

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS İLİ BİYOJEOKİMYASAL ANOMALİLERİNİN İNCELENMESİ

ŞEYMA OK DURHAN

EKİM 2019

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTLİS İLİ BİYOJEOKİMYASAL ANOMALİLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Şeyma OK DURHAN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

Jüri Üyeleri
Doç.Dr. Nurtaç ÖZ
Dr.Öğr.Üyesi Sinan Mehmet TURP
Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem ÖZER

EKİM 2019

ONAY

Şeyma OK DURHAN tarafından hazırlanan “**Bitlis İli Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi**” adlı tez çalışması 11/10/2019 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Nurtaç ÖZ

(Başkan)

Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ÖZER

İmza

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 27./12.2019 gün ve 64/28 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK

Enstitü Müdür V

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum **“Bitlis İli Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi”** adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim.09/12/2019

Şeyma OK DURHAN



ÖZET

BİTLİS İLİ BİYOJEOKİMYASAL ANOMALİLERİNİN İNCELENMESİ

Şeyma OK DURHAN

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP

Ekim 2019, 61 sayfa

Bitlis, konum bakımından stratejik öneme sahip bir ulaşım güzergâhında bulunduğundan dolayı çok fazla kirleticiye maruz kalmaktadır. Özellikle bulunduğu konumdan dolayı yapılan ulaşım faaliyetlerinde ortaya çıkan salınımlar bu kirliliğin artmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Bölgedeki toprak ve üzerinde yetişen bitkileri, ayrıca ekolojik düzeni etkileyerek insan ve diğer canlıları risk altına almaktadır. Yapılan çalışmada Bitlis ilinin biyojeokimyasal anomalilerinin incelenmesi ve çevresel olarak yorumlanması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı analizlerde belirlenen ağır metallerin bölgedeki bitki ve toprak bünyesinde ne kadar bulunduğu saptanmaya çalışılmıştır. Bitki ve toprak örneklerinin bünyelerinde bulunan ağır metal miktarlarına bakılarak aralarındaki ilişki istatistiksel olarak seçilen bitkinin belirtgen bitki olduğu söylenebilir. Çalışmada öncelikle bölgede doğal olarak yetişen bitki tespit edilmiştir ve GPS (Global Positioning System) yardımı ile konumu belirlenen bitkiler ve üzerinde yetiştiği topraklardan örnekler alınmıştır. 19 bitki, 19 toprak örneği toplamda 38 adet örnek toplanmıştır. Toplanan örnekler laboratuvar ortamında kimyasal analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyojeokimya, Biyojeokimyasal Prospeksiyon, Bitlis, Toprak, Bitki

ABSTRACT

INVESTIGATION OF BIOGEOCHEMICAL ANOMALIES IN BITLIS

Şeyma OK DURHAN

Master Thesis

Bitlis Eren University

Faculty of Engineering and Architecture

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sinan Mehmet TURP

October 2019, 61 pages

Bitlis, because of his position in a transport route is of strategic importance in terms of too much exposure to pollutants. In particular, the pollutants that arise in transportation activities due to its location affect the increase of this pollution significantly. It affects the soil and the plants that grow on it, as well as the ecological order and puts people and other creatures at risk. The aim of this study was to investigate the biogeochemical anomalies of Bitlis province and to interpret them as environmental. In addition, it was tried to determine the amount of heavy metals determined in the analyzes in the plant and soil structure in the region. By considering the amount of heavy metals in plant and soil samples, it can be said that the selected plant is the indicator plant. In the study, primarily the plant that grows naturally in the region has been identified. GPS (Global Positioning System) with the help of the location of the plants and the soil on which it grows samples were taken. A total of 38 data were collected from 19 plants and 19 soil samples. The collected samples were analyzed in the laboratory.

Keywords: Biogeochemistry, Biogeochemical Prospection, Bitlis, Soil, Plant

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sinan Mehmet TURP'a şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan aileme ve yoğun çalışma temposunda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşime teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Önceki Çalışmalar.....	3
2. MATERYAL VE METOT	10
2.1. Materyal	10
2.1.1. Laboratuvarında Kullanılan Cihazlar	10
2.1.2 Laboratuvarında Kullanılan Asitler	17
2.1.3. Çalışmada Kullanılan Bitki Türü.....	20
2.1.4. Çalışmada İncelenen Ağır Metaller ve Özellikleri	20
2.1.4.1. Ağır Metaller	20
2.2. Metot.....	25
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
3.1. Demir (Fe) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi	32
3.2. Kobalt (Co) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi	33
3.3. Çinko (Zn) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi.....	33
3.4. Kurşun (Pb) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi	33
3.5. Alüminyum (Al) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi.....	34
3.6. Krom (Cr) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi.....	34

3.7. Mangan(Mn) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi	34
3.8. Nikel (Ni) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi	35
3.9. Bakır(Cu) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi	35
3.10. Kadminyum (Cd) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi	35
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	Error! Bookmark not defined.
5. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ	61



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. Önemli Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflanması	21
2.2. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri	23
2.3. Bitki Yapraklarında Ağır Metallerin Normal ve Toksik Değerleri	24
3.1. Numune Alınan Noktaların EC ve pH Değerleri.....	31



ŞEKİLLER DİZİNİ

SEKİL

Sayfa

1.1. Bitlis İli Jeoloji Haritası.....	1
1.2.Bitkilerde Biyoakümülyasyon Örneği	2
2.1. Saf Su Cihazı	10
2.2. Hassas Terazı.....	11
2.3. Etüv.....	12
2.4. Kül Fırını	13
2.5. Su Banyosu	14
2.6. Çeker Ocak	15
2.7. ICP-MS Cihazı	16
2.8. Hidroklorik Asit (MerckKGaA, Darmstadt)	17
2.9. Nitrik Asit (MerckKGaA, Darmstadt).....	18
2.10. Hidroflorik Asit (MerckKGaA, Darmstadt)	19
2.11. <i>Helichrysum arenarium</i> Bitkisinin Genel Görüntüsü.....	20
2.12. Çalışma Bölgesinde Örneklerin Alındığı Noktalar	25
2.13. Saf Su ile Yıkayıp Kâğıt Zarflara Bırakılan Bitki Örnekleri.....	26
2.14. Bitkilerin Etüvde Kurutulması	27
2.15. Öğütölen Bitki Örnekleri	27
2.16. Kül Etme Tekniği Uygulanan Bitki Örnekleri	27
2.17. Asit Eklenen Bitki Küllerinin Görüntüsü	28
2.18. Plastik Kaplara Saf Su İlavesi	29
2.19. Hazırlanan Toprak Örnekleri.....	29

2.20. Toprak Örneklerinde Buharlaştırma İşleminin Yapılması	30
2.21. Toprak Örneklerine HF + HNO ₃ ve HCl eklenmesi	30
3.1. Fe Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	35
3.2. Co Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	36
3.3. Zn Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	37
3.4. Pb Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	38
3.5. Al Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	39
3.6. Cr Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	40
3.7. Mn Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	41
3.8. Ni Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	42
3.9. Cu Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	43
3.10. Cd Toprak-Bitki Derişim Grafiğı	44
4.1. Bitkideki Al İle Topraktaki Al Arasındaki İlişki	45
4.2. Bitkideki Cr İle Topraktaki Cr Arasındaki İlişki	46
4.3. Bitkilerdeki Mn İle Topraktaki Mn Arasındaki İlişki	47
4.4. Bitkideki Fe İle Topraktaki Fe Arasındaki İlişkisi	48
4.5. Bitkilerdeki Co İle Topraktaki Co Arasındaki İlişki	49
4.6. Bitkilerdeki Ni İle Topraktaki Ni Arasındaki İlişki	50
4.7. Bitkilerdeki Cu İle Topraktaki Cu Arasındaki İlişki	51
4.8. Bitkilerdeki Zn İle Topraktaki Zn Arasındaki İlişki	52
4.9. Bitkilerdeki Cd İle Topraktaki Cd Arasındaki İlişki	53
4.10. Bitkilerde Pb İle Toprakta Pb Arasındaki İlişki	54

SİMGELER DİZİNİ

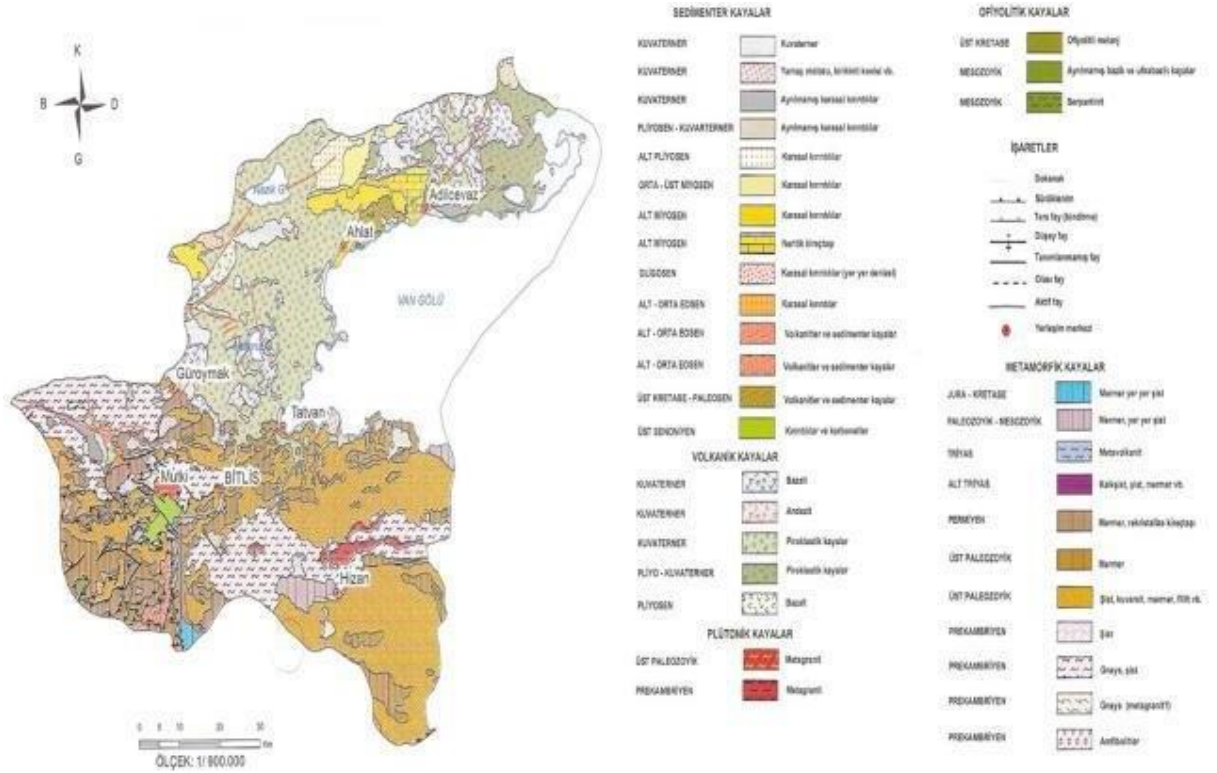
g	Gram
mg/L	Miligram/Litre
0°C	Santigrat Derece
V	Hacim
L	Litre
mL	Mililitre
g/L	Gram/Litre
µm	Mikrometre
ppm	Milyonda bir (mikro)
cc	Hacimsel Birim
L/min	Dakikada/Litre

KISALTMALAR DİZİNİ

WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
MS	Kütle Spektrometresi
EC	Electrical Conductivity
$\mu\text{S/cm}$	mikroSiemens/santimetre
GPS	Global Position System
Al	Alüminyum
Cr	Krom
Mn	Mangan
Fe	Demir
Co	Kobalt
Ni	Nikel
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun

1. GİRİŞ

Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat-Yukarı Murat bölgesinin sınırları üzerinde bulunur. Bitlis'in yüzölçümü 6.706 km² dir. Hakim olan iklim karasal iklim, bitki örtüsü ise step ve bozkırdır. Bitki örtüsü otlak, çayır ve meraların büyük çoğunluğu yayla görünümündedir. Yağışların fazla olduğu dönemde yeşeren, yazın kurak ve sıcak olması sebebiyle kuruyan otlardan oluşmaktadır. Çalışma alanının jeolojik haritası Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1.Bitlis ili jeoloji haritası [1]

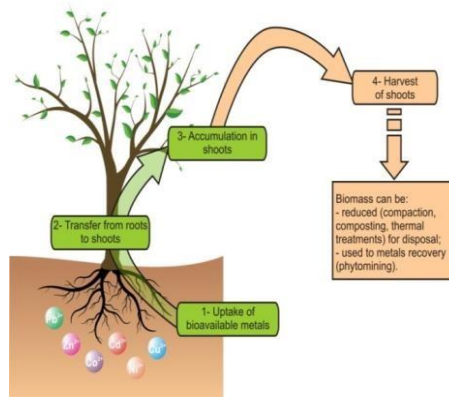
Bitlis ilinde yapılan floristik çalışmalar sonucunda; bitki türü yaklaşık 1200 ve bunların 170 Endemik (Yöreye has-başka yerde bulunmayan) tür olarak belirlenmiştir. Bitlis ili bitki çeşitliliği bakımından zengin olmakla birlikte, Bitlis'te yetişen bitkilerin %14'ü endemiktir. Türkiye standartlarına göre bu oran yüksektir. Halk açısından bitkiler; gıda, baharat, tedavi, süs olarak da kullanılmaktadır. Bitlis ve çevresinde karşılaşılan bazı bitkilere Dünya bilim literatüründe Bitlis'in adını vermişlerdir. Bu adlar Bilimsel kurallar çerçevesinde epitetlerine (Türün bir özelliğini belirten sıfat) *Bitlisianum*, *Bitlisica*, *Bitlisicus*, *Bitlisensis* adlandırılmıştır. Bu şekilde adlandırılan 5 bitki çeşidi Bitlis'in adıyla dünya literatüründe yerini almıştır. Bunlar;

Isatis bitlisica, *Gypsophila bitlisensis*, *Lathyrus bitlisicus*, *Scrophularia bitlisica* ve *Verbascum x bitlisianum* olarak adlandırılmıştır [2].

Günümüzün en ciddi problemlerinden biri de toprak kirliliğidir. Dönüşümü ve doğada giderimi mümkün olmayan bu kirlilik bitki, hayvan ve insan hayatına doğrudan bir etkisi bulunmaktadır. Toprak kirliliğinin en önemlileri; ağır metaller, pestisitler, organik bileşikler ve hormonlardır. Bu kirleticiler özellikle toprakta bulunan ağır metaller yetişen bitkilerin bünyesinde birikerek direk olarak besin zincirine dahil olup tüm canlıların yaşamında tehlikeye sebep olmaktadır. Yapılan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisit çalışmaları, sanayiden kaynaklı atıkların tümü toprağın direk olarak kirliliğine sebep olmaktadır [3].

Biyojeokimya, biyolojik ortamda bulunan inorganik elementlerin durumlarının jeolojik açıdan incelenmesidir. Biyojeokimyasal prospeksiyon, ortamdan belirli yöntemlerle alınan numunelerin kimyasal analizlerinin yapılmasına denir. Bu yöntemle tespit edilen anomaliye ise biyojeokimyasal anomali adı verilir.

Bitkiler toprakta bulunan elementleri bünyelerine alarak beslenirler. Bu nedenle, köklerden almış olduğu bitkinin besin suyu, sahadaki toprağın özelliklerini yansıtmaktadır (Şekil 1.2). Kirlilik ve ağır metal miktarı fazla olan topraklarda yetişen bitkiler, temiz topraklarda yetişen bitkilere oranla ortam koşullarından daha fazla etkilenecek şekilde ortama ayak uydurmak amacıyla değişimlere uğrarlar veya ölebilirler. Doğada bulunan bitkilerden; *Thlapsi* (kuş ekmeği), *Urtica* (ısırgan otu), *Taraxacum officinale* (karahindiba), *Chenopodium* (sirken), *Polygonum sachalase* (madımak) ve *Allyssim* (kuduz otu) gibi bazı bitkiler kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinko gibi ağır metalleri bünyelerinde biriktirme yeteneklerine sahiptirler.



Şekil 1.2.Bitkilerde biyoakümülyasyon örneği

1.1. Önceki Çalışmalar

Köprübaşı Uranyum Yatağı ve çevresindeki bitki, toprak ve sulardaki uranyum kirliliği incelenmiştir. Köprübaşı uranyum yatağı ve yakın çevresi, hem yapılan madencilik çalışmaları, hem de doğal olaylar sebebi ile bölge uranyum tarafından kirletilmiştir. Oluşan bu kirlilik, bölgedeki toprakları, yetişen bitkileri ve su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bölgeden alınan bitkilerin farklı kısımlarında uranyum analizleri yapılmıştır. Toprakta tespit edilen uranyum miktarına göre, bitkilerin bünyelerinde de doğrusal oranda uranyum tespit edilmiştir. Köprübaşı uranyum yatağı çevresindeki su kaynaklarından su numunesi alınarak, İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresi (MS) (ICP-MS)'de analizleri yapılmıştır. Başta uranyum yatağının bulunduğu alan olmak üzere çevrelerden beslenen suların, uranyum açısından Dünya Sağlık Örgütü WHO kriterleri ele alınarak on kat daha fazla kirlendiği görülmektedir. Suların, bölgede yaşayan insanlar ve hayvanlar tarafından içilmesi, daha alt kotlardaki su kaynaklarını kirletmesi, sulama amaçlı kullanılması, çevre sağlığı açısından önemli riskler oluşturduğu saptanmıştır [4].

Fındıklı-Erdemli/Mersin bölgesinde yapılan çalışma da 3 *Alyssum* bitki türü belirlenerek, 42 noktadan bitki türü (dal, yaprak, çiçek) ve yetiştikleri topraklardan örnekleri toplanmışlardır. Ni, Zn, Cu, Co, Mn ve Fe içerikleri de atomik absorpsiyon alev spektrofotometresinde analiz edilmiştir. İstatistiksel olarak sonuçlar incelendiğinde *Alyssum murale* (r: 0.8879, n: 20, P<0.01, %99 güvenirlilikle ve aşırı Ni için r: 0.9873, n: 4, P<0.05, %95 güvenirlilikle, çiçekte) bitki türünün Ni için akümülar bitki (bünyesinde metal biriktiren) olabileceği, bu bitki çeşidinin biyojeokimyasal prospeksiyonda başarılı olarak kullanılabileceği gibi, çevresel monitör olarak ta kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır [5].

Kazanlı-Mersin bölgesinde çevresel ortamın yorumlanması ve biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi çalışılmıştır. Bölgede yetişen 19 bitki türü (3 *Plantasyon* ,16 doğal bitki türü) ile bitkilerin yetiştikleri topraklardan ve çalışma alanında mevcut sulardan (kuyu, deniz, dere) kordineli olarak numuneler toplanmıştır. Alınan numunelerde Cu, Zn, Mn, Pb ve Cd düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Bitki ve Toprak numunelerinde yapılan kimyasal analizlerde 5 element için bitki - toprak arasındaki dağılımlar istatistiksel olarak incelenerek 3 element için bitki toprak arasında doğrusal ilişki saptanmıştır. İncelenen bitki türleri ile topraklar arasında Pb ve Cd element düzeyleri açısından doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Bitkilerde ve toprakta element içerikleri bakımından Mn ve Zn için derişim düzeylerinin normal düzeylerden fazla olduğu ve bölgenin bu elementlerce de kirlenmiş olabileceği söylenebilmektedir [6].

İTÜ Maslak Göletinde metallerin taşınmasına etki eden biyojeokimyasal reaksiyonlar incelenmiştir. Ekim 2008 tarihinde Göletten gözenek suyu, yüzey suyu, çökel ve bir adet karot numunesi alınmıştır. Alınan numunelerde, metal analizleri (Cu, Zn, Pb, Co, Fe, Ni, Cd), major iyon, nitrit, nitrat, fosfat analizlerinin yanında moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak ilk defa gölet mikrobiyolojik açıdan incelenmiştir. Gölet yüzey sularının, Mg, K, ve Ca açısından biyolojik faaliyetleri destekleyecek değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Yüzey sularında, Co, Cu saptanmış ancak Pb, Fe, Cd, Zn çökel örneklerinde zenginleşme göstermiştir. Metallerin çökel örneklerinde zenginleşme göstermesi, sediment-su aralığındaki biyojeokimyasal reaksiyonlarla ilişkilidir. Özellikle, çökel örneklerinde belirlenen bakteri çeşitleri (sülfat indirgeyen, Fe-oksitleyen/indirgeyen) metallerin birikmesinde adsorblanma, yerinde çökelme reaksiyonlarının etkin olduğu saptanmıştır [7].

Mezitli Deresi'nde (Mersin) doğal olarak büyüyen *Platanus orientalis* (doğu çınarı) ve *Phragmites australis* (kamış) bitki çeşitlerinde biyojeokimyasal anomalilerin saptanması hedeflenmiştir. Mezitli (Mersin) yöresinde 8 noktadan alınan *Phragmites australis* ve *Platanus orientalis* bitkilerinin dal ve yaprak numuneleri ile bu noktalardan alınan dere suyu ve toprak numunelerindeki Al, V, Li, Ti, B, Cr, Co, Fe, Mn, Ni, Zn, Cu, As, Se, Sr, Rb, Sn, Cd, Mo, Cs, Pb ve Ba için element miktarları, plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS) ile tespit edilmiştir. Bu analiz sonuçlarının istatistiksel olarak incelenmesi neticesinde, *Platanus orientalis* bitki türünün dalının elementleri için indikatör bitki olarak biyojeokimyasal prospeksiyonda kullanılabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca *Phragmites australis* bitki türünün yaprağının ise Cu elementleri için indikatör bitki olarak biyojeokimyasal prospeksiyonda kullanılabileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda Sr, B, Cr, Pb, Li ve Cu için indikatör bitki olarak belirlenen *Platanus orientalis* ve *Phragmites australis* bitki türleri ile toprak arasındaki ilişki incelenmiştir [8].

Kırka (Eskişehir), Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) bölgelerinde 14 bitki türünden, 220 bitki örneği ve yetiştikleri topraklardan numuneler alınmış ve element içerikleri belirlenmiştir. Biyojeokimyasal anomalilerin belirlenmesi için toprak ve bitki örnekleri arasındaki ilişki istatistiksel açıdan incelenmiştir. Cu, Zn, Ni ve Co elementleri için biyojeokimyasal anomaliler belirlenemezken Mn için *Gypsophila perfoliata* bitki türünün ($n=13$, $r=0.79$, $R^2=0.62$, $P<0.01$, dalda) belirtgen (indikatör) bitki olabileceği ve bu belirtgen bitkinin biyojeokimyasal prospeksiyonda ve çevresel izleme aracı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda, *Gypsophila perfoliata* bitki türündeki Mn değerleri ile topraktaki B, Sr, Li, Mn, Zn, Cu, Ni ve Co değerleri arasındaki inter element ilişkileri de incelenmiştir. Bitkideki Mn ile topraktaki Mn arasında pozitif bir ilişki saptanırken topraktaki Li ile negatif bir ilişki saptanmıştır [9].

Maden Bakır İşletmesi (Elazığ) ve çevresinde yapılan çalışmada dere kumu çalışması ile bu tür bölgeler için metal dağılım şekilleri ve çözme yöntemi belirlenmiştir. Alanın fiziko-kimyasal özellikleri nedeni ile, dere kumlarındaki elementlerin, kimyasal olaylardan çok fiziksel olayların etkisi ile oluştuğu düşünülmüş çalışmada yürütülmüştür. Uygun çözme tekniğinin belirlenmesi için iki farklı çözme yöntemi kullanılmıştır. Kral suyu ile; alanda fiziksel dağılımın tesirli oluşu, uzun mesafede dağılımın takip edilebilmesi ve yüksek kontrast sunması sebebiyle uygun çözündürme tekniğidir. Soğuk siyanür (NaCN) ile; numunedeki metal içeriğinin yalnızca rahatlıkla çözünabilen fraksiyonu için uygun olmaktadır. Maden Çayı boyunca alınan dere kumu numunelerinde soğuk siyanür yöntemi ile çözünmüş metal değerleri (Pb dışında) kral suyunda çözünmüş metal değerlerine göre düşük kontrasta sahiptir. Dolayısıyla bölgede dere kumu ile prospeksiyon çalışması yaparken kral suyunda çözünmüş metal değerlerini kullanmak daha geçerli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [10].

İskenderun Körfezi'nde yapılan çalışmada güncel foraminiferlerinde gözlenen jeokimyasal anomaliler incelenmiştir. Son zamanlarda deniz ortamında karbonat üreticilerinin arasında bulunan organizmaların kabuklarında bulunan biyojeokimyasal birçok özellik bulundurdıkları için çok fazla araştırılmaya sebep olmuştur. Bu çalışmada ise güncel bazı foraminifer kabuklarında bulunan mineral ve jeokimyasal özellikleri incelenerek; ortam koşulları ve mevcut jeolojik anomaliler arasındaki ilişkileri belirlenmek istenmiştir. İskenderun Körfezi'nden derlenen iki tortul örneği alınmıştır. Bu örneklerde güncel foraminiferlerden 17 tür ve 11 cins tespit edilmiştir. İncelenen foraminiferin kabuklarında pembe, siyah yeşil, sarı ve gri gibi farklı renkte kısımları olduğu görülmüştür. Foraminifer kabuklarının element derişimleri farklılık göstermenin yanı sıra Zn, Cu, ve Pb'da zenginleşmeler gözlemlenmiştir. Bentikforaminifer kabuklarındaki kalsitlerin Mg/Ca oranı ile deniz tabanı suyu sıcaklığı arasında bir ilişki kurularak 21-51 °C arasında değişen sıcaklıklar bulunmuştur. Deniz tabanı suyu sıcaklığındaki anomali ve bazı element konsantrasyonlarındaki zenginleşmeler güncel kırık hatlarına bağlı hidrotermal kaynakları işaret edebilir [11].

Geli Dere (Baskil-Elazığ) Çevresindeki *Verbascum euphraticum* Köklerinde ve Üzerinde Yetiştığı Dere Sedimentindeki As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun Dağılımının yapıldığı bu çalışmada, bitki kimyası verileri alınarak biyojeokimyasal prospeksiyon kullanılmıştır. Bu çalışmada, örgülü nehir sınıfına giren eğimi oldukça düşük ve geniş olan Baskil-Geli Dere drenaj sistemi boyunca kum barları üzerinde yetişen *Verbascum euphraticum* dere sedimenti ve kök örneklerinde Zn, Cu, As, Pb ve Mn değerleri karşılaştırılarak *Verbascum euphraticum*'nin biyojeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında biyoindikatör veya biyoakümülatör olma özelliği araştırılmıştır. Geli Dere boyunca alınan dere sedimentlerinde As 22,5-176,9 mg kg⁻¹, Cu 42,46-148,73 mg

kg⁻¹, Mn 736-1093 mg kg⁻¹, Pb 29,34-106,57 mg kg⁻¹ ve Zn 91,1-303,2 mg kg⁻¹, *Verbascum euphraticum* kökünde ise As 2,2-22,2 mg kg⁻¹, Cu 53,59-116,95 mg kg⁻¹, Mn 62-344 mg kg⁻¹, Pb 2,43-45,22 mg kg⁻¹ ve Zn 64,7-158 mg kg⁻¹ değerler arasındadır. Biyoakümülatör faktör değerleri As 0,09-0,7, Cu 0,49-2,24, Mn 0,09-0,34, Pb 0,08-0,95 ve Zn 0,34-1,73'tür. Bu veriler sonucunda *Verbascum euphraticum* kökünün Cu ve Zn için biyoindikatör ve biyoakümülatör bitki olduğu ve biyojeokimyasal prospeksiyonda başarılı bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir [12].

Balıkesir/Balya Pb-Zn maden atık sahasının biyojeokimyası ve asidik maden drenajı oluşumuna etkileri incelenmiştir. Asit maden drenajı (AMD), madencilik faaliyetlerinde meydana gelen en önemli çevre problemlerinden biridir. Sülfür içeren atıkların madencilik alanlarında depolanmasında atmosferik oksijenle ve suyla temasında bu atıklar oksitlenerek AMD gelişimine sebep olurlar. Yüksek sülfat ve asiditeye (pH<3) sahip bu aşırı jeokimyasal ortamlar birçok değişik mikroorganizma türü (bakteri, arkea) barındırmaktadır. Bu aşırı jeokimyasal ortamlarda bulunan mikroorganizmalar, AMD'ı gelişimini denetleyen ana etkenlerden biridir. Balıkesir-Balya Pb-Zn atık sahasında gerçekleştirilen moleküler-mikrobiyolojik çalışmalar sonucunda ortamda birçok mikroorganizma türü tespit edilmiştir. Ortamda gerçekleşen çözünme ve oksidasyon reaksiyonlarında S ve Fe(II) oksitleyen /Fe(III)indirgeyen bakterilerin ana rolü oynadığı ortaya konmuştur. Bunlara ek olarak, ortamda henüz tanımlanmamış birçok yeni tür tespit edilmiştir [13].

Terzili-Yerköy-Yozgat Cu yatağı ve çevresinde yetişen *Euphorbia cyparissias* bitkisinin biyojeokimyasal olarak incelenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada, bölgede yetişen *Euphorbia cyparissias* bitkisinden ve yetiştığı toprak örneklerinden 10'ar adet toplanarak analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesinden toplanan bitkinin dalında Ag, Co, As, V, Fe ve Ni element değerleri, yapraklarında Ag, Co, Fe, Ni As, V, Th ve Cr, element değerleri ve bu bitkinin üzerinde yetiştığı toprak örneklerinde (Fe ve Th dışında) tüm element değerleri, bitki ve toprak için önerilen değerlerden yüksektir. İncelenen toprak örneklerindeki Pb ve Th değerleri ile pH değerleri arasında doğrusal bir ilişki saptanırken, Cu, Co, Ni, Ag, Zn, V ve U değerleri ile pH arasında doğrusal bir ilişki saptanamamıştır. Düşük pH şartlarında bu elementlerin çözünürlüğünün yüksek olduğu görülmüştür. Toprak numunelerinde element çiftleri arasında; Al-Cr, Co-Ni, Cu-Fe ve Al-Mn pozitif yüksek korelasyon görülmektedir (p<0.01, p<0.05). Toprak-dal (As için) ve toprak-yaprak (Cu, Mn ve Pb için) arasında % 99 ve % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunduğundan, Cu ve Mn (yaprak) ve Pb (dal) için, *Euphorbia cyparissias* bitkisinin indikatör bitki olabileceği saptanmıştır [14].

Çiftehan (Ulukışla- Niğde) bölgesinin Cu, Zn, Mn ve Ni için biyojeokimyasal anomalilerinin incelendiği çalışmada, maden yataklarının tespiti için kullanılan biyojeokimyasal yöntemlerde, bitkilere uygulanan kimyasal analizler sonucuna göre belirlenmektedir. Çalışma Niğde- Ulukışla- Çiftehan bölgelerinden alınan toprak ve bitki örneklerinin kimyasal analizleri yapılarak bünyelerinde bulunan Cu, Mn, Zn ve Ni içerikleri alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak tespit edilmiştir. Toprak ve bitki arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Ancak herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Yalnızca kullanılan bir bitkinin dalında bulunan Mn miktarı ile toprakta bulunan Mn miktarı arasında doğrusal bir ilişki tespit edilerek o bitki türünün Mn için uygun bir belirtgen olduğu ve biyojeokimyasal prospeksiyonda kullanılabileceği belirlenmiştir [15].

Orta Portekiz'in Gois adlı maden bölgesinde yapılan çalışmada madencilik alanının su bitkilerinde metal birikimi, su kalitesinin biyolojik izlenmesi ve biyojeokimyasal arama potansiyelinin incelenmesi hakkında bölgedeki akarsudan su örnekleri ve yetişen bitkilerden örnekler alınarak analizleri yapılmıştır. Sucul ortamda yetişen bitkiler fizyolojik açıdan kimyasal elementleri daha fazla biriktirirler. Yapılan çalışmada *Alopecurum* yosunu, 19 elementin en yüksek ortalama konsantrasyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir ayrıca *Rivulare* yosununda ise 15 element bulunmuştur. Bununla birlikte, Rb, Ta ve Au'nun maksimum birikimi, *Fluviatilis* yosununda görülmüştür. Çalışmada, sulu ortamlardaki elementlerin yüksek birikim kapasitesi nedeniyle sudaki biyofizlerin tatlı su kütlelerinde su kalitesinin biyo-izlenmesi ve biyojeokimyasal olarak artırılması için uygun olabileceğini doğrulamaktadır [16].

Yunanistan'ın Gerakario (Kilkis) ve MegaliPanagia (Chalkidiki) bölgelerinde yapılan çalışmada biyojeokimyasal maden arama motoru olarak likenler kullanılmıştır. Çalışmada, likenlerin ve toprakların ağır metal içerikleri karşılaştırılmıştır. Yapılarında Cu, Mn, Pb, Zn ve Cr ağır metallerinin biriktiği gözlemlenmiştir. Cu ve Pb ağır metallerini bünyesinde en fazla biriktiren liken, epilitik liken *Neophuscelia pulla*'dır. Zn miktarı en yüksek olan liken ise *Xanthoparmelia taractica* 'dır. Tüm likenlerde Cu miktarı topraktaki miktarı ile karşılaştırıldığında ($P<0,05$) korelasyonu gösterilmiştir. Ayrıca *Cladonia convoluta* liken konsantrasyonu yüksek çıktığından biyojeokimyasal keşifleri için belirleyici olmaktadır. Bu nedenle, likenler maden alanlarının belirlenmesinde yardımcı olduğu belirlenmiştir [17].

Karayolu yol kenarındaki bitki yapraklarında kadmiyum birikiminin belirlenmesi ve haritalanmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada, karayolu yol kenarındaki trafik emisyonlarına ilişkin ceviz ve ayva ağaçlarının yapraklarında kadmiyum (Cd) birikimini araştırmıştır. Bitki yaprağı örnekleri D-100 Karayolu yol kenarındaki 20 noktadan toplanarak analiz yapılmadan önce deiyonize su ile yıkanmıştır. Cd'nin belirlenmesi, örneklerin mikrodalga sindiriminden

sonra plazma kütle spektrometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bitki yaprakları üzerindeki Cdkonsantrasyonu 0.04-0.11 mg / kg arasında bulunmuştur. Trafikten kaynaklı emisyonları belirlemek amacıyla araçlar sayılmış ve emisyon envanteri hazırlanmıştır. Her gün atmosfere 0.18 ton Cd verilerek, Cd birikimi, trafik yoğunluğuna bağlı olduğu tespit edilmiştir. Çünkü yerleşim alanı ve endüstriyel tesis bölgede bulunmamaktadır. Trafik emisyonlarının neden olduğu Cd birikiminin dağılımı bir coğrafi bilgi sistemi (GIS) kullanılarak haritalanmıştır. Haritalar, Cd birikiminin karayolu yakınındaki alanlarda yüksek olduğunu ve daha sonra karayolundan uzaklaşarak kademeli olarak azaldığını gösterilmiştir [18].

Edirne’de yapılan bir çalışmada, Edirne ve çevresinde otoban kenarlarındaki topraklarda bulunan ağır metal kirliliğini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada, 56 farklı noktadan örnek alınmıştır. Bulgulara göre alınan topraklar nötr pH’da, tuzsuz ve az kireçli özelliktedir. Topraklar organik madde açısından yetersiz düzeydedir. Ancak Ca ve Mg açısından ise “yeterli” düzeydedir. Toprakların bitkilere etkisi Fe ve Cu açısından yeterli, ancak Zn ve Mn açısından yetersiz düzeydedir. Topraklarda Cd, Cr ve Ni kirliliği saptanamamıştır. Ancak Co kirliliği ve önemli boyutlarda da Pb kirliliği saptanmıştır. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında önemli istatistiksel ilişkiler saptanmıştır [19].

Ağır metalin bitkiler üzerine olan etkilerini araştırmak için yapılan bir derlemede, sanayileşme ve artan trafik yoğunluğundan dolayı ortaya çıkan ağır metallerin miktarı her geçen gün arttığı vurgulanmıştır. Ağır metallerin oluşturduğu kirlilik sadece mikroorganizmalara zarar vermeyip ekosistem döngüsünü de etkilemektedir. Bu çalışmada ağır metallerin ekosistemin parçası olan bitkiler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak mevcut kaynaklar ve çevresel kapasitelerin akılcı yönetimi ve daha önce yanlış kullanıma maruz kalmış çevrenin iyileştirilmesine dayalı, dengeli ve sürekli gelişme önerilmektedir [20].

Güney Çin’de iki tarım arazisi olan Sihui ve Shunde bölgelerinde yapılan çalışmada, tarım arazilerinin topraklarında ağır metallerin oluşumu, biyolojik verimlilik ve topraktan toprağa aktarımı araştırılmıştır. Tarım arazilerinde belirlenen altı ağır metal (Ni, Mn, Hg, Cu, As ve Pb) incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre tarım arazilerinin toprakları temiz ve metaller tarafından çok fazla kirlenmediği tespit edilmiştir. Toprakta kirliliğe en az sebep olan metalin Hg olduğu belirlenmiştir. Sihui’den gelen pirinç tanesi incelendiğinde en fazla Pb tarafından kirlendiği gözlemlenmiştir. Cu, As ve Hg metallerinin sebzelerde daha fazla birikime sebep olduğu belirlenmiştir [21].

Çin’in Pekin kentinde yapılan bir çalışmada, iki kamu parkından alınan benzer özelliklere sahip ağır metallerle kirlenmiş toprak örnekleri alınarak incelenmiştir. Çalışılan topraklarda modifiye edilmiş kimyasal bir malzeme olan siduronun çevresel davranışları laboratuvardaki

batch deneyleri ile araştırılmış ve ağır metallerin ekolojik risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçlara göre, siduronvar olan ağır metallere ziyade toprak özellikleri tarafından çok daha fazla etkilenmiştir. Ortak toksisite, çoklu kirlenmelerin birleşik kirliliğinin neden olduğu ekolojik risklerin değerlendirilmesinde kritik öneme sahip olduğu gözlemlenmiştir. Topraklarda siduron birikmesi, toprak organizmaları için ciddi ekolojik risklere neden olmaktadır. En fazla ağır metal, kirlenmiş toprakta siduron riskine bağlı olarak en yüksek çıkmıştır [22].

Güney Amerika'nın Missouri eyaletinin Genevieve ilçesinde yapılan bir çalışmada, bölgede bulunan bakır cevherleşmesi alanında *Juniperus virginiana* yetişen bitkilerden örnek alınarak biyojeokimyasal araştırma yapılmıştır. Toplanan örneklerin Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Co ve Pb içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile analiz edilmiştir. Külün Cu içeriği standart değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Diğer ağır metallerin verileri harita üzerinde çizilerek değerlerin düzensizlikleri tespit edilmiştir [23].

Amerika'nın Maryland ve Great Falls eyaletlerinin yakınlarında bulunan altın-kuvars cevherleşmesinde ait bitki-toprak kimyası araştırılması yapılmıştır. Toplanan yaprak numuneleri 73 tesiste bulunan dokuz bitki türünden ve aynı şekilde toprak örneklerinden toplanarak toplamda 38 adet örnek alınmıştır. Toplanan örnekler atomik absorpsiyon spektrometresi ile ölçülmüştür. Topraklarda, Au (33 ppb), Sb (1.8 ppm), Zn (646 ppm), ve K yüksek konsantrasyonlarda çıkmıştır. Analiz edilen dokuz bitki türünden, analiz edilen üç *Nyssa sylvatica* örneği Au içeriği en yüksek çıkmıştır. Tespit edilen diğer yüksek değerler, analiz edilen her iki numunede *Viburnum acerifolium* (19 ve 16 ppb) ve analiz edilen yedi örnekten ikisinde *Fagus grandifolia* için (17 ve 12 ppb) sonuçları çıkmıştır. Bu türler altın elementinin birikimi olabilir. Çalışma alanında, *Fagus grandifolia* bitkisi altın için biyojeokimyasal keşif için yararlı hale gelmiştir [24].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

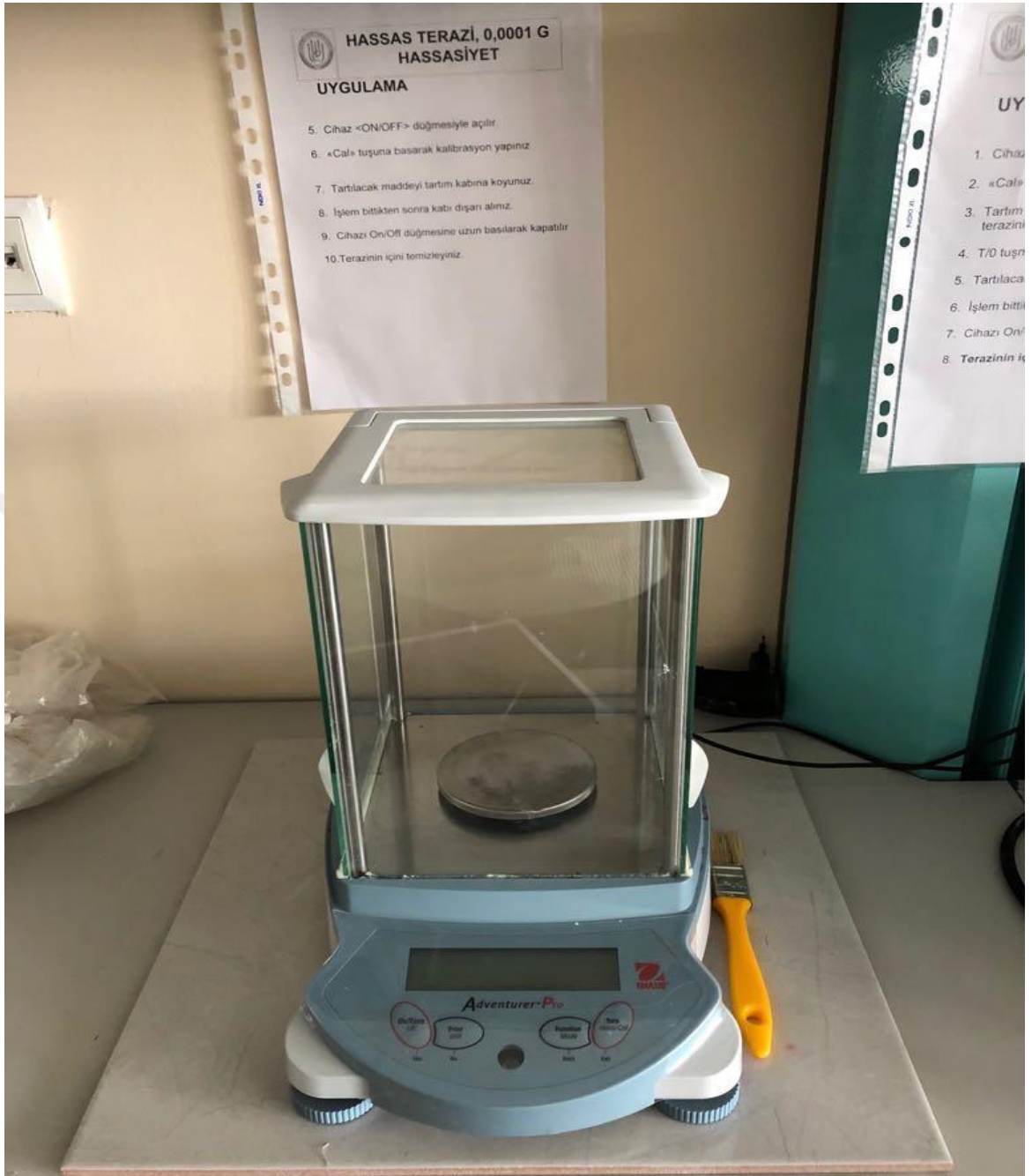
2.1.1. Laboratuvarda Kullanılan Cihazlar

- Saf Su Cihazı



Şekil 2.1. Saf Su Cihazı

- **Hassas Terazi**



Şekil 2.2. Hassas Terazi

- Etüv



Şekil 2.3. Etüv

- **Kül Fırını:**



Şekil 2.4. Kül Fırını

- **Su Banyosu:**



Şekil 2.5. Su Banyosu

- Çeker Ocak:



Şekil 2.6. Çeker Ocak

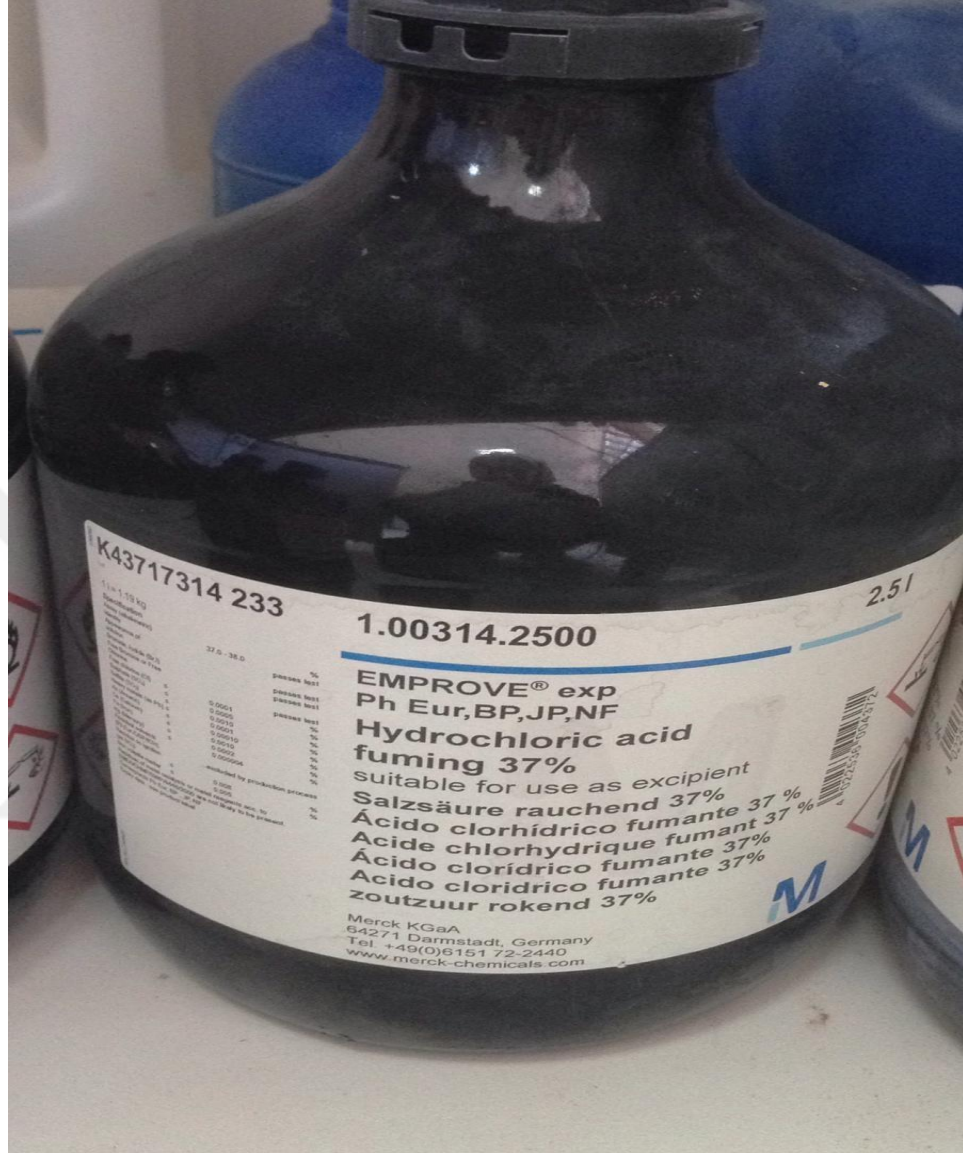
- **ICP-MS:**



Şekil 2.7. ICP-MS Cihazı

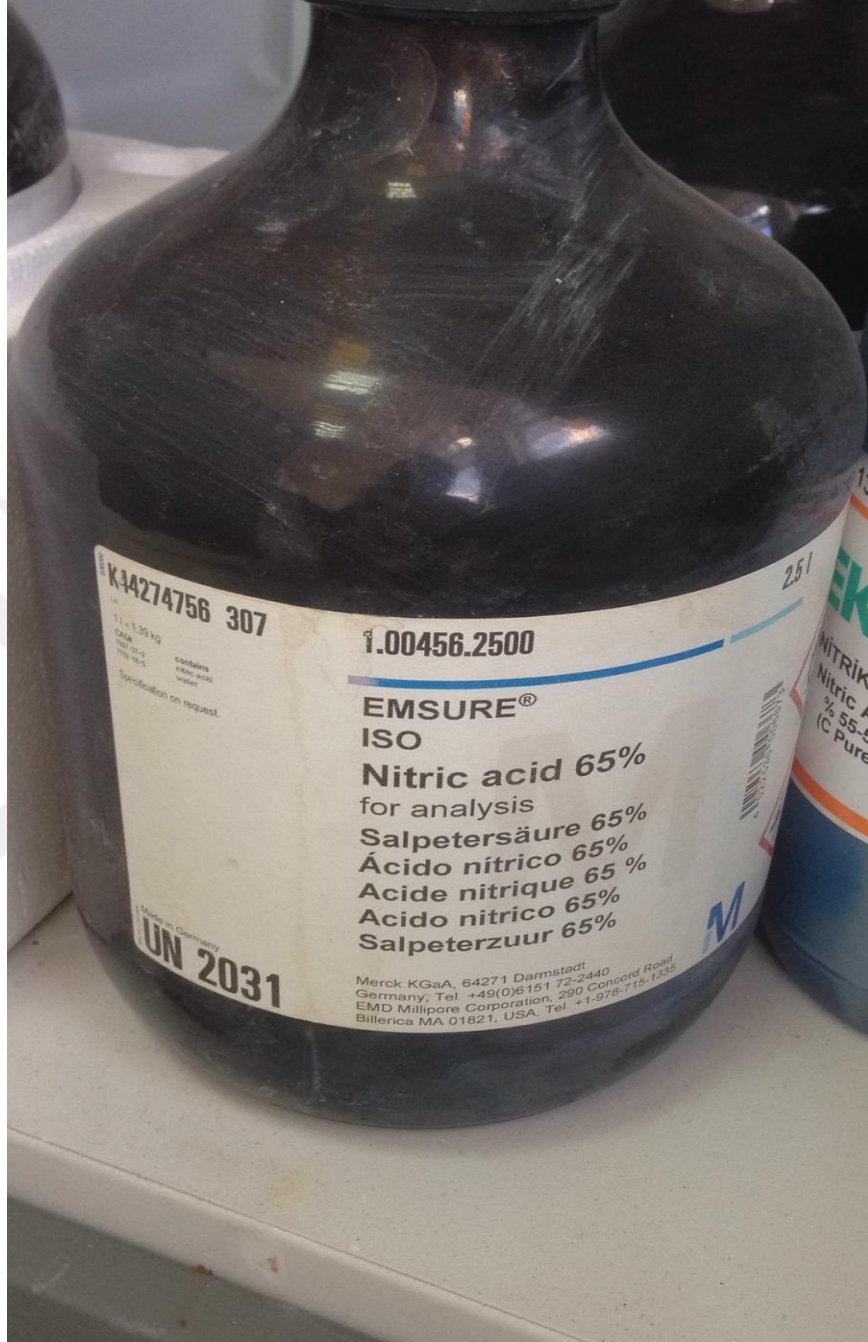
2.1.2 Laboratuvarda Kullanılan Asitler

- **Hidroklorik Asit:** Alınan toprak ve bitki örneklerinin sıvılaştırma işleminde kullanılmıştır (MerckKGaA, Darmstadt).



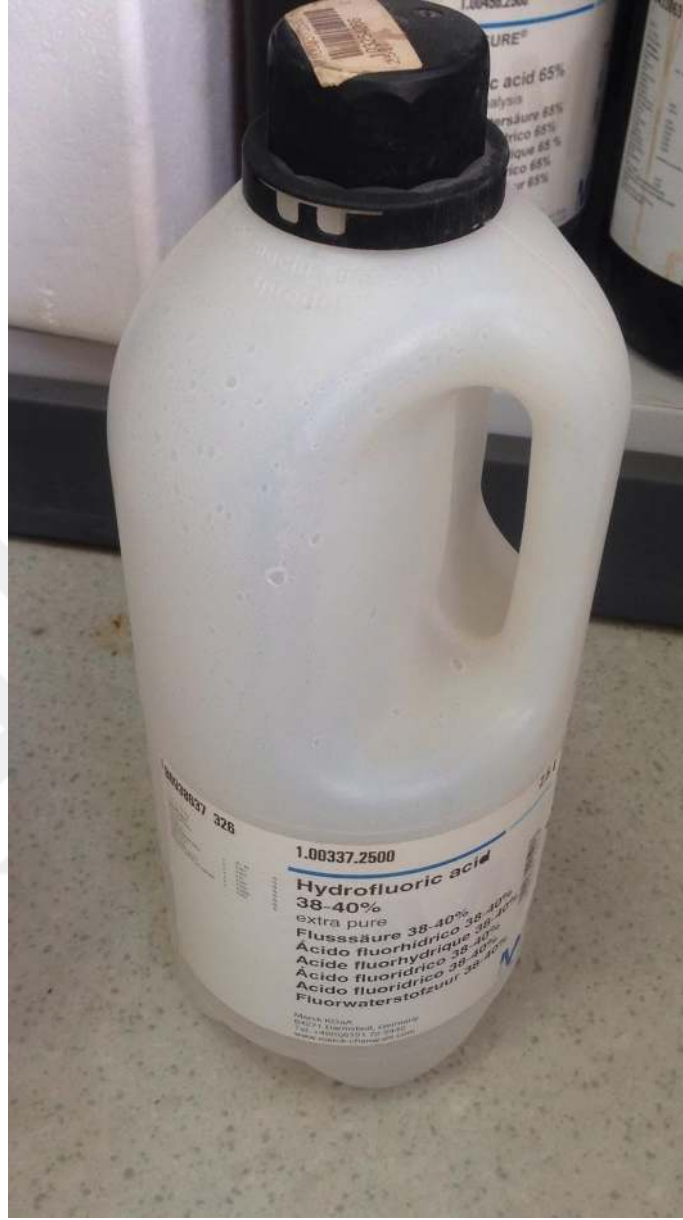
Şekil 2.8. Hidroklorik Asit (MerckKGaA, Darmstadt)

- **Nitrik Asit:** Alınan toprak ve bitki örneklerini sıvılaştırma işleminde kullanılmıştır (MerckKGaA, Darmstadt).



Şekil 2.9. Nitrik Asit (MerckKGaA, Darmstadt)

- **HidroflorikAsit:** Alınan toprak ve bitki örneklerini sıvılaştırma işleminde kullanılmıştır (MerckKGaA, Darmstadt).



Şekil 2.10. Hidroflorik Asit (MerckKGaA, Darmstadt)

2.1.3. Çalışmada Kullanılan Bitki Türü

- **Altın Otu (*Helichrysum arenarium*)** : Altın otu bitkisi, altın sarısı renginden dolayı halk arasında bu şekilde anılmaktadır bunun yanı sıra ölmez çiçek, altın çiçek olarak da bilinir. Latince "*Helichrysum arenarium*" isimli bitkinin yaklaşık uzunluğu 50-60cm arasındadır. Ülkemizde genellikle her bölgede bulunan bu tür en fazla Doğu Anadolu Bölgesinde yetişmektedir. Ancak, köken olarak asıl yöresi Avrupa'dır. Genellikle kayalık alanlarda yetişen bu bitki iklim sınırlaması olmadığından bitki her mevsim taze bulunabilir [25].



Şekil 2.11. *Helichrysum arenarium* Bitkisinin Genel Görüntüsü

2.1.4. Çalışmada İncelenen Ağır Metaller ve Özellikleri

2.1.4.1. Ağır Metaller

Metallerin fiziksel özelliklerinin yoğunluğu 5 g/cm^3 ten fazla olanlarına ağır metal adı verilir. Periyodik tablonun orta kısımlarında yer almaktadırlar. Ağır metal olarak nitelendirilen 70'den fazla element olmasına rağmen ön planda ve ağırlıkta olanlar; Mo, Mn, Fe, Co, Zn, Cu, Pb, V, Cd, Be, Al, Hg, Sn, Ag, Ni olarak sıralanabilir. Ekolojik sistem için metalin varlığı azami miktarda gereklidir. Ancak sanayi faaliyetleri gibi olaylarda meydana gelen sınır değerin üstünde ağır metal salınımı, maruz kalan bölgede toksik etkiye ve birikime sebep olmaktadır. Toprak ve suyla teması halinde direk olarak besin zincirine dâhil olan ağır metaller canlı organizması üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Son yıllarda ağır metallerce kirlenmiş sular ve toprakların temizlenmesi, kirlilik düzeylerinin belirlenmesi açısından birçok çalışma yapılarak yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır [26].

Aşağıdaki çizelgede bazı ağır metallerin canlılar için maruziyet durumunda etkileri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Önemli Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflanması[26]

Element	Özgül Ağırlıkgr/cm³	Canlılar için Gerekliliği	Kirletici Durumu
Ag	10.5	Gerekli değil	Kirletici
Cd	8.5	Gerekli değil	Kirletici
Cr	7.2	Gerekli	Kirletici
Co	8.9	Gerekli	Kirletici
Cu	8.9	Gerekli	Kirletici
Fe	7.9	Gerekli	Kirletici
Hg	13.6	Gerekli değil	Kirletici değil
Mn	7.4	Gerekli	Kirletici
Pb	11.3	Gerekli değil	Kirletici
Mo	10.2	Gerekli	Kirletici
Ni	8.9	Gerekli	Kirletici değil
Pt	21.5	Gerekli değil	Kirletici
Tl	11.9	Gerekli değil	Kirletici
Sn	7.3	Gerekli değil	Kirletici
U	19.1	Gerekli	Kirletici
V	6.1	Gerekli	Kirletici
W	19.3	Gerekli	Kirletici
Zn	7.1	Gerekli	Kirletici

2.1.4.2. Ağır Metallerin Toprağa Olan Etkisi

Toprak, yapısal olarak geniş bir sistemi ifade eder. Ekosistemin önemli bir parçası olan toprak bünyesinde olan her faaliyet başka bir sistemi mutlaka etkilemektedir. Birçok canlı için yaşam alanı olan topraklar bünyesinde bulundurduğu özellikleri üzerinde yaşayan hayvanlara, sızdırarak yer altı sularından, akarsu ve nehirlerle, üzerinde yetişen bitkilerle de hem bitkiye hemde o bitkiyi veya meyveyi yiyen insan ve hayvanlara taşınarak doğrudan etkilemektedir.

Toprak kirliliği, günümüzde gelişen sanayi ve endüstriyel faaliyetler sonucu artmaktadır bunun yanı sıra tarımda verimliliği arttırmak için kullanılan kimyasal maddelerde bu kirliliğin artmasına sebep olmaktadır. Bu faaliyetler sonucu meydana gelen atıkların bünyesinde bulunan ağır metaller toprak tarafından absorblanarak toprağın kendi yapısında bulunan ağır metal miktarını arttırarak kirliliğe sebep olmaktadır. Toprak, belirli miktarda ağır metal tutabilme özelliğine sahiptir. Sınır değerler aşıldığında, kirli toprak etkileşimde olduğu tüm canlıları olumsuz etkilemektedir.

Toprakta ağır metallerin giderimi için çevre mühendisliği alanında ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Kirlenen bir toprağın doğal süreçte tam olarak o kirlilikten arınamaz sadece doğal olaylarla seyrelmiş olur. Kirlenmiş toprağın ağır metallerden bertarafının sağlanması için çeşitli yöntemler mevcuttur bunlar;

- Kirlenmiş alanı kullanıma kapatmak
- Kirlenen alanı takip altında tutarak kirliliğin çevreye yayılmasını engellemek
- Başka bir alan belirlenerek kirli olan toprakları belirlenen alana taşımak

Şeklinde sıralanabilir. Bu yöntemlerin yanında toprak arıtımı alanında biyolojik, kimyasal ve fiziksel prosesleri içeren çok fazla metot mevcuttur [27].

2.1.4.3. Toprakta Bulunan Ağır Metallerin Bitkiye Geçişi ve Etkisi

Bitkiler yaşadıkları ortam dolayısıyla besin ihtiyaçlarını topraktan sağlamaktadır. Topraktan ve yer altı sularından kökleri sayesinde beslenen bitkiler direkt olarak yapılarında bulunan elementleri kendi bünyelerine almış olurlar. Bitki bünyesinde bulunan element miktarı doğrudan toprağı ve yer altı suyunu temsil etmektedir. Bitkinin yetiştiği toprakta gözlemlenen kirlilik genellikle dal ve yapraklarda kuruyup dökülmelere sebep olur ve kirlilik toprağın yüzeyinde birikerek bitkinin dolaylı yoldan toprağın derinliklerinde olan kirliliği yüzeye taşıma işlevini de yapmış olur [28].

Çizelge 2.2. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri [26]

Ağır Metal	Bitkideki Semptomları	Bitki Adı
Zn	Yaprak uçlarında klorosis ve nekrosis, genç yapraklarda damarlar arası sararma, bitkinin genelde geç büyümesi, dengesiz kök sistemi	Tahıllar ve Ispanak
Pb	Yaşlı koyu, yeşil yapraklarda kıvrılma, bodurlaşma ve kök gelişiminde arazlar	Tahıllar
Cd	Yaprak kenarlarında kahverengileşmesi, klorosis, kırmızımsı damarlar, gelişmemiş kök sistemi	Sebzeler
Co	Üst yapraklarda damar arasında başlayan klorosis ve daha sonra Fe eksikliğine bağlı çıkan klorosis, beyaz görünümlü yaprak kenarları ve ucu ve zarar gören kök	Tüm Bitkiler
Fe	Koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdenin bodurlaşması, bazı bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişen yaprak rengi (çeltikteki bronzlaşma)	Çeltik ve Tütün
Cu	Koyu yeşil yaprak, kısa ve ince kök sistemi, kötü kardeşlenme	Tahıllar, Sebzeler ve Narenciye
Mn	Yaşlı yapraklarda klorosis ve nekrosis, yaprak uçlarında kuruma, bodur kök sistemi	Tahıllar, sebzeler, patates ve lahana
Ni	Genç yapraklarda damarlar arası sararma, grimtrak yeşil yaprak	Tahıllar

Bitkilerin bünyelerinde belirli miktarlarda ağır metal olması herhangi bir etki göstermez ancak sınır değerleri aştığında toksik etkilere sebep olmaktadır aşağıda bulunan tabloda bazı ağır metallerin normal ve toksik değerleri verilmiştir ( izelge 2.3.).

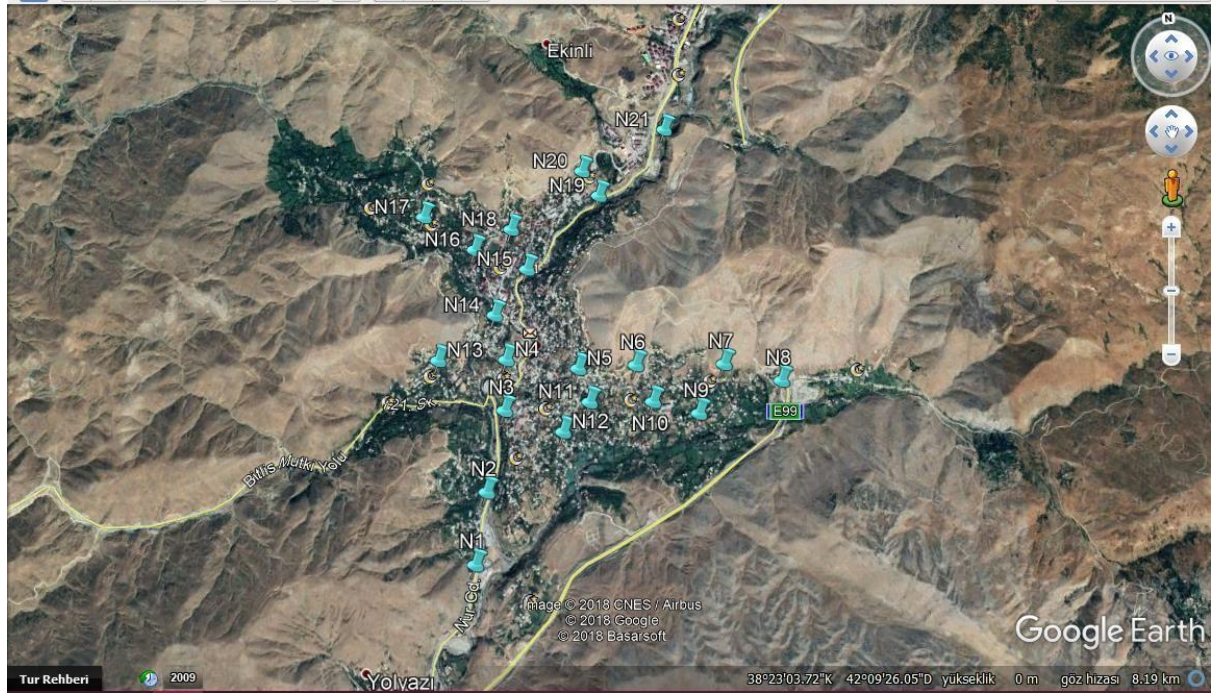
Çizelge 2.3. Bitki Yapraklarında Ağır Metallerin Normal ve Toksik Değerleri [29]

Element	Yeterli veya Normal (ppm)	Fazla veya Toksik (ppm)
Ag	0,5	5-10
As	1-1,5	5-20
B	10-100	50-200
Be	< 1-7	10-50
Cd	0,01-0,2	5-30
Co	0,02-1	15-50
Cr	0,1-0,5	5-30
Cu	5-30	20-100
F	5-30	50-500
Hg	-	1-3
Li	3-5	5-50
Mn	30-300	400-1000
Mo	0,2-5	10-50
Ni	0,1-5	10-100
Pb	5-10	30-300
Se	0,01-2	5-30
Sb	7-50	150
V	0,2-1,5	5-10
Zn	27-150	100-400

2.2. Metot

Biyojeokimyasal prospeksiyonun verimli bir şekilde uygulanması, toprakta cevherleştirmeye ait element konsantrasyonu ile bitkideki element konsantrasyonu arasında doğrusal bir bağlantı olmasına bağlıdır. Bu bağlantıyı sağlayan bitkiler, topraktaki element miktarını belirtirler ve bu bitkilere indikatör bitki denilmektedir. İndikatör bitkinin tespit edildiği bölgede su, toprak, kayaç vb. örneklerdeki element miktarı ile bitkideki element miktarı arasında doğrusal ilişki olup olmadığı tespit edilir, örnek sayısına göre korelasyon katsayısının %99 güvenilirliğine bağlı olarak Schroll (1975)'e göre indikatör bitkiler tespit edilmektedir [30].

Çalışma bölgesinde, örnek noktalar GPS (Global Positioning System) ile belirlenerek jeoloji haritası üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 3.1.). Belirlenen noktalardan toplam 19 adet bitki ve yetiştikleri topraklardan örnek alınırken, bitki ve kök bölgesi bir poşete toprak ise yaklaşık 1kg alınarak farklı temiz poşetlere bırakılmıştır. Alınan bitki ve toprak örnekleri numaralandırılarak laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 2.12. Çalışma Bölgesinde Örneklerin Alındığı Noktalar

Araziden alınarak laboratuvara getirilen bitki örnekleri saf su ile yıkanarak kağıt zarflar içerisinde 80 °C'de 24 saat etüvde kurutulup ve neminden arındırılmıştır (Şekil 2.13, Şekil 2.14.). Kurutma işleminden sonra bitkiler dal, yaprak gibi organlarına ayrılarak öğütülmüştür

(Şekil 2.15.). Aynı örnekler element analizleri için hazırlanmış olup örneklerde organik madde yakılması olarak bilinen kül etme tekniği uygulanılmıştır (Şekil 2.16.). Bu yöntem, örneğin uygun kaplarda belirli bir sıcaklıkta ve belirli bir sürede tutularak organik maddelerin uzaklaştırılması sonucu elde edilen kalıntının inorganik bir asit içerisinde çözülerek analiz edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Organik maddelerin tamamen uzaklaştırılmasında; öyle bir kül etme sıcaklığı seçilmelidir ki; kül etme süresince analizi yapılan elementin mümkün olduğunca az kayba uğraması ve elde edilen kalıntının asitte çözünmesi istenmektedir [30].



Şekil 2.13. Saf Su ile Yıkayıp Kâğıt Zarflara Bırakılan Bitki Örnekleri



Şekil 2.14. Bitkilerin etüvde kurutulması

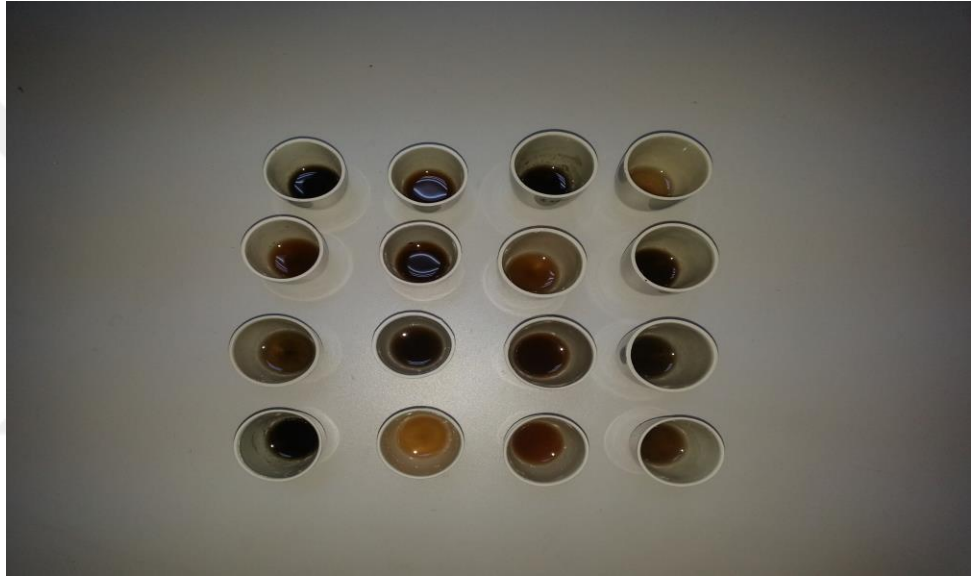


Şekil 2.15. Öğütülen bitki örnekleri



Şekil 2.16. Kül etme tekniği uygulanan bitki örnekleri

Benton ve Jones (1984) tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak; etüvde kurutulmuş olan bitki örnekleri, organlarına (yaprak ve dal) ayrılarak yaklaşık 3g (kuru ağırlık üzerinden) tartıldıktan sonra porselen krozelere konularak ve kül fırında 50 °C/saat başlanarak 550 °C/saat 'e kadar getirilmiş ve bu sıcaklıkta 10 saat bekletilmiştir. Daha sonra krozeler, desikatörde soğutularak ve krozeler içerisindeki kül üzerine 5 ml HC asit çözeltisi eklendikten sonra çözülerek meydana gelen karışım plastik balon jojeye aktarılarak deiyonize su (saf su) ile 25ml 'ye tamamlanmıştır(Şekil 2.17-2.18.). Çözeltideki element miktarları ICP-MS ile saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar bitki organının (dal-yaprak) kuru ağırlığında ppm (mg/L, mg/kg) ve ppb olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.17. Asit Eklenen Bitki Küllerinin Görüntüsü



Şekil 2.18. Plastik Kaplara Saf Su İlavesi

Toprak örnekleri Brooks vd. (1992) ile Dunn (2007) tarafından uygulanan yöntemlere göre hazırlanmıştır (Şekil 2.19.). 80°C etüvde kurutulup, 80 meşlik elekten geçen toprak örneklerinden 0.1'er g tartıldıktan sonra polietilen kaba konulup, üzerine 10 ml derişik HF+HNO₃ (1:1) karışımı eklendikten sonra buharlaştırılmıştır(Şekil 2.20.), örnekler üzerine 7 ml derişik HCl eklenerek buharlaştırma işlemi tekrarlanmıştır. Elde edilecek kalıntı 7ml derişik HCl'de çözündükten sonra deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltideki element miktarları ICP-MS ile tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar bitki organının (dal-yaprak) kuru ağırlığında ppm (mg/L, mg/kg) ve ppb olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.19. Hazırlanan Toprak Örnekleri



Şekil 2.20. Toprak Örneklerinde Buharlaştırma İşleminin Yapılması



Şekil 2.21. Toprak örneklerine $\text{HF} + \text{HNO}_3$ ve HCl eklenmesi

Bitlis ilinde belirlenen noktalardan toplanan *Helichrysum arenarium* bitkisi ve üzerinde yetiştigi topraktan alınan örneklerden Cu,Mn,Ni,Pb,Fe,Co,Cd,Zn,Al,Cr elementlerinin düzeyleri belirlenerek aralarında bulunan ilişki istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirme, deneysel olarak tespit edilen katsayı değeri (r deneysel), Schroll (1975) tarafından %95 ve %99 güvenilirlikte verilen teorik korelasyon katsayısı (r teorik) değeri ile karşılaştırılmıştır. Toprak ve bitki arasında iyi bir korelasyon olabilmesi için $r_{\text{deneysel}} > r_{\text{teorik}}$ olması gerekmektedir. Alınan bitki ve toprak örneklerinin analiz sonucuna göre her iki parametre arasındaki korelasyon katsayısı (r) +1'e yaklaştığında aralarında ilişki bulunmaktadır,-1'e yaklaştığında aralarında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Bitki ve toprak örnekleri arasındaki inter-element ilişki incelendiğinde ise P değeri $P < 0,001$ olduğunda örnekler arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır[9].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 3.1. Numune Alınan Noktaların Elektriksel İletkenlik (EC) ve pH Değerleri

NOKTALAR	EC(μ S/cm)	pH
N1	24,3	7,45
N2	27,1	7,41
N3	22,5	8,12
N4	24,5	7,68
N5	21,85	7,30
N6	29,2	7,69
N7	25,4	7,89
N8	21,51	7,81
N9	10,86	6,73
N10-11	18,36	7,93
N12	19,20	7,95
N13-14	21,40	8,05
N15-18	22,6	7,89
N16-17	18,35	7,58
N19	22,8	8,1
N20	10,43	7,15
N21	19,71	7,95
N22	7,40	6,42
N23	10,41	7,70

Bitlis ilinde belirlenen noktalardan alınan 19 toprak, 19 bitki örneği laboratuvarında yapılan çalışmalar sonucu Al, Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd element miktarları tespit edilmiştir. Çıkan sonuçlar doğrultusunda toprak ve bitki yapısında bulunan ağır metal miktarları hem toprak ve bitkinin birbirinin ne kadar etkilediği hem de genel olarak Bitlis ili biyojeokimyasal anomalileri teker teker incelenerek çevresel etkileri değerlendirilmiştir.

3.1. Demir (Fe) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi

Şekil 3.1.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Fe elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değeri B16-17-N16-17 noktasında saptanmıştır. Fe elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T22-N22 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B4-N4 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Fe elementi değerlerinin en yakın olduğu B7-N7-T7-N7 noktası, en uzak olduğu B19-N19-T19-N19 noktası tespit edilmiştir.

3.2. Kobalt (Co) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.2.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Co elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T8-N8 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değeri B16-17-N16-17 noktasında saptanmıştır. Co elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T23-N23 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B4-N4 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Co elementi değerlerinin en yakın olduğu B16-17-N16-17-T16-17-N16-17 noktası, en uzak olduğu B8-N8-T8-N8 noktası tespit edilmiştir.

3.3.Çinko(Zn) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.3.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Zn elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değeri B3-N3 noktasında saptanmıştır. Zn elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T9-N9 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B20-N20 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Zn elementi değerlerinin en yakın olduğu B6-N6-17-T6-N6 noktası, en uzak olduğu B10-11-N10-11-T10-11-N10-11 noktası tespit edilmiştir.

3.4.Kurşun (Pb) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.4'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Pb elementinin toprak örnekleri içinde en

yüksek olan değeri T15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B12-N12 noktasında saptanmıştır. Pb elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T10-11-N10-11 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B10-11-N10-11 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Pb elementi değerlerinin en yakın olduğu B10-11-N10-11-T10-11-N10-11 noktası, en uzak olduğu B15-16-N15-16-T15-16-N15-16 noktası tespit edilmiştir.

3.5. Aliminyum(Al) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.5.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Al elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T23-N23 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B16-17-N16-17 noktasında saptanmıştır. Al elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T8-N8 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B4-N4 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Al elementi değerlerinin en yakın olduğu B16-17-N16-17-T16-17-N16-17 noktası, en uzak olduğu B23-N23-T23-N23 noktası tespit edilmiştir.

3.6. Krom (Cr) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.6.'daki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Cr elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T6-N6 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B16-17-N16-17 noktasında saptanmıştır. Cr elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T22-N22 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B4-N4 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Cr elementi değerlerinin en yakın olduğu B5-N5-T5-N5 noktası, en uzak olduğu B6-N6-T6-N6 noktası tespit edilmiştir.

3.7. Mangan(Mn) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.7.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Mn elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T19-N19 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer

B15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Mn elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T22-N22 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B6-N6 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Mn elementi değerlerinin en yakın olduğu B4-N4-T4-N4 noktası, en uzak olduğu B15-18-N15-18-T15-18-N15-18 noktası tespit edilmiştir.

3.8. Nikel (Ni) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi

Şekil 3.8.'deki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Ni elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Ni elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T23-N23 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B4-N4 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Ni elementi değerlerinin en yakın olduğu B20-N20-T20-N20 noktası, en uzak olduğu B15-18-N15-18-T15-18-N15-18 noktası tespit edilmiştir.

3.9. Bakır(Cu) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi

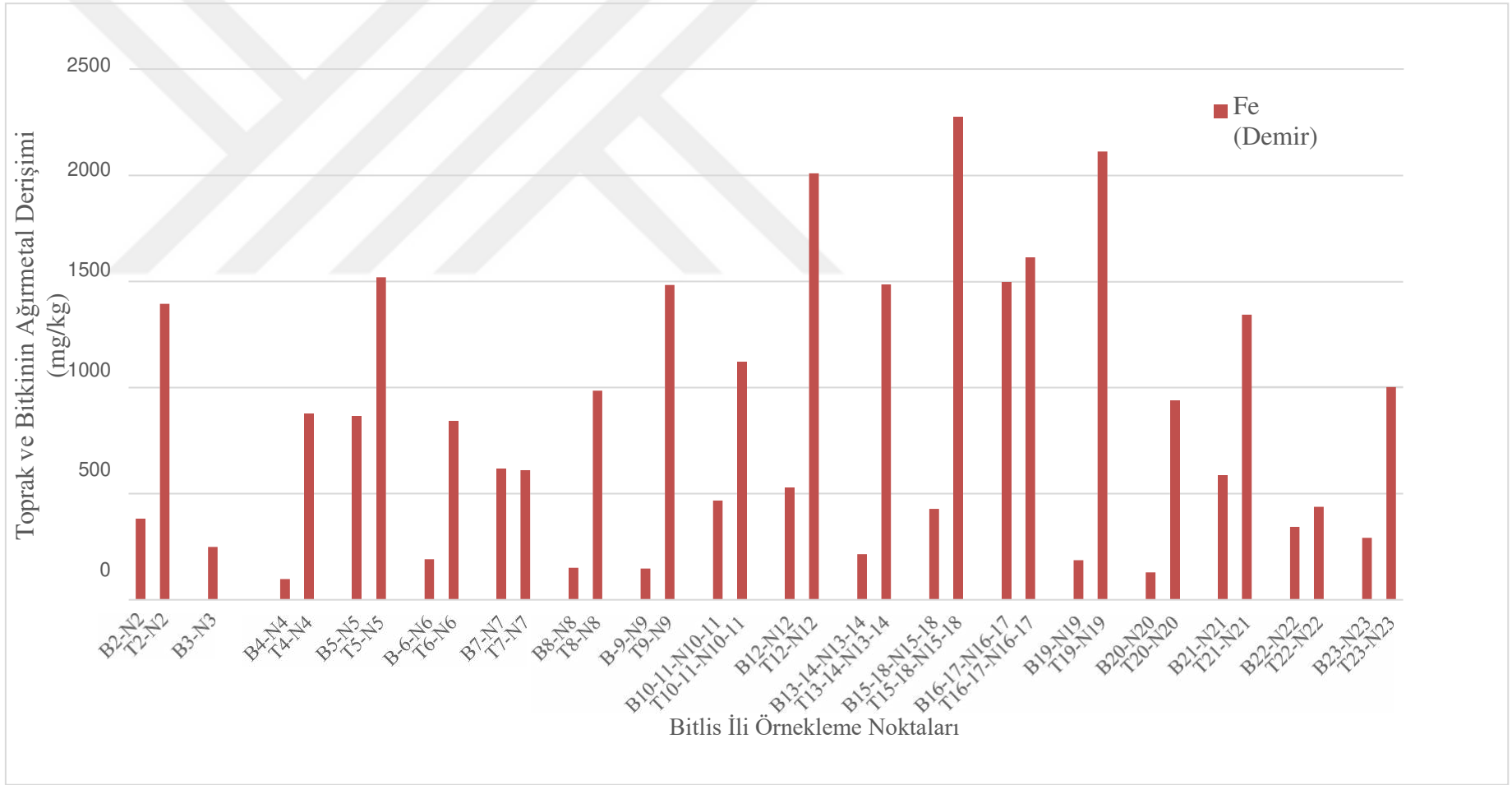
Şekil 3.9.'daki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Cu elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T15-18-N15-18 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B5-N5 noktasında saptanmıştır. Cu elementinin toprak örnekleri içinde en düşük olan değeri T23-N23 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B20-N20 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Cu elementi değerlerinin en yakın olduğu B4-N4-T4-N4 noktası, en uzak olduğu B5-N5-T5-N5noktası tespit edilmiştir.

3.10. Kadminyum (Cd) İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi

Şekil 3.10.'daki verilere göre; Bitlis ili sınırları içinde 19 noktadan alınan bitki ve toprak örneklerinin ağır metal derişimlerine bakıldığında, Cd elementinin toprak örnekleri içinde en yüksek olan değeri T13-14-N13-14 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en yüksek olan değer B19-N19 noktasında saptanmıştır. Cd elementinin toprak örnekleri içinde en düşük

olan değeri T19-N19 noktasında saptanmıştır. Bitki örnekleri içinde en düşük olan değeri B6-N6 noktasında saptanmıştır. Toprak-Bitki arasında Cd elementi değerlerinin en yakın olduğu B4-N4-T4-N4 noktası, en uzak olduğu B13-N14-T13-14-N13-14 noktası tespit edilmiştir.

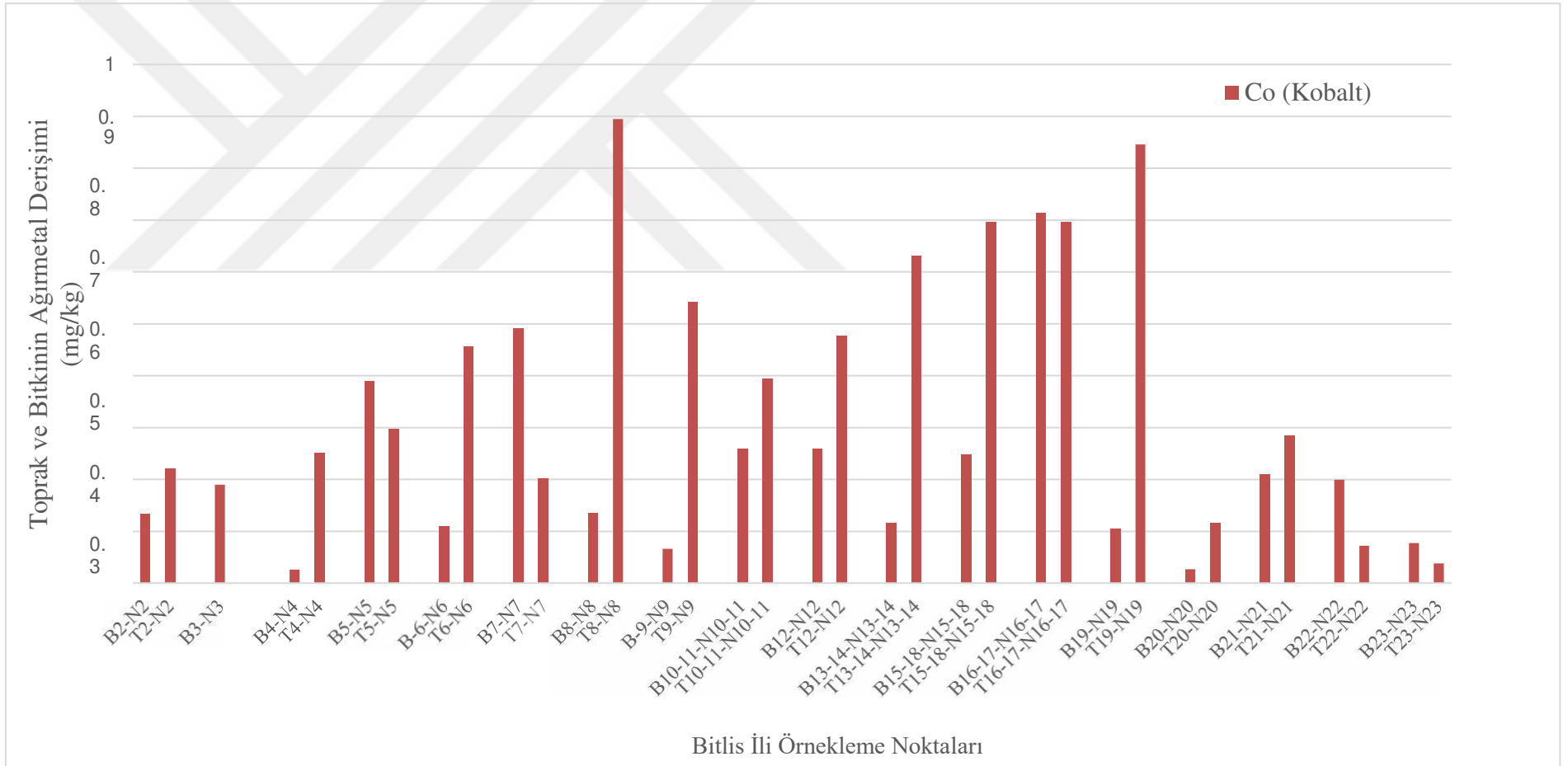




Şekil 3.1. Fe toprak-bitki derişim grafiği

B: Bitki Örneği(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

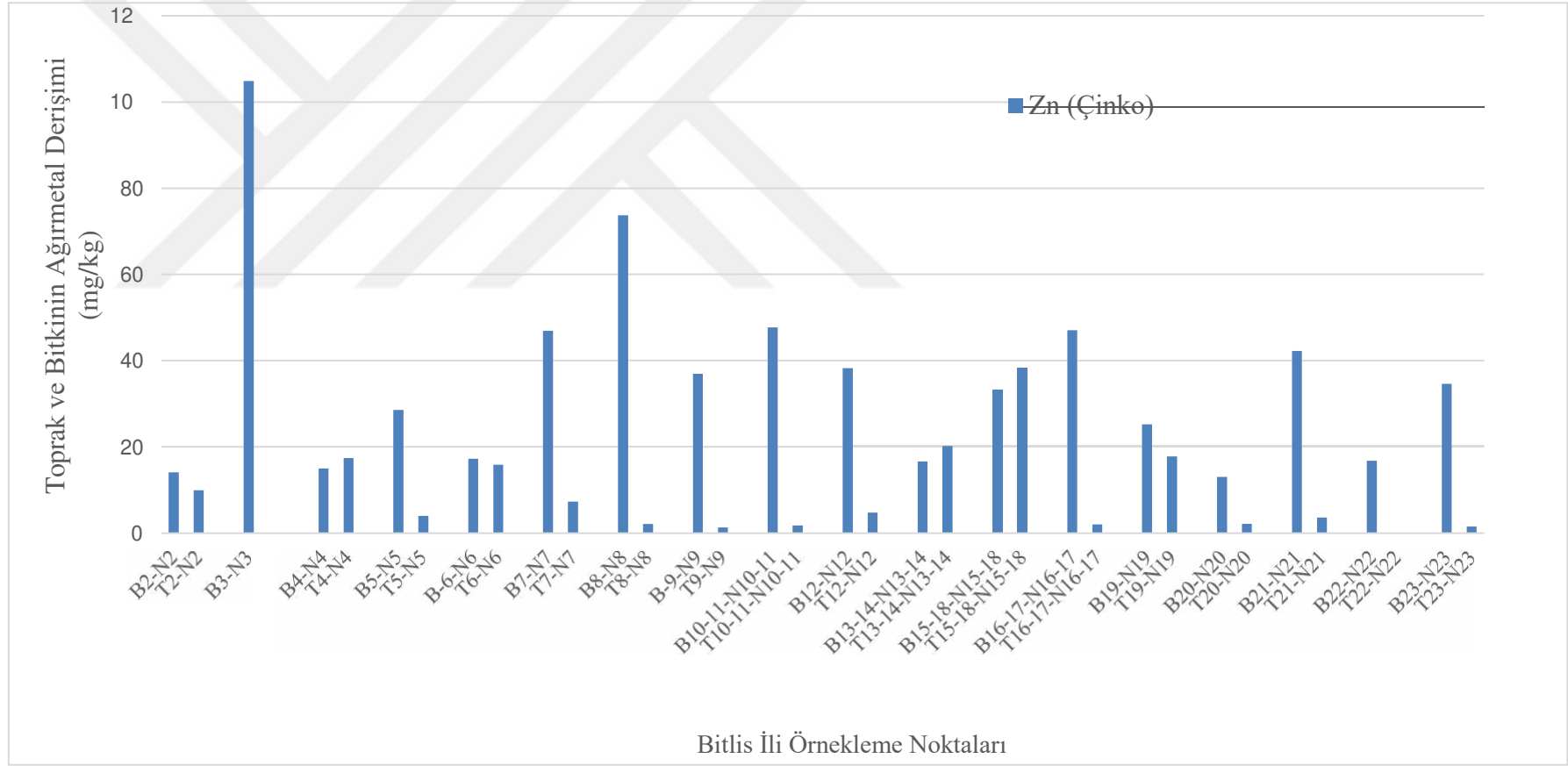
T: Toprak Örneği (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.2. Co toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

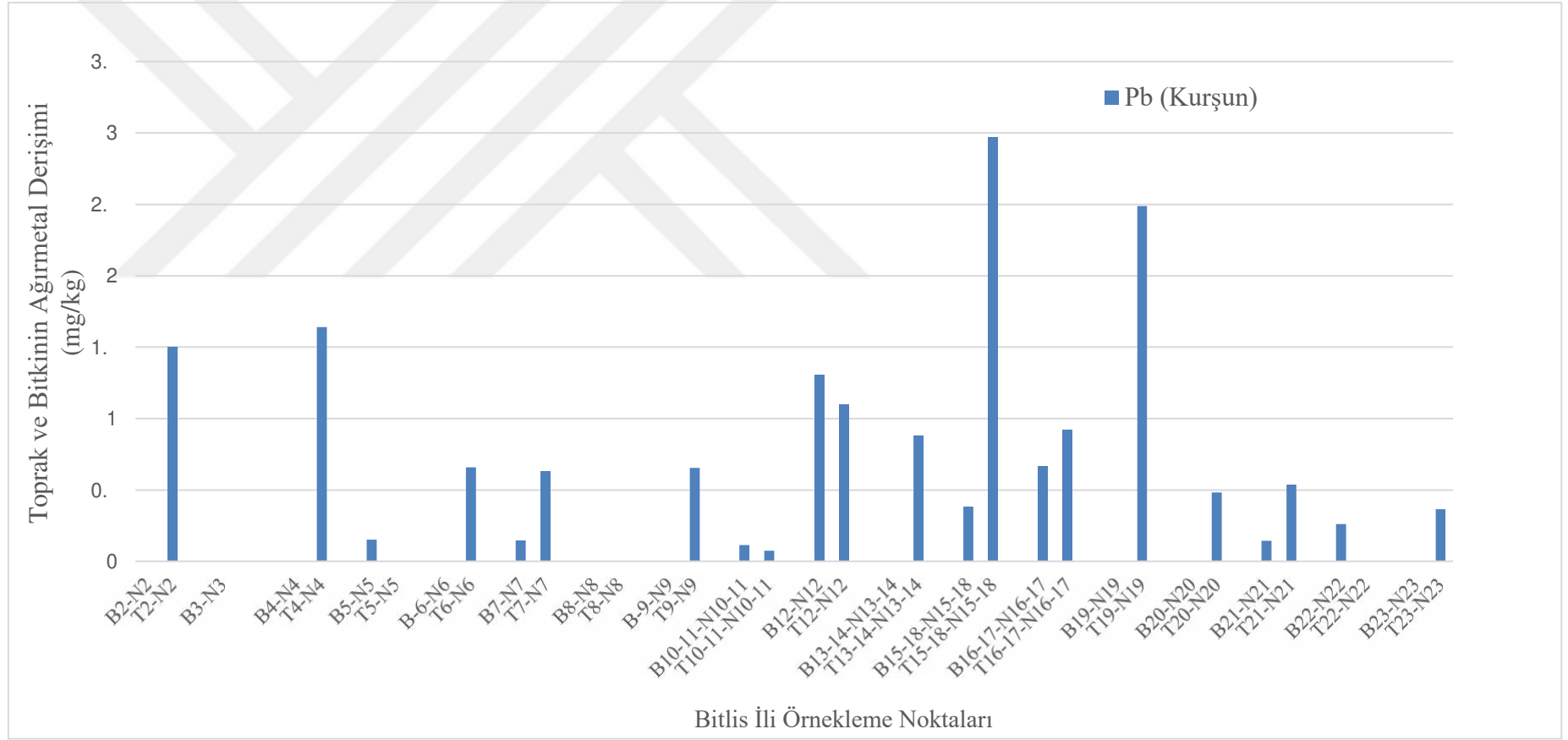
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.3. Zn toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

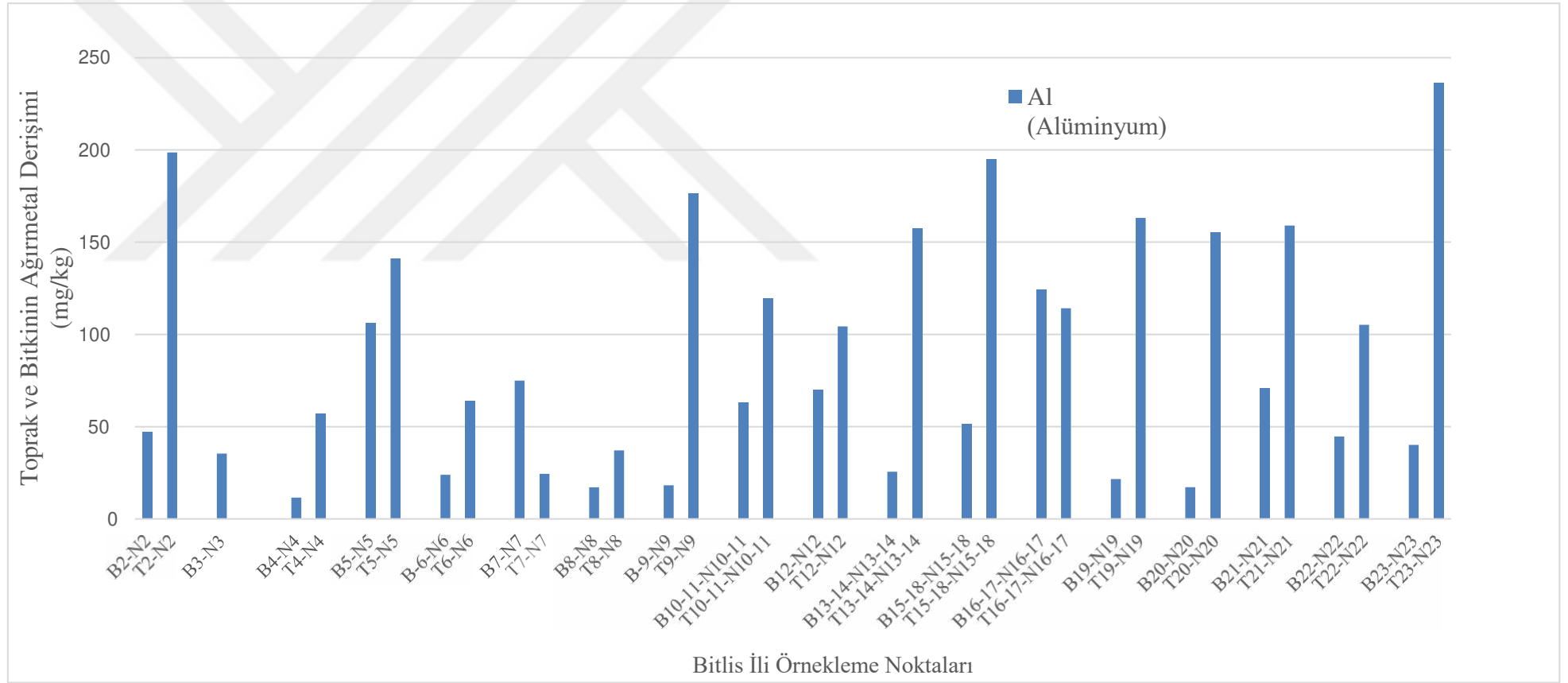
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.4. Pb toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

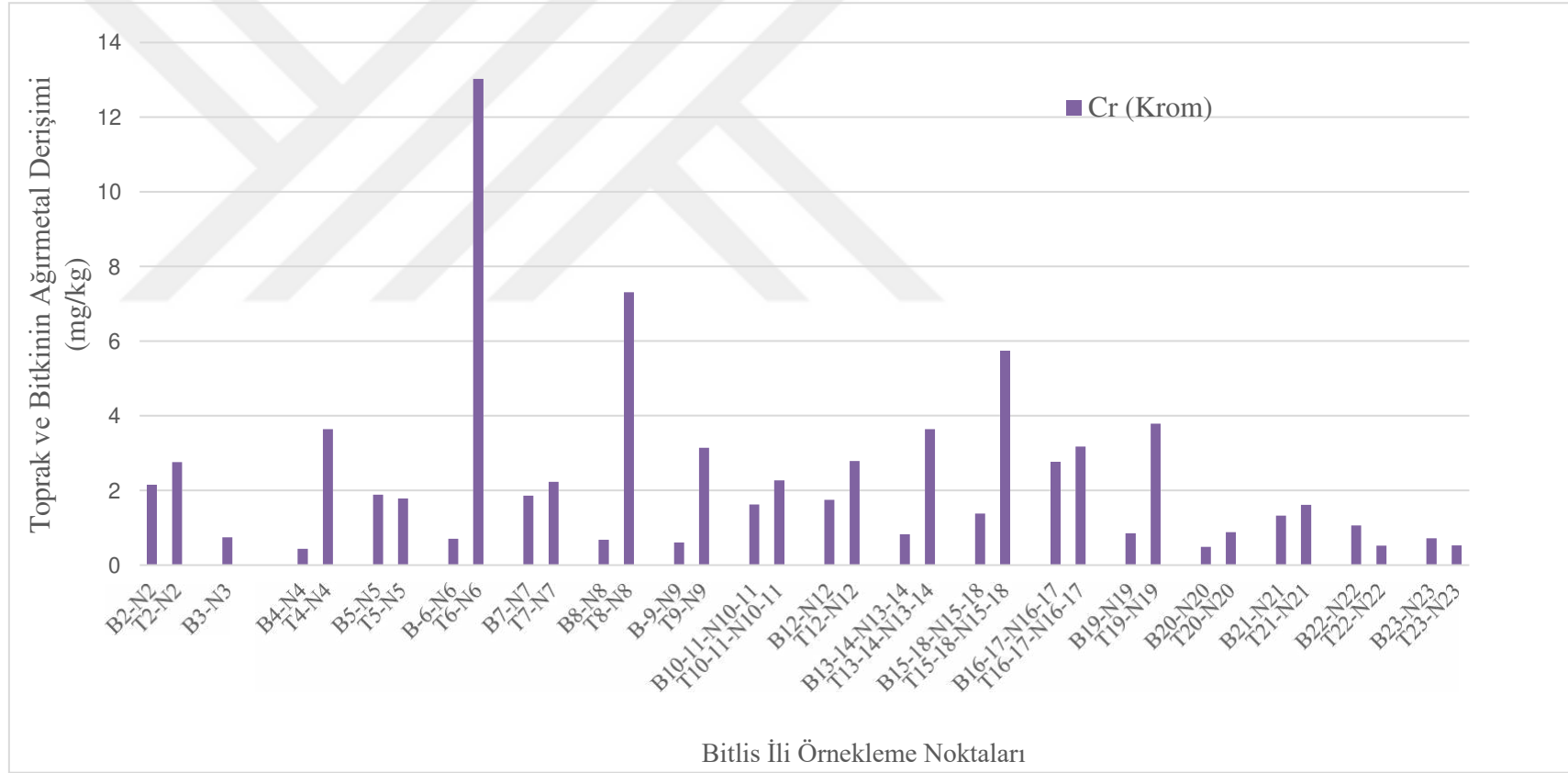
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.5. Al toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

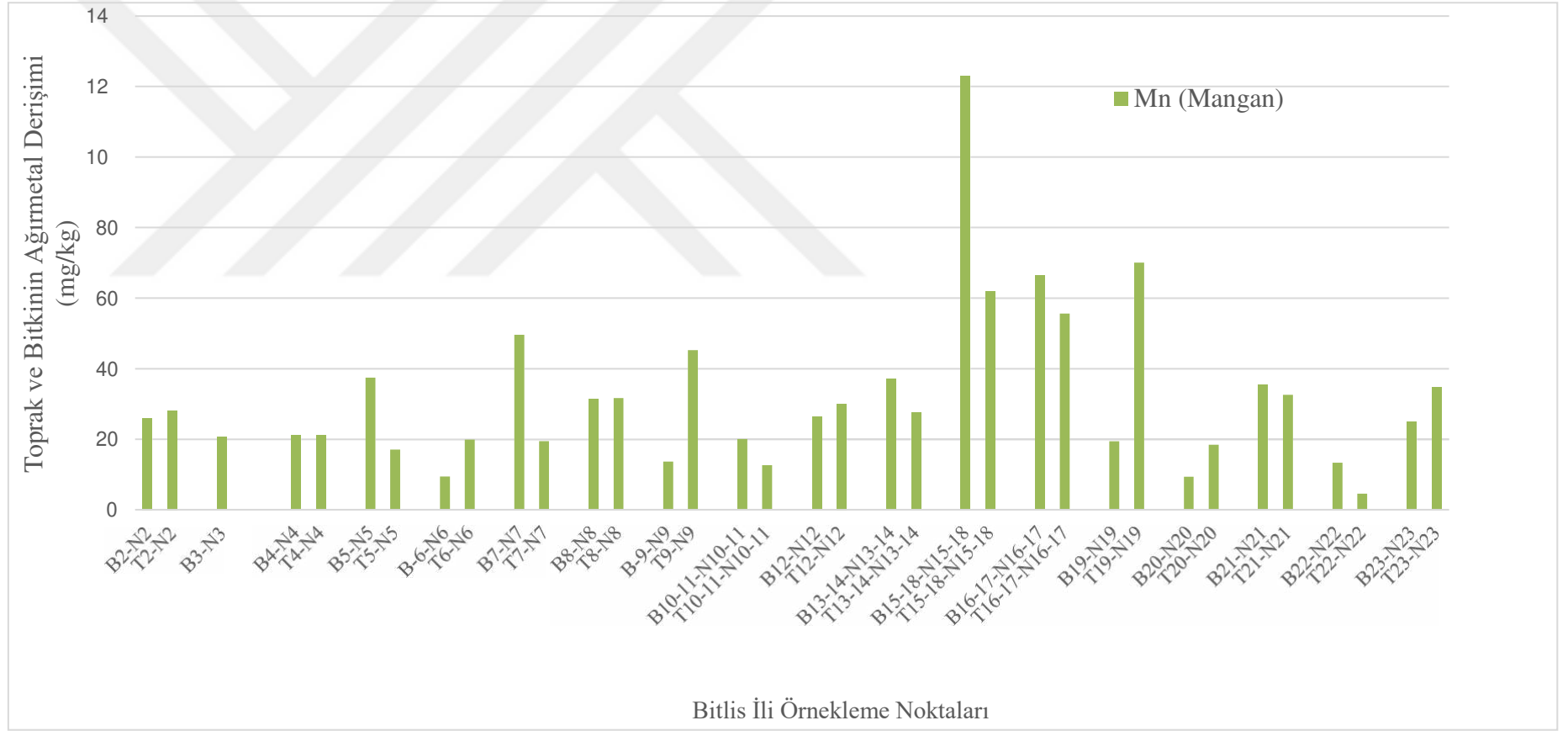
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.6. Cr toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

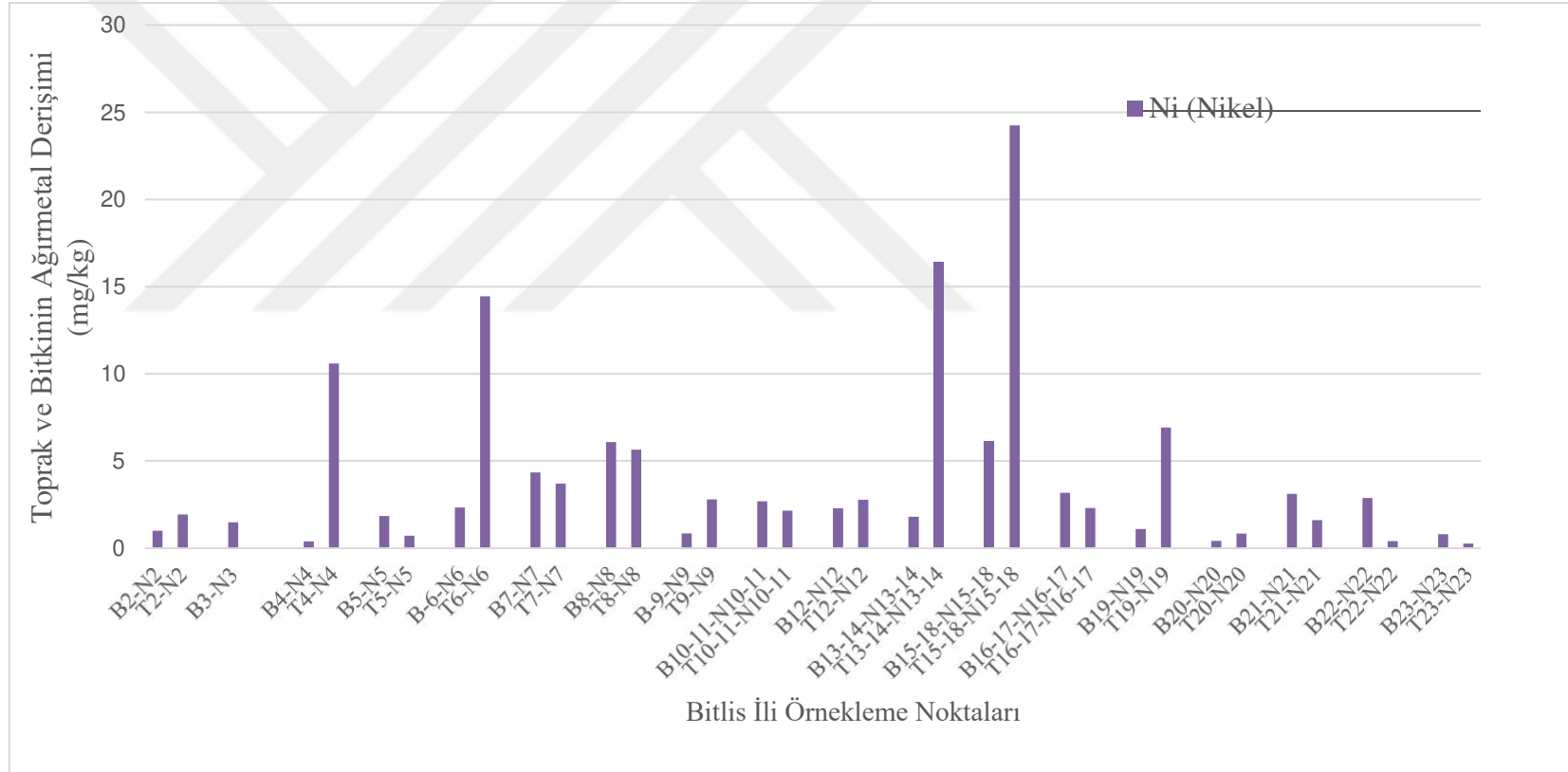
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.7. Mn toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

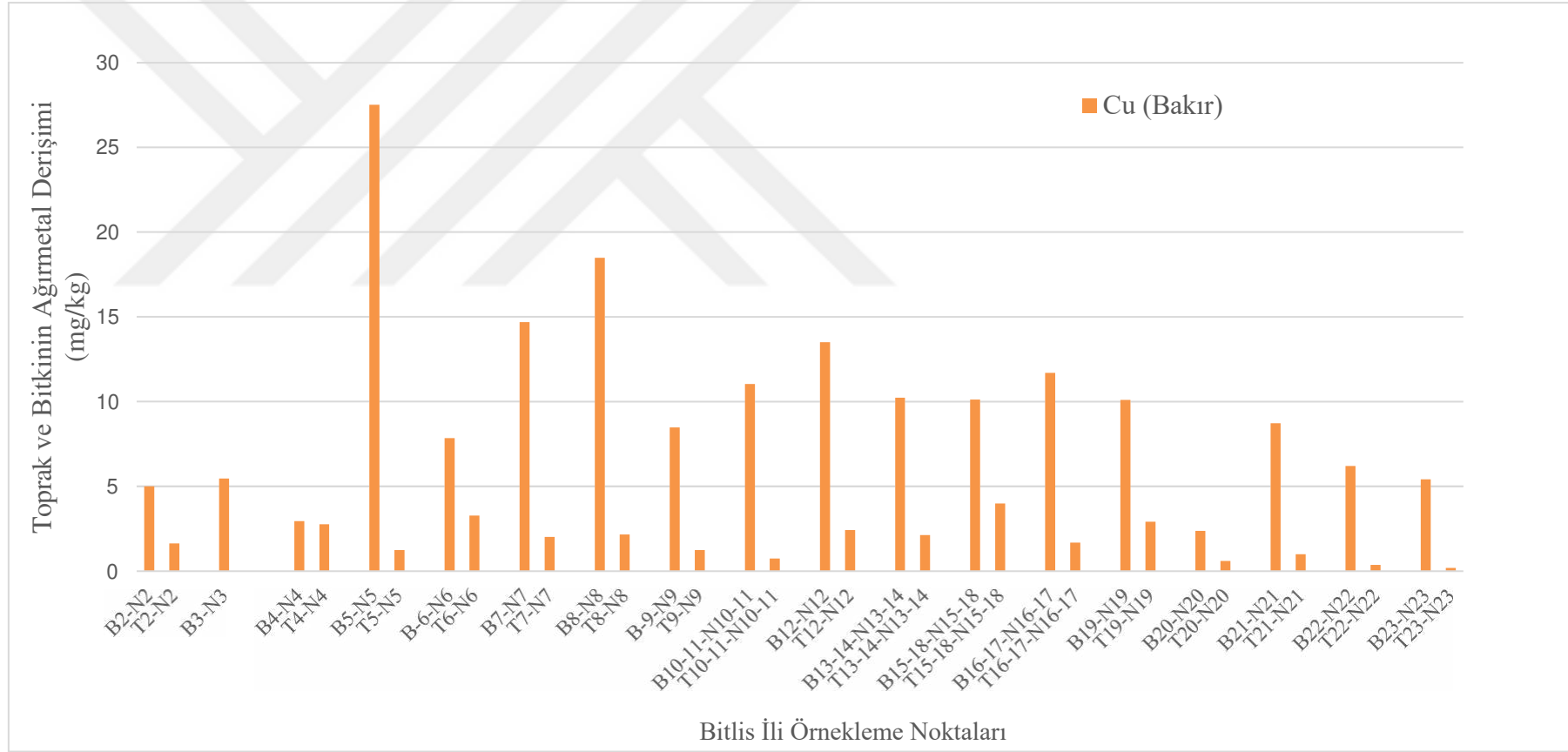
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.8. Ni toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

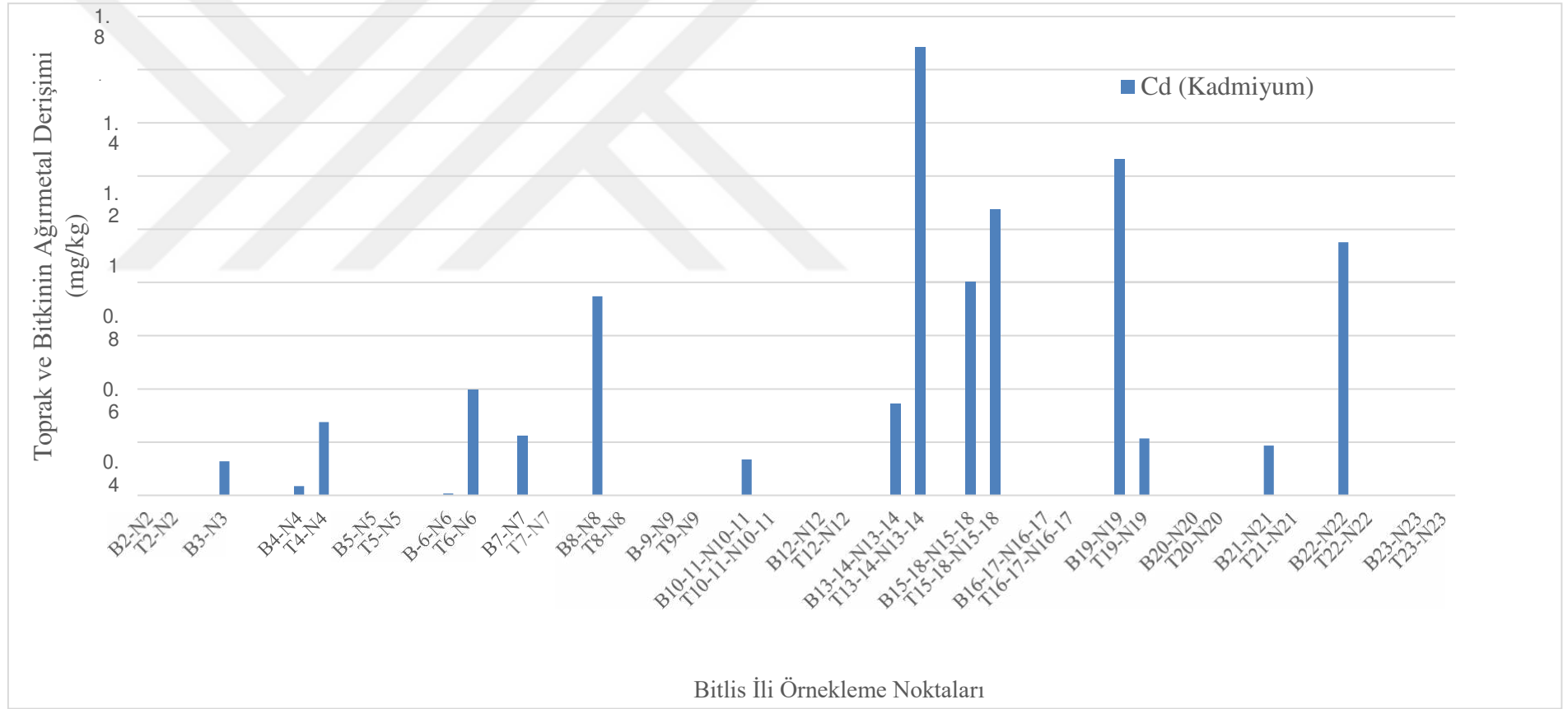
T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



Şekil 3.9. Cu toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.)



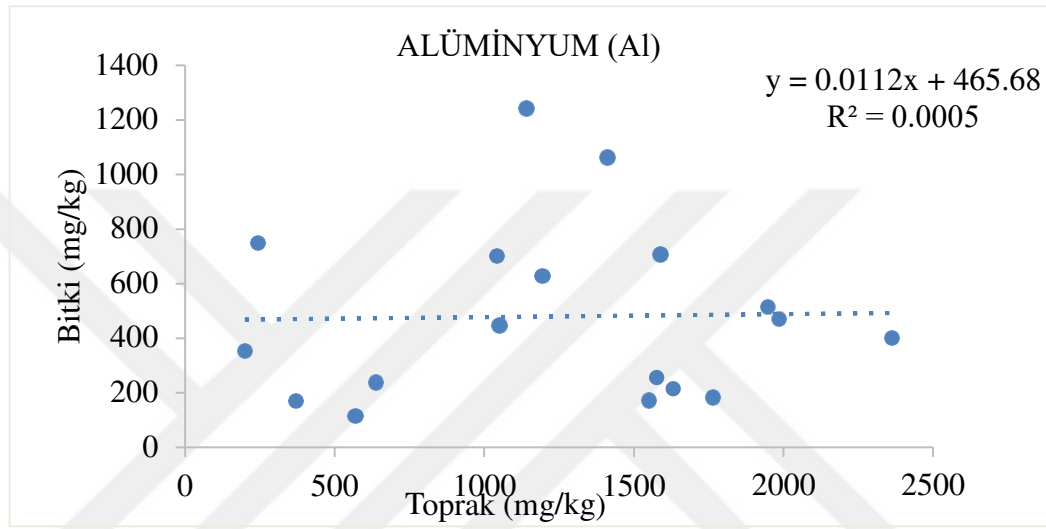
Şekil 3.10. Cd toprak-bitki derişim grafiğı

B: Bitki Örneğı(Örnek Alınan Toprakta Yetişen Bitkinin Dal ve Çiçekleri Kurutularak Örneklendirilmiştir.)

T: Toprak Örneğı (Yüzeyden 0-30 cm aralığında örnekler alınmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

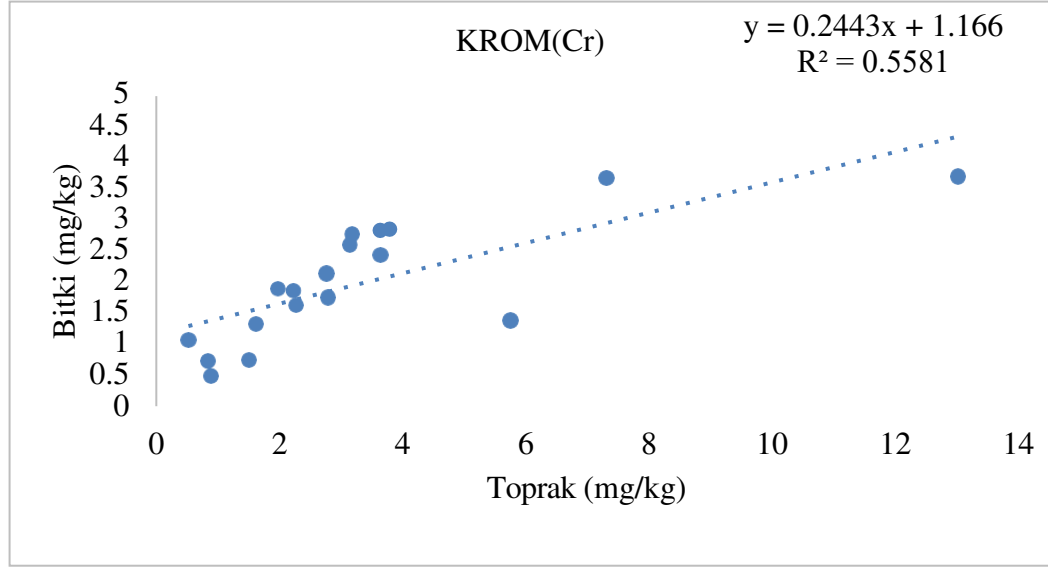
Yaptığımız çalışmada belirlenen noktalardan alınan toprak ve bitki örnekleri laboratuvarında belirli işlemlerden geçerek bünyelerinde bulunan Zn,Al,Ni,Co,Fe,Mn,Pb,Cu,Cr,Cd elementlerinin miktarları tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bitki de ve yetiştiği toprakta bulunan ağır metal miktarları istatistiksel olarak korelasyon katsayıları (R^2) hesaplanarak grafik halinde değerlendirildi ve doğrusal bir ilişki olup olmadığı belirlendi. Grafikler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.1. Bitkideki Al ile topraktaki Al arasındaki ilişki

Doğada yaygın bulunan Alüminyum elementinin yüksek ve uzun maruziyette canlı üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Özellikle tarım, madencilik, kaynak gibi işlerde çalışanlar yüksek risk grubunda yer almaktadır.

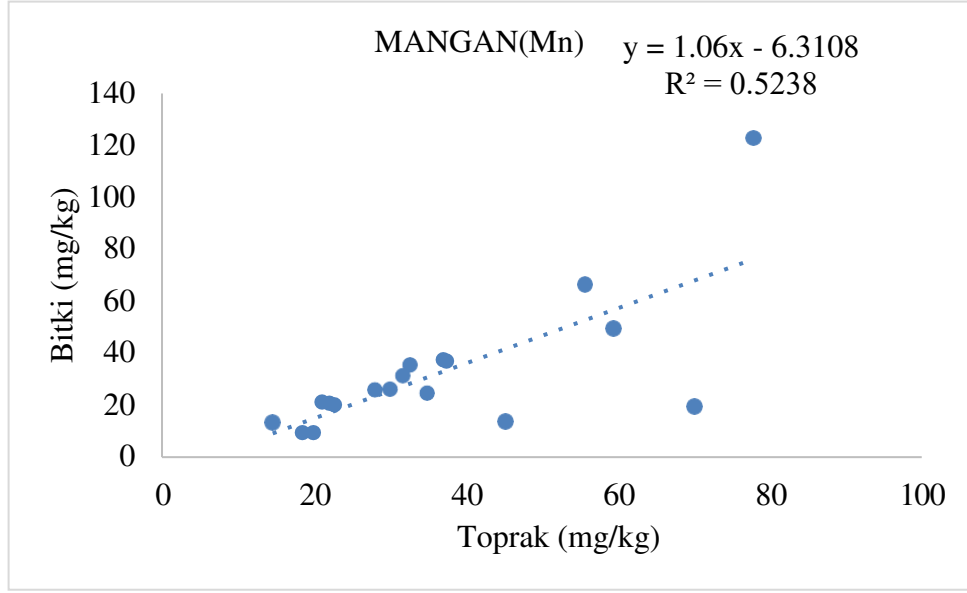
Alınan bitki örneklerindeki Al miktarı ve toprak örneklerindeki Al miktarı (Şekil 4.1.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde (%99 güvenlilikle, $P < 0.93018$, $R^2: 0.0005$) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan alüminyum miktarı ile bitki bünyesindeki alüminyum miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan alüminyum miktar ile topraktaki alüminyum miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.2. Bitkideki Cr ile topraktaki Cr arasındaki ilişki

Krom, doğada hemen hemen her yerde bulunabilecek metallere biridir. Toprakta normal koşullarda 2-60mg/kg bulunan krom kirlenmiş topraklarda 4g/kg'a kadar çıkabilmektedir. Topraktan bitkiye geçişi zayıf olan krom elementi suda daha fazla hareket edebilir. Çok fazla kroma maruz kalan bir bitki de toksik etki görülür yaprak ve dallarında kırmızı benekler gözlemlenir[27].

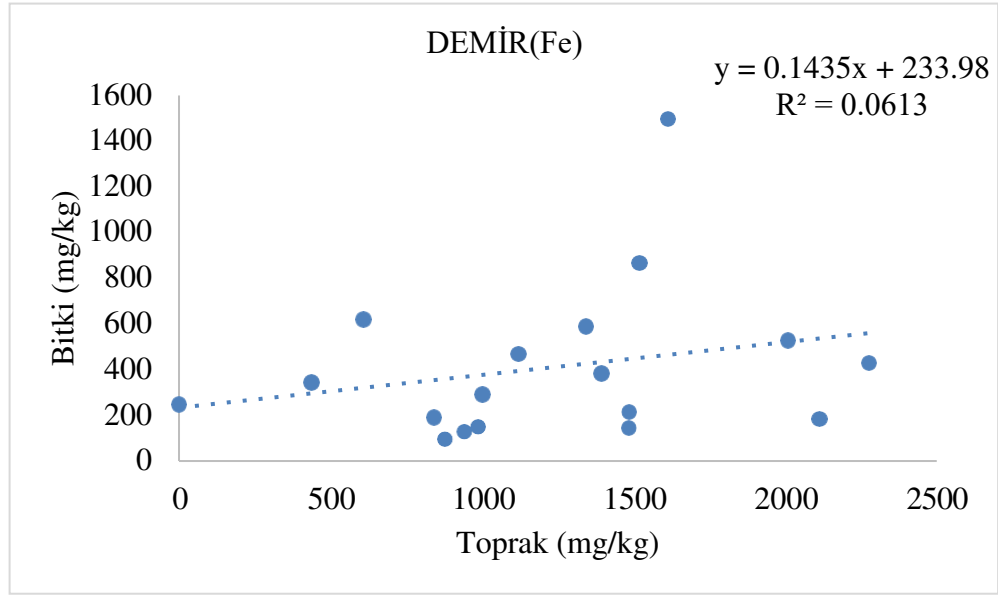
Alınan bitki örneklerindeki Cr miktarı ve toprak örneklerindeki Cr miktarı (Şekil 4.2.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenlilikle, $P < 0,00036$, $R^2: 0.55$) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprak ve bitki arasında doğrusal bir korelasyon olduğu seçilen bitkinin de indikatör bitki olduğunu söylemek mümkündür. P değeri ise 0,001'den küçük olduğundan bitkide bulunan krom miktar ile topraktaki krom miktarı arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi olduğu saptanmamıştır.



Şekil 4.3. Bitkilerdeki Mn ile topraktaki Mn arasındaki ilişki

Toprakta mangan alımını en fazla etkileyen faktör toprağın pH'sıdır. Asitli topraklarda mangan daha fazla çözündüğünden düşük pH'a sahip topraklarda mangan miktarı yüksektir. Bu nedenle yüksek pH'lı topraklarda mangan noksanlığı oluşmaktadır. Mangan, bitkilerde klorofil oluşumuna destek olur. Bu nedenle mangan noksanlığı olan topraklarda yetişen bitkilerin genç yapraklarını etkilemektedir. Yapraklarda sararmalar meydana gelir bunun sebebi ise yeterince klorofil alamamasından kaynaklanmaktadır [26].

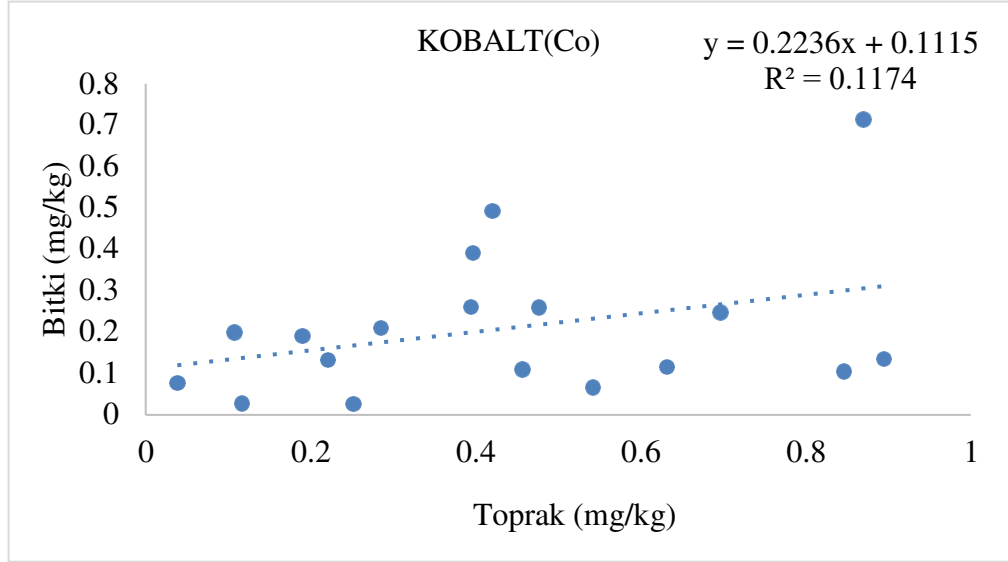
Alınan bitki örneklerindeki Mn miktarı ve toprak örneklerindeki Mn miktarı (Şekil 4.3.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenirlilikle, $P < 0,00068$, $R^2: 0.52$) olarak saptanmıştır. R^2 sonuca göre toprakta ve bitki arasında doğrusal bir korelasyon olduğu seçilen bitkinin de indikatör bitki olduğunu söylemek mümkündür. P değeri ise 0,001'den küçük olduğundan bitkide bulunan mangan miktar ile topraktaki mangan miktarı arasında anlamlı bir ilişki vardır.



Şekil 4.4. Bitkideki Fe ile topraktaki Fe arasındaki ilişkisi

Demir, canlıların bünyelerinde enzimlerin çalışması ve protein sentezinde oksijenin taşınmasına yardımcı bir elementtir. Fazla miktarda alınması zehirlenmelere sebep olurken eksikliğinde ise oksijenin hücrelere alınması azaldığı için canlıyı olumsuz etkilemektedir. Toprağın yapısında bulunan demir elementinin bitkiye geçişi zordur bu nedenle bitkilerde demir eksiliği çok fazla görülmektedir. Bunu gidermek için bitkinin yetiştiği toprağa değil de yapraklarına püskürtme yoluyla demir takviyesi yapılabilir[27].

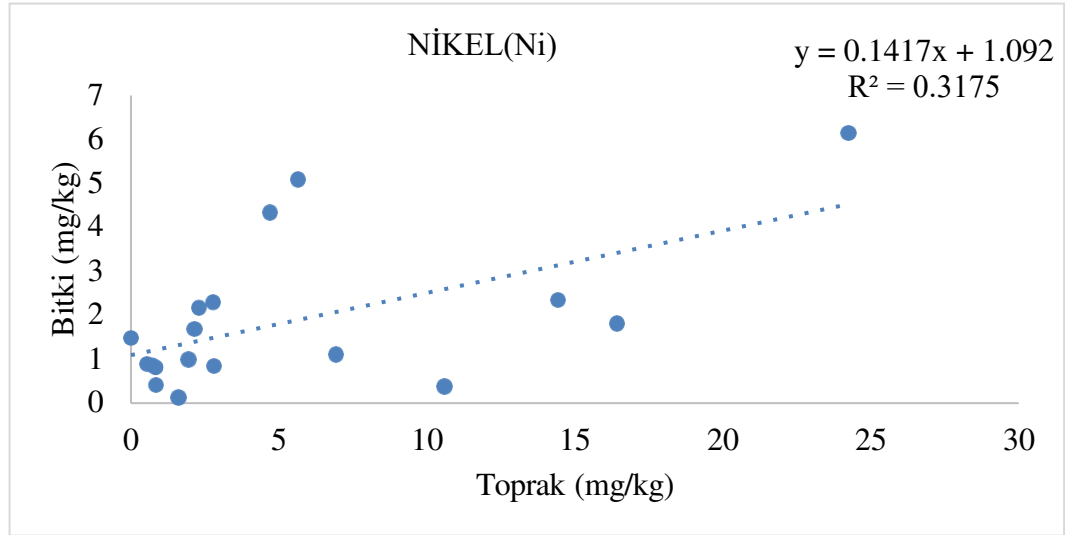
Alınan bitki örneklerindeki Fe miktarı ve toprak örneklerindeki Fe miktarı (Şekil 4.4.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenirlilikle, $P < 0,32194$, $R^2: 0.06$) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan demir miktarı ile bitki bünyesindeki demir miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan demir miktar ile topraktaki demir miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.5. Bitkilerdeki Co ile topraktaki Co arasındaki ilişki

Kobalt, yapısı gereği kırılgan, gümüş renginde ve özellik olarak demir ile nikel elementleriyle benzerlik gösteren bir metaldir. Kayaçların oluşumunda, okyanus diplerinde, toprakta ve bitkilerde sıkça rastlayabiliriz. Bunun yanı sıra endüstriyel anlamda, askeri alanda, bazı çelik üretimlerinde, bilgisayar, telefon gibi elektronik cihazların şarj ve batarya kısımlarında kullanılmaktadır[27].

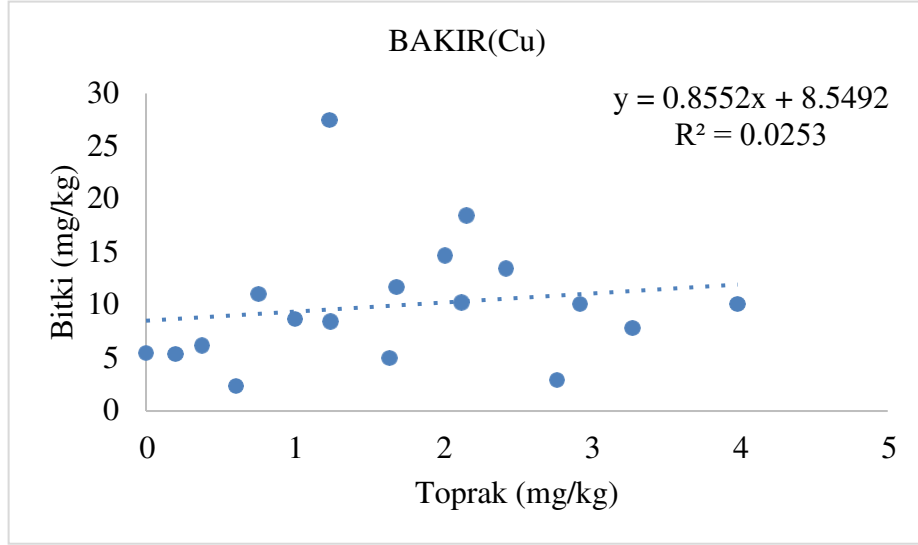
Alınan bitki örneklerindeki Co miktarı ve toprak örneklerindeki Co miktarı (Şekil 4.5.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenilirlilikle, $P < 0,16387$ R^2 : 0.11) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan kobalt miktarı ile bitki bünyesindeki kobalt miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan kobalt miktar ile topraktaki kobalt miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.6. Bitkilerdeki Ni ile topraktaki Ni arasındaki ilişki

Doğada az miktarda bulunan nikel metali nitrik asitte çözünebilen, hidroklorik ile sülfürik asitte az çözünebilen, amonyak ve suda hiç çözünmemektedir. Pillerde, madeni paralarda, makine parçaları ve mıknatıslarda bulunan nikel tıbbi gereçlerde de kullanılmaktadır. Bitkiler, nikeli absorbe ederek bünyelerine alabilirler bu nedenle meyve ve sebzeler ile canlı vücuduna alınmaktadır. Fazla maruz kalındığında solunum sistemini etkilediğinden astıma, deri yoluyla temasından ise deri hastalıklarına sebep olmaktadır[27].

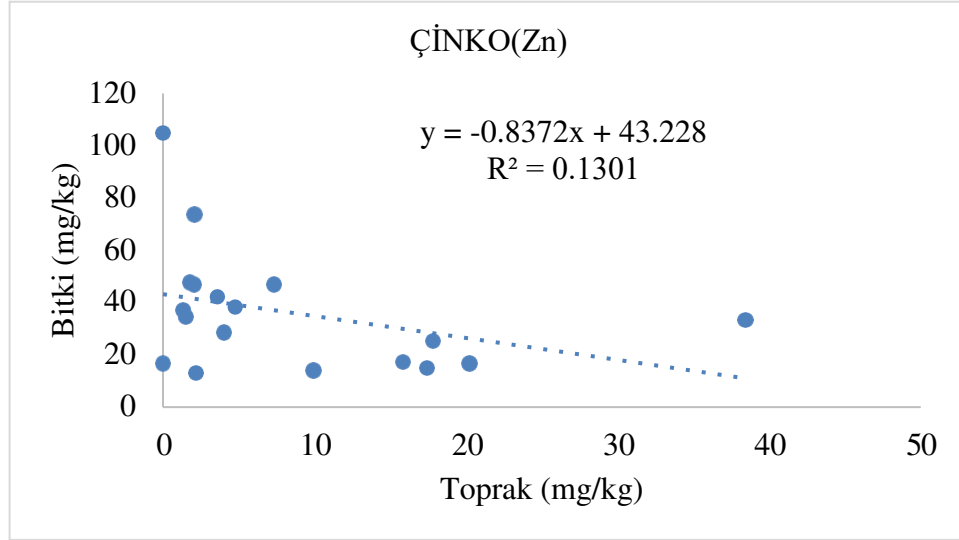
Alınan bitki örneklerindeki Ni miktarı ve toprak örneklerindeki Ni miktarı (Şekil 4.6.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenilrlikte, $P < 0,01487$, R^2 : 0.31) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan nikel miktarı ile bitki bünyesindeki nikel miktarının doğrusal bir korelasyon olduğu seçilen bitkinin de indikatör bitki olduğunu söylemek mümkündür. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan nikel miktar ile topraktaki nikel miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.7. Bitkilerdeki Cu ile topraktaki Cu arasındaki ilişki

Bakır doğada çok yaygın bulunan ve çok fazla kullanılan bir elementtir. Birçok alanda kullanılan bakırın eksikliğinde olduğu gibi fazla maruz kalındığında da zararları mevcuttur. Bitkiler belirli miktarda bakıra ihtiyaç duymaktadır, ancak fazla alındığında toksik etki görülür kök, gövde ve yapraklarda tahribata sebep olarak bitkinin renginde koyulaşma meydana gelmektedir. Bitkiler üzerinde azot kullanımı, fotosentez olayı, solunum gibi etkileri yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır[19].

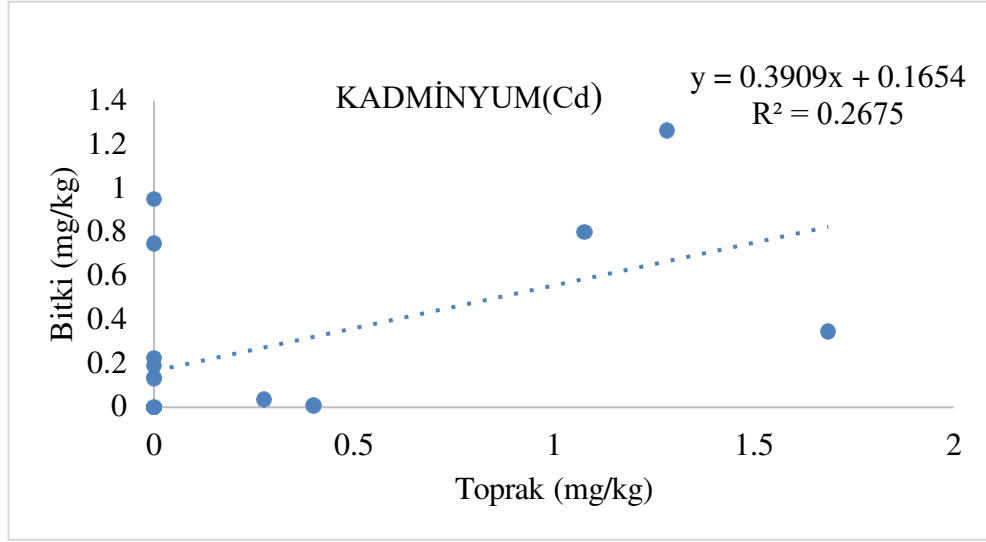
Alınan bitki örneklerindeki Cu miktarı ve toprak örneklerindeki Cu miktarı (Şekil 4.7.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenirlilikte, $P < 0,52804$, R^2 : 0.02) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan bakır miktarı ile bitki bünyesindeki bakır miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan bakır miktar ile topraktaki bakır miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.8. Bitkilerdeki Zn ile topraktaki Zn arasındaki ilişki

Çinko dünyada en fazla tüketilen metallerin başında gelmektedir. En çok alaşımlar ve metal kaplamalarda, çelik üretimi, otomobil sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Canlı yaşamında ise önemli bir yeri olan çinko özellikle insan, hayvan ve bitkilerin bünyelerinde enzimlerin çalışması, DNA ve RNA'nın yapısında, protein sentezi ve vitaminlerin hücrelere taşınmasında rol almaktadır. Toprakta bulunan çinko bitkiler için uygundur bitkinin kök kısmında bulunur yalnızca çok yüksek miktarda olduğunda bitki için toksik etkiye sebep olmaktadır[27].

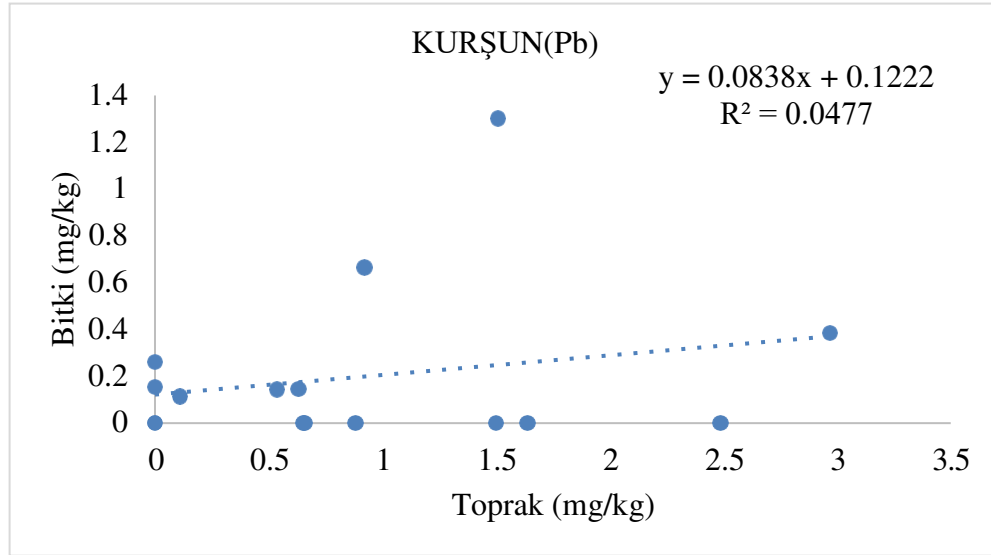
Alınan bitki örneklerindeki Zn miktarı ve toprak örneklerindeki Zn miktarı (Şekil 4.8.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenlilikte, $P < 0,14151$, R^2 : 0.13) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan çinko miktarı ile bitki bünyesindeki çinko miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan çinko miktar ile topraktaki çinko miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.9. Bitkilerdeki Cd ile topraktaki Cd arasındaki ilişki

Kadmiyum doğada saf halde bulunmayan, yüksek derecede zehirlilik etkisine sahip, çevre kirliliğinde önemli etkisi olan bir ağır metaldir. İnsan sağlığında ciddi tahribatlara sebep olmaktadır. Yüksek maruziyette en fazla böbrekler etkilenirken akciğer ve prostat kanserini de tetiklediği yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. Bitkilerde ise suda çok hızlı çözündüğünden yayılımı da hızlı olmaktadır. Tarım faaliyetlerinde pestisit ve gübrelerin yapısında bulunduğundan rahat bir şekilde toprağa karışarak bitki bünyesine karışmaktadır[19-27].

Alınan bitki örneklerindeki Cd miktarı ve toprak örneklerindeki Cd miktarı (Şekil 4.9.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta %99 güvenilirlikle, $P < 0,02794$, $R^2: 0.26$ olarak saptanmıştır. R^2 sonuca göre toprakta bulunan kadmiyum miktarı ile bitki bünyesindeki kadmiyum miktarının doğrusal bir korelasyon olduğu seçilen bitkinin de indikatör bitki olduğunu söylemek mümkündür. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan kadmiyum miktar ile topraktaki kadmiyum miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.



Şekil 4.10. Bitkilerde Pb ile toprakta Pb arasındaki ilişki

Kurşun, canlılara ve ekolojik sisteme en fazla zararı olan metaldir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun verilerine göre ortamdaki sınır değerinin 0.1 mg/m³'ü geçmemesi gerekmektedir aynı zamanda kanserojen maddelerde 2.sırada yer almaktadır. Yeryüzünün üst katmanında daha fazla bulunan kurşun, bitkilerin kök kısmında bulunur bitkinin yer üstünde olan kısımlarında rastlanmaz. Genellikle kaynağı, motorlu taşıtlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkar[27].

Alınan bitki örneklerindeki Pb miktarı ve toprak örneklerindeki Pb miktarı (Şekil 4.10.) arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendiğinde çıkan sonuçta (%99 güvenlilikle, $P < 0,32591$, $R^2: 0.04$) olarak saptanmıştır. R^2 sonucuna göre toprakta bulunan kurşun miktarı ile bitki bünyesindeki kurşun miktarının doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmıştır. P değeri ise 0,001'den büyük olduğundan bitkide bulunan kurşun miktar ile topraktaki kurşun miktarı arasında bir ilişki saptanmamıştır.

Çalışma kapsamında, Bitlis ilinde bulunan *Helichrysum arenarium* bitkisi ve üzerinde yetiştiği topraktan alınan örnekler biyojeokimyasal olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Cr, Mn, Ni ve Cd elementleri için bitki-toprak arasında element içerikleri açısından doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Ayrıca, *Helichrysum arenarium* bitkisinin ise Cr, Mn, Ni ve Cd elementleri için belirtgen bitki olabileceği saptanmıştır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Şahin Bal S, Kılıç Ö, Gönültaş F, Bitlis Kaynak Sularında Radon Konsantrasyonunun Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10.16984/saufenbilder.283530.
- [2] Fırat M, Bilim Dilinde Bitlis'in Adının Verildiği ,Bitkiler Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Bölümü.69-71.
- [3] Çağlarırnak N, Hepçimen AZ, 2010.Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. Celal Bayar Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkez Müdürlüğü, Akademik Gıda 8 (2) :31-35.
- [4] Şaşmaz A, 2008. Köprübaşı Uranyum Yatağı Çevresinde Toprak, Su ve Bitki Örneklerinde, Uranyum Düzeyleri ve Olası Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi, Projenö: 107Y226.
- [5] Özdemir Z, Demir E, 2010.Fındıkpınarı-Erdemli/Mersin Bölgesinde Nikel Akümülatörü Bir Bitki Türü *Alyssum murale* Waldst.&Kit. Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 34 (1): 57-70.
- [6] Özdemir Z, Demir E, 2013.Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması. Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 37 (2):119-140.
- [7] Balcı ÇN, Karagüler GN, Yelboğa E, Vardar N, Metallerin Çözünmesini ve Taşınmasını Etkileyen Biyojeokimyasal Prosesler. Örnek bir Çalışma: İTÜ Maslak Göletininin Biyojeokimyasal Özellikleri,Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/ NEVŞEHİR:.83-93.
- [8] Bozdoğan A, Öz D, Özdemir Z, Demir E, Hatipoğlu BZ, 2015.Mezitli Deresi Boyunca Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi, Mersin,Jeoloji Mühendisliği Dergisi,39 (2):117-133.

- [9] Özdemir Z, Zorlu S, Akyıldız M, 2014.Kırka, Bigadiç ve Emet Bor Yatakları Bölgesinde Mn, Zn, Ni ve Co için Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması, 38, (2):135-149.
- [10] Kırat G, Bölücek C, 2010. Maden (Elazığ) Çevresinde Dere Sedimentlerindeki Metal Dağılımına Çözünmenin Etkisi Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 22(2), 147-155.
- [11] Yalçın H, Meriç E, Avşar N, Bozkaya Ö, Barut İ, 2004 İskenderun Körfezi Güncel Foraminiferlerinde Gözlenen Jeokimyasal Anomaliler, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 47, Sayı2.
- [12] Kara H, Kalender L, 2015. Geli Dere (Baskil-Elazığ) Çevresindeki *Verbascum euphraticum* L. Köklerinde ve Üzerinde Yetiştği Dere Sedimentindeki As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun Dağılımı, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi,27(1):73-84.
- [13] Gül S, 2014. Balıkesir/Balya Pb-Zn Maden Atık Sahasının Biyojeokimyası ve Asidik Maden Drenajı Oluşumuna Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Kırat G, Terzili–Yerköy-Yozgat Cu Yatağı Ve Çevresinde Yetişen *Euphorbia cyparissias* Bitkisinin Biyojeokimyasal Olarak İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Pajes-33169.
- [15] Turan H, Özdemir Z, Zorlu S, 2006. Çiftehane (Ulukışla-Niğde) Bölgesinin Cu, Zn, Mn ve Ni için Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, C. 19, S. 2, SS. 131-140.
- [16] Paulo JC, Favas, Jo~aoPratas , NelsonRodrigues , RohanD'Souza ,MayankVarun , Manoj S, 2018. Paul Metal(loid) Accumulation İn Aquaticplants Of A Miningarea: Potential For Water Quality Biomonitoring And Biogeochemical Prospecting, Chemosphere 194 158e170.

- [17] Chettri T, Sawidis S, Karataglis, 1997. Lichens As A Tool For Biogeochemical Prospecting, *Ecotoxicology And Environmental Safety* 38,322–335 Article No. Es971596.
- [18] Çolak M, Gümrükçüoğlu M, Boysan F, Baysal E, 2016. Determination And Mapping Of Cadmium Accumulation In Plant Leaves On The Highway Roadside, Turkey.
- [19] Sarı T, 2009. Edirne ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [20] Okçu M, Tozlu E, Kumlay A. M, Pehlivan M, 2009. Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, 17 (B) –14-26 ISSN:1307-3311.
- [21] Zhang J, Li H, Zhou Y, Dou L, Cai L, Mo L, You J, 2018. Bioavailability And Soil-To-Crop Transfer Of Heavy metals In Farmland soils: A Case study In The pear river Delta, South China, *Environmental pollution* 235 710e719.
- [22] Jiang R, Wang M, Chen W, Li X, 2018. Ecological Risk Evaluation Of Combined Pollution Of Herbicides and Heavy metals In Soils, *Science Of The Total Environment* 626 1047–1056.
- [23] Adams SC, Hood WC, 1976. Biogeochemical Prospecting For Copper And Zinc using *Juniperus Virginiana* L, *Journal Of Geochemical Exploration*, Pages 163-175.
- [24] Siegel FR, Barrows JAN, Barrows EM, 1991. Biogeochemical Prospecting For Gold-Bearing Quartz veins Of The Piedmont, Great Falls, Maryland, *Journal Of Geochemical Exploration* November, Pages 275-289.
- [25] Şen N, Kalaycı G, 2016. Altın Otu Bitkisinden (*Helichrysum arenarium*) Tanen ve Kumarinin Kimyasal Kompozisyonu. *Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 42 (2): 226-231.

- [26] Daşdemir A, 2015.İstanbul Avrupa Yakası Otoban Kenarlarındaki Tarım Arazilerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ.
- [27] Seven T, Can B,Darende B.N, Ocak S, 2018.Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(2): 91-103
- [28] Sağiroğlu A, Özdemir Z, 1997.Fırat Üniversitesi- Mersin Üniversitesi Jeoloji Bölümü Sayı 51.
- [29] Özbek Z, 2010. Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [30] Bozdoğan A, Öz D, Özdemir Z, Demir E, Hatipoğlu BZ, 2015. Mezitli Deresi Boyunca Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi. Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi,39, (2): 117-133.

ÖZGEÇMİŞ

1995 yılında Diyarbakır'da doğdum. İlköğretim ve ortaokulu Vali Kurt İsmail Paşa İlköğretim Okulu'nda, liseyi 80. Yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2012 yılında kazandığım Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun oldum. 2016'da Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladım. Ekim 2019'da yüksek lisansımı tamamladım. Yabancı dilim İngilizcedir.



Şeyma OK DURHAN