jeobirikim İndeksi (Igeo)

Jeo-birikim indeksi topraktaki biriken kirlilik yükünün ölçülmesi için kullanılır. İlk kez 1969 yılında Alman bilim adamı Müller (1969) tarafından önerilmiştir. İlk olarak çökellerdeki ağır metallerin kirlilik durumunu değerlendirmek için kullanılan bu indeks daha sonra topraktaki ağır metallerin kirlilik durumunu değerlendirmek için de kullanılmıştır. Bu indeks eşitlik (5.1) ile hesaplanmaktadır:

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right] \quad (5.1)$$

rada C_n ölçülen ağır metalin konsantrasyonu, B_n ağır metalin jeokimyasal background değeri (B_n , ortalama şeyl (Turekian ve Wedepohl, 1961) veya ortalama üst kabuk değerleri (Taylor ve McLennan, 1995; Wedepohl, 1995; Rudnick ve Gao

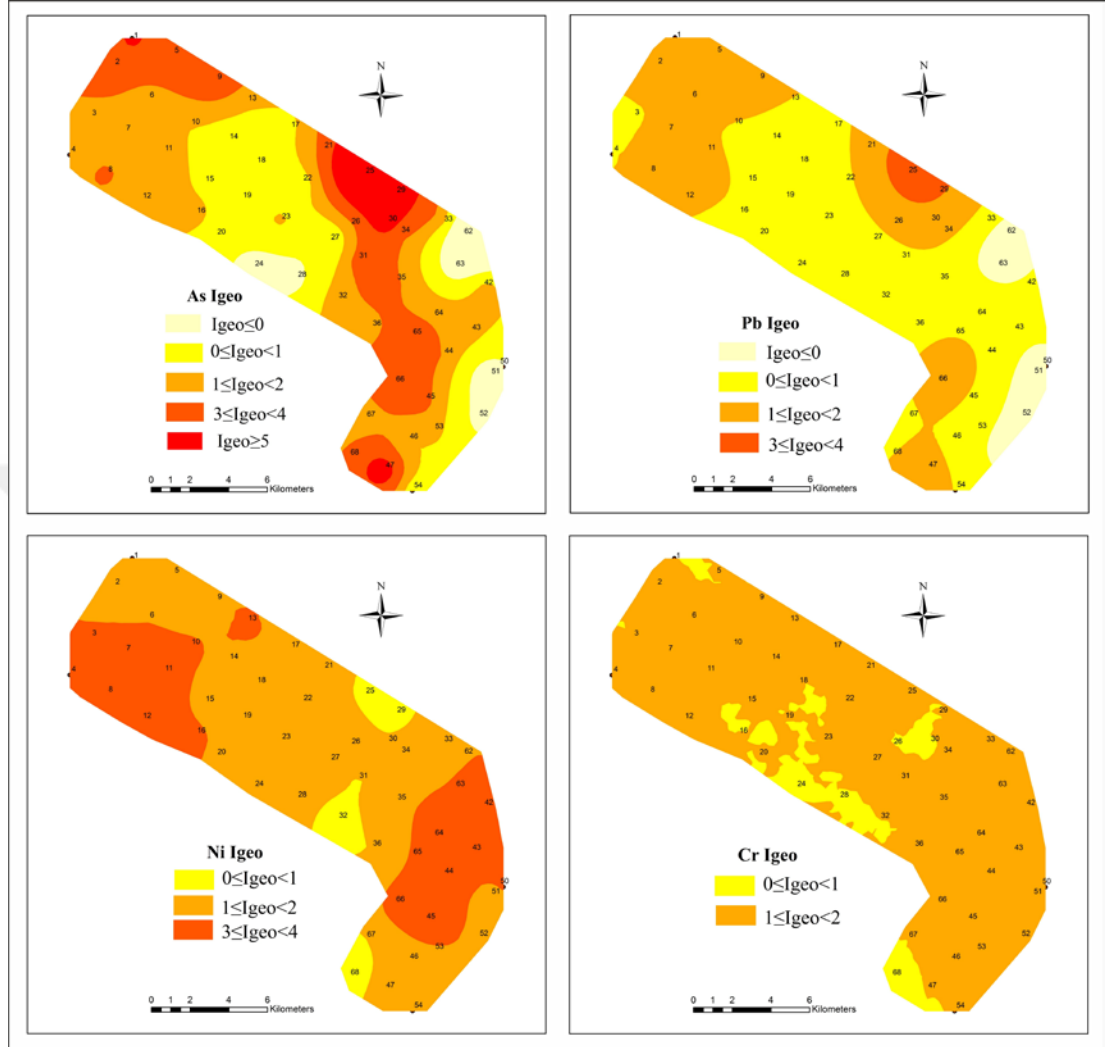
2003’de olabilir.), 1.5 ise katsayıdır. Igeo sonuçlarına göre, kirlilik derecesi 7 sınıfa ayrılabilir (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Igeo kirlilik derecesi.

I_{geo}	Kirlilik seviyesi	Kirlilik derecesi
$I_{Geo} \geq 5$	6	Çok Aşırı Kirlili
$4 \leq I_{Geo} < 5$	5	Aşırı- çok aşırı arası kirlili
$3 \leq I_{Geo} < 4$	4	Aşırı kirlili
$2 \leq I_{Geo} < 3$	3	Orta-aşırı arası kirlili
$1 \leq I_{Geo} < 2$	2	Orta derecede kirlili
$0 \leq I_{Geo} < 1$	1	Orta derece-kirlenmemiş arası kirlili
$I_{Geo} \leq 0$	0	Kirlenmemiş

Aksaray güneyinin topraklarının Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, Cd ağır metallerin jeobirikim indeksi Çizelge 5.3’te gösterilmiştir. Igeo indeks değeri sırasıyla $Ni > As > Cr > Pb > Cu > Co > Mn > Zn > Fe > Cd$ ve ortalama değerleri sırasıyla $1.71 > 1.44 > 1.18 > 0.77 > 0.41 > 0.22 > -0.10 > -0.25 > -0.49 > -0.67$ olarak bulunmuştur. Maksimum ortalama Igeo değerine sahip element Ni, minimum ortalama Igeo değerine sahip element ise Cd’dur. Ek olarak, elementlere ait hesaplanan indeks değerlerinin çalışma alanı içerisindeki alansal dağılımını görmek amacıyla As, Pb, Cr ve Ni için haritalar hazırlanmıştır (Şekil 5.1). Bu haritalardan Pb elementi için hesaplanan Igeo indeksine ait dağılım haritası incelendiğinde, sahanın kuzey, batı ve güneydoğu kesimlerinin, “orta derecede kirlili” ve “aşırı kirlili” sınıf aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 5.1). Bu kısımlar sahada sanayi bölgesi, şehirlerarası otoban ve küçük yerleşim alanlarının olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Cr elementi için ise örneklerin çoğu genel olarak “orta derecede kirlili” sınıf aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.1). As elementi için hazırlanan Igeo haritasına göre, örneklerin “kirlenmemiş” ile “çok aşırı kirlili” sınıf aralıklarında bulundukları görülür. Özellikle sahanın kuzey kesimlerinde sanayi bölgesinin bulunduğu kesimlerin yüksek Igeo değerlerinde oldukları tespit edilmiştir, olup Pb için hazırlanan haritalara benzer bir desen vermektedir (Şekil 5.1). Ni elementinin Igeo dağılım haritasına göre batı ve

güneydoğu kesimlerde olan örneklerinin diğer örneklerle göre “aşırı kirli” sınıf aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Igeo dağılım haritaları.

5.2 Zenginleşme Faktörü (EF)

Zenginleşme faktörü inceleme alanındaki antropojenik kökenli ağır metal kirlenme derecesini belirlemek amacıyla çok sık kullanılan bir değerdir. Bu faktörün hesaplamasında incelenen element bir referans elementle karşılaştırma yapılmaktadır. Karşılaştırmada kullanılacak referans element antropojenik faktörlerden kolay etkilemeyen elementler arasında seçilir. Al, Fe, Mn, Si, ve Ti gibi elementler referans olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Ti elementi referans element olarak seçilmiştir. Bu faktör (5.2) eşitliği ile hesaplanır:

$$EF = \frac{\left(\frac{C_n}{C_{ref}}\right)_{sample}}{\left(\frac{B_n}{B_{ref}}\right)_{background}} \quad (5.2)$$

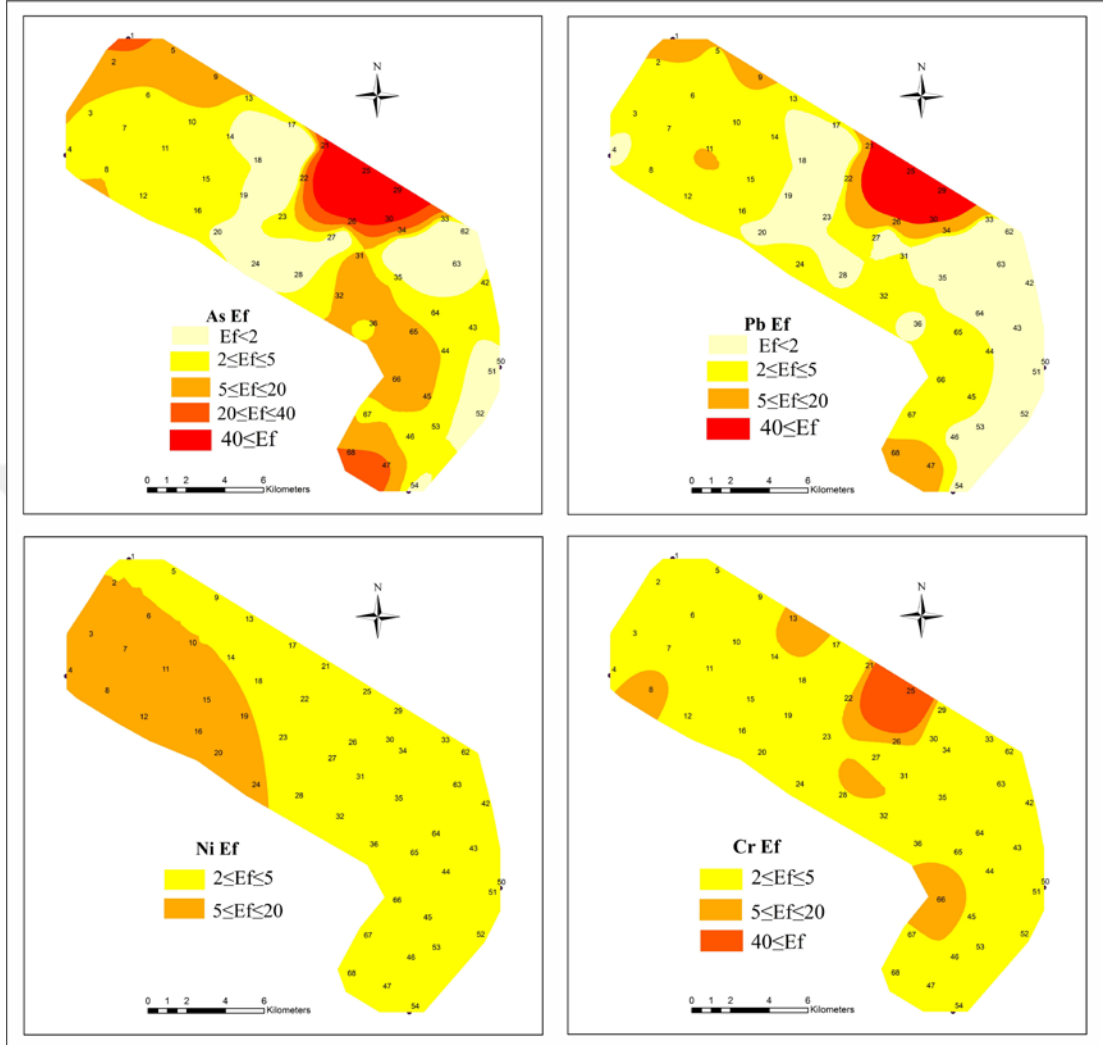
Burada C_n (sample) ve C_{ref} (sample) sırasıyla incelenen elementin konsantrasyonu ve referans elementin analiz yapılan numunedeki değeri, B_n (background) ve B_{ref} (background) sırasıyla referans ortamda incelenen elementin konsantrasyonu, referans ortamdaki referans elementin konsantrasyonuna karşılık gelmektedir. EF 1'e yakınsa, elementlerin doğal kaynaklardan ve doğrudan kabuktan geldiğini (kaynaklandığını) işaret eder. Hesaplanan EF değeri, 1 ile 10 arasında ise elementlerin kökeninin doğal ve insan kaynaklı olduğunu işaret eder. EF değeri, > 10 ise, elementlerin doğal olmayan insan kaynaklı olduğunu ifade eder. Çizilge 5.2'de EF'ye göre beş kirlilik sınıfı listelenmiştir.

Çizelge 5.2. Ef kirlilik sınıfı.

Sınıf	EF
Az zenginleşmiş	$EF < 2$
Orta zenginleşmiş	$2 \leq EF < 5$
Orta- Aşırı zenginleşmiş	$5 \leq EF < 20$
Aşırı zenginleşmiş	$20 \leq Ef < 40$
Çok aşırı zenginleşmiş	$40 \leq Ef$

Aksaray güneyinde toplanan toprakların Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, Cd gibi ağır metallerin zenginleşme faktörü Çizelge 5.4'te gösterilmiştir. EF değeri sırasıyla $As > Ni > Cr > Pb > Cu > Co > Mn > Zn > Cd > Fe$ ve ortalama değerleri sırasıyla $10.99 > 4.80 > 4.78 > 4.28 > 1.71 > 1.59 > 1.28 > 1.15 > 1.00 > 0.96$ olup, Igeo indeks sıralamasına benzerlik göstermektedir. Maksimum ortalama Ef değerine sahip element As, minimum ortalama Ef değerine sahip element ise Fe'dur. Ek olarak, elementlere ait hesaplanan indeks değerlerinin çalışma alanı içerisindeki alansal dağılımını görmek amacıyla As, Pb, Cr ve Ni için haritalar hazırlanmıştır (Şekil 5.2). Pb, Cr ve As elementlerinin Ef dağılım haritaları incelendiğinde sahanın kuzey kesimlerde yer alan örnklerinin diğer örneklere göre “Çok aşırı zenginleşmiş” sınıf aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 5.2). Ni elementinin Ef dağılım haritasına göre batı

örnklerinin diğer kesimlerdeki örneklere göre ‘Orta-Aşırı zenginleşmiş’ sınıf aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Ef dağılım haritaları.

Çizelge 5.3. İnceleme alanına ait örneklerin jeobirikim indeksi değeri.

ID	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Mn	Fe	Cr	Cd
1	-0.20	1.18	0.17	-0.35	3.06	1.60	-0.18	-0.68	0.76	-0.61
2	0.16	0.67	0.11	-0.37	2.50	0.99	-0.13	-0.61	0.60	-0.99
3	0.60	2.26	0.70	0.12	1.60	0.85	-0.02	-0.23	1.19	-0.48
4	1.15	2.47	0.98	0.26	1.52	0.62	0.43	-0.01	1.93	-0.80
5	0.59	1.13	0.48	-0.16	2.63	1.22	0.02	-0.45	0.38	-0.81
6	0.24	2.02	0.28	-0.19	1.36	0.88	0.37	-0.47	1.31	-0.37
7	0.35	2.39	0.69	-0.08	1.53	0.86	0.17	-0.47	1.51	-0.37
8	0.54	3.23	0.78	-0.09	1.99	1.22	-0.46	-0.28	2.47	-0.20
9	0.50	1.59	0.46	-0.15	2.91	1.48	-0.20	-0.44	0.61	-0.66
10	0.01	2.01	0.49	-0.21	1.10	0.67	0.30	-0.51	1.85	-0.36
11	-0.86	1.77	0.12	-0.56	1.52	1.05	-0.52	-0.92	0.78	0.00
12	0.06	2.02	0.70	-0.07	1.19	0.76	-0.03	-0.42	1.08	-0.18
13	0.24	2.39	0.59	-0.18	1.26	0.74	-0.02	-0.41	2.35	-0.39
14	-1.24	1.70	0.77	-0.25	0.41	0.54	-0.24	-1.01	0.70	-0.27
15	-1.44	1.44	0.26	-0.58	0.96	0.81	-0.66	-1.05	0.10	-0.11
16	0.40	2.09	0.66	0.11	1.28	0.84	0.35	-0.30	1.51	-0.29
17	-0.06	1.86	0.42	-0.20	0.88	0.58	-0.10	-0.45	1.18	-0.33
18	0.26	1.30	0.56	0.01	0.76	0.36	-0.18	-0.44	0.47	-0.70
19	0.03	1.81	0.53	-0.12	0.89	0.48	-0.09	-0.40	1.06	-0.41
20	0.01	1.81	0.72	-0.16	0.66	0.51	-0.17	-0.51	1.01	-0.34
21	-0.28	1.66	0.33	-0.33	2.17	1.18	-0.52	-0.71	0.43	-0.50
22	0.75	2.34	0.56	-0.28	0.57	0.20	-0.88	-0.35	1.36	-0.70
23	0.09	1.44	0.44	-0.26	1.24	0.43	0.06	-0.62	0.89	-0.70
24	-1.01	1.79	0.53	-0.44	-0.57	0.56	-0.41	-0.84	0.55	-0.04
25	-2.06	0.59	-2.97	-1.05	6.13	4.25	-1.11	-1.92	4.79	-0.22
26	0.48	2.23	0.66	-0.09	1.53	0.68	-0.03	-0.28	0.96	-0.57
27	-0.58	1.83	0.40	-0.58	0.10	0.51	-0.28	-0.69	1.22	-0.27
28	-0.47	1.57	0.34	-0.47	-0.24	0.38	0.01	-0.58	1.32	-0.20
29		0.39	-1.31	-1.57	4.07	2.71	-1.46	-2.88	-2.12	-0.10
30	-1.75	1.18	-0.15	-0.63	3.52	2.02	-0.61	-1.33	-0.22	-0.52
31	0.04	0.54	-0.11	-0.58	2.23	0.63	-0.26	-0.83	1.25	-1.37
32	-0.20	0.62	0.07	-0.37	1.56	0.40	-0.19	-0.80	0.50	-1.13
33	1.32	1.90	0.47	-0.14	1.50	0.45	0.23	0.13	1.49	-1.11
34	0.89	1.52	0.47	-0.25	2.04	0.66	0.13	-0.26	1.52	-1.19
35	1.20	2.27	0.96	0.06	2.00	0.69	0.02	-0.09	1.29	-1.07
36	0.61	0.63	0.24	-0.47	1.69	0.25	-0.30	-0.44	1.27	-1.35
42	1.35	2.22	1.04	0.18	1.52	0.44	0.36	0.04	1.89	-0.99
43	1.35	2.24	1.06	0.18	1.45	0.39	0.36	0.02	1.94	-1.07
44	0.42	1.95	0.66	-0.20	1.82	0.67	-0.11	-0.50	1.08	-0.88
45	0.55	2.70	0.91	-0.10	2.15	1.01	0.00	-0.25	1.67	-0.63
46	-0.05	0.93	-0.06	-0.42	0.99	0.00	-0.11	-0.60	1.34	-1.26
47	1.05	3.38	1.31	0.18	3.85	2.49	-0.04	0.10	2.00	-0.39
50	1.64	2.35	0.85	0.04	-0.13	-0.07	0.50	0.40	2.22	-1.05
51	0.82	0.84	0.18	-0.35	-1.06	-0.33	0.10	-0.17	0.92	-1.28
52	1.14	1.73	0.69	-0.14	-0.26	-0.05	0.31	0.07	1.70	-0.99
53	0.88	1.71	0.47	0.01	1.40	0.29	-0.07	-0.14	1.13	-1.05
54	0.68	1.74	0.73	-0.03	0.48	0.35	0.19	-0.20	1.26	-0.64
62	1.45	1.97	0.83	0.06	-3.18	-0.27	0.51	0.47	1.78	-0.85
63	1.26	1.77	0.36	-0.24	-0.65	-0.20	0.32	0.14	1.63	-1.05
64	0.87	2.39	1.08	0.03	1.76	0.60	0.06	-0.16	1.24	-0.81
65	0.51	1.86	0.59	-0.29	2.19	0.82	0.00	-0.42	1.53	-0.95
66	0.82	3.07	0.80	-0.13	2.62	1.57	-0.16	-0.09	3.16	-0.42
67	-0.05	0.94	-0.06	-0.48	1.43	0.54	-0.30	-0.64	0.62	-0.99
68	-3.30	-1.19	-0.64	-1.24	2.03	0.42	-0.55	-1.81	-2.82	-1.40

IGeo ≤ 0	0 ≤ Igeo < 1	1 ≤ Igeo < 2	3 ≤ Igeo < 4
	4 ≤ Igeo < 5	Igeo ≥ 5	

Çizelge 5.4. İnceleme alanına ait örneklerin zemginleşme faktörü değerleri.

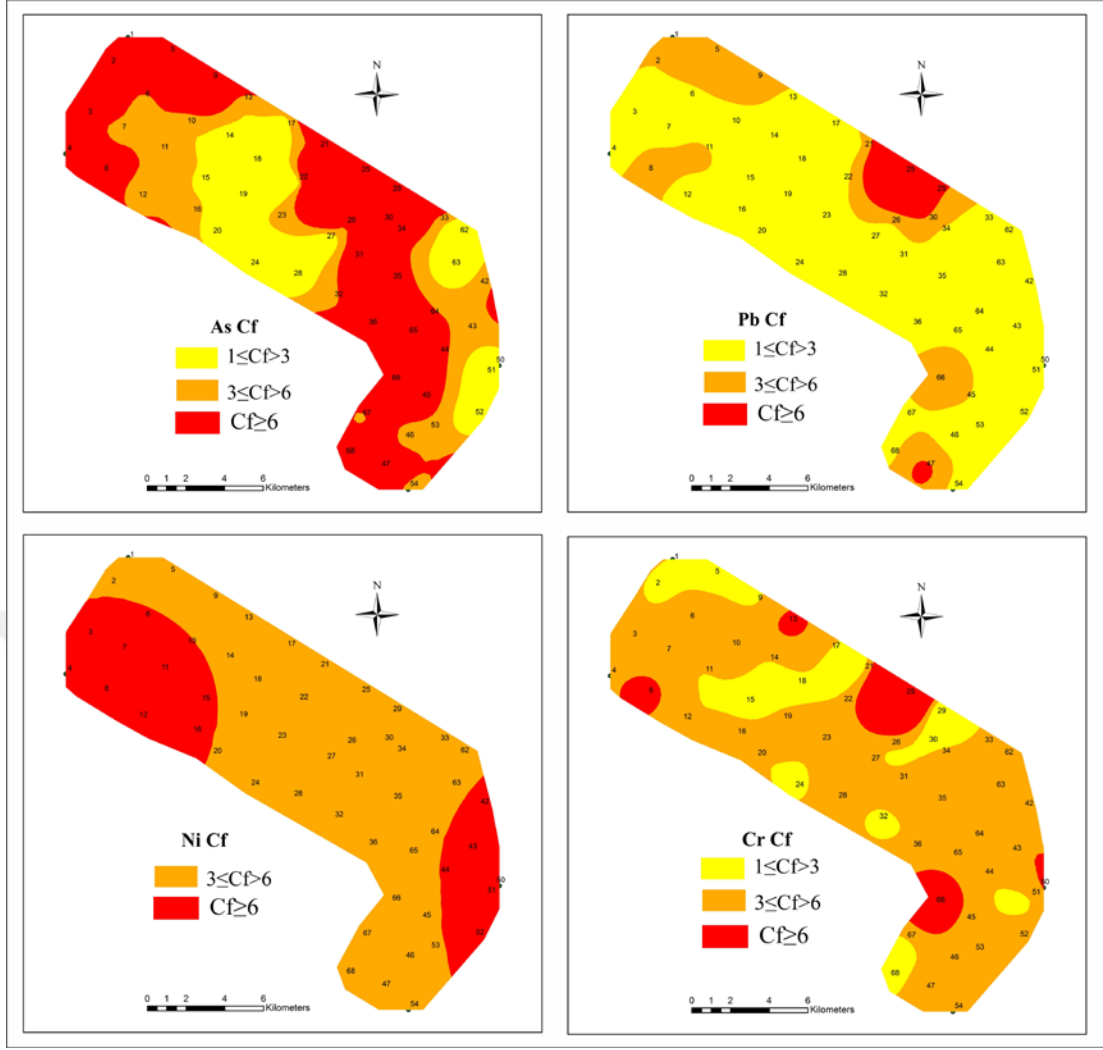
ID	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Mn	Fe	Cr	Cd
1	1.42	3.70	1.41	1.27	13.59	4.95	1.44	1.01	2.77	1.06
2	1.51	2.16	1.13	1.04	7.63	2.68	1.23	0.88	2.05	0.68
3	1.77	5.59	1.46	1.27	3.55	2.10	1.15	1.00	2.66	0.84
4	2.19	5.49	1.50	1.18	2.84	1.52	1.34	0.98	3.76	0.57
5	2.06	3.00	1.48	1.23	8.50	3.19	1.39	1.00	1.78	0.78
6	1.51	5.20	1.20	1.12	3.29	2.36	1.66	0.92	3.17	0.99
7	1.66	6.81	1.62	1.23	3.76	2.37	1.46	0.94	3.70	1.00
8	1.79	11.63	1.64	1.17	4.91	2.88	0.90	1.02	6.84	1.08
9	1.97	4.20	1.47	1.25	10.46	3.88	1.21	1.03	2.12	0.88
10	1.25	5.01	1.34	1.08	2.67	1.98	1.53	0.88	4.49	0.97
11	0.95	5.90	1.44	1.17	4.94	3.58	1.21	0.91	2.96	1.73
12	1.26	4.94	1.51	1.16	2.78	2.06	1.19	0.91	2.57	1.07
13	1.46	6.46	1.43	1.09	2.95	2.05	1.21	0.93	6.27	0.94
14	0.82	6.30	2.54	1.63	2.58	2.81	1.64	0.96	3.15	1.61
15	0.68	4.99	1.70	1.23	3.57	3.23	1.17	0.89	1.97	1.71
16	1.48	4.77	1.37	1.21	2.72	2.01	1.43	0.91	3.19	0.92
17	1.28	4.83	1.37	1.16	2.45	1.99	1.25	0.98	3.03	1.06
18	1.66	3.42	2.04	1.39	2.35	1.78	1.22	1.02	1.92	0.85
19	1.29	4.40	1.82	1.16	2.34	1.76	1.18	0.95	2.62	0.95
20	1.28	4.47	2.11	1.14	2.01	1.82	1.14	0.90	2.57	1.01
21	1.28	4.90	1.94	1.24	6.98	3.51	1.08	0.95	2.09	1.09
22	2.17	6.51	1.90	1.06	1.91	1.48	0.70	1.01	3.30	0.79
23	1.49	3.81	1.90	1.17	3.30	1.88	1.46	0.91	2.59	0.86
24	0.81	5.62	2.34	1.19	1.09	2.40	1.22	0.91	2.37	1.58
25	0.82	5.11	0.43	1.64	237.92	64.40	1.58	0.89	94.15	2.90
26	1.67	5.62	1.89	1.13	3.47	1.92	1.18	0.98	2.33	0.81
27	1.05	5.59	2.07	1.05	1.67	2.23	1.29	0.97	3.64	1.30
28	1.01	4.15	1.76	1.01	1.18	1.81	1.40	0.93	3.47	1.21
29	0.00	8.97	2.76	2.30	115.21	44.90	2.49	0.93	1.58	6.40
30	0.70	5.39	2.15	1.53	27.20	9.61	1.55	0.95	2.04	1.66
31	1.79	2.52	1.61	1.16	8.14	2.69	1.44	0.98	4.13	0.67
32	1.48	2.59	1.77	1.30	4.99	2.22	1.48	0.97	2.40	0.77
33	2.02	3.01	1.12	0.73	2.28	1.10	0.94	0.88	2.26	0.37
34	1.85	2.86	1.38	0.84	4.10	1.57	1.09	0.83	2.86	0.44
35	2.60	5.48	2.20	1.18	4.53	1.83	1.15	1.06	2.77	0.54
36	2.14	2.18	1.66	1.01	4.54	1.66	1.14	1.03	3.38	0.55
42	2.34	4.28	1.88	1.04	2.63	1.25	1.18	0.94	3.40	0.46
43	2.38	4.40	1.95	1.05	2.54	1.22	1.19	0.94	3.57	0.44
44	1.92	5.55	2.27	1.25	5.08	2.28	1.33	1.02	3.04	0.78
45	1.86	8.25	2.39	1.19	5.62	2.55	1.27	1.07	4.04	0.82
46	1.65	3.25	1.63	1.27	3.37	1.70	1.58	1.12	4.31	0.71
47	2.23	11.18	2.67	1.22	15.52	6.07	1.05	1.16	4.32	0.82
50	2.23	3.65	1.29	0.74	0.65	0.68	1.01	0.94	3.34	0.35
51	1.85	1.87	1.18	0.82	0.50	0.83	1.12	0.93	1.98	0.43
52	1.93	2.91	1.42	0.80	0.73	0.85	1.09	0.92	2.85	0.44
53	2.10	3.75	1.59	1.15	3.03	1.40	1.09	1.04	2.50	0.55
54	1.73	3.62	1.80	1.06	1.51	1.38	1.23	0.94	2.59	0.69
62	1.68	2.40	1.10	0.64	0.07	0.51	0.88	0.85	2.12	0.34
63	1.87	2.66	1.00	0.66	0.50	0.68	0.97	0.86	2.40	0.38
64	2.14	6.09	2.46	1.19	3.95	1.77	1.22	1.04	2.75	0.66
65	1.99	5.07	2.11	1.14	6.39	2.46	1.40	1.05	4.03	0.72
66	1.73	8.28	1.71	0.90	6.07	2.92	0.88	0.93	8.82	0.73
67	1.58	3.13	1.57	1.18	4.41	2.37	1.32	1.05	2.52	0.82
68	0.31	1.36	1.98	1.30	12.63	4.11	2.10	0.88	0.44	1.17
EF < 2 2 ≤ EF ≤ 5 5 ≤ EF ≤ 20 20 ≤ EF ≤ 40 40 ≤ EF										

Çizelge 5.5. İnceleme alanına örneklerin kirlilik faktörü değerleri.

ID	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Mn	Fe	Cr	Cd
1	1.30	3.41	1.69	1.17	12.51	4.56	1.33	0.93	2.55	0.98
2	1.68	2.39	1.62	1.16	8.46	2.97	1.37	0.98	2.27	0.75
3	2.27	7.18	2.44	1.63	4.55	2.70	1.48	1.28	3.41	1.08
4	3.33	8.32	2.96	1.80	4.30	2.30	2.03	1.49	5.71	0.86
5	2.25	3.28	2.10	1.34	9.28	3.48	1.52	1.10	1.95	0.85
6	1.77	6.09	1.82	1.31	3.86	2.77	1.94	1.08	3.72	1.16
7	1.91	7.84	2.42	1.42	4.33	2.73	1.68	1.09	4.26	1.16
8	2.17	14.08	2.58	1.41	5.95	3.49	1.09	1.23	8.29	1.30
9	2.13	4.53	2.06	1.35	11.28	4.18	1.30	1.11	2.28	0.95
10	1.51	6.04	2.10	1.30	3.22	2.39	1.85	1.06	5.42	1.17
11	0.83	5.13	1.63	1.02	4.29	3.11	1.05	0.79	2.57	1.50
12	1.56	6.10	2.43	1.43	3.43	2.54	1.47	1.12	3.17	1.32
13	1.77	7.87	2.26	1.32	3.58	2.50	1.48	1.13	7.63	1.15
14	0.64	4.88	2.57	1.26	2.00	2.18	1.27	0.74	2.44	1.25
15	0.55	4.06	1.80	1.01	2.91	2.63	0.95	0.72	1.60	1.39
16	1.97	6.38	2.38	1.62	3.64	2.69	1.91	1.22	4.27	1.23
17	1.44	5.43	2.00	1.30	2.75	2.24	1.40	1.10	3.41	1.20
18	1.80	3.71	2.21	1.51	2.54	1.93	1.33	1.10	2.07	0.92
19	1.54	5.25	2.17	1.38	2.79	2.10	1.41	1.14	3.12	1.13
20	1.51	5.25	2.48	1.34	2.36	2.13	1.33	1.05	3.02	1.19
21	1.24	4.74	1.88	1.20	6.75	3.40	1.05	0.92	2.02	1.06
22	2.53	7.58	2.21	1.24	2.22	1.72	0.81	1.18	3.85	0.92
23	1.60	4.08	2.04	1.25	3.54	2.02	1.56	0.98	2.77	0.92
24	0.75	5.20	2.16	1.10	1.01	2.22	1.13	0.84	2.19	1.46
25	0.36	2.26	0.19	0.73	105.22	28.48	0.70	0.40	41.64	1.28
26	2.09	7.04	2.36	1.41	4.34	2.41	1.47	1.23	2.91	1.01
27	1.00	5.35	1.98	1.00	1.60	2.13	1.24	0.93	3.48	1.25
28	1.08	4.47	1.89	1.09	1.27	1.95	1.51	1.00	3.73	1.30
29		1.97	0.61	0.50	25.25	9.84	0.55	0.20	0.35	1.40
30	0.44	3.40	1.35	0.97	17.16	6.06	0.98	0.60	1.29	1.05
31	1.55	2.18	1.39	1.00	7.04	2.32	1.25	0.85	3.58	0.58
32	1.31	2.30	1.57	1.16	4.43	1.97	1.31	0.86	2.13	0.69
33	3.75	5.59	2.08	1.36	4.25	2.05	1.76	1.64	4.21	0.70
34	2.78	4.31	2.08	1.26	6.19	2.37	1.64	1.25	4.32	0.66
35	3.45	7.26	2.92	1.57	6.01	2.42	1.52	1.40	3.67	0.72
36	2.29	2.33	1.77	1.08	4.85	1.78	1.22	1.10	3.62	0.59
42	3.83	7.01	3.07	1.71	4.30	2.04	1.93	1.55	5.56	0.75
43	3.83	7.10	3.14	1.70	4.10	1.97	1.92	1.52	5.75	0.72
44	2.00	5.79	2.37	1.30	5.30	2.38	1.39	1.06	3.18	0.81
45	2.19	9.76	2.82	1.40	6.65	3.01	1.50	1.26	4.78	0.97
46	1.45	2.86	1.44	1.12	2.97	1.50	1.39	0.99	3.79	0.63
47	3.11	15.57	3.71	1.70	21.61	8.45	1.46	1.61	6.01	1.15
50	4.68	7.66	2.71	1.54	1.37	1.43	2.12	1.98	7.00	0.73
51	2.65	2.68	1.70	1.17	0.72	1.19	1.61	1.33	2.83	0.62
52	3.30	4.97	2.43	1.36	1.25	1.45	1.86	1.57	4.87	0.75
53	2.76	4.92	2.08	1.51	3.97	1.83	1.43	1.36	3.28	0.73
54	2.40	5.03	2.49	1.47	2.10	1.92	1.71	1.31	3.59	0.96
62	4.10	5.86	2.67	1.56	0.17	1.25	2.14	2.08	5.16	0.83
63	3.60	5.13	1.93	1.27	0.96	1.31	1.87	1.65	4.63	0.73
64	2.75	7.84	3.17	1.53	5.09	2.28	1.57	1.34	3.54	0.85
65	2.13	5.44	2.26	1.23	6.86	2.64	1.50	1.12	4.32	0.77
66	2.64	12.61	2.60	1.37	9.25	4.45	1.35	1.41	13.43	1.12
67	1.45	2.87	1.44	1.08	4.05	2.18	1.22	0.96	2.31	0.75
68	0.15	0.66	0.96	0.63	6.14	2.00	1.02	0.43	0.21	0.57
	Cf<1	1≤Cf<3			3≤Cf<6		Cf≥6			

5.3 Kirlilik Faktörü (CF)

CF topraktaki her bir metalin konsantrasyonunun ortalama eşik değere veya ortalama yer kabuk değerine bölünmesiyle elde edilen orandır. Kirlilik faktörü 4 grupta sınıflandırılır: $Cf < 1$: düşük; $1 \leq Cf < 3$: orta; $3 \leq Cf < 6$: önemli ve $Cf \geq 6$: çok yüksek kirlilik faktörü. Aksaray güneyinde toplanan toprakların Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mn, Fe, Cr, Cd gibi ağır metallerin zenginleşme faktörü Çizelge 5.5'te gösterilmiştir. Cf değeri sırasıyla $As > Ni > Cr > Pb > Cu > Co > Mn > Zn > Fe > Cd$ ve ortalama değerleri sırasıyla $7.15 > 5.57 > 4.50 > 3.19 > 2.13 > 2.06 > 1.44 > 1.29 > 1.14 > 0.97$ olarak bulunmuştur ve EF ve Igeo indeks sıralamalarına benzerlik göstermektedir. Maksimum ortalama Cf değerine sahip element As, minimum ortalama Cf değerine sahip element ise Cd'dur. Ek olarak, elementlere ait hesaplanan indeks değerlerinin çalışma alanı içerisindeki alansal dağılımını görmek amacıyla As, Pb, Cr ve Ni için haritalar hazırlanmıştır (Şekil 5.3). Pb ve Cr elementlerinin Cf dağılım haritaları incelendiğinde sahanın kuzey kesimlerde yer alan örneklerinin diğer örneklere göre “Çok yüksek kirlilik faktörü” sınıf aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 5.3). Ni elementinin Cf dağılım haritasına göre batı ve güneydoğu örneklerinin diğer kesimlerdeki örneklere göre “Çok yüksek kirlilik faktörü” sınıf aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.3). As elementi için hazırlanan Cf haritasına göre, örneklerin “Orta” ile “Çok yüksek kirlilik faktörü” sınıf aralıklarında bulundukları görülür.



Şekil 5.3. As, Pb, Ni ve Cr elementlerinin Cf dağılım haritaları.

5.4 Sağlık Riski Değerlendirmesi (HRA)

Ağır metal sağlık riski değerlendirme, ağır metallerle tam olarak maruz kaldıktan sonra insan vücudunun kanserojen olmayan risklerini değerlendirmeyi amaçlar. Topraktaki ağır metallerin insan vücuduna maruz kalma yolları doğrudan oral yoldan (oral ingestion), nefes alma (breathing inhalation) ve cilt temasıdır (skin contact). HRA modelleri, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı yönergelerine göre tasarlanmıştır (USEPA, 1997, 2001) ve ağır metallerin maruz kalma yolu ortalama günlük dozları (ADD) (5.3; 5.4; 5.5; 5.6) denklemler ile tahmin edilir:

$$ADD_{ingestion} = \frac{C \times R_{ing} \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (5.3)$$

$$ADD_{inhalation} = \frac{C \times R_{inh} \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (5.4)$$

$$ADD_{dermal} = \frac{C \times SA \times SL \times ABF \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (5.5)$$

$$HI = \sum HQ = \sum \frac{ADD}{RfD} \quad (5.6)$$

Burada C , topraktaki ağır metal ortalama konsantrasyonu, R_{inh} topraktaki ağır metallerin günlük alımı, R_{inh} günlük inhalasyon hızı, EF maruz kalma sıklığı, ED maruz kalma süresi, BW ortalama vücut ağırlığı, AT ortalama süre, PEF partiküllerin salınım faktörü, SA cildin maruz kaldığı alan, SL cilt adhezyon faktörü, ABF cilt absorpsiyon faktörü. Formüllerdeki parametreler Çizelge 5.6'da; RfD ağır metal referans dozları değerlerini ise Çizelge 5.7'de göstermektedir.

Tehlike katsayısı (HQ) ve tehlike indeksi (HI), ağır metallerin kanserojen olmayan riskini tanımlamak için kullanılır. HQ veya HI değeri 1'den küçük olduğunda, kanserojen olmayan sağlık riski olmadığı anlamına gelir, aksi takdirde potansiyel kanserojen olmayan bir sağlık riski olduğu anlamına gelir ve değer ne kadar büyük olursa, risk de o kadar yüksek olur.

Çizelge 5.6. Ortalama günlük dozlarına ait parametreler.

Parametre	Birim	Değer		Referans
		Çocuk	Yetişkin	
C	mg/kg	5	5	Bu çalışma
R _{ing}	mg/gün	200	100	(USEPA, 2001)
EF	gün/yıl	180	180	(Ferreira-Baptista and De Miguel, 2005)
ED	yıl	6	24	(USEPA, 2001)
BW	kg	15	70	(USEPA, 1989)
AT	gün	ED×365 (kanserojen olmayan)		(Na Zheng vd, 2010)
R _{inh}	m ³ /gün	7.6	20	(Van den Berg, 1995)
PEF	m ³ /kg	1.36×10 ⁹		(USEPA, 2001)
SA	cm ²	2800	5700	(USEPA, 2001)
SL	mg/cm ²	0.2	0.7	(USEPA, 2001)
ABF	-	0.001		(Na Zheng vd, 2010)

Çizelge 5.7. Ağır metal referans dozları.

Ağır metaller	RfD (mg·(kg·d) ⁻¹)			Referans
	Ingestion	Inhalation	Dermal	
Co	2.00E-02	5.71E-06	1.60E-02	Nisar Muhammad (2018)
Ni	2.00E-02	2.06E-02	5.40E-03	Yuhu Luo (2021)
Cu	4.00E-02	4.02E-02	1.20E-02	Nisar Muhammad (2018)
Zn	3.00E-01	3.00E-01	6.00E-02	Nisar Muhammad (2018)
As	3.00E-04	1.23E-04	1.23E-04	Yuhu Luo (2021)
Pb	3.50E-03	3.52E-03	5.25E-04	Yuhu Luo (2021)
Mn	4.70E-02	1.43E-05	1.84E-03	Nisar Muhammad (2018)
Fe	8.40E+00	2.20E-04	7.00E-02	Nisar Muhammad (2018)
Cr	3.00E-03	2.86E-05	6.00E-05	Yuhu Luo (2021)
Cd	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-05	Nisar Muhammad (2018)

Topraktaki ağır metallerin ortalama günlük dozları, yetişkinler ve çocuklar için hesaplanmıştır (Çizelge 5.8.).

Çizelge 5.8. Ortalama günlük dozları.

Element	ADD Ing		ADD Inh		ADD Derm	
	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk
Co	1.68E-05	1.57E-04	2.48E-15	4.39E-15	6.72E-07	4.40E-07
Mn	5.28E-04	4.93E-03	7.76E-14	1.38E-13	2.11E-05	1/37E-05
Fe	2.01E-03	2.04E-02	3.22E-13	5.71E-13	8.74E-05	5.72E-05
Ni	7.30E-05	6.82E-04	1.07E-14	1.91E-14	2.91E-06	1.91E-06
Cu	2.14E-05	2.01E-04	3.16E-15	5.61E-15	8.58E-07	5.62E-07
Zn	4.72E-05	4.41E-04	6.95E-15	1.23E-14	1.89E-06	1.24E-06
As	1.00E-05	9.40E-05	1.48E-15	2.63E-15	4.02E-07	2.63E-07
Pb	5.72E-05	5.35E-04	8.42E-15	1.49E-14	2.28E-06	1.50E-06
Cr	1.11E-04	1.03E-03	1.63E-14	2.89E-14	4.43E-06	2.90E-06
Cd	7.05E-08	6.58E-07	1.04E-17	1.84E-17	2.81E-09	1.84E-09

Çizelge 5.9’da, Alsaray-Tuzgölü arası alanındaki toprakta tehlike katsayısı (HQ) ve tehlike indeksinin (HI) hesaplanan sonuçlarını göstermektedir. Hesaplanan HQ ve HI değerleri 1’den daha küçük olduğu için kanserojen olmayan bir sağlık riski olmadığını anlamına gelir.

Çizelge 5.9. HQ ve HI sonuçları.

Element	HQ Ing		HQ Inh		HQ Derm	
	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk
Co	8.42E-04	7.86E-03	4.34E-10	7.69E-10	4.20E-05	2.75E-05
Mn	1.12E-02	1.05E-01	5.43E-09	9.63E-09	1.14E-02	7.50E-03
Fe	2.61E-04	2.43E-03	1.46E-09	2.60E-09	1.25E-03	8.18E-04
Ni	3.65E-03	3.41E-02	5.21E-13	9.25E-13	5.40E-04	3.54E-04
Cu	5.37E-04	5.02E-03	7.86E-14	1.39E-13	7.15E-05	4.68E-05
Zn	1.58E-04	1.47E-03	2.32E-14	4.11E-14	3.14E-05	2.06E-05
As	3.36E-02	3.13E-01	1.20E-11	2.13E-11	3.27E-03	2.14E-03
Pb	1.64E-02	1.53E-01	2.39E-12	4.24E-12	4.35E-03	2.85E-03
Cr	3.70E-02	3.45E-01	5.71E-10	1.01E-09	8.86E-02	5.80E-02
Cd	7.05E-05	6.58E-04	1.04E-14	1.84E-14	2.81E-04	1.84E-04
HI	1.04E-01	9.68E-01	7.91E-09	1.40E-08	1.10E-01	7.20E-02

6. TARTIŞMA

6.1 Jeokimyasal ve İstatistiksel Değerlendirme

Örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal ve istatistiksel çalışmalar, bölge topraklarının ağır metal ve olası kaynaklarını belirlemek amacıyla yapılmış olup, jeokimyasal dağılım haritaları, korelasyon analizleri ve kümeleme analizlerinin yapılmasını kapsamıştır. Ağır metaller için oluşturulmuş haritalara göre, genel olarak sahanın, batı ve güneydoğu kesimlerinin diğer kesimlere oranla Fe, Mn, Cu, Co, Zn ve Ni elementlerce zenginleştiği, As, Pb ve Cr elementlerin kuzey kesimlerde belirli bir alanda noktasal olarak zenginleştiği, Cd elementi sahanın güneybatı kesimlerde zenginleştiği görülür (Şekil 4.4; Şekil 4.5; Şekil 4.6).

Fe, Mn, Cu, Co ve Zn element dağılımlarının birbirleri ile uyumlu oldukları ve çalışma alanının GD kesimlerinde yer alan örneklerde daha yüksek değerlere sahip olduğu ve genel olarak bu kesimlerin temelini volkanik kayalar olduğu görülür (Şekil 4.4; Şekil 4.5). Bununla birlikte korelasyon analizlerinde de benzer şekilde bu elementler arasında 0.601-0.952 arasında korelasyon katsayı değerlerine sahip olduğu görülür (Çizelge 6.1). Değişkenlerin korelasyon katsayısına göre bu ilişkinin kuvvet derecesi 'kuvvetli pozitif korelasyon' olarak tanımlanabilir (Temur, 1997). Aynı şekilde küme analiz sonuçlarında Cu, Zn, Co, Mn ve Fe'in güçlü bir kümeye yerleştiğini göstermektedir (Şekil 6.1). Bu durum, bu elementlerin aynı kaynaktan geldiğini göstermesi bakımından önemlidir. Ayrıca Fe ve Co elementlerinin nokta dağılım grafikleri incelendiğinde doğudaki örneklerin konsantrasyonların yükseldiği görülür. Fakat bu durum Fe ve Co elementlerinin histogram grafiğinde bimodal dağılım göstermemektedir (Şekil 3.1; Şekil 3.7). Bunun için Fe ve Co elementlerinin örneklerinin iki gruba bölünerek ortalamaları hesaplanmıştır. Buna göre Fe'in 1 ile 32 arasında olan örneklerin ortalaması 30959 ppm olarak, 33 ile 68 arasında olan örneklerin ortalaması 41632 ppm olarak bulunmuştur. Co elementinin 1 ile 32 arasında olan örneklerin ortalaması 18.72 ppm olarak, 33 ile 68 arasında olan örneklerin 31.80 ppm olarak bulunmuştur. Bu durumun net olarak anlaşılması için özellikle çalışma alanının doğusunda yer alan örneklerin element zenginleşmesini ortaya koyabilmek için daha sık aralıklı örnekleme çalışmasının yapılması önerilmektedir. As-Pb elementleri için oluşturan haritalar incelendiğinde element dağılımlarının birbirleri ile uyumlu oldukları fakat çalışma alanının kuzey kesimlerinde sanayi bölgelerinde yer

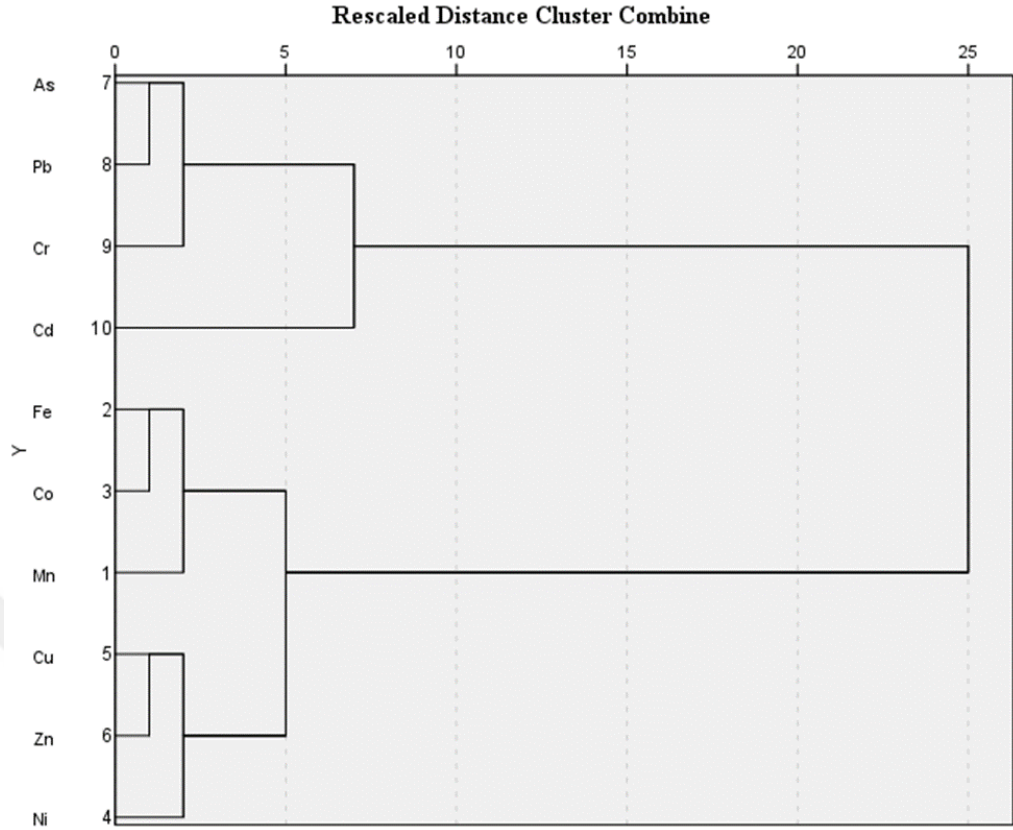
alan örneklerin diğer örneklere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülür (Şekil 4.6). Bu elementlerin belirli bir bölgedeki noktasal zenginleşme göstermesi, daha çok endüstriyel faaliyetlere bağlı olarak yani antropojenik olarak zenginleştiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte korelasyon analizlerinde bu element çifti diğer element çiftlerine oranla en yüksek korelasyon katsayısına sahip olup (0.991) (Çizelge 6.1), değişkenlerdeki bu korelasyon katsayısı bu ilişkinin kuvvet derecesinin “çok kuvvetli pozitif korelasyon” olduğunu gösterir (Temur, 1997). Aynı şekilde küme analiz sonuçlarında bu element çiftlerinin güçlü bir kümeye yerleştiğini göstermektedir (Şekil 6.1). Pb ve As elementlerinin kökeni olarak, jeostatistiksel ve elementel bolluklarının birbirleri ile uyumlu olması, bu elementlerin antropojenik etkilerden daha çok doğal jeolojik/hidrojeolojik süreçler ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle FAO ve UNEP (2021) gibi kuruluşların raporlarında da belirtildiği gibi volkanik alanlarda bu elementlerin zenginleşme gösterebileceği belirtilmektedir. Aynı zamanda bölgede yapılan Demirela vd. (2020), Karakurt (2018) ve Üyemez (2016) gibi çalışmalarda da bu elementlerin jeoloji temelli olarak, Hasan Dağı volkanizması nedeniyle, zenginleşme gösterdiği vurgulanmaktadır. Bu durumun net olarak anlaşılması için özellikle çalışma alanının bu kesimlerinde (organize sanayi yerleşim bölgelerinde) yer alan element zenginleşmesini ortaya koyabilmek için daha sık aralıklı örnekleme çalışmasının yapılması önerilmektedir. Bu durum diğer elementlere kıyasladığında farklı bir kökene sahip olduğunu anlamına geliyor. Cd elementi incelendiğinde, bu elementin ortalama değeri referans olarak kullanılan üst kabuk değerlerini (Wedepohl, 1995) aşmadığı, sadece sahanın GB kesimlerinde yer alan bazı örneklerin, özellikle tarım faaliyetinin yapıldığı bölgeler, ortalama değerlerden yüksek olduğu görülür (Şekil 4.5). Ayrıca korelasyon analizlerine göre Cd’un diğer ağır metaller ile korelasyonlarının düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 6.1). Bu bölgelerde özellikle tarımsal faaliyetlerin yaygın olarak yapıldığı düşünüldüğünde bunun sebebinin gübreleme işleminden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Yapılan bazı çalışmalar (Şimşek vd. 2021; Özyigit ve Genç 2020), Cd birikiminin fosfatlı gübreden kaynaklanabileceğini ortaya koymaktadır. Buna göre özellikle tarımsal faaliyetlerin olduğu yerlerde Cd elementinin kökeni antropojenik etkilerden kaynaklanabileceği, fakat çalışma alanının genelinde, ortalama kabuk değerlerinde olması nedeniyle jeojenik olduğu söylenebilir. Buna karşın Cr elementinin sahanın kuzey kesimlerde ve bazı örneklerde yüksek değerlere sahip olduğu görülür (Şekil 4.6). Bununla birlikte Cr elementinin As ve Pb elementleri ile

güçlü bir korelasyona sahip olduğu (Çizelge 6.1), dendogramda da aynı elementlerle güçlü kümede olduğu da görülmektedir (Şekil 6.1). Cr elementinin bu alanlarda yüksek olmasının sebebi de benzer şekilde bu elementin sahanın kuzey kesimlerinde (organize sanayi bölgesi) antropojenik etki ile zenginleştiğini gösterebilir. Ni elementinin ise Cu ve Zn elementlerle güçlü korelasyon verdiği (Çizelge 6.1), dendogramda aynı elementlerle güçlü kümede yerleştiği görülür (Şekil 6.1). Bunun sebebi de bu elementlerin volkanik kayalarda yüksek konsantrasyonda bulunmasıdır (Döelsch vd., 2006). Ni ve Cr elementleri incelendiğinde bu elementler arasında korelasyon ilişkisi olmamasına rağmen, jeokimyasal dağılım haritalarında kısmen benzer dağılım gösteren lokal alanların bulunduğu (sahanın B ve GD kesimleri) görülür. Bu durum genellikle benzer kaya gruplarında, örneğin volkanik kayalarda görece zengin olması (Döelsch vd., 2006) beklenen Ni ve Cr elementinin farklı kaynaklardan etkilenmiş olabileceğini desteklemektedir. Bu durum sadece Aksaray bölgesi için değil aynı zamanda Endoneziya ve Japon volkanik alanlardaki toprakların Ni ve Cr element bakımından da zengin olması ile aşıkardır (Anda, 2012; Takeda vd., 2004).

Çizelge 6.1. Ağır metal elementlerin korelasyon analizi.

	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cr
Mn	1									
Fe	,803**	1								
Co	,733**	,952**	1							
Ni	,271*	,533**	,431**	1						
Cu	,601**	,743**	,647**	,759**	1					
Zn	,734**	,813**	,740**	,631**	,888**	1				
As	-,415**	-,382**	-0,245	-0,119	-,457**	-,367**	1			
Cd	-,357**	-,382**	-,496**	0,264	-0,046	-0,159	0,200	1		
Pb	-,444**	-,402**	-0,269	-0,059	-,437**	-,370**	,991**	,309*	1	
Cr	-0,125	-0,054	-0,027	0,127	-0,211	-0,099	,862**	0,156	,840**	1

** . Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır.
* . Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır.

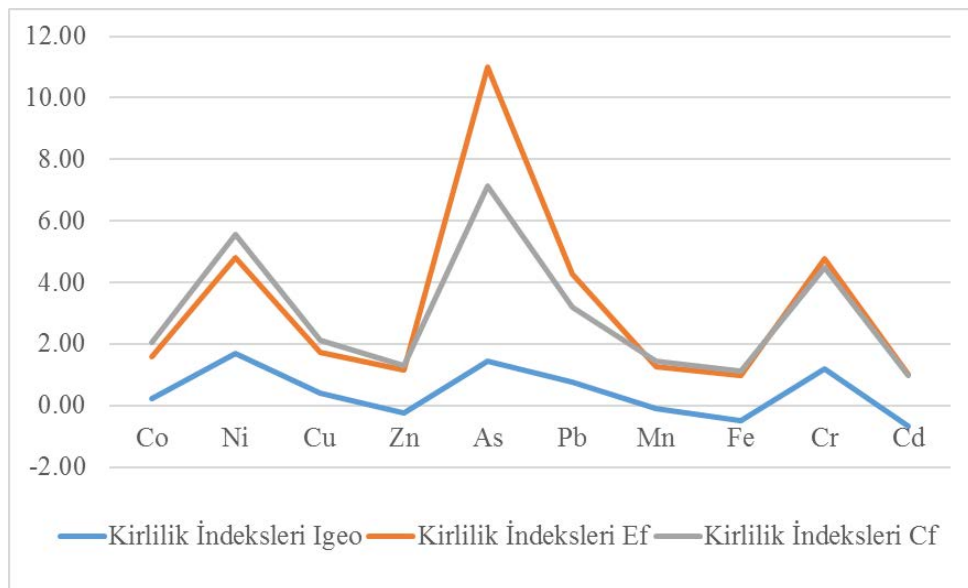


Şekil 6.1. Ağır metallere ait dendrogram.

6.2 Kirlilik İndekslerin Açısından Değerlendirmesi

Aksaray güneyi topraklarının kirlilik açısından değerlendirilmesi, Igeo, Cf ve Ef indekslerine göre yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar, indeks sınıf aralıkları ve hesaplama metodolojileri indeksler arasında bazı farklılıklar olduğunu göstermektedir. Örneğin Ef hesaplamasında kabuk ortalaması ile birlikte referans bir elementin kullanılması, Igeo hesaplamasında ise ağır metallerin kabuktaki ortalama bolluklarının belirli bir katsayı oranla olan değişimlerinin kullanılması, Cf hesaplamasında ise referans olarak sadece kabuk değerlerinin kullanılması bu indeksler arasındaki farklardır. Özellikle Igeo, Ef, Cf indekslerinin hesaplamalarda biyojeokimyasal ve litojenik değişimleri dikkate almaması bu indekslerin önemli bir eksikliğini göstermektedir (Kowalska vd., 2018). Bu problem, toprak kirliliği çalışmalarında sadece kirlilik indekslerin kullanmasının yanı sıra aynı zamanda jeokimyasal ve jeostatistik bilgilerinde uygulamaya dahil edilmesi ile aşılabılır. Ayrıca Seng-Chee ve Norhayati (2016) çalışmalarına göre Zenginleşme faktörünün hesaplaması için kullanılan referans elementin seçiminin indeks sonuçlarının 4 kattan daha fazla

değiştirebileceğini vurgulamışlardır. Bu durum aynı örneğin farklı referans elementine göre yapılan hesaplamasının farklı sonuçlar vermesine neden olmaktadır. Bu nedenle Zenginleşme faktörünün topraktaki kirlilik durumunun tespiti ve değerlendirme uygulamalarında temkinli olunması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Bunun için, Zenginleşme faktörü indeksi kullanılacaksa, diğer indekslerle ve jeojenik ve antropojenik unsurlar ile karşılaştırılmalarının yapılarak ele alınması gerekir. Bu çalışmada, benzer farklılıkların ortaya çıkmaması için zenginleşme faktörü indeks hesaplamalarında Ti elementi referans olarak seçilmiştir. Bilindiği üzere özellikle Ti ve Al elementi jeolojik çevrelerde hareketsiz (immobile) olarak bilinmektedir (Grant, 1986). Bu nedenle zenginleşme faktörü indeks hesaplamalarında Fe, Mn ve Si gibi elementler yerine mümkünse öncelikli olarak Al ve Ti elementlerinin kullanılması önerilmektedir. Özellikle As, Cr, Pb ve Ni gibi ağır metal elementlerin tüm indeks hesaplamalarında kirlilik seviyelerinin yüksek olduğu, dolayısıyla Igeo, Ef, Cf indeksleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu ortaya çıkar (Şekil 6.3). Ayrıca As, Cr, Pb ve Ni elementlerin indeks değerlere göre dağılım haritaları çizilmiştir. Çizilen indeks haritalar arasında gözle görülür bir fark bulunmaktadır. Örneğin As elementinin ortalama Igeo, Ef ve Cf indeks değerleri sırasıyla 1.44, 10.99 ve 7.15 bulunmuştur. Dolayısıyla As elementinin Igeo sınıf aralığına göre “orta derecede kirlenmiş”, Ef sınıf aralığına göre “orta-aşırı zenginleşmiş”, Cf sınıf aralığına göre “çok yüksek kirlilik faktörü” olarak tespit edilmiştir. Buna göre haritalarının farklı olması indekslerin sınıf aralık farklılıkları ile alakalı olduğu söylenebilir.



Şekil 6.2. Igeo, Ef ve Cf grafiği.

6.3 Analiz Sonuçları Sağlık Riski Açısından Değerlendirmesi

Toprak jeokimyası bölümünde örneklerden yapılan analiz sonuçları ortalama kıtasal kabuk değeri ve bazı kayaç değerleri ile karşılaştırılarak jeolojik olarak bir zenginleşmenin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu tür çalışmalarda uygulanan yöntemler ile jeolojik olarak bir kirlilik ve/veya zenginleşme belirlense de bu her zaman canlı sağlığını tehdit edecek boyutlarda olmayabilir. Bu yüzden toprak jeokimyası bölümünde yapılan veya jeolojik olarak zenginleşme-fakirleşme işlemleri üzerine yapılan çalışmalar, toprak ve kayaçların metal içeriğinin ekolojik çevre üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılması uygun değildir. Bu nedenle analiz sonuçları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kirlilik yönetmenliğine (T.C. Resmi Gazete, 2001) ait standartlar ve bu standartlarda bulunmayan elementler için ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi kuruluşların önerdiği standartlarla sağlık açısından da değerlendirilmelidir. Analiz sonuçlarına sağlık açısından bakıldığında zaman Ni ve Cr elementlerinin standart sınır değerlerin üzerinde, As, Pb, Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Cd elementlerinin WHO ve FAO ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB) (Çizelge 6.2.) tarafından belirlenen referans değerler altında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve ululararası ağır metallerin sınır değerleri.

Elementler	WHO/FAO (µg/g)	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (mg/kg)
As	20	-
Cd	3	3
Co	50	-
Cr	100	100
Cu	100	140
Fe	50000	-
Mn	2000	-
Ni	50	75
Pb	100	300
Zn	300	300
Hg	-	1.5

Ancak As elementinin 25 ve 29 nolu örneklerde, Cr elementinin 25 nolu örnekte ÇŞB ve WHO/FAO'ya göre aşırı derecede yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bu

örneklerin örnekleme lokasyonları dikkate alındığında sanayi bölgesinde yer aldığı görülür. Bu örnekler sağlık açısından yüksek riske sahip olduğu için kirliliğin nedenleri üzerine detaylı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Tüm bunlara rağmen çocuk ve yetişkin insanlardaki sağlık risklerini değerlendirmek için ‘‘Tehlike katsayısı HQ’’ ve ‘‘ Tehlike indeksi HI’’ hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre Aksaray güneyinden toplanan tüm örneklerin sağlık açısından bir risk oluşturmadığı, ancak WHO ve FAO’nın tavsiye ettiği sınır değerlere göre kuzey kesimlerde bulunan bazı lokasyonların sağlık riski oluşturabileceği söylenebilir.



7. SONUÇLAR

İnceleme alanı jeolojik olarak Kırşehir Bloğu olarak bilinen Orta Anadolu Kristal Kompleksi (OAKK) içerisinde yer almaktadır. OAKK üç ana kaya grubundan olan kayalar çalışma alanında yüzeylenmemektedir. Fakat, Senozoik yaşlı sedimanter, volkanik ve volkanik-kırıntılı kayalarla karakterize edilen OAKK'nin örtü birimleri çalışma alanında yaygındır.

Kentsel alan topraklarındaki ağır metaller, endüstri, endüstriyel atıklar, kimyasal gübreler nedeniyle hem antropojenik kaynaklara hem de bölgenin jeolojisine bağlı olarak jeojenik kaynaklardan gelebilir. Örneklerin ağır metal element içerikleri önce jeokimyasal ve jeostatistiksel olarak incelenmiş, sonrasında coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla görselleştirilmiştir. Analiz sonuçları, çalışma alanındaki örneklerin iz element içeriklerinin Cd elementi hariç üst kabuk değerlerine göre daha yüksek bir konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir. Sahada toplanan 54 adet toprak numunesine göre elde edilen jeokimya sonuçları ve haritalar, çalışma alanının GD kesimlerinde, Fe, Mn, Cu, Zn ve Co elementlerince zenginleşmiş olduğunu ve bu elementler arasında güçlü korelasyonlar olduğunu göstermektedir. Bu durum, bu element içeriklerinin bölgedeki dağılımının antropojenik kaynaklardan ziyade jeojenik olduğu tespit edilmiştir. Cd elementinin sahanın tarımsal faaliyetlere bağlı olarak GB kesimlerde zenginleştiği ve diğer ağır metal elementlerle jeokimyasal ve korelasyon ilişkisi olmadığı ortalama kabuk değerlerinde olması nedeniyle jeojenik olduğu sonucuna varılmıştır. As ve Pb elementleri için, elementel korelasyon ilişkileri ve bolluklarının birbirleri ile uyumlu olması gibi nedenler ile jeolojik/hidrojeolojik süreçler ile ilişkili olduğunu, fakat kuzeyde bulunan bazı örneklerin antropojenik kaynaklardan etkilendiğine göstermektedir. Ni ve Cr elementleri arasında korelasyon ilişkisi olmadığı fakat jeokimyasal dağılım haritalarında kısmen benzer dağılım gösteren lokal alanların bulunduğu görülür. Bu durum Ni ve Cr elementi için bölgedeki jeolojik süreçlerin (volkanik kayaların varlığı) ve antropojenik etkilerin birlikte var olduğunu gösterir. Özellikle haritalarda uyumsuz olan kesimlerin (örneğin organize sanayi bölgesi gibi alanlar) Cr elementinin jeojenik kaynaklara ek olarak antropojenik kaynaklardan etkilendiğini düşündürmüştür.

Kirliliğin tespiti amacıyla hesaplanan jeobirikim indeksi, zenginleşme faktörü ve kirlilik faktörü sonuçları özellikle As, Ni, Pb ve Cr elementleri için kirlenme

seviyesinde sonuçlar vermiştir. Herhangi bir bölgede yapılacak kirlilik çalışmalarında özellikle jeojenik kökenli zenginleşmelerin tespiti amacıyla özellikle jeokimyasal sonuçların sadece indeks çalışmaları ile ortaya konamadığı, indeks çalışmalar ile birlikte jeolojik ve jeostatistik bilgilerin birlikte kullanılması gerektiği ortaya konmuştur. Ayrıca Zenginleşme faktörünün kullanıldığı çalışmalarda referans elementinin seçiminde dikkatli olunması gerektiği, uygun elementin seçilmemesi durumunda çok farklı ve yanıltıcı sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.

Sağlık açısından sadece Ni ve Cr elementlerinin uluslararası örgütlerin ve Çevre Şehircilik Bakanlığı tarafından önerilen sınırlar üzerinde değerler sunduğu, diğer elementlerin sınır değerler içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Bununla beraber hesaplanan ‘‘Tehlike katsayısı HQ’’ ve ‘‘ Tehlike indeksi HI’’ sonuçlarına göre bölgeden toplanan örneklerin sağlık açısından hiç bir risk oluşturmadığı ortaya konmuş olup özellikle 25 ve 29 nolu örneklerin bulunduğu bölgenin As ve Cr elementleri açısından detaylı olarak incelenmesi gerektiği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Akıman, O. ve Boztuğ, D., 1993. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içinde yer alan alkali magmatik kayaçlar, pp.21-22, in: Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri 25. Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, Ankara.
- Alloway, B.J., 1995. Heavy Metals in Soils, John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Anda, M., 2012. Cation imbalance and heavy metal content of seven Indonesian soils as affected by elemental compositions of parent rocks, *Geoderma*, 189, 388–396.
- Arıkan, Y., 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü Basin, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 85, 17-44.
- Aydemir, A., 2008. Hydrocarbon potential of the Tuzgolu (Salt Lake) Basin, Central Anatolia, Turkey: a comparison of geophysical investigation results with the geochemical data, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 61,1, 33-47.
- Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliyosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri, *MTA Dergi*, 66, 88-104.
- Boztuğ, D., 1993. Kırşehir bloğundaki Yozgat batoliti doğu kesiminin (sorgun güneyi) petrografisi, ana element jeokimyası ve petrojenezi, *İstanbul Uni. Yerbilimleri Derg.*, 9, 1-2, 1-20.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.C., Heizler, M., Ratschbacher, L., Harlavan, Y. ve Tichomirova, M., 2009, Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey, *Tectonophysics*, 473, 223–233.
- Chiroma, T. M., Ebewe R. O. ve Hymore F.K., 2014. Comparative Assesment of Heavy Metal Levels in Soil, Vegetables and Urban Grey Waste Water used for Irrigation in Yola and Kano, *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3, 2, 1-9.
- Çağatay, N., Erler, A., Güleç, N., Savaşçın, Y. ve Tokel, S., 1993. Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler, *TJK Yerbilimleri Eğitim Dizisi, İkinci Baskı*, Ankara.
- Çağatay, N., Erler, A., Savaşçın, Y. ve Tokel, S., 1984. Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler. *TJK Yerbilimleri Eğitim Dizisi, Birinci Baskı*, Ankara.
- Çalışkanoglu, Z., Ünal, A., Karadağ, E., Altunkaynak, Ş. ve Görür, N., 2016. Hasandağı volkanitleri'nin jeolojisi ve petrografik özellikleri, pp: 290-291, *Jeolojik Kongresi, Türkiye Jeol. Kur. Yayını*, Ankara.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü Basin in Central Anatolia, Turkey, *The J. Geol.*, 107, 6, 693-706.
- Dalkılıç, B. ve Erler, A., 1986. Sarıhacılı-Divanlı-Azizli (Yozgat) bölgesinin jeolojisi, *Jeolojik Kongresi, Türkiye Jeol. Kur. Yayını*, Ankara

- Dellaloglu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, Rapor No: 2020, TPAO, Ankara.
- Dengiz, O., Ozcan, H., Koksall, E. S., Baskan, O. ve Kosker, Y., 2010. Sustainable natural resource management and environmental assessment in the Salt Lake (Tuz Golu) Specially Protected Area, Environmental monitoring and assessment, 161, 327-342.
- Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2000. Koçhisar-Aksaray fay zonu'nun evrimi hakkında yeni veriler. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışması. Bildiri Özleri, 1, Aksaray.
- Desaules, A., (2012). Critical evaluation of soil contamination assessment methods for trace metals, Science of The Total Environment, 426, 120-131.
- Doelsch, E., Saint Macary, H. ve Van de Kerchove, V., 2006. Sources of very high heavy metal content in soils of volcanic island (La Réunion), Journal of Geochemical Exploration, 88, 1-3, 194-197.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Kara, H., Türkecan, A., Yergök, A. F. ve Esentürk, K., 2005. MTA 1/100.000 Ölçekli açınısma nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Aksaray-L 32 paftası, Ankara.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J., Ul, T., Notsu, K. ve Fujitani, T., 1992. Hasandağı-Karacadağ (Orta Anadolu) Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal, izotopik ve radyometrik veriler, TJK Bülteni, 7, 8-21.
- Erlcr, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerinin genel değcrlendirilmesi ve sorunları, Yerbilimleri, 17, 49-67.
- Erlcr, A., Akıman, O., Unan., C., Dalkılıç, F., Dalkılıç, B., Geven, A. ve Önen P., 1991. Kaman (Kırşehir) ve Yozgat yörelerinde Kırşehir Masifi magmatik kayaların petrolojisi ve jeokimyası, TÜBİTAK, Doga, Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 15, 76-100.
- Ersoy, A. ve Yünscl, T., 2008, Maden rezerv hesaplamaları klasik ve jeostatistik yöntemler, Nobel Kitabevleri, Adana.
- FAO and UNEP. 2021. Global assessment of soil pollution: Report, Rome.
- Ferreira-Baptista L, De Miguel E. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment, Atmos Environ, 2005, 38, 4501-12.
- Göçmez, G., 1994. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelenmesi, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Göncüoğlu, M.C., 1977. Geologie des westlichen Massivs, Ph. D. Thesis, Bonn Univ., Bonn.
- Göncüoğlu, M.C., 1981. Niğde Masifinin Jeolojisi. İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu, pp: 16-19, Türkiye Jeol. Kur. Yayını, Ankara.

- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A. ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1-Güney Kesim: Rapor No. 2909, TPAO, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., Olgun, E. ve Rojay, B., 1992, Orta Anadolu masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 2-Orta Kesim, Rapor No:3155, TPAO, Ankara.
- Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, G.M.V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşçu, İ., Köksal, S. ve Dirik, K. 1993. Orta Anadolu Masifi'nin Orta Bölümü'nün Jeolojisi, Bölüm 3: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseni'nin Jeolojik Evrimi, Rapor No. 3313, TPAO, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, İ. 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları, Rapor No:3753 (Yayınlanmamış), TPAO, Ankara.
- Görür, N. ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü-Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, Rapor No: 1514, TPAO, Ankara.
- Görür, N., Oktay, F., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, pp:81-96, In: Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds. The geological evolution of the eastern Mediterranean, Geological Society, London.
- Görür, N., Oktay, F., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, 81-96, In: Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., (eds.) The geological evolution of the eastern Mediterranean Spec. Publ. Geological Society, London.
- Grant, J.A. 1986. The Isocon Diagram; a Simple Solution to Gresens' Equation for Metasomatic Alteration, Economic Geology, 81, 1976-1982.
- Güleç, N., 1994. Rb-Sr isotope data from the Ağaçören granitoid (east of Tuz Gölü): geochronological and genetical implications, Turkish J. Earth Sci., 3, 39-43.
- Güllü, B. ve Yıldız, M., 2012. Mamasun (Aksaray) gabroyik kayalarının petrojenetik karakteristiği, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 1.
- Güllü, B., 2003. Mamasun yöresi (Aksaray) magmatik kayalarının jeolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi, Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi, fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Jaffar, S.T.A., Luo, F., Ye, R., Younas, H., Hu, X.F. ve Chen, L.Z. The extent of heavy metal pollution and their potential health risk in topsoils of the massively urbanized district of Shanghai. Arch Environ Contam Toxicol, 2017, 73: 362–76.
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H., 2001. Trace elements in soils and plants (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

- Kadioğlu, Y.K., Dilek, Y., Foland, K.A. 2006. Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complexes. *Geological Society of America*, 409, 381-415.
- Kadioğlu, Y.K., Güleç, N., 1995, Ağaören (Aksaray) intrüzif takımının Petrolojisi, Çukurova Üniversitesi 20. Yıl Sempozyumu, Adana, Bildiriler Kitabı, 35.
- Kalkancı, Ş., 1974. Etude géologique et pétrochimique du sud de la région de Suşehri. Géochronologie du massif syénitique de Köseadağ (NE de Sivas-Turquie). Thèse de doctorat de 3eme cycle, L'Université de Grenoble, France.
- Kavurmaci, M.M., 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzluluğunun çevresel etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Ketin, I., 1966. Türkiye'nin tektonik birlikleri, *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Ketin, İ., 1956. Yozgat bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin tektonik durumu: *TJK Bült.*, 6, 1-40.
- Köksal, Toksoy F., Göncüoğlu, M. C. ve Yalınız, M. K., 2001. Petrology of the kurancalı phlogopitic metagabbro: an island arc-type ophiolitic sliver in the Central Anatolian crystalline complex, Turkey, *International Geological Review*, 43, 7, 624-639.
- Kurt, H. ve Arslan, M., 2005. Tuz Gölü doğu ve batısındaki ofiyolitik birimlerin jeolojik ve petrolojik yönden karşılaştırması, Proje no: ÇAYDAG-197Y078, TÜBİTAK, Ankara.
- Kürçer, A., Gökten, Y.E. ve Yeleser, L., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 4 Nisan 2012, Ankara.
- Matheron, G., 1971. Theory of Regionalized Variables and its Applications. *Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique Fasc*, 5 ENSMP, p:212, Paris.
- MTA, 2005. 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (Aksaray Paftası), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA, Ankara.
- Müller, G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River, *GeoJournal*, 2, 3, 108-118.
- Neuendorf, K. K. E., Mehl, Jr., J. P. ve Jackson, J. A. (Eds.) 2005. Glossary of geology (5th ed.). American Geological Institute, Washington D.C., USA.
- Nisar, M. ve Nafees, M. 2018. Geo- chemical investigation and health risk assesment of potential toxic elements in industrial wastewater irrigated soil: A geo-statistical approach. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 367-380.

- Oktay, F.Y., 1981. Savcılıbüyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimantolojisi, Yayınlanmamış Doçentlik Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Özyigit, A. ve Genc, B., 2020. Cadmium in plants, humans and the environment, *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 1, 1, 12-21.
- Qu, M.K., Li, W.D., Zhang, C.R., Wang, S.Q., Yang, Y., ve He, L.Y., 2013. Source apportionment of heavy metals in soils using multivariate statistics and geostatistics. *Pedosphere*, 23, 437-44.
- Reimann, C. and Caritat, P. D. (2005). Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: Regional geochemical surveys versus enrichment factors. *Science of The Total Environment*, 337(1-3): 91 – 107.
- Reimann, C. ve Caritat, P. D., 2000. Intrinsic flaws of element enrichment factors (EFs) in environmental geochemistry, *Environmental Science & Technology*, 34, 24, 5084-5091.
- Rudnick, R.L., Gao, S., 2003. Composition of the continental crust. in, Rudnick, RL, ed., *Treatise on Geochemistry, Volume 3: The Crust*, Elsevier, Holland.
- Sağiroğlu, A., 1982. Contact metasomatism and are deposition of the lead-zinc deposits of Akdağmadeni, Yozgat, Turkey, Doktora Tezi, University of london, London.
- Saveliyev, A., Muharamova, S., Pilyugin, A., Chizhikova, N., 2012. Геоэстатический анализ данных в экологии и природопользовании, Учебное пособие, Казанский Университет, Казань.
- Seğmenoğlu, C. Ç. (2022). Yenikent (Aksaray) ve çevresinin obruk oluşma potansiyelinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Send-Chee, P. ve Norhayati M.T., 2017. The common pitfall of using Enrichment factor in assessing soil heavy metal pollution. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 52-59.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizmast, *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 24, 7-14.
- Shangguan, Y.X., Cheng, B., Zhao, L., Hou, H., Ma, J., Sun, Z.J., ve Zhao, X., 2018. Distribution assessment and source identification using multivariate statistical analyses and artificial neural networks for trace elements in agricultural soils in Xinzhou of Shanxi Province, China, *Pedosphere.*, 28, 542-54.
- Shayler, H., McBride, M., Harrison, E., 2009. Sources and Impacts of Contaminants in Soils. Cornell Waste Management Institute. Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, USA.

- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. Rapor No: 8174, MTA, Ankara.
- Şengör, A., Görür, N. ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as case study, pp: 227-265, in: Bittle, K.T. and Christie-Blick, N. (eds.), Strike slip formation and sedimentation. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication, Oklahoma, USA.
- Şimşek, T., Kalkancı, N. ve Büyük, G., 2021. Tarım topraklarındaki ağır metallerin kirlilik düzeylerinin belirlenmesi: Osmaniye örneği, Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 26, 1, 106-116.
- T.C. Resmi Gazete, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. (24609), 10.12.2001.
- Tabachnick, B. G. ve Fidel, L. S., 2013. Using multivariate statistics, Pearson Education Limited, USA.
- Takeda, A., Kimura, K. ve Yamasaki, S. 2004. Analysis of 57 elements in Japanese soils, with special reference to soil group and agricultural use. Geoderma, 119, 3-4, 291-307.
- Taylor, S. R., ve McLennan, S. M., 1995. The geochemical evolution of the continental crust. Reviews of Geophysics, 33, 241-265.
- Temur, S., 1997. Jeolojide Veri Analizleri. Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya.
- Tromp, S. W., 1942. Niğde - İncesu - Tuz gölü arasında derleme, No. 1456, MTA Enstitüsü, Ankara.
- Tuğ, G. N. ve Duman, F. 2010. Heavy metal accumulation in soils around Salt Lake in Turkey, Pakistan Journal of Botany, 42, 4, 2327-2333.
- Turekian, K.K. ve Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geology Society America Bulletin, 72, 175-192.
- Turkish Gulf Oil, 1961. Regional geology and petroleum researches in the Tuzgölü basin in Central Anatolia. Petroleum activities in 1961, Petrol Dairesi Nesriyatı, 6, 31-34.
- Tülümen, E., 1980. Akdağmadeni (Yozgat) yöresinde petrografik ve metalojenik incelemeler, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Türel, T.K., Göncüoğlu, M.C. ve Akıman, O., 1993. Orta Anadolu Kristalen Kütlesi batısındaki Ekecikdağ Granitoidinin petrolojisi ve kökeni: Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 115, 15-28.
- Ulu, Ü., Bulduk, A. K., Saçlı, L., Ekmekçi, E., Taşkiran, M. A., Karakaş, M., Adır, M., Öcal, H., Sözeri, Ş., Arbaş, A. ve Karabıyıkoglu, M., 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi. Derleme Rapor No: 9720, MTA, Ankara.

- USEPA, 1989. Risk assessment guidance for süper fund, Vol. I: Human Health Evaluation Manual.
- USEPA, 1997. United States Environmental Protection, Agency. Exposure Factors Handbook; PA/600/P-95/002F. EPA; Office of Research and Development, Washington, DC, USA.
- USEPA, 2001. United States Environmental Protection, Agency. Child-Specific Exposure Factors Handbook; EPA-600-P-00-002B; National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, USA.
- Uygun, A., Yaşar M., Erkan, M. C, Baş, H., Çelik, E., Aygün, M., Bilgiç, T., Kayakıran, S. ve Ayok, F., 1982. Tuzgölü Havzası projesi. Cilt 2. MTA, Ankara.
- Ünlütürk, H., 2000. Tuz Gölü Haymana Havzası'nın yeniden değerlendirilmesi. Rapor No: 4082, TPAO Ankara.
- Van den Berg, R., 1995. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- Walther, J., 2009. Essentials of Geochemistry, Jones and Bartlett Publishers, Canada.
- Xu, P., Chen, Y., He, S., Chen, W., Wu, L., Xu, D., ve Lou, X. 2020. A follow-up study on the characterization and health risk assessment of heavy metals in ambient air particles emitted from a municipal waste incinerator, Zhejiang, China.
- Yalınız, M. K. ve Göncüoğlu, M. C., 2000. Clinopyroxene compositions of the isotropic gabbros from the Sarıkaraman ophiolite: new evidence on supra-subduction zone type magma genesis in Central Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, 8, 2-3, 103-111.
- Yalınız, M. K., Floyd, P. A. ve Göncüoğlu, M. C., 1996. Supra-subduction zone ophiolites of Central Anatolia: geochemical evidence from the Sarıkaraman ophiolite, Aksaray, Turkey, Min. Mag., 60, 697-710.
- Yalınız, M.K. Floyd, P.A. ve Göncüoğlu, M.C., 1996, Supra-subduction zone ophiolites of Central Anatolia: Geochemical evidence from the Sarıkaraman Ophiolite, Aksaray, Turkey, Mineralogical Magazin, 60, 697-710.
- Yang, P, Drohan, P.J., Yang, M. ve Li, H. 2020. Spatial variability of heavy metal ecological risk in urban soils from Linfen, Catena, China.
- Yaylalı-Abanuz, G., Tüysüz, N. ve Akaryalı, E., 2011, Soil Geochemical Prospection for Gold Deposit in the Arzular Area (NE Turkey). Journal of Geochemical Exploration, 112, 107-117.
- Yıldız, M., Yeken, T. ve Onak, A., 2002. Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray belediyesi Bahçeli kent toplu konut alanı zemin özelliklerinin jeofizik ve

jeoteknik değerlendirmesi. Teknik Rapor, (Yayınlanmamış), Aksaray Belediyesi Aksaray.

Yıldız, M., Yıldız, A., Kahya, A. ve Gürcan, S., 2014, Kızılkaya (Sevinçli/Aksaray) ignimbiritinin jeolojisi ve yapıtaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, 30, 1-8.

Yuhu, L. Ve Qinxian, J., 2021. Pollution and risk assesment of heavy metals in the sediments and soils around Tiegelongnan copper deposit, Nothern Tibet, China. Journal of chemistry, 1-13.

Zeck, H. P., Ünlü, T., & Larsen, O. (1987). Parallel whole rock isochrons from a composite, monzonitic pluton, Alpine belt, Central Anatolia, Turkey. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte, 5, 193-204.

Zheng, N., Liu, J., Wang, Q., ve Liang Z., 2010. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Science of the Total Environment, 408, 726-733.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Muslim İSAKOV

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
2020

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2023

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

İsakov, M., Yilmazer, E., Kavurmacı, M., (2023). 1. Uluslararası Boğaziçi Bilimsel Çalışmalar Kongresi'nde sunulmuştur. İstanbul, Türkiye.