



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

**ELAZIĞ (MADEN)' DA İŞLETMESİ DEVAM EDEN VE AMASYA
(GÜMÜŞHACIKÖY)' DA İŞLETMESİ BİTMİŞ OLAN MADEN
SAHALARINDAKİ BAZI BİTKİLERDE AĞIR METAL
BİOAKÜMÜLASYONLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜLFİYE ORTAKCI

EYLÜL

**ELAZIĞ (MADEN)' DA İŞLETMESİ DEVAM EDEN VE AMASYA
(GÜMÜŞHACIKÖY)' DA İŞLETMESİ BİTMİŞ OLAN MADEN
SAHALARINDAKİ BAZI BİTKİLERDE AĞIR METAL
BİOAKÜMÜLASYONLARI**

Gülfiye ORTAKCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2020

Onay Sayfası



ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gülfiye ORTAKCI

18.09.2020

ELAZIĞ (MADEN)' DA İŞLETMESİ DEVAM EDEN VE AMASYA
(GÜMÜŞHACIKÖY)' DA İŞLETMESİ BİTMİŞ OLAN MADEN SAHALARINDAKİ
BAZI BİTKİLERDE AĞIR METAL BİOAKÜMÜLASYONLARI
(Yüksek Lisans Tezi)

Gülfiye ORTAKCI

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2020

ÖZET

Madencilik çalışmaları çevrenin doğal dengesini bozan, kirliliklere neden olan ayrıca canlıların yaşamlarını da tehlikeye atan belli başlı arazi kullanım şekillerinden biridir. Fitoremediasyon yöntemi, ağır metallerce kirlenmiş alanların temizlenmesinde hiperakümülatör bitkilerin kullanıldığı biyolojik bir yöntemdir. Hiperakümülatör bitkiler, hiçbir toksisite belirtisi göstermeden yüksek miktarlardaki metalleri kendi dokularında biriktirebilmektedir. Çalışmamızın amacı Elazığ (Maden) maden sahasından toplanan *Anchusa leptophylla* subsp. *tomentosa* (Boiss.) D.F.Chamb., *Alyssum pateri* subsp. *pateri* Nyár., *Erysimum uncinatifolium* Boiss., *Glaucium acutidentatum* Hausskn. & Bornm. ile Amasya (Gümüşhacıköy) maden sahası çevresinden toplanan *Arum hygrophilum* subsp. *euxinum* (R.R.Mill) Alpınar, *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn., *Convolvulus assyricus* Griseb., *Verbascum ponticum* (Boiss.) Kuntze türlerinin ağır metal konsantrasyonlarını inceleyerek hiperakümülatör özelliklerini belirlemektir. Türler 2018 yılında Mayıs- Ekim ayları arasında en olgun oldukları zamanda toplanmış olup kök, gövde ve yapraklarında ağır metal (Zn, Pb, Cd, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Cu) birikim miktarları ICP-OES ile belirlenmiştir. Çalışmamızda; *A. leptophylla* türü Co, Ni ve Fe, *A. pateri* türü Mn, *E. uncinatifolium* Cd ve Ni, *A. hygrophilum* Zn, *C. assyricus* Fe, *V. ponticum* Zn bakımından akümülatör özelliğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sayfa Adedi : 153

Anahtar Kelimeler : Hiperakümülatör, Fitoremediasyon, Madencilik, Ağır metal, ICP-OES

Danışman : Prof. Dr. D. Duygu Kılıç

HEAVY METAL BIOACUMULATIONS IN SOME PLANTS IN THE MINE FIELDS
WHICH ARE OPERATED IN ELAZIĞ (MINE) AND THE WORKS HAVE COMPLETED
IN AMASYA (GÜMÜŞHACIKÖY).

(Master Thesis)

Gülfiye ORTAKCI

AMASYA UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

September 2020

ABSTRACT

Mining works are one of the main forms of land use that disrupt the natural balance of the environment, cause pollution and also endanger the lives of living things. The phytoremediation method is a biological method using hyperaccumulator plants to clean areas contaminated by heavy metals. Hyperaccumulator plants can accumulate large amounts of metals in their tissues without showing any signs of toxicity. The aim of our study is to determine the hyperaccumulator features by examining the heavy metal concentrations of *Anchusa leptophylla* subsp. *tomentosa* (Boiss.) D.F.Chamb., *Alyssum pateri* subsp. *pateri* Nyár., *Erysimum uncinatifolium* Boiss., *Glaucium acutidentatum* Hausskn. & Bornm. collected from Elazığ (Maden) mine area and *Arum hygrophilum* subsp. *euxinum* (R.R.Mill) Alpınar, *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn., *Convolvulus assyricus* Griseb., *Verbascum ponticum* (Boiss.) Kuntze species collected from Amasya (Gümüşhacıköy) mine site. The species were harvested in 2018 when they were the most mature between May and October, and the amounts of heavy metal accumulation in their root, stem and leaves were determined by ICP-OES. In our study; It was concluded that *A.leptophylla* has an accumulative feature for Co, Ni and Fe. Also the same feature can be observed between *A.pateria* with Mn and E, *E. uncinatifolium* with Cd and Ni, *A. hygrophilum* with Zn, *C. assyricus* with Fe and *V. ponticum* with Zn.

Page Number : 153

Key words : Hyperaccumulator, Phytoremediation, Mining, Heavy metal, ICP-OES

Adviser : Prof. Dr. D. Duygu Kılıç

TEŞEKKÜR

Çalışma ve eğitim sürecimde ihtiyaç duyduğum her konuda, benden bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, çalıőmamın her aşamasında bana yol gösteren, dürüstlüğu ve kiőiliđi ile hayatım boyunca örnek alacağım kıymetli danıőmanım Prof. Dr. D. Duygu KILIÇ'a sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmaları sırasındaki katkılarından dolayı Amasya Üniversitesi Merkezi Araştırma Uygulama Laboratuvarı'nda görev yapan saygıdeğer hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen kıymetli hocalarıma, yüksek lisans boyunca en yakın destekçim ve arkadaőım Kübra LAP'a ve diğer dostlarıma da teőekkürü borç bilirim.

Yıllardır olduğu gibi araştırma süresi boyunca da sabır ve anlayıőla her zaman her konuda yanımda olan çok değerli babam Zafer ORTAKCI, annem Aynur ORTAKCI, kardeőim Enes ORTAKCI ve diğer aile üyelerime sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ... ..	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
RESİMLER DİZİNİ.....	xvii
HARİTALAR DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Madencilik Sektörü.....	3
2.1.2. Türkiye’de madencilik sektörü	4
2.1.3. Madencilik sektörünün önemi ve çevresel etkileri	7
2.2. Ağır Metaller	9
2.2.1. Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkileri.....	11
2.2.2. Çinko (Zn).....	12
2.2.3. Kurşun (Pb).....	13
2.2.4. Bakır (Cu)	14
2.2.5. Kadmiyum (Cd)	15
2.2.6. Mangan (Mn)	16
2.2.7. Kobalt (Co)	17
2.2.8. Nikel (Ni).....	17

	Sayfa
2.2.9. Demir (Fe).....	18
2.2.10. Krom (Cr).....	19
2.3. Kirlenmiş Toprakların Biyoremediasyon İle Islahı	20
2.3.1. Mikroorganizmalarla gerçekleştirilen biyoremediasyon	20
2.3.2. Bitkiler ile gerçekleştirilen biyoremediasyon (Fitoremediasyon).....	22
2.4. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	29
2.4.1. Maden sahalarında yapılmış fitoremediasyon çalışmaları	29
2.4.2. Çeşitli alanlarda yapılmış diğer fitoremediasyon çalışmaları	33
3. MATERYAL METOD	39
3.1. Araştırma Alanının Özellikleri	39
3.1.1. Elazığ Maden ilçesi konumu, genel jeolojik yapısı ve iklimsel özellikleri	39
3.1.2. Amasya Gümüşhacıköy ilçesi konumu, genel jeolojik yapısı ve iklimsel özellikleri	44
3.2. Materyal.....	47
3.2.1. Amasya Gümüşhacıköy kurşun çinko maden sahasından toplanan türler	47
3.2.2. Elazığ Maden bakır ve krom maden sahalarından toplanan türler.....	52
3.3. Yöntem	57
3.3.1. Arazi çalışmaları	57
3.3.2. Laboratuvar çalışmaları.....	57
3.4. Hesaplamalar – Verilerin Değerlendirilmesi	59
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	62
4.1. Elazığ-Maden Örnekleme Grubundaki Türlerin Ağır Metal Birikim Değerleri ...	62
4.1.1. Türlerin içerdiği Zn birikim değerleri	62
4.1.2. Türlerin içerdiği Pb birikim değerleri	63

	Sayfa
4.1.3. Türlerin içerdiği Cu birikim değerleri.....	64
4.1.4. Türlerin içerdiği Cd birikim değerleri.....	65
4.1.5. Türlerin içerdiği Mn birikim değerleri.....	66
4.1.6. Türlerin içerdiği Co birikim değerleri.....	67
4.1.7. Türlerin içerdiği Ni birikim değerleri	68
4.1.8. Türlerin içerdiği Fe birikim değerleri	69
4.1.9. Türlerin içerdiği Cr birikim değerleri	70
4.2. Amasya-Gümüşhacıköy Örnekleme Grubundaki Türlerin Ağır Metal Birikim Değerleri.....	72
4.2.1. Türlerin içerdiği Zn birikim değerleri.....	72
4.2.2. Türlerin içerdiği Pb birikim değerleri	73
4.2.3. Türlerin içerdiği Cu birikim değerleri.....	74
4.2.4. Türlerin içerdiği Cd birikim değerleri.....	75
4.2.5. Türlerin içerdiği Mn birikim değerleri.....	76
4.2.6. Türlerin içerdiği Co birikim değerleri.....	77
4.2.7. Türlerin içerdiği Ni birikim değerleri	78
4.2.8. Türlerin içerdiği Fe birikim değerleri	79
4.2.9. Türlerin içerdiği Cr birikim değerleri	80
4.3. İstatistiksel Analizler ile ilgili Bulgular.....	82
4.3.1. Bitkilerin ve toprakların Pearson korelasyon testi sonuçları	82
4.3.2. Bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları	91
4.3.3. Bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları	95
4.4. Çalışma Alanlarındaki Topraklara Ait EF, BCF, IGEO ve TF Değerleri	97
4.5. Tartışma	100

	Sayfa
4.5.1. Türlerin hiperakümülyasyon özellikleri bakımından değerlendirilmesi.....	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	129
5.1. Maden Sahaları ile İlgili Gözlemlere Dayalı Sonuçlar.....	129
5.2. Arazi Gözlemlerine ve Bulgulara Dayalı Sonuçlar	129
5.3. Öneriler.....	133
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ.....	153



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. Sanayileri gelişmiş ülkelerin genel üretim oranları	3
Çizelge 2. 2. Ülkelerin bir grup metal madeni için kg bazında kişi başı tüketimi	3
Çizelge 2. 3. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması	10
Çizelge 2. 4. Temel endüstrilerden atılan metal türleri	10
Çizelge 2. 5. Pestisit ile kirlenmiş toprakların bazı mikroorganizmalar tarafından biyoremediasyonu	21
Çizelge 2. 6. Türkiye’de yayılış gösteren bazı hiperakümülatör türler	27
Çizelge 2. 7. Fitoremediasyon tekniklerinin farklı kirletici ve ortamlardaki kullanım alanları	28
Çizelge 3. 1. Elazığ’ın uzun yıllara (1938-2018) ve 2018 yılına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri	42
Çizelge 3. 2. Amasya ili uzun yıllara (1954-2018) ve 2018 yılına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri	46
Çizelge 3. 3. Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflandırılması	60
Çizelge 3. 4. Jeobirikim İndeksi (I_{geo}) sınıflandırılması	60
Çizelge 3. 5. Biyoakümülyasyon faktörü (BCF) sınıflandırılması	61
Çizelge 4. 1. Elazığ-Maden sabası türlerinin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği ağır metal konsantrasyon değerleri	71
Çizelge 4. 2. Amasya-Gümüşhacıköy nmaden sahası türlerinin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği ağır metal konsantrasyon değerleri	81
Çizelge 4. 3. <i>Anchusa leptophylla</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (** $p < 0,01$, * $p < 0,05$)	82
Çizelge 4. 4. <i>Alyssum pateri</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (** $p < 0,01$, * $p < 0,05$)	83
Çizelge 4. 5. <i>Erysimum uncinatifolium</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (** $p < 0,01$, * $p < 0,05$)	84

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4. 6. <i>Glaucium acutidentatum</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05).....	85
Çizelge 4. 7. <i>Arum hygrophilum</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05).....	87
Çizelge 4. 8. <i>Eremogone ledebouriana</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05).....	88
Çizelge 4. 9. <i>Verbascum ponticum</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05).....	89
Çizelge 4. 10. <i>Convolvulus assyricus</i> türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05).....	90
Çizelge 4. 11. Elazığ-Maden maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları	91
Çizelge 4. 12. Amasya- Gümüşhacıköy maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları.....	93
Çizelge 4. 13. Elazığ-Maden bakır madeni sahasındaki bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları	95
Çizelge 4. 14. Amasya-Gümüşhacıköy gümüşlü kurşun çinko maden sahasındaki bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları	96
Çizelge 4. 15. Lokalitelere göre toprakların zenginleşme faktörü (EF).....	97
Çizelge 4. 16. Lokalitelere göre toprakların Jeobirikim (I_{geo} değeri).....	98
Çizelge 4. 17. Lokalitelere göre toprakların biyokonsantrasyon faktörleri (BCF)	99
Çizelge 4. 18. Lokalitelere göre toprakların translokasyon faktörleri (TF)	99
Çizelge 4. 19. Çeşitli araştırmacılara göre çinkonun (Zn) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler ($mgkg^{-1}$).....	101

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4. 20. Benzer çalışmalardan elde edilen çinko değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	102
Çizelge 4. 21. Çeşitli araştırmacılara göre kurşunun (Pb) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	105
Çizelge 4. 22. Benzer çalışmalardan elde edilen kurşun değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	106
Çizelge 4. 23. Çeşitli araştırmacılara göre bakırın (Cu) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	109
Çizelge 4. 24. Benzer çalışmalardan elde edilen bakır değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	110
Çizelge 4. 25. Çeşitli araştırmacılara göre kadmiyumun (Cd) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	112
Çizelge 4. 26. Benzer çalışmalardan elde edilen kadmiyum değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	113
Çizelge 4. 27. Çeşitli araştırmacılara göre kromun (Cr) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	115
Çizelge 4. 28. Benzer çalışmalardan elde edilen krom değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	116
Çizelge 4. 29. Çeşitli araştırmacılara göre kobaltın (Co) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	117
Çizelge 4. 30. Benzer çalışmalardan elde edilen kobalt değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})	118
Çizelge 4. 31. Çeşitli araştırmacılara göre nikelin (Ni) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1}).....	120

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4. 32. Benzer çalışmalardan elde edilen nikel değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg ⁻¹)	121
Çizelge 4. 33. Çeşitli araştırmacılara göre demirin (Fe) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg ⁻¹).....	123
Çizelge 4. 34. Benzer çalışmalardan elde edilen demir değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg ⁻¹)	124
Çizelge 4. 35. Çeşitli araştırmacılara göre manganın (Mn) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg ⁻¹).....	126
Çizelge 4. 36. Benzer çalışmalardan elde edilen mangan değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg ⁻¹)	127
Çizelge 5. 1. Çalışmada kullanılan bitkilerin remediasyon kabiliyetleri ve potansiyelleri (FE: Fitoekstraktör, FEPOT: Fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür, FSPOT: Fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür).....	133

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Toprakların bitkilerle temizlenmesi yöntemi	23
Şekil 2. 2. Fitoekstraksiyon yöntemi	24
Şekil 2. 3. Rizofiltrasyon yöntemi.....	24
Şekil 2. 4. Fitostabilizasyon yöntemi	25
Şekil 2. 5. Fitodegradasyon yöntemi	25
Şekil 2. 6. Rizodegradasyon yöntemi	26
Şekil 2. 7. Fitovolatilizasyon yöntemi.....	26
Şekil 3. 1. Türkiye florası endemik taksonlarına lokasyonların kareleme sistemine göre dağılımı	40
Şekil 3. 2. Elazığ ve Maden istasyonlarında yağışın mevsimlik dağılışı	43
Şekil 3. 3. Elazığ ve Maden istasyonlarında yağışın mevsimlik dağılışı.	43
Şekil 4. 1. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması	62
Şekil 4. 2. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması	63
Şekil 4. 3. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması	64
Şekil 4. 4. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması	65
Şekil 4. 5. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması	66
Şekil 4. 6. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Co içeriklerinin karşılaştırılması	67
Şekil 4. 7. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması	68
Şekil 4. 8. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4. 9. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması.....	70
Şekil 4. 10. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması.....	72
Şekil 4. 11. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması.....	73
Şekil 4. 12. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması.....	74
Şekil 4. 13. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 4. 14. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması.....	76
Şekil 4. 15. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Co içeriklerinin karşılaştırılması.....	77
Şekil 4. 16. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 4. 17. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması.....	79
Şekil 4. 18. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması.....	80

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2. 1. Türkiye’de çıkarılan bazı madenler	6
Resim 2. 2. Açık ocak ve kapalı ocak madenciliği	7
Resim 2. 3. Madenciliğin çevresel etkileri	8
Resim 3. 1. Çalışma alanının genel görünümü.....	41
Resim 3. 2. <i>Arum hygrophilum</i> subsp. <i>euxinum</i> (R.R.Mill) Alpınar görseli.....	48
Resim 3. 3. <i>Eremogone ledebouriana</i> (Fenzl) Ikonn. görseli	49
Resim 3. 4. <i>Verbascum ponticum</i> (Boiss.) O. Kuntze görseli.....	50
Resim 3. 5. <i>Convolvulus assyricus</i> Griseb. görseli	51
Resim 3. 6. <i>Anchusa leptophylla</i> subsp. <i>tomentosa</i> (Boiss.) D.F.Chamb. görseli	53
Resim 3. 7. <i>Alyssum pateri</i> subsp. <i>pateri</i> Nyár. görseli	54
Resim 3. 8. <i>Erysimum uncinatifolium</i> Boiss. görseli.....	55
Resim 3. 9. <i>Glaucium acutidentatum</i> Hausskn. & Bornm. görseli	56
Resim 3. 10. Arazi çalışmaları	57
Resim 3. 11. Bitkilerin laboratuvarda yapılacak işlemlere hazırlanma aşaması	58
Resim 3. 12. Laboratuvar çalışmaları görselleri.....	59

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye maden haritası.....	5
Harita 3.1. Elazığ (Maden) çalışma alanı coğrafi konumu.....	42
Harita 3.2. Amasya (Gümüşhacıköy) çalışma alanı coğrafi konumu.....	46



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
µg	Mikrogram
mg	Miligram
Cr	Krom
Cd	Kadmiyum
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
Mn	Mangan
ppm	Parts per million

Kısaltmalar	Açıklama
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı
ICP-OES	Optik Emisyon Spektrometrisi

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze medeniyetleri doğrudan şekillendirme gücüne sahip sektörlerden biri madencilik sektörüdür. İnsanoğlu daha rahat ve daha modern bir yaşam elde edebilmek için sürekli olarak yer kabuğunu kazmaktadır. Ülkelerin hammadde ve enerji ihtiyacının çoğu madencilik sektöründen karşılanmaktadır. Madenlerin yer kabuğundaki dağılışı düzensiz ve parçalı olduğu için bazı ülkeler maden yatakları bakımından zengin bazı ülkeler ise oldukça fakir durumdadır. Güçlü ekonomiye sahip ülkeler genellikle yeraltı zenginlikleri fazla olan ülkelerdir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile madencilik sektörü arasında doğrusal bir orantı bulunmaktadır. İnsanoğlu ihtiyaç duyduğu refaha ve modern yaşama ulaşmak için yer kabuğunu kazmaya devam ederken var olan yeryüzü şekillerini de her koşulda korumak zorundadır. Madencilik sektörü, ülkenin iş imkanlarını arttırması, kalkınmasını sağlaması ve dışa bağımlılığı azaltması yönüyle oldukça önemlidir ancak madencilik çalışmaları sonrası geride kalan kirliliğin temizlenmesi ekosistem için çok daha önemlidir.

Hızlı nüfus artışıyla birlikte madencilik, sanayi ve endüstriyel çalışmalar neticesinde toprak kirliliğinde bir artış görülmektedir. Toprak, yeryüzünde bulunan tüm canlılar için önemli unsurlardan biridir ve tüm canlıların yaşam alanını oluşturmaktadır. Toprakta biriken kirlilikten bitkilerin fizyolojisi, çimlenmesi, döllenişmesi, dış görüntüsü ve gelişimleri olumsuz etkilenmektedir. İnsan ve hayvanlarda ise beslenme yoluyla kirlilik unsurları vücut içine alınmakta ve vücut içinde doku hasarlarına neden olmaktadır.

Madencilik sektörünün neden olduğu en önemli kirliliklerden biri ağır metal kirliliğidir. Ağır metaller toprak, su, hava yoluyla canlıların doku ve organlarında birikerek toksik etki oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Elazığ ili Maden ilçesinde bulunan ve işletmesi devam eden bakır krom maden sahası ile Amasya Gümüşhacıköy ilçesinde bulunan ve işletmesi devam etmeyen Gümüşlü kurşun çinko maden sahasından toplanan bazı türlerin hiperakümülyasyon yeteneklerini incelemektir. Elazığ (Maden) maden sahası çevresinden *Anchusa leptophylla* subsp. *tomentosa* (Boiss.) D.F.Chamb., *Alyssum pateri* subsp. *pateri* Nyár., *Erysimum uncinatifolium* Boiss., *Glaucium acutidentatum* Hausskn. & Bornm. ile Amasya (Gümüşhacıköy) maden sahası çevresinden *Arum hygrophilum* subsp. *euxinum* (R.R.Mill)

Alpınar, *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn., *Convolvulus assyricus* Griseb., *Verbascum ponticum* (Boiss.) Kuntze türleri toplanmıştır. Bu türlerin kök, gövde ve yapraklarında ağır metal birikimleri İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometri (ICP-OES) ile belirlenmiştir.

Fitoremediasyon yöntemi, kirliliğin yoğun olduğu sahalarda hiperakümülatör bitkilerin kullanıldığı yöntemlerden biridir. Hiperakümülatör bitkiler yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirebildiği için oldukça büyük bir öneme sahiptir. Yapılan bu çalışmada maden sahalarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirebilen bitkileri tespit ederek bölgelerin rehabilitesinde kullanılabilirliği de yorumlanmaya çalışılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Madencilik Sektörü

2.1.1. Dünyada madencilik sektörü

Madencilik sektörü, ekonomiye olan katkısından dolayı tüm ülkeler için vazgeçilmez sektörlerden biridir. Dünyada madencilik denildiğinde akla ilk gelen ülkelerin başında Çin, Güney Afrika Cumhuriyeti, Kanada, Rusya ve ABD bulunmaktadır. Bunlara ek olarak petrol üretiminde ise Suudi Arabistan, Kuveyt, İran ve Rusya'da önemli rezervler bulunmaktadır. Dünyada en fazla ham petrol, demir dışı metaller ve endüstriyel ham maddeler ayrı bir öneme sahiptir. Madencilik sektörü çoğu sektörün girdilerini oluşturması sebebiyle de tüm dünya ülkelerinde değerlidir. Sanayileri gelişmiş ülkelerin genel üretim oranları Çizelge 2. 1.' de gösterilmektedir (Borand, 2012).

Çizelge 2. 1 Sanayileri gelişmiş ülkelerin genel üretim oranları (Borand, 2012)

Ülkeler	Dünya Nüfus Oranı %	Al %	Cu %	Pb %	Zn %
Gelişmiş Ülkeler	14,6	61,5	56,8	60,1	48,8
Gelişmekte Olan Ülkeler	25,2	18,3	24,6	24,2	24,7
Çin, Hindistan ve Diğer Asya Ülkeleri	22,4	3,6	2,7	9,2	5,0
Türkiye	1,1	0,8	1,6	0,9	1,6

Bir önceki çizelgede bulunan ülkelerde madenlerin kg bazında kişi başı tüketim miktarları ise Çizelge 2. 2.' de yer almaktadır (Borand, 2012).

Çizelge 2. 2. Ülkelerin bir grup metal madeni için kg bazında kişi başı tüketimi (Borand, 2012)

Ülkeler	Dünya Nüfus Oranı %	Al %	Cu %	Pb %	Çelik %
Gelişmiş Ülkeler	14,6	17,8	10,3	4,4	438
Gelişmekte Olan Ülkeler	25,2	3,1	2,5	1,0	128
Çin, Hindistan ve Diğer Asya Ülkeleri	22,4	0,7	0,3	0,2	9,3
Türkiye	1,1	0,3	3,7	0,9	189

Maden rezervi açısından zengin ülkeler Güney Afrika, Çin, Kanada, Avustralya ve ABD'dir. Güney Afrika genellikle altın, platin, alüminyum, krom ve manganez elementleri bakımından

zengin sayılırken Çin demir kurşun, kalay çinko ve fosfat bakımından zengindir. Kanada' da çıkarılan madenler ise uranyum, çinko, altın, bakır, nikel, kobalt, demir, petrol ve doğalgaz iken ABD'de kurşun, molibden ve fosfat cevherleri çıkarılmaktadır (Borand, 2012).

2.1.2. Türkiye'de madencilik sektörü

Yaşamda vazgeçilmez olan madencilik sektörü ekonomiye ve diğer sektörlerle yaptığı katkılar sebebiyle çok özel bir öneme sahiptir. Türkiye'nin hem yer altı hem de yer üstü zenginlikleri oldukça fazladır. Ülkemizin çeşitli jeolojik yapısı, çok sayıda ve çeşitte maden yataklarının bulunmasına olanak sağlamıştır (Harita 2. 1.). Ülkemizde bazı madenlerin varlığı yeterliken bazı madenlerimiz yetersizdir. MTA verilerine göre ülkemiz 132 ülke arasından maden üretimi açısından 28. maden çeşitliliği açısından ise 10. sırada bulunmaktadır. Ülkemiz endüstriyel ham maddeler, bazı metalik madenler, linyit ve jeotermal kaynaklar bakımından zengindir (Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, 2015).

Dünya endüstriyel ham madde rezervlerinin % 2,5'i; kömür rezervlerinin % 1'i; jeotermal potansiyelinin % 0,8'i ve metali maden rezervlerinin % 0,4'ü ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizin zengin olduğu madenler arasında ise ilk sırayı dünya rezervlerinin % 72'sini oluşturan bor mineralleri almaktadır. Fakat bazı madenler dışında dünya ölçeğindeki rezervlerimiz kısıtlıdır (Borand, 2012). Ülkemiz %72'lik bir bor rezervi ile dünya ülkeleri arasında oldukça önemlidir. Bor mineralleri ham bor olarak kullanıldığı gibi özel bor ürünlerine dönüştürülerek de kullanımı bulunmaktadır. Bor ülkemizde daha çok cam sanayi, enerji, ilaç, deterjan, metalürji, tarım ve nükleer çalışma alanlarında kullanılmaktadır (Yenmez, 2009).

Ülkemizde madenciliğin kalkınması için idari olarak gerekli düzenlemeler yapılması, ilgili uzmanlarca örgütler ve kuruluşların oluşturulması, yasal düzenlemeler yapıp ülke politikası haline getirilmeye çalışılması gereklidir. Ülkemizde madenler genellikle şehirden çok uzaklarda, ücra kenar ve köşelerde bulunmaktadır. Bu sebeple de aranıp bulunması uzun zamanlar almaktadır üstelik maliyet açısından da bu durum bütçeyi zorlayabilmektedir (Bağırsakçı, 2000; Kaynak, 1983).

Türkiye’de bulunan önemli mineral kaynaklarına; bor tuzları, barit, jips, lületaşı, mermer, diyatomit, perlit, manyezit, kireçtaşı, pomza, sodyum sülfat, kuvars-kuvarsit, linyit, feldspat, kaya tuzu, silis kumu, altın, trona, ve zımpara taşı örnek verilebilir (Resim 2.1.). Türkiye’deki yetersiz mineral kaynakları arasında ise bakır, manganez, grafit, boya toprakları, kurşun, alüminyum, maden kömürü, zirkon, çinko, arsenik, talk, titan, demir, kükürt, mika, nikel, fosfat, kil mineralleri sayılabilmektedir (Borand, 2012).



Resim 2. 1. Türkiye’de çıkarılan bazı madenler (Borand, 2012)

Madenler yer kabuğunda bulunuş özelliğine göre açık ocak veya kapalı ocak yöntemiyle bulunduğu yerden çıkarılmaktadır (Borand, 2012). Açık ocak işletmeciliği en çok kullanılan madencilik şeklidir. Bu çalışma toprağın kazılıp kaldırılarak açılması ve sonrasında madene ulaşip cevheri elde etme şekliyle olmaktadır. Dünyadaki çalışmaların %70’den fazlası bu şekilde gerçekleşmektedir. Bu yöntem araziye ve bitki örtüsünü doğrudan bozmaya yeterlidir. Maden yatağından çıkarılan madenler hammadde şeklinde olduğu gibi sanayi tesislerinde işletilip son ürün halinde de pazarlanabilmektedir. Kapalı ocak madenciliği ise madenin toprak üstünden ziyade toprağın alt kısmıyla ilgilenilen bir yöntemdir. Bu yöntemde madenin yeri tespit edilir ve toprak altına tüneller kazılıp maden çıkarılır (Resim 2. 2). Açık ocak yöntemi yörenin tabii ve ekolojik yapısını, peyzajı, tabii hayatı, kapalı ocak yöntemine göre daha fazla tahrip etmektedir (Borand, 2012). Ancak her iki maden işletmesinde de toprak yapısı ve çevreye verilen zararlar oldukça yüksektir.



Resim 2. 2. Açık ocak ve kapalı ocak madenciliği (Borand, 2012)

2.1.3. Madencilik sektörünün önemi ve çevresel etkileri

İnsanoğlu varlığından bu yana çevresiyle ve diğer canlılarla iç içe yaşamakta ve etkileşim kurmaktadır. Son yüzyılda ise çevre sorunlarının artmasındaki sebep yine insanın kendisidir. İnsan çevreyi etkilediği gibi çevrede her yönden insan sağlığını etkileyen başlıca unsurlardan biri olmuştur. Madencilik faaliyetleri her ne kadar ülke zenginliği ve kalkınması için önem arz etse de canlıların yaşamlarını tehlikede bırakan birtakım sebeplere de yol açmaktadır. Madencilik sektörünü diğer sektörlerden ayıran bazı özellikler bulunmaktadır. Madenler yenilenemeyen hammadde kaynaklarıdır ve bu kaynaklar buldukları yerlerden çıkarılmak zorundadır. Madencilik çalışmaları için kurulacak olan tesisler ve atık toplama havuzları gibi bazı yapıların yanı sıra çevre unsuru da dikkate alınmalı ve tüm bu çalışmalar gerçekleştirilirken çevre kirliliğini de en aza indirecek önlemlerin alınması gereklidir (Acar, 2007; Kocadağıştan, 1997). Madenler yeraltından çıkarılırken arazi bozulmaları olur ve çoğunlukla açık ocak işletmelerinde çok daha büyük çevresel bozulmalar meydana gelmektedir.

Taş ocaklarında toz daima vardır. Orada bulunan diğer canlılar ise bu tozdan olumsuz yönde etkilenmektedir. İnsanlarda solunum yolu rahatsızlıklarına sebep olurken, bitkilerde tozlaşma ve döllenmeyi engelleyerek meyve oluşumunu geciktirmektedir. Taş ocaklarında açılan çukurlar çöp ve atık maddeler ile doldurulmaktadır. Bu kirleticiler de yeraltı kaynaklarına karışarak içme suyunu kirletmektedir.

Madencilik çalışmalarının genel olarak çevreye etkileri şu şekilde sayılabilir: Toprak kazılmaları toprağın ve arazinin yapısını değiştirir, toprakta yaşayan canlıların habitatları bozulur. Toprak altı ve üstündeki suların yapısında, pH'sında bozulmalar meydana gelir. Çalışmalar esnasında sulara çekilmeler, su basmaları veya suyun akış yönünde de değişimler görülür. Madencilik çalışmaları görüntü kirliliği ile birlikte gürültü ve toz kirliliğine sebep olur. İklimsel özellikle yerel iklim ve mikro iklimde değişim oluşturabilir. Ortamda yaşayan flora ve faunayı olumsuz etkileyerek o bölgede yaşayan canlıların ölümüne sebebiyet verir. Hayvan ölümleri, bitki kayıpları, bitkilerin üremelerinde aksaklıklar meydana gelebilir (Brandshaw ve Chadwick, 1980; Köse, Şimşir ve Güney, 1993; Başal ve diğerleri., 1995; Görçelioğlu, 2002).



Resim 2. 3. Madencilik'in çevresel etkileri (Erarslan ve Gül, 2017)

Madencilik çalışmaları sebebiyle oluşan çevresel bozulmalar bazen hemen etkisini gösterirken bazen de uzun vadede etkisini gösterebilmektedir. Madencilik çalışmaları sonucunda meydana gelen çevresel etkiler iki kısımda incelenmektedir;

Doğrudan bozulma; maden çalışmalarının aktif olarak yapıldığı alanlarda, yapılan müdahale, kazı veya biriktirme işlemleri yüzünden arazinin ve doğanın bozulmasına denir. Olumsuz etkilerini hemen gözlemlenmek mümkündür (Resim 2. 3.).

Dolaylı bozulma; aktif olarak çalışma yapılmayan alanlarda biriken her türlü maden atıklarının sebebiyet verdiği kirliliğe ve bozulmalara denir. Burada biriken zararlı atıklar dolaylı olarak toprak, su, havayı değiştirip besin zinciri yoluyla da insan sağlığını etkilemektedir.

Madencilik çalışmalarında çevreye en çok zarar veren maddeler ise ağır metallerdir. Bakır, krom, arsenik, gümüş gibi ağır metal açığa çıkaran kuruluşlar yeterli düzeyde bir arıtım yapamadıkları için toprağı, suyu, havayı ve diğer canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedirler. Ağır metaller toprak ve su aracılığıyla bitkilere ve sonra insan vücuda geçmektedir. Vücuda alınan ağır metaller dokulardan atılamadığı için vücutta bir birikime neden olmakta ve toksik etki göstermektedir.

2.2. Ağır Metaller

İnsanoğlu geçmişten günümüze dek metalleri işlemeyi başarmış ve neticede metaller atmosfer, litosfer ve hidrosfer tabakasında yayılmaya başlamıştır. İnsanlar ağır metallerin olumsuz etkilerini fark etmeden yıllarca birtakım amaçlar için kullanmışlardır. Sanayi ve endüstrinin gelişmesi ve ağır metal içeren kömürlerin yakılması sonucunda da ağır metal kirliliği hızla artmıştır.

Ağır metal tanımı ise daha çok çevresel kirlilik boyutunda ele alınıp tarif edilmeye çalışılmaktadır. Yer kabuğunda kendiliğinden var olan bileşik türleridir. Ağır metaller, gerçek anlamda yoğunluğu 5 grcm^{-3} ' ten daha yüksek olan metaller için kullanılır (Öztürk, 2008). Bu metallere, nikel, cıva, kurşun, kobalt gibi yetmişden fazla örnek verilebilir. Doğaları gereği bu elementler silikat, karbonat, oksit ve sülfür halinde kararlı bileşik ya da silikat mineralleri içinde tutulu halde bulunmaktadır (Baba ve diğerleri, 2009). Ağır metallerin zamanla bozunmaları ya da yok olmaları söz konusu değildir.

Bazı elementler bitki gelişimi için oldukça önemlidir ve kesinlikle o elementlere bitkinin ihtiyacı vardır. Bitki gelişiminde olması gereken metallere bakır, demir, nikel, magnezyum, manganez çinko örnek verilebilir. Ancak cıva, kadmiyum, platin gibi ağır metaller bitki için önemli olmamakla birlikte çevre kirleticisi olmaları yönüyle önemlidir (Çizelge 2. 3.).

Çizelge 2. 3. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırılması (Yıldız, 2004)

Element	Özgül Ağırlık (gcm ⁻³)	Gereklik Durumu	Kirleticilik 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
Zr	6,5	Gerekli Değil	Kirletici Değil

Çevrede yayılımı oldukça fazla olan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), cıva (Hg), arsenik (As), krom (Cr) gibi ağır metallerin yayımları daha çok havaya salınan egzozlar, yapılan madencilik faaliyetleri, endüstri ve sanayisel atıklar, petrol çalışmaları, boyacılık ve tıbbi kaynaklı yayılımlar, tarım ve termik santral çalışmaları ile olmaktadır (Çizelge 2. 4.) (Vanlı, 2007).

Çizelge 2. 4. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2004)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metal birikimi çoğunlukla toprağın yüzeyinde olup, derinlere inildikçe bu birikim azalış göstermektedir (Tok, 1997).

2.2.1. Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkileri

Toprak tüm canlıların doğrudan etkileşim içinde olduğu bir katmandır. Topraktaki bozulmalar canlıları olumsuz yönde etkiler. Toprak kirliliğine sebep olan en önemli faktör ağır metallerdir. Toprağa karışan ve bir birikime sebep olan ağır metaller besin zinciri yoluyla bitki, hayvan ve insanlara ulaşarak canlıda biyolojik zehirlenmeler meydana getirmektedir. Bu sebeple ağır metaller en tehlikeli madde grubu içerisinde yer alır.

Metallerin toksik etki oluşturabilmesi için belli bir konsantrasyonun üzerinde olması gereklidir. Bunların yanı sıra bütün metaller toksik etki oluşturur söylemi de doğru değildir çünkü bitkilerin ve diğer canlıların yaşamaları için bu elementlerin bazılarını mikro düzeyde ihtiyaçları vardır. Bitki beslenmesi için önemlidir. Bitki için gerekli olan bazı elementlere, karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, manganez, klor örnek verilebilir. Bu elementler tüm bitkiler için olmazsa olmaz elementlerdir. Alüminyum, kobalt, silisyum ise bitki için çok da gerekli olmamaktadır (Yıldız, 2003). Bitkinin ihtiyacı olmadığı halde metaller çeşitli yollarla bitki bünyesine geçtiğinde o elementler besin zinciriyle diğer canlılara iletilmektedir. Sonuç olarak da bitkiler ve onlarla beslenen diğer canlılarda toksik etki oluşturabilmektedir.

Fabrikaların neden olduğu atıklar toprağı ve suyu çoğunlukla kimyasal olarak kirletmektedir. Bu alanlarda bulunan toksik maddeler gerek topraktaki gerek sulardaki canlıların yaşamlarını tehlikeye atmaktadır. Populasyon ve komünite düzeyindeki etkilenmeler ekosistem dengesini bozmaktadır. Aynı zamanda çeşitli yollarla sulara karışan ağır metaller suyun yapısını bozmakta ve suyun içeriğindeki oksijen oranını azaltmaktadır. Hâl böyledir ki hava, su, toprak arasında bir döngü vardır. Bir katmanda gerçekleşen bozulmalar tüm döngüyü olumsuz etkilemektedir.

Ağır metal kirliliğinden en çok etkilenen canlı grubu şüphesiz bitkilerdir. Bu olumsuzluktan bitkinin sadece kökü, gövdesi, yaprağı değil üreme organları da etkilenmekte ve türlerinin yok olmasına neden olmaktadır. Bitkilerin stomaların hareketlerinde, solunum ve fotosentez gibi yaşam olaylarında, çimlenmesi gibi birçok fizyolojik olayların bozulmasında ağır metallerin rolü oldukça büyüktür (Asri ve Sönmez, 2006). Tarım ilaçları, yapılan yanlış ve zamansız gübrelemeler, çiftçinin bilgi yetersizlikleri de ağır metal kirliliğine sebep olup mikroorganizmaların çalışmalarının bozulmasının neden olmaktadır. Sanayi alanlarına yakın

kurulan tarım alanları ya da tarım alanları etrafında kurulan sanayileşme faaliyetleri de ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır.

2.2.2. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı $65,4 \text{ g mol}^{-1}$, yoğunluğu $7,14 \text{ g cm}^{-3}$ olan oda sıcaklığında katı halde bulunan bir elementtir (Öztürk, 2008). Çinko doğada en çok bulunan elementler arasında 23. sıradadır ve en fazla kullanılmakta olan minerali sfalerit (ZnS)'tir. Çinko yer kabuğunda genellikle oksitli, silikatlı, karbonatlı, sülfürlü ve nabit halde bulunmaktadır. Kolay oksitlenebilen bir metaldir (Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, 2001).

Saf halde bulunmayan çinko blendi olarak bilinen sfaleret, çinkonun en önemli minerallerinden biridir. Çinkonun %90'ı bu metalden elde edilmektedir. Pirinç, nikel, gümüş gibi bazı metallerle çeşitli alaşımlarda da kullanılan çinko özellikle kaplama uygulamalarında kullanıma elverişlidir. Çinko içeren bazı ürünlere diş dolguları, alçılar, süs ve kozmetik ürünleri, oto lastikleri, televizyon ekranları örnek verilebilir. Endüstride metal kaplama ve alaşımlarda kullanılan önemli bir elementtir. Çinko mürekkep, kopya kâğıtları, kozmetik, boya, lastik, muşamba, maden sanayi gibi pek çok sanayide kullanılmakta ve atık sularla, kanalizasyon sularıyla ve asit yağmurları aracılığıyla toprağa ulaşmaktadır (Vaillant, Monnet, Hitmi, Sallanon ve Coudret, 2005).

Çinko, canlılar için oldukça önemli ve gerekli bir elementtir. Genellikle enzim faaliyetlerinde görev almakta (Deniz, 2003), karaciğer, kas, böbrek ve göz gibi bazı organlarda çinko bulunmaktadır. 100 kadar enzimi aktifleştiren bir elementtir. Eksikliğinde vücutta sağlık problemleri oluşmaktadır.

Topraklardaki toplam Zn konsantrasyonu 10-300 ppm, bitkilerde 5-100 ppm arasındadır. Görülen toksisiteler genellikle 400 ppm' den sonra başlamaktadır (Özbek, Kaya, Gök ve Kaptan, 1995). Çinko eksikliği ilk kez 1935 yılında Barnette ve Warner (1935) tarafından mısır bitkisinde saptanmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Çoğunlukla bitkinin köklerinde bulunmakta olup içinde yer aldığı enzimler ile karbonhidrat, protein, fosfat, RNA oluşumunda görev aldığı söylenebilir. Hücre zarının geçirgenliğinde de rol oynamaktadır. Ayrıca bazı mikroorganizmaların sebep olduğu hastalıklara karşı koruyucu bir etkisi olduğu da

bilinmektedir (Çingir, 2007). Çinko eksikliğinin belirtileri ilk olarak yapraklardaki sararma ve yaşlanma ile görülebilir. Bitkinin ihtiyacından fazlası bitkilerde zehir etkisi göstermektedir.

Çinkonun fasulye bitkisindeki kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada artan çinko konsantrasyonlarıyla ilişkili olarak kök, gövde ve yaprak büyümesinin azaldığı tespit edilmiştir (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

2.2.3.Kurşun (Pb)

Kurşun, atom numarası 82, atom ağırlığı $207,19 \text{ g mol}^{-1}$, yoğunluğu $11,3 \text{ g cm}^{-3}$ olan mavimsi gümüş renkli metalik bir elementtir. Erime sıcaklığı $327,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, kaynama sıcaklığı $1740 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ' dir. 208, 206, 207 ve 204 kütle numaralarına sahip izotopları bulunmaktadır (Nassouhi, 2018). Kurşun yeryüzünde fazlaca bulunan, kullanışlı ve oldukça yaygın olan en eski elementlerden biridir. Kurşunun saf hali çok nadir bulunmaktadır. Genellikle diğer cevher ve minerallerle karışık olarak, oksitler, sülfidler, asetatlar, kloratlar ve klorit formlarda bulunur (Nassouhi, 2018). Kurşun metalinin çevreye salınımı insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kurşunlu benzin, piller, boyalar, pestisitler, madensel atıklar, fosil yakıtlar, elektronik atıklar kurşun kirliliğine neden olmaktadır (Nassouhi, 2018).

Kurşun elementi çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etki oluşturabilmektedir. Kurşunun canlı vücudunda toksik etkilere neden olması için kan ya da diğer yumuşak dokularda belirli bir düzeye kadar birikim yapmış olması gerekir. Bu toksik metal insan vücudunda biriktiğinde nörolojik, hematolojik, gastrointestinal, kardiovasküler ve böbrek hastalıklarına neden olmaktadır (Anonymous, 2007).

Kurşun nedeniyle otoyol yakınlarında yetişen bitkilerin kirlilik tehlikesi altında olduğu bilinmektedir. Kurşun elementi toksik miktara ulaştığında bitkileri anatomik ve fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Fazla miktarda Pb, bitkinin kök gelişimini azaltarak topraktan su ve mineral alımını da engellemektedir (Asri ve Sönmez, 2006). Kurşunun bitkiler üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmaların sonuçlarına göre kurşunun bitkide enzimlerin yapısında bozulmaya neden olarak çimlenmeyi, fide gelişimini ve klorofil sentezini inhibe etmektedir (Kıran ve Munzuroğlu, 2004).

2.2.4. Bakır (Cu)

Bakır, atom numarası 29, atom ağırlığı $63,57 \text{ g mol}^{-1}$, yoğunluğu 8.92 g cm^{-3} olan kırmızımsı renkli, işlenebilen metalik elementlerden biridir. Erime sıcaklığı $1083 \text{ }^{\circ}\text{C}$, kaynama sıcaklığı $2300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir (Öztürk, 2008). Doğada serbest veya bileşikler halinde bulunmaktadır. Bakır yeryüzünde en çok kullanılan metallere aittir. Elektriği ve ısıyı iyi iletmesi nedeniyle genellikle mutfak eşyalarının yapısında bulunur. Dünya bakır rezervinin yaklaşık yarısı Amerika’da bulunmaktadır. Türkiye’de bakır üretiminin yapıldığı yerlere Artvin Murgul, Rize Çayeli, Elazığ Ergani, Kastamonu Küre örnek verilebilir (Ethem, 1974).

Ethem (1974), insan vücudunda 150 mg kadar bakır olduğunu özellikle kan dalak beyin ve karaciğerde bulunduğunu belirtmiştir. Yeterli düzeyde bakır bulunmadığında kansızlığa ve bağışıklık sisteminin zayıflamasına fazla miktarda bulunduğu ise kanserojen etkilere sebep olmaktadır.

Bakır metalinin canlılar için gerekliliğine ve önemine dair birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde bileşikler ve birtakım enzimlerin yapısında bulunduğu belirlenmiş olup fotosentez solunum, üreme gibi bazı metabolik olaylarda önemli rol oynadığı tespit edilmiştir. Bakır eksikliğinde de fazlalığında da bitki zarar görmektedir. Bakır bitki bünyesinde önemli bir yere sahiptir çünkü enzimlerin aktivasyonu, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında bakır elementinden yararlanılmaktadır. Topraklarda oluşan Cu kirliliklerinin sebebi insan aktiviteleri sonucunda oluşan emisyonlar, pestisitlerin kullanımı, kanalizasyon atıkları, kömür ve maden yataklarından atılan atıklar olabilmektedir (Asri ve Sönmez, 2006).

Bakır, doğada çeşitli besinlerde bulunmaktadır. Örneğin elmada $0,1-2,3 \text{ mg kg}^{-1}$ kuru erikte $3,7-5,0 \text{ mg kg}^{-1}$, çekirdekte $14,3-19 \text{ mg kg}^{-1}$ bakır bulunmaktadır. Toksik seviyelerde köklerde büyümenin azalması, renk değişiklikleri görülmektedir. Genellikle kökte bakır miktarı $20-30 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında iken, kök dokularında, 390 mg kg^{-1} oranındadır (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2004).

2.2.5. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı $112,41 \text{ g mol}^{-1}$, yoğunluğu 8.65 g cm^{-3} olan metalik gri renkli bir geçiş elementidir. Erime sıcaklığı $320 \text{ }^\circ\text{C}$, kaynama sıcaklığı $767 \text{ }^\circ\text{C}$ ' dir (Öztürk, 2008). Doğada saf halde bulunmayan bu element genellikle çinko elde ederken yan ürün olarak elde edilmektedir. Kadmiyum ve bileşikleri, yüksek derecede zehirli maddelerdir (Aslan, 2020).

Kadmiyum genellikle boya sanayinde, pillerin ve temizlik ürünlerin yapısında, alaşımlarda ve elektronikte kullanılmaktadır. Birçok ürünün yapısında bulunması ile faydalı gibi görünse de ekolojik açıdan kadmiyum en tehlikeli ve toksik olan metallere biridir. Birçok endüstride çinko, kurşun ve bakır ekstraksiyon işleminin bir yan ürünü olarak kadmiyum açığa çıkmaktadır. Çevreye yayılımı daha çok volkanik patlamalar, madencilik çalışmaları, fosil yakıtların ve plastiklerin yanması ve elektronik atıklardan kaynaklıdır (Nassouhi, 2018).

Kadmiyumun insan ve hayvanlar tarafından alımı daha çok çinko içerikli fabrikalardan, tütün dumanından, boya ürünlerinden, pillerden ve gıda yoluyla olur. Kadmiyum bulunduran bileşikler iskelet ve solunum sisteminde, böbrek ve karaciğerde kanserojen etkilere sebep olmaktadır. Daha çok canlı bünyesine yoğun şekilde kadmiyum geçişi olmaktadır (Aslan, 2020). Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında ilk olarak böbrekler zarar görmektedir. 200 mg kg^{-1} 'a ulaşması halinde, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Bitkilerin çok fazla ihtiyaç duymadığı kadmiyum elementi enerji santralleri, ısıtma sistemleri, fosforlu gübre endüstrisi, sanayi, trafik vb. çeşitli yollarla toprağa karışarak kirlilik oluşturmakta ve bitkide olumsuzlara neden olmaktadır (Garrido ve diğerleri, 1998 ;Benavides ve diğerleri, 2005).

Minimal miktarlarda dahi kadmiyum metali tarım topraklarının hemen hemen çoğunda bulunmaktadır. Toprakta bulunan kadmiyumun tolere edilebilir miktarı 3 mg kg^{-1} (Topbaş, Brohi ve Karaman, 1998) ; ekstrakte edilebilir kadmiyumun tolere edilebilir miktarı ise $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ' dir (Alloway, 1995). Kadmiyum nedeniyle bitkilerde fotosentez ve büyümenin yavaşlaması, kök uçlarının kahverengileşmesi gibi belirtiler olduğu görülmüştür. 50 ppm Cd

konsantrasyonu içeren kum kültüründe *Ailanthus altissima* fideleri, yedi haftalık bir süreçte incelendiğinde hafif klorozis, yaprakların kuru ağırlıklarında % 40 azalmanın olduğu tespit edilmiştir (Bayçu ve Önal, 1993).

Brummer, Homburg ve Hiller (1991)'in Almanya' da yapmış olduğu bir çalışmada trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarından uzaklaştıkça toprakta bulunan kadmiyum miktarının 9,4 mgkg⁻¹' dan 0,7 mgkg⁻¹'a azaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar bitkide kadmiyum birikiminin genellikle kök>gövde>yaprak>meyve>tohum şeklinde olduğunu göstermiştir (Benavides, 2005). Kadmiyum kirliliğinin labada bitkisi kullanılarak fitoremediasyon yöntemi ile başarılı bir şekilde giderilebileceği ortaya konulmuştur (Adiloğlu ve diğerleri, 2015).

2.2.6. Mangan (Mn)

Mangan, atom numarası 25, atom ağırlığı 54,94 gmol⁻¹, yoğunluğu 7,43 gcm⁻³ olan gümüş renkli bir elementtir. Erime sıcaklığı 1244 °C, kaynama sıcaklığı 2150 °C' dir (Hayta ve Avcil, 2019). Yer kabuğunda bileşiminde manganez bulunduran minerallerden bazıları pirolusit, ramsdellit, polianit ve manganittir. Manganezin demir çelik, pil, batarya, kimya sanayinde, elektrolitik çinko üretiminde, fotoğrafçılık, petrokimya ve ilaç sektöründe kullanımı yaygındır (Mangan Özel İhtisas Komisyon Raporu, 2001).

Manganez insan vücudunda bulunan eser elementlerdendir ve vücutta protein sentezlenmesinde, sindirimde, enerji üretiminde, sinirsel fonksiyonlarda ve kemiklerin büyüme ve gelişmesinde rol almaktadır. Erişkin bir insan vücudunda 12-20 mg arasında manganez bulunmaktadır. Vücutta aşırı manganez varlığında Parkinson hastalığı ve benzer sinir sistemi rahatsızlıkları ortaya çıkmaktadır (Pektaş, 2017).

Bitkiler mangani Mn²⁺ iyonu olarak almaktadır. Bitkilerde mangan elementi klorofil oluşumunda görevlidir bunun yanı sıra bazı enzimatik olaylarda katalizör görevi de görmektedir. Mangan eksikliğinde bitkinin genç yapraklarında sararmalar görülmektedir (Aydın, 2011).

Genellikle topraklarda 200-300 mgkg⁻¹ düzeyinde mangan içerdiği bildirilmiştir (Topbaş, Brohi ve Karaman, 1998; Kacar, 1995). Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005) topraklarda bulunan ortalama toplam mangan

miktarının 764-875 mgkg⁻¹, DTPA ile ekstrakte edilebilir manganın 5,7-8,6 mgkg⁻¹ arasında olduğunu belirlemişlerdir. Sarı (2009), Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Mn miktarının 3,48 ile 56,14 mgkg⁻¹ arasında değiştiğini saptamıştır.

2.2.7. Kobalt (Co)

Kobalt, atom numarası 27, atom ağırlığı 58,93 g mol⁻¹, yoğunluğu 8,9 g cm⁻³ olan mavimsi gri renkli bir elementtir. Erime sıcaklığı 1493 °C, kaynama sıcaklığı 3100 °C' dir (Hayta ve Avcil, 2019). Doğada saf halde çok nadir bulunmaktadır. Kobalt çeşitli bileşikle birlikte çıkarılarak ve sonrasında birtakım işlemler uygulanarak elde edilmektedir. Paslanmaz çelik elde edilmesinde, elektrolizle kaplamada, porselen ve cam tuzlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Boğa, 2007).

İnsan sağlığı açısından B12 vitamini, kobalt içermektedir. B12 vitamini alyuvar üretimi ve merkezi sinir sistemini korunmasını sağlar. Kobalt eksikliğinde anemi riski artış göstermektedir. Vücuda gereğinden fazla kobalt alımı da birtakım zehirlenmelere sebep olmaktadır. Kobalt zehirlenmeleri çoğunlukla vücudun bölgelerine takılan parçalardaki (protez vb.) kobaltın bünyede birikmesi sonucunda meydana gelmektedir (Boğa, 2007).

Yüksek bitkiler için mutlak gerekliliği henüz saptanamamakla birlikte baklagil bitkilerinin kök yumrularındaki Rhizobium için ve baklagil olmayan kıvılağaç için mutlak gerekli olduğu bildirilmiştir (Ahmed ve Evans, 1960; Hallsworth, Wilson ve Greenwood, 1960). Sarı (2009), Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Co miktarının 0,011 mgkg⁻¹ ile 0,583 mgkg⁻¹ arasında değiştiğini saptamıştır.

2.2.8. Nikel (Ni)

Nikel, atom numarası 28, atom ağırlığı 58,68 g mol⁻¹, yoğunluğu 8,92 g cm⁻³ olan gümüş parlak renkli bir elementtir. Erime sıcaklığı 1455 °C, kaynama sıcaklığı 2913 °C' dir (Hayta ve Avcil, 2019). Nikel yer kabuğunun % 0,008 kadarını oluşturmaktadır ve demir, oksijen, silis ve magnezyumdan sonra en fazla bulunan beşinci elementtir. Doğada oksitler, sülfidler ve silikatlar halinde bulunur. Pentlandit, nikelin, kloantit, milerit, anaberjit ve garniyerit nikel minerallerinden bazılarıdır (Maden Mühendisleri Odası, 2012).

Nikelin pek çok kullanım alanı bulunmaktadır, Genellikle krom ile birlikte kullanılmaktadır. Nikel ve krom alaşımları paslanmaz ve yüksek ısıya dayanıklı malzemelerdir. Motorlu araç parçalarında, elektronik eşyalarda, uçak, gemi, deniz taşıtlarının yapısında nikel kullanılmaktadır (Maden Mühendisleri Odası, 2012).

Nikelin ağız ile alınan bir kısmı dışkı yoluyla vücuttan atılır ya da karaciğer, böbrek, deri ve bağırsaklarda birikebilmektedir. Rusya ve Japonya'da yapılan çalışmada nikel rafinasyon işçilerinin deri ve akciğer kanserine yakalanma oranının yüksek olduğu görülmüştür. Nikelin zehirleyici miktar olarak vücuda 7 ila 35 mgkg⁻¹ olup bu durumlarda nefes darlığı, karaciğer ve böbrek hasarı, kronik zehirlenme ile de alerjik reaksiyonlar oluşabilmektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Toprakta bulunan nikelin ana kaynağı kayaçlar içerisinde var olan pentlandit mineralidir. Nikel hemen hemen tüm topraklarda bulunmaktadır. Fakat killi topraklarda diğerlerine oranla daha fazla bulunduğu bilinmektedir (Kacar ve İnal, 2008). Nikel fazlalığı durumunda bitki yapraklarında sararma ve beyazlamalar görülmektedir (Topbaş, Brohi ve Karaman, 1998). İhtiyaçtan fazla bulunan nikel bitki gelişimi için olumsuz etki göstermektedir (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

2.2.9. Demir (Fe)

Demir, atom numarası 26, atom ağırlığı 55,84 g mol⁻¹, yoğunluğu 7,87 g cm⁻³ olan grimsi parlak renkli bir elementtir (Hayta ve Avcil, 2019). Erime sıcaklığı 1538 °C, kaynama sıcaklığı 2861 °C' dir. Demir, yeryüzünde en fazla bulunan, ucuz ve kullanımı en yaygın olan elementlerden biridir. Demir kolay işlenebilen, çeşitli şekil ve formlara dönüştürülebilen aynı zamanda ısı iletkenliği olan bir metaldir. Doğada serbest halde çok nadir olan demir, diğer mineraller içerisinde bulunur. Uzmanlara göre yer kabuğunun yaklaşık % 5'i demirden meydana gelmektedir (Atalay, 1982). Demir özellikle sanayi ve endüstrinin vazgeçilmez metallere biridir. Döküm ve çelik sanayisinde kullanım alanı çok daha fazla olan demir otomotivden inşaat, elektrik-elektronik malzemelerinden delici-kesici aletlere kadar pek çok alanda kullanımı vardır.

Demir elementi klorofil molekülünün yapısında yer almakta, bitkideki enzim sistemlerine katılmakta ve önemli metabolik olaylarda görev almaktadır. Çeşitli enzimlerin yapısında yer

alan demir katalaz, sitokrom, oksidaz gibi solunum enzimlerinin yapısında da yer almaktadır. Demir eksikliği çoğunlukla asmalarda, meyve ağaçları ve süs bitkilerinde görülmektedir (Yağmur, Hakerlerler ve Kılınc, 2005).

Topraklarda demir miktarı genellikle yüksektir fakat bitkiler için yararlı demir miktarı azdır. Toplam Fe miktarı ana materyalin özelliğine göre % 0.02 ile % 10 arasında değişmekte ve bu miktar ortalama % 3,8 dolaylarındadır (Kacar ve Katkat, 2007). Taşınım miktarı düşük olduğu için bitkilerde sürekli demir eksikliği görülmektedir. Bitki boylarında bodurlaşma ve yaprak renginde değişimler görülür (Kacar ve İnal, 2008).

2.2.10. Krom (Cr)

Krom, atom numarası 24, atom ağırlığı $51,99 \text{ g mol}^{-1}$, yoğunluğu $6,9 \text{ g cm}^{-3}$ olan gümüşümsü parlak renkli bir elementtir. Erime sıcaklığı $1550 \text{ }^\circ\text{C}$, kaynama sıcaklığı $2482 \text{ }^\circ\text{C}$ ' dir. Krom, dayanıklı ve oldukça parlak görünüme sahip metalik bir elementlerden biridir. Isıya ve aşınmaya karşı dayanıklı olması özelliği ile çeşitli endüstri ve sanayi dallarının vazgeçilmezi olan bir metaldir. Krom kromit denilen bir mineralden üretilmektedir. Kromun demir ve nikkelle yaptığı alaşımlar özellikle motor, zırhlı araç parçalarında, paslanmaz çelik üretiminde kullanılmaktadır bunların yanı sıra boya, cila, cam ve seramik malzemelerinde, deri endüstrisinde de kullanımı vardır. Toprakta $5\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$ oranlarında bulunur. Bitkide ise kuru madde de 100 mg kg^{-1} bulunması birçok yüksek bitki için toksiktir (Özbek ve diğerleri, 1995).

Krom kök hücrelerinin bölünme ve uzamasını engelleyerek kök gelişimini engeller. Bu durum topraktan alınan bitki besin maddesi ve suyun azalmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini azaltır. Dolayısıyla önemli düzeyde verim ve kalite azalması görülmektedir (Khan ve diğerleri, 2000).

Bitki bünyesi ve ihtiyacı için kromun gerekli olduğu henüz bilinmemektedir. Krom bitkide kuru madde esasına göre $0,03 - 14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında miktarlarda bulunmaktadır. Bitkilerdeki $5 - 30 \text{ mg kg}^{-1}$ arasındaki Cr düzeyi çoğu bitki için toksik olarak kabul edilmektedir (Kabata - Pendias ve Pendias, 1992). Bursa' da şeftali bahçelerindeki ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005) topraklarda bulunan krom miktarının $85\text{-}98 \text{ mg kg}^{-1}$, DTPA ile ekstrakte edilebilir kromun $0,03\text{-}0,08 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğunu belirlemiştir. Krom

toksitesitesi bitkilerde çimlenmeyi azaltmanın yanında fotosentetik pigment, besin dengesi ve antioksidan enzimlerde bozunmaya yol açarak oksidatif strese ve biyolojik membranların zarar görmesine de neden olur (Kacar ve İnal, 2008). Sarı (2009), Edirne’de otoban çevresindeki alanlarında ekstrakte edilebilir Cr miktarının $0,044 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $0,182 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacı bu alanlarındaki Cr kirliliğinin mevcut olmadığını ifade etmiştir.

2.3. Kirlenmiş Toprakların Biyoremediasyon İle Islahı

Kirleticilerin topraklarda birikmesinin tüm canlılar üzerinde önemli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Toksikasyonu önlemek ve çevresel kirleticileri parçalamak için mikroorganizmaların kullanımı esasına dayanan biyoremediasyon, çevre kirliliğinin önlenmesinde etkili bir biyoteknolojik yaklaşım olarak önem kazanmaktadır. Biyolojik remediasyon (biyoremediasyon) tehlikeli maddeleri, zararsız veya daha az zararlı maddelere parçalamak için bitkiler, algler, bakteriler ve mantarlar gibi canlı organizmaların kullanıldığı uzun süreli arıtım proseslerini içermektedir. (Scragg, 1999; Dua, 2002). Biyoremediasyon teknolojileri, in-situ (saha içi), ex-situ (saha dışı), biyoreaktör, doğal yavaşlatma ve bitkisel-remediasyon (Fitoremediasyon) olmak üzere beş tekniğe ayrılmaktadır. Bu teknikler ile kirleticileri alt tabakadan arındırılır veya maruz kalmayı azaltarak kirleticilerin yarattığı riskleri azaltılır (Dindar, Şağban ve Başkaya, 2010).

Göllerde ötrofikasyonun (Çeşitli nedenlerle sulak alanlarda plankton ve alglerin çoğalması) giderilmesinde, petrol birikintilerinin temizlenmesinde, kanalizasyonlardaki koku giderimi, kirlenmiş toprak ve sulak alanların kirleticilerden arındırılmasında kullanılmaktadır. Diğer yöntemlerden daha ekonomik olması, proses sonunda atık madde üretmemesi ve diğer teknolojilerle birleştirilebilmesi nedeniyle avantaj sağladığı için son yıllarda tercih edilen bir teknoloji olmuştur.

2.3.1. Mikroorganizmalarla gerçekleştirilen biyoremediasyon

Biyoremediasyonda kullanılan ana biyolojik ajanlar, kirleticileri besin veya enerji kaynağı olarak kullanan bakteri ve mantarlardır. Mikroorganizmalar ile biyoremediasyon iki biçimde uygulanır. İlk yöntemde; atıkların döküldüğü bölgeye besin aktarımı yapılarak hali hazırda toprakta bulunan mikroorganizmalar etkin duruma geçirilir. Diğer yöntemde ise; toprağa yeni

mikroorganizmalar aktarılır. Çevresel koşullar kontrol edilir veya mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini ve büyümelerini optimize etmek için koşullar değiştirilir. Biyoremediasyon için çevrenin optimizasyonunda; sıcaklık, inorganik besinler (azot ve fosfor), elektron alıcılar (oksijen, nitrat ve sülfat) ve pH gibi çevresel faktörler modifiye edilmektedir (Gül ve Yavuz, 2018).

Literatürde son yıllarda yapılan çalışmalarda çeşitli pestisitlerin (Zararlı organizmaların giderilmesinde kullanılan dezenfekte edici kimyasal madde ya da biyolojik ajanlara verilen isimdir.) gideriminde laboratuvar ve pilot ölçekli uygulamaların başarılı bir şekilde uygulandığı görülmektedir. Çizelge 2.5.' de farklı *Bacillus* sp. gibi farklı bakterilerin ve *Aspergillus* sp. gibi farklı mantar türlerinin başarılı bir şekilde pestisit biyoremediasyonunda kullanılabilirliği görülmektedir (Morillo ve Villarverdo, 2017; Gül ve Yavuz, 2018).

Çizelge 2. 5. Pestisit ile kirlenmiş toprakların bazı mikroorganizmalar tarafından biyoremediasyonu (Morillo ve Villarverdo, 2017)

Pestisit / Biyolojik Fonksiyon	Ölçek / Kirlenme	Mikroorganizmalar	Sonuçlar / Pestisit Giderme	Referans
Klorpirifos (Bitki öldürücü)	Laboratuvar (çeltik alan toprakları)	<i>Aspergillus terreus</i> JAS1	48 saat sonra %100	Silambarasan ve Abraham (2013)
Fenpropatrin (böcek ilacı)	Laboratuvar (çözüm)	<i>Bacillus</i> sp. DG-02	, 72 saat sonra %93.3	Chen ve diğ. (2014)
Klorpirifos (Bitki öldürücü)	Laboratuvar (Tarımsal toprak)	<i>Bacillus cereus</i> , Ct3 suşu	7 gün sonra %88	Farhan ve diğ. (2014)
Atrazin (herbisit)	Laboratuvar (Tarımsal toprak)	Suş A6, ramnolipidler ve Triton X-100	6 gün sonra %80	Singh ve Cameotra (2014)
Atrazin (herbisit)	Laboratuvar (Tarımsal toprak)	<i>Pseudomonas</i> sp. soy ADP	13 gün sonra %79.9	Silva ve diğ. (2004)
Bensülfüron- metil (Bitki öldürücü)	Laboratuvar (Tarımsal toprak)	<i>Penicillium pinophilum</i> suşu, BP-H-02	60 saat sonra % 87	Peng ve diğ. (2012)
Miklobutanıl (Mantar öldürücü)	Pilot (bağ arazileri)	<i>Bacillus</i> suşları	20 gün sonra %85	Salunkhe ve diğ. (2015)
2,4-D (herbisit)	Laboratuvar	Sülfat azaltıcı bakteriler	14 gün sonra %25	Robles- González ve diğ. (2008)

2.3.2. Bitkiler ile gerçekleştirilen biyoremediasyon (Fitoremediasyon)

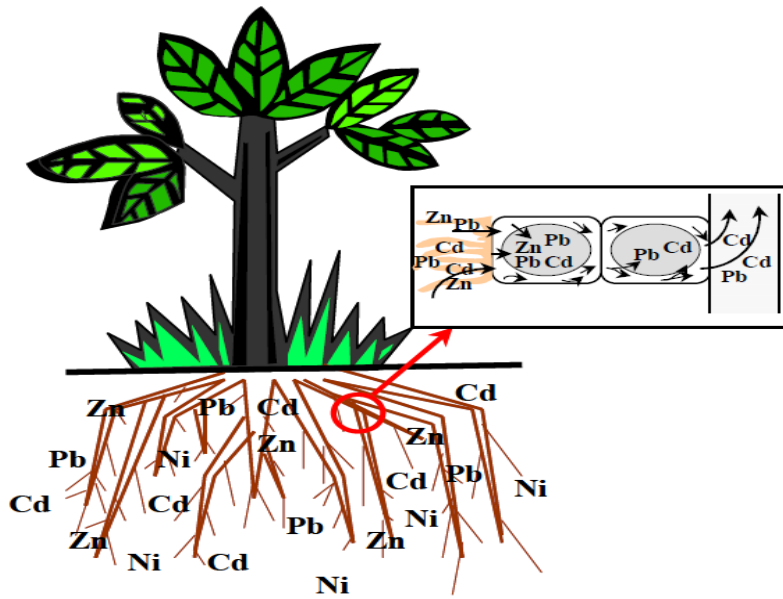
Bazı bitkiler metallere yüksek düzeyde tolerans gösterir kök, gövde ve yapraklarıyla bu metalleri bünyelerinde biriktirip, toprağı ağır metallere temizleyebilir. Bu bitkilere hiperakümülatör bitkiler, uygulanan yöntem ise fitoremediasyon denir. Fitoremediasyon, çevresel kirleticilerin özellikle de ağır metal kirliliğinin temizlenmesinde hiperakümülatör bitkilerin kullanıldığı oldukça ekolojik bitkisel iyileştirme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem sayesinde toprak su ve havada bulunan kirleticilerden arınmak mümkündür. Yöntemi uygularken ekstra bir malzeme ya da araç gereç gerektirmemesi sebebiyle oldukça da avantajlı ve tercih edilen bir yöntemdir. Fitoremediasyon ile ortamda bulunan kirleticiler parçalanmak, hareketsizleşmek ya da depolanmak suretiyle ortamdaki alıkonulmaktadır. Bu sayede ortamın temizlenmesi sağlanabilmektedir. Fitoremediasyon hem organik hem inorganik kirleticilerden arınmak için kullanılmaktadır.

Her bitkinin ağır metallere olan duyarlılığı farklıdır. Fitoremediasyonda yüksek metal barındıran ortamlarda yaşayabilen, sağlam bir kök sistemine sahip olan bitkiler kullanılır bu sebeple uygulanacak yöntem için uygun bitkilerin iyi şekilde tanınması gereklidir. Bitkilerin metal absorblama ve depolama kapasitesi farklı olduğu için, çevresel ve bitkisel pH bitki alımı ve depolanması için önemlidir. Toprağın içinde bulunduğu şartlardan özellikle pH önemlidir.

Hiperakümülatör bitkiler herhangi bir toksisik etki göstermeyerek ağır metalleri bünyesinde biriktirebilirler (Şekil 2. 1.). Bu bitkiler diğer türlere göre 100 ile 1000 kat fazla birikim yaparlar. Yapılan çalışmalar sonucunda 400'e yakın bitki türü hiperakümülatör olarak belirlenmiştir bunlardan bazıları Brassicaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae familyalarıdır (Baker, Mcgrath, Reeves ve Smith, 2000)

Ağır metaller için özellikle *Thlaspi*, *Urtica*, *Polygonum* ve *Alyssum* gibi bitkilerin kadmiyum bakır, kurşun, nikel ve çinkoyu biriktirebilme yetenekleri oldukça fazladır. Üstelik bu bitkiler toprakla hiçbir uygulama olmaksızın direkt şekilde uygulanabilmektedir (Özay, 2013). Bunların dışında *Helianthus annuus* L., *Nicotiana tabacum* L. *Brassica juncea* L. ve *Zea mays* L. *Taraxacum officinale* (Karahindiba) gibi bitki türleri de hiperakümülatör türler arasında yer almaktadır (Memon, Aktopraklıgil ve Özdemir, 2001).

Hiperakümülatör bitkilerin bir diğer özelliği ise ağır metalleri kofullarında biriktirebilmeleridir. Bitkinin dokularındaki birikim farklılıklarının ise birçok sebebi vardır, bu alım bitkinin fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerine ya da metallerin yapısal özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Ağır metaller hücre zarından taşıyıcı proteinler aracılığıyla bünyeye geçmektedir. Bazı hiperakümülatör eğreltiler oldukça yüksek konsantrasyonlarda arsenik depolayabilir. Bu bitkiler daha sonra ihtiyaç durumlarına göre hasat edilebilir, kurutulup yakılabilir ya da bünyelerindeki metaller tekrar kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Fitoremediasyon yönteminin dezavantajlarından biri ise diğer yöntemlere göre biraz zamana ihtiyaç duymasındır, etkilerini hemen görmek mümkün değildir (Mulligan, Young ve Gibbs, 2001).



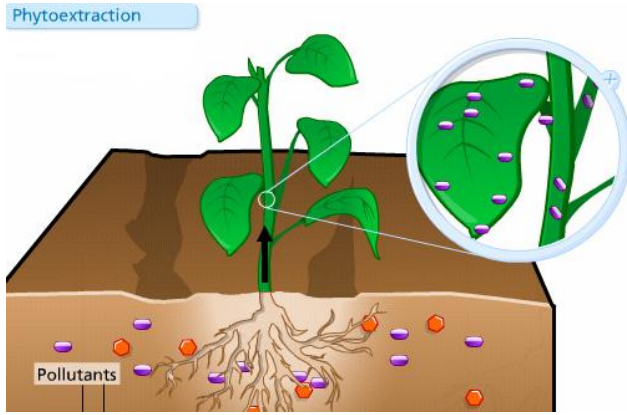
Şekil 2. 1. Toprakların bitkilerle temizlenmesi yöntemi (Aybar, Bilgin ve Sağlam, 2015)

Fitoremediasyon tipleri

Fitoremediasyon ortamda bulunan kirleticinin organik ya da inorganik oluşuna göre sınıflandırılmıştır. Eğer ortamda bulunan kirletici inorganik metal içeriyorsa; fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon ve rizofiltrasyon, organik kirletici içeriyorsa; fitodegradasyon, rizodegradasyon ve fitovolatilizasyon olarak farklı sınıflandırılmıştır.

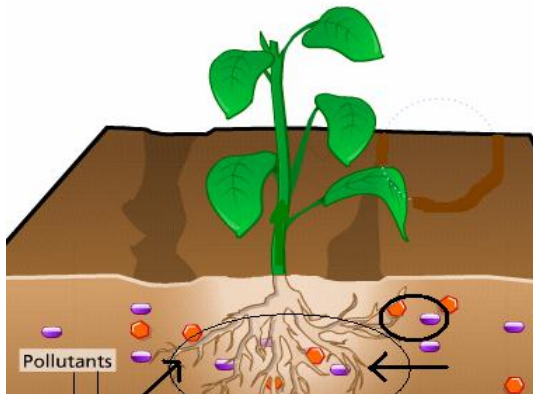
Fitoekstraksiyon (Bitkisel özümleme): Fitoekstraksiyon, inorganik metal kirleticilerin kökleri ile alındığı yöntemdir. Topraktaki kirlilik düzeyi oldukça yüksek olan bölgelerde kullanıma uygundur. Bitki kökleri topraktaki ağır metalleri alır kök üstündeki dokulara gönderir (Şekil

2. 2.). Sonrasında dokularda biriken ağır metallere bitki hasat edilerek ya da farklı yollar kullanılarak arındırılır (EPA, 2000).



Şekil 2. 2. Fitoekstraksiyon yöntemi (Vanlı, 2007)

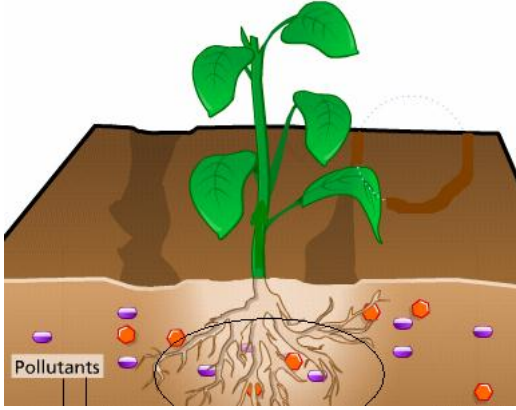
Rizofiltrasyon (Köklerle süzme): Başarılı bir rizofiltrasyon için bitkilerin iyi bir kök sistemine sahip olması gereklidir. Genellikle kirlenmiş sucul alanların temizlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bitki köklerinden ağır metaller emilir ve diğer dokulara gönderilerek biriktirilir (Şekil 2. 3.). Ancak bu yöntemde kullanılacak olan bitkiler temizlenecek olan ortama konulmadan önce kirlenmiş metale uyum sağlaması için farklı ortama konulur, metale uyum sağlayan bitki sonrasında temizlenecek alana dikilir ve sonrasında bitki hasatla imha edilir.



Şekil 2. 3. Rizofiltrasyon yöntemi (Vanlı, 2007)

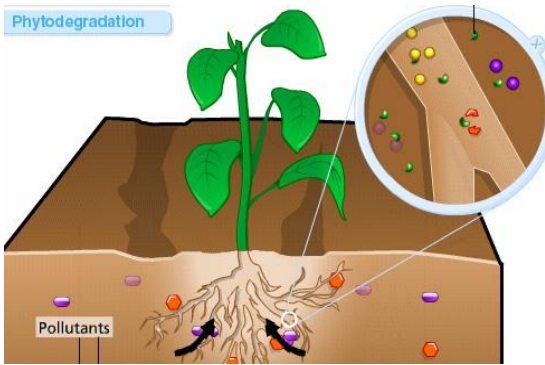
Fitostabilizasyon (Köklerle sabitleme): Bu yöntem daha çok toprak yüzeyine uygulanmaktadır. Köklerde ağır metalin sabitlenmesini ve orada kalmasını sağlar (Şekil 2. 4.). Bu şekilde toprak altı sularının kirlenmesi de önlenmiş olur. Burada kullanılan bitkilerin

gelişmiş geniş bir kök sistemi vardır. Çoğunlukla toprak, çamur, bataklık alanların temizlenmesinde, arıtılmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemde genel olarak Hindistan hardalı ve çimler kullanılmaktadır (EPA, 2000).



Şekil 2. 4. Fitostabilizasyon yöntemi (Vanlı, 2007)

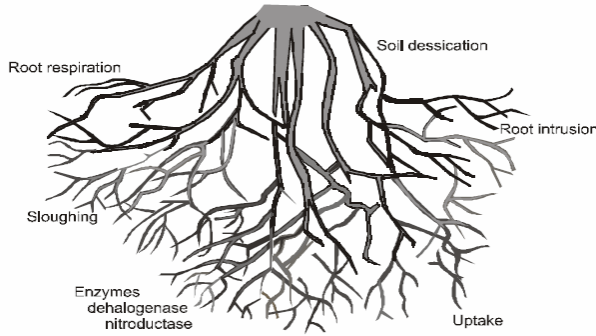
Fitodegradasyon (Bitkisel bozunum): Bu yöntem ise daha çok organik kirleticilerin temizlenmesinde kullanılmaktadır. Organik bileşiklerin bozulmasında enzimler rol almakta ve bitki kirleticiyi alıp enzimler yoluyla bozunuma uğratmaktadır (Şekil 2. 5.). Bu metaller gerektiğinde metabolik olaylarda kullanılabilir. Bu yöntemle birlikte yer altı sularındaki çözücüler, topraktaki petrol ve aromatik bileşikler ve havadaki uçucu bileşikler gibi birçok farklı kirletici ıslah edilebilir (Newman ve Reynolds, 2004).



Şekil 2. 5. Fitodegradasyon yöntemi (Vanlı, 2007)

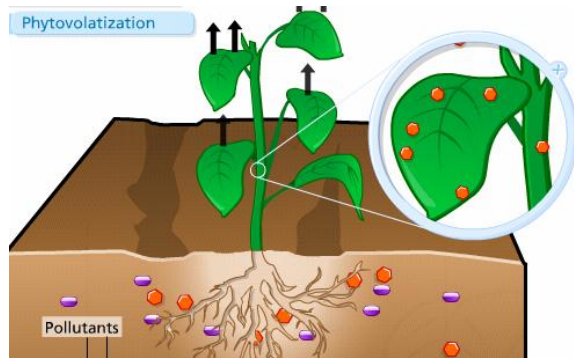
Rizodegradasyon (Köklerle bozunum): Bu yöntem bitkilerle topraktaki mikroorganizmaların işbirliğine dayalı bir yöntemdir. Kök yardımı ve mikroorganizmalarla toksik madde etkisinde olan kirleticiler parçalanır (Şekil 2. 6.). Rizodegradasyon yönteminde kullanılan bazı bitkiler,

kırmızı dut (*Morus rubra* L.), nane (*Mentha spicata*), yonca (*Medicago sativa*) ve su kamışı (*Typha latifolia*) bitkileridir (EPA, 2000).



Şekil 2. 6. Rizodegradasyon yöntemi (Vanlı, 2007)

Fitovolatilizasyon (Bitkisel buharlaşma): Bu yöntemde kirleticiler bitki enzimleri sayesinde daha az zararlı olan uçucu formlara dönüştürülürler. Öncelikle kirletici, köklerden alınıp diğer dokulara gönderilir, dokularda birtakım fonksiyonlar sonucunda gaz forma dönüştürülüp atmosfere salınmak suretiyle gerçekleştirilir (Şekil 2. 7.). Bu yöntem ile zehirli maddeler daha az zehirli hale getirilir ki, bu yöntemin büyük avantajlarından biridir.



Şekil 2. 7. Fitovolatilizasyon yöntemi (Vanlı, 2007)

Türkiye’de yayılış gösteren bazı hiperakümülatör bitkiler

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin ve su, toprak vasıtasıyla sağlanır. Toprağın korunması oldukça önemlidir. Fakat birtakım etmenler sebebiyle kirliliğe maruz kalmaktadır. Fitoremediasyon tekniğinde kullanılan hiperakümülatör bitkilere büyük görev düşmektedir.

Ülkemizde 18 familyadan 38 adet hiperakümülatör bitki türünün yer aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 2. 6.) (Özbek, 2015).

Çizelge 2. 6. Türkiye’de yayılış gösteren bazı hiperakümülatör türler (Özbek, 2015)

	FAMİLYA	TÜR	LOKASYON
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Batı Karadeniz, Orta Anadolu
2	Betulaceae	<i>Betula pendula</i> Roth	Doğu Anadolu, Trabzon, Çoruh
3	Brassicaceae	<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	Güneydoğu Anadolu
4	Brassicaceae	<i>Brassica napus</i> L.	Çayırılık alanlar
5	Brassicaceae	<i>Isatis pinnatifida</i> P.H. Davis.	Batı Akdeniz
6	Caryophyllaceae	<i>Minuartia hirsuta</i> L.	Orta ve Kuzey Anadolu
7	Caryophyllaceae	<i>Minuartia verna</i> (L.) Hiern	Kırklareli, Gümüşhane, Kars
8	Caryophyllaceae	<i>Silene compacta</i> Fisch. ex Hornem.	Ege, Marmara, Orta Anadolu
9	Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	Kuzeydoğu Anadolu, Marmara
10	Cyperaceae	<i>Carex echinata</i> Murray	Bursa, Ordu, Rize, Kütahya
11	Cyperaceae	<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	Doğu Anadolu ve Kars
12	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Çanakkale, İstanbul, Antalya
13	Fabaceae	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Desr.	Ege, Orta ve Doğu Anadolu
14	Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i> L.	Çayırılık alanlar
15	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Çayırılık alanlar
16	Geraniaceae	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl	Orta ve Güney Anadolu
17	Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Ege ve Akdeniz Bölgesi
18	Oleaceae	<i>Fraxinus angustifolia</i> L.	Batı, Orta ve Güney Anadolu
19	Onagraceae	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Kuzey ve Orta Anadolu, Siirt
20	Plumbaginaceae	<i>Armeria maritima</i> Wild.	İstanbul
21	Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i> L.	Kastamonu, Ilgaz, Amasya, Ordu
22	Poaceae	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Marmara, Ege, Doğu Karadeniz
23	Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Batı ve Güney Anadolu
24	Poaceae	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv.	Marmara, Karadeniz, Hatay
25	Poaceae	<i>Bromus ramosus</i> Huds.	İstanbul, Bolu, Rize, Kars, Adana
26	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Batı ve Kuzeydoğu Anadolu
27	Poaceae	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	Türkiye’nin kuzey kısımları
28	Poaceae	<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P.Beauv.	Karadeniz, Van, Hakkari, Adana
29	Poaceae	<i>Festuca rubra</i> L.	Batı Anadolu
30	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Kuzey ve Batı Anadolu
31	Poaceae	<i>Hordelymus europaeus</i> (L.) Jess. ex Harz.	Kuzey Anadolu
32	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Kuzey Anadolu, Marmara, Maraş
33	Poaceae	<i>Nardus stricta</i> L.	Kuzey, Batı, Orta Anadolu
34	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Çayırılık alanlar
35	Salicaceae	<i>Populus tremula</i> L.	Ege, Orta ve Doğu Anadolu
36	Salicaceae	<i>Salix viminalis</i> L.	İstanbul
37	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	Anadolu
38	Violaceae	<i>Viola arvensis</i> Murray	İstanbul, İzmir, Trabzon

Fitoremediasyon yöntemi kullanılarak yapılan bazı araştırmalar

Fitoremediasyon araştırmalarında bazı bitkiler ile istenen hedefler başarıyla sonuçlanmış olup geleceğe umut vaat etmiştir. Maryland’da (ABD) hibrit kavak ağaçları kullanılarak bölgenin kirleticilerden arındığı ve yer altı sularına ulaşmadan arazinin temizlendiği görülmüştür. *Alpina pennycress (Thlaspi caerulescens)* (kuşekmeği, çobandağarcığı) bitkisi ile yapılan diğer bir çalışmada ise ortamda bulunan çinko ve kadmiyumu temizlemedeki başarısı gözlenmiştir. Bazı bitkilerin fitoremediasyon verileri Çizelge 2. 7.’ de verilmiştir.

Çizelge 2. 7. Fitoremediasyon tekniklerinin farklı kirletici ve ortamlardaki kullanım alanları (Mücevher, 2010)

YER	UYGULAMA	KİRLETİCİLER	ORTAM	BİTKİ
Edgewood,	Fitovotaliasyon	Klorlu	Yeraltı suyu	Hibrit Kavak
	Rizofiltrasyon	Çözücüler	Toprak	
Fort Worth	Phytodegration	Klorlu	Yeraltı suyu	Pamuk Bitkisi
	Phytovolatzation	Çözücüler		
	Rhizodegradation			
Ogden	Fitoekstraksiyon	Ağır metaller	Toprak	Ardıç, Festuca
	Rizodeğrasyon	Hidrokarbonlar	Yeraltı suyu	Alfalfa, Kavak
Portsmouth	Fitoekstraksiyon	Ağır metal	Toprak	Yonca, Çim
	Rizodeğrasyon	Petrol		
Portland	Fitodegrasyon	PCP	Toprak	Çim
		Pahs		
Trenton	Fitoekstraksiyon	Ağır metal	Toprak	Hint hardalı
Anderson	Fitostabilizasyon	Ağır metal	Toprak	Yonca
Ashtabula	Rizofiltrasyon	Radyoaktif	Yeraltı suyu	Ayçiçeği
Upton	Fitoekraksiyon	Radyoaktif	Yeraltı suyu	Ispanak
		Ağır metal	Toprak	Lahana
Beaverton	Doğal vejetasyon	Metaller, Azot	Toprak	Çim
Texas	Doğal vejetasyon	Pahs	Toprak	Çim, Yonca
	Rizodegrasyon			Dut
Amana	Fitodegrasyon	Azot	Toprak	Hibrit kavak
			Yeraltı suyu	

Fitoremediasyon yönteminin avantajları ve dezavantajları

Fitoremediasyon yöntemi yeni bir teknoloji olmakla birlikte birçok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır. Çevresel ıslah adı altında diğer ıslah yöntemleriyle kıyaslandığında bu etmenler daha da anlaşılır hâle gelecektir. Fitoremediasyonun avantajları şu şekildedir: Çok

fazla materyal, araç gerece gerek duyulmadığından diğer rehabilitasyon yöntemlerine göre oldukça ekonomiktir. Görsel ve estetiki açıdan doğal görünüme en yakın görünüm oluşur bu sebeple tercih edilen bir yöntemdir. Sonuçları herkes tarafından memnun edicidir. Farklı bir alana taşınmaya ihtiyaç duyulmadığından yerinde iyileştirme yapılarak ortamın temizlemesi sağlanır. Birçok kirletici türüyle aynı anda baş etmek mümkün olup ortamın ıslahı yapılabilmektedir (EPA, 1995).

Fitoremediasyonun dezavantajları ise şu şekildedir: Her bitkinin ortama uyum şekli ve süresi farklıdır. İstenilen başarıya ulaşma hızı bitkiye göre değişmektedir, o yüzden bitkiler iyi tanınmalıdır. Yapraklarda biriken kirleticiler sonbaharın gelmesiyle döküldüklerinde, toprağa karışabilirler ve yapılan çalışmalar başarıyla sonuçlanmayabilir. Evlerde ya da işyerlerinde yakılacak olan odunların bünyesinde kirletici maddeler birikmiş olabilir yanma işlemi gerçekleştiğinde tekrar o metallerle maruz kalınabilmektedir. Diğer iyileştirme yöntemlerine göre uzun zaman gerektirmekte ve zaman alıcı olmaktadır (EPA, 1995).

2.4. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.4.1. Maden sahalarında yapılmış fitoremediasyon çalışmaları

Aşağıda dünya üzerindeki maden sahalarında yapılmış bazı fitoremediasyon çalışmaları özetlenmiştir.

Aihemaiti ve diğerleri (2018), Çin'de bir maden alanında yaptıkları çalışmada *Setaria viridis*, *Kochia scoparia* ve *Chenopodium album* türlerinin ağır metal birikim konsantrasyon değerlerini ölçmeyi amaçlamışlardır. Analiz sonuçları neticesinde bu türlerin fitoekstraksiyon ve fitostabilizasyonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Mahdavian, Ghaderian Torkzadeh ve Mahani (2017) tarafından İran'ın Yazd şehrinde bulunan Pb-Zn maden sahasındaki bitki türleri üzerinde hiperakümüasyon çalışmaları yapılmıştır. Toplanan tüm türlerin fitoremediasyonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Fernandez ve diğerleri (2017) tarafından İspanya'da Pb-Zn ve Hg-As madensel atıkların bulunduğu bir sahada bulunan 80 tür ve toprakları üzerine fitoremediasyon kapasitelerini belirlemeye yönelik bir araştırma yapılmıştır. Bu türlerden özellikle *Coincya monensis*,

Anarrhinum bellidifolium, *Brassica* sp., *Cistus salviifolius*, *Salix atrocinerea* türlerinin hiperakümülyasyon yeteneklerinin olduğu ve fitoremediasyonda kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Cudic, Stojiljković ve Jovović (2016), arařtırmasında Sırbistan çinko maden tesisinde bulunan beř tür içerisinden *Artemisia artemisisfolia* türünün tüm ağır metallerce birikime sahip olduđunu ve özellikle arsenik, kurřun ve kadmiyum bakımından bu türün fitostabilizasyonda kullanıma uygun olduđunu tespit etmişlerdir.

Yang ve diğerleri (2014) tarafından Çin'de bulunan manganez maden sahası çevresinden toplanan 12 bitki türü üzerine fitoremediasyon kullanım potansiyellerinin araştırması yapılmıştır. Toplanan bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde yeterli düzeyde biriktirmediği ve fitoremediasyon için uygun olmayan türler olduğu sonucuna varılmıştır.

Bech ve diğerleri (2012) araştırmasında Peru maden sahasında bulunan ve karasal türlerden olan *Bidens triplinervia* ve *Senecio* sp. nin hiperakümülyasyon kapasitelerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda toprak ve bitkilerinde kurşun ve çinko konsantrasyonlarının yoğun miktarda olduğu gözlenmiş olup özellikle *B. triplinervia* türünün fiteromediasyonda kullanmak için uygun bir tür olduğu sonucuna varılmıştır.

Ghaderian ve Ghotbi-Ravandi (2012), İran'daki maden sahasında yaptıkları çalışmada, *Polypogon fugax* (4012 µg/g), *Epilobium hirsutum* (1581 µg/g) ve *Onosma stenosisifon* (657 µg/g) türlerinin yüksek düzeyde bakır topladıklarını ve bu türlerin kirlenmiş sahalardan temizlenmesinde de kullanılabileceklerini ortaya koymuşlardır.

Barrutia ve diğerleri (2011) İspanya'da bulunan Pb-Zn işletmesi çevresinden alınan *Thlaspi caerulescens* bitkisinin kökünde Zn, Pb ve Cd konsantrasyonlarının yüksek değerde olduğunu ve bu türün Zn-Cd bakımından hiperakümülatör olduğunu belirlenmişlerdir.

Haque ve diğerleri (2008) tarafından ABD'nin Arizona eyaletindeki maden sahasında bulunan *Baccharis sarothroides* türünün hiperakümülyasyon kapasitesini tespit amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Araştırmacılar analiz verilerine göre bu türün fitoremediasyonda kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Conesa, Faz ve Arnaldos (2005), İspanya’da yer alan maden sahasındaki bitkilerin ağır metal biriktirebilme yetenekleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu alanlarda kurşun ve çinko metallerince kirli olduğu tespit edilirken toplanan bitkilerin metal biriktirebilme yeteneklerinin önemli derecede olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yanqun ve diğerleri (2005) tarafından Çin’de bulunan Pb-Zn yatağı çevresinden toplam 220 adet bitki ve 220 adet üzerinde yetiştikleri toprak örneği alınmıştır. Sonuç olarak 16 türün 21 bitki örneği en iyi akümülatör olarak seçilmiştir.

Shen ve Liu (1998), Çin’ nin Heqing bölgesinde Pb madeni çevresinde 19 bitki türü ve üzerinde yetiştikleri toprak örneklerinin içerdiği ağır metal birikim değerlerini incelemiştir. Çalışma sonucuna göre *Ricinus communis L.*, *Tephrosia candida* ve *Debregeasia orientalis* hiperakümülatör bitkilerdir.

Aşağıda Türkiye’deki maden sahalarında yapılmış olan bazı fitoremediasyon çalışmaları özetlenmiştir.

Adana Aladağ ilçesinde bulunan maden sahasında toplanan bitki türlerini (*Aethionema spicatum*, *Alyssum (alyssoides, oxycarpum, floribundum)*, *Thlaspi oxyceras*, *Convolvulus compactus*, *Fumana arabica*, *Onosma cappadocicum* ve *Salvia cryphantha*) fitoremediasyon yetenekleri araştırılmış olup bu türlerin hiperakümülatör oldukları tespit edilmiştir (Çeliksa, 2020).

Palutoglu ve diğerleri (2018) tarafından Kütahya Gümüşköy maden alanında yayılış gösteren bitkiler Cd ağır metali için fitoremediasyon yeteneklerini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda *Carduus nutans* ve *Phlomis* sp. türlerinin akümülatör olduğu tespit edilmiştir.

Malatya Görgü Yeşilyurt Pb-Zn maden sahasında doğal olarak yetişen karasal *Astragalus pycnocephalus* Fischer ve *Verbascum euphraticum* L. türlerinin bünyesinde biriken Cd, Pb ve Zn konsantrasyon değerlerinin ölçümünü yapılmış olup analiz sonuçlarına göre bu türlerin Cd, Pb’ ce kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilirliği test edilmiştir (Kırat, 2017).

Yıldırım ve Şaşmaz (2017), Kütahya Gümüşköy maden yataklarında toplanan 11 bitki türünü arsenik, çinko ve kurşun birikimi açısından incelemiştir. Araştırma sonucunda *Glaucium flavum*, *Phlomis* sp. türlerinin hiperakümülatör yetenekleri olduğu ve fitoremediasyonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Eskişehir (Kırka), Balıkesir (Bigadiç) ve Kütahya (Emet) şehirlerinden 220 bitki örneği ve bitki toprakları alınarak ağır metal içerikler araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Mn için *Gypsophila perfoliata* L. bitki türünün belirtgen (indikatör) bir bitki olduğu sonucuna varılmıştır (Özdemir ve Akyıldız, 2014).

Petrol hidrokarbonlarının fitoremediasyon yöntemiyle temizlenmesi amacıyla ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitki türü kullanılmıştır. Petrolce kirlenmiş olan sahaya ayçiçeği tohumları dikilerek bir ay boyunca gözlem yapılmıştır. Çalışma sonucunda *H. annuus* bitki türünün fitoremediasyon tekniği kullanılarak kirliliği önleyebileceği sonucuna varılmıştır (Erol, 2010).

Şaşmaz ve Yaman (2006), Keban Pb-Zn işletmesi ve çevresindeki bitki ve toprakların Cr, Ni ve Co konsantrasyon değerlerini incelemiştir. *Euphorbia*, *Verbascum* ve *Astragalus*' a ait türleri hiperakümülatör olarak belirlemiştir.

Madenköy (Niğde) ve çevresinde yapılan çalışmada *Astragalus* sp. bitki türünü Mn, *Juniperus oxicedrus* bitkisini Pb, *Pinus nigra* bitkisini Zn, *Rosa Canina*'yı Al-Cu ve Fe, *Paliurus spinachrit* bitkisini ise Mn, Fe, Zn, Pb bakımından hiperakümülatör olarak ifade etmiştir (Gedik, 2005).

Musalı (Mersin) ve Silifke-Anamur (Mersin) kayaçları üzerinden toplanan *Pinus brutia* bitki türü ve toprak örneklerinin Zn ve Fe konsantrasyonları incelenmiş ve *Pinus brutia*'nın iğne yapraklarının Zn, dalının ise Fe bakımından biyomonitör olabileceğini belirlenmiştir (Özdemir, 2005).

Bakır işletmesinin açığa çıkardığı atıklar ile kirlenen Maden Çayı (Elazığ-Maden)'nda yapılan çalışmada bitki, toprak ve sudaki Cu düzeyleri incelenmiştir. *Salix acmophylla*, *Tamarix smyrnensis* ve *Phragmites australis* bitki türleri Cu için biyomonitör bitki olarak belirlenmiştir (Özdemir ve Sağıroğlu, 2000).

Özdemir ve Sağıroğlu (1998), Maden'de (Elazığ) bulunan Maden ayı'nda yaptıkları çalışmada Fe metalinin bitki ve toprak arasındaki ilişkisini incelemişler ve *Phragmites australis* ve *Carex acuta* türlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirlemişlerdir.

2.4.2. Çeşitli alanlarda yapılmış diğer fitoremediasyon alışmaları

Aşağıda Türkiye'de yapılmış olan bazı fitoremediasyon çalışmaları özetlenmiştir.

Bitlis ili Güroymak iliesindeki katı atık tesisinde yapılan çalışmada bazı bitki türlerinin (*Hypericum scabrum* L., *Achillea vermicularis* Trin, *Anchusa azurea* Miller var. *azurea* Gard.Dict.) ağır metal biriktirebilme potansiyelleri (hiperakmlasyon yetenekleri) tespit edilmeye çalışılmıştır. Türlerde Mg, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb ve Ca metallerinin yoğunluklarının toksik seviyelerde olmadığı tespit edilmiştir. (Hayta ve Avcil, 2019).

Göker (2019), yaptığı çalışmada fitoremediasyon tekniği ile Cr metaliyle kirlenmiş toprakların ıslahında mısır (*Zea mays* L.) bitki türünü kullanmıştır. Bu alışma mısırın hiperakümülatör bir bitki olduğunu ve fitoremediasyon tekniğinde kullanılabilecek türlerden biri olabileceği sonucuna varılmıştır.

Erdaş (2019), *Epilobium hirsutum* bitki türünün fitoremediasyondaki kullanılabilirliğini ve çinko varlığındaki kök, gövde, yaprak büyüme parametreleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada sonucunda *E. hirsutum* fidelerinin en fazla Zn akümüle ettiği (14 894,90±17,11 mg Zn/kg) konsantrasyon 30 mg Zn/L olarak tespit edilmiştir. Çinko ile kirlenmiş alanların temizlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2019 yılında Malatya'da yapılan çalışmada 5 farklı noktadan alınan *Morus alba* L. (Akdut) bitki türünün kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki ağır metal (Zn, Pb, Co, Ni, Fe, Cu, Cr, Mn, Al, Cd) birikim konsantrasyonları araştırılmıştır. evre yoluyla, sanayi sahalarından alınan örneklerdeki konsantrasyon değerlerinin diğer alanlara göre oldukça yüksek çıktığı belirlenmiştir (Karadeniz ve Osma, 2019).

meten (2019) 'in yaptığı çalışmada özellikle trafik sebebiyle oluşan ağır metal kirliliğinin giderilmesinde sarıçam (*Pinus slyvestris*) bitki türünün hiperakümülatör özelliğini belirlemek amaçlanmıştır. Ankara-İstanbul otabanı güzergahından numuneler alınıp ve analizler

yapıldığında sarıçam bitkisinin Cd ve Cr kirliliğinde iyi bir biyomonitör olduğu tespit edilmiştir.

Erzurum'da yayılış gösteren *Elaeagnus angustifolia* L. türünde ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Ni, Fe, Mn, Cu ve Zn elementleri için *Elaeagnus angustifolia* L. bitkisinin iyi bir biyomonitör olabileceği tespit edilmiştir (Zengin ve Yıldız, 2019).

Çorum il sınırında toplanan bazı mantarlara (*Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc., *Agaricus campestris* L., *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers., *Cystoderma amianthinum* (Scop.) Fayod, *Cystoderma carcharias* (Pers.) Fayod, *Cystodermella granulosa* (Batsch) Harmaja, *Lycoperdon molle* Pers., *Macrolepiota permixta* (Barla) Pacioni) yönelik yapılan çalışmada örneklerinin içerdiği ağır metal (Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se ve Zn) birikim konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonucuna göre mantarlarda arsenik ve nikel dışında diğer elementlerin bulunduğu özellikle Al, Fe ve Mg konsantrasyonların yoğun çıktığı belirlenmiştir (Akın, Alkan ve Kaşık, 2019).

Birceyudum ve Gökseven (2019), süs lahanası bitkisiyle topraktan bor metali temizliğinde fitoremediasyon tekniğini uygulamıştır. Araştırma esnasında artan bor miktarı ile bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal incelemeleri yapılmış olup çalışma sonucunda bu bitkinin hiperakümülatör bitki olduğu tespit edilmiştir.

İpek (2019), çalışmasında *Brassica napus* L.(Kanola), *Chenopodium quinoa* Willd. (Kinoa) ve *Allium cepa* L. (Soğan) bitkilerinin kurşun kirliliğinin giderilmesi amacıyla fitoremediasyonda kullanılabilirliğini araştırmıştır.

Sincan organize sanayi bölgesinden toplanan *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud, *Typha latifolia* L. ve *Polygonum lapathifolium* türlerinde fitoremediasyon çalışmaları yapılmıştır. Ağır metallerce kirlenmiş olan alanların temizliğinde bu türlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Kaya, 2019).

Ceratophyllum demersum L. ve *Pogostemon erectus* (Dalzell) Kuntze bitki türleri üzerine Cd, Cr ve Pb etkilerini araştırmaya yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma metal toksisitesi altındaki bu bitkilerde yaprak dökülmesi, yapısal bozulmalar ve ölüm gözlenmiştir. Bu

çalışmanın fitoremediasyon çalışmalarına katkı sunabileceği düşünülmektedir (Doğan, Karataş ve Aasim, 2018).

Amik Ovası'nda yapılan çalışma bakır ile kirlenmiş olan toprağın *Xanthium strumarium* L. (pıtrak) bitki türü yetiştirilip türün fitoekstraksiyon yeteneği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada pıtrak bitki türünün fitoremediasyon tekniği yardımı ile özellikle bakır ile kirlenmiş sahaların ıslahında uygulanabileceğini sonucuna varılmıştır (Eren, 2018).

Çanakkale'de yapılan bir çalışmada pestisitlerin sebep olduğu kirliliğinin temizlenmesinde kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkisi kullanılmıştır. Saksılara kabak ekilip üzerine imidacloprid pestisiti eklenerek 15 gün süre ile incelenmiştir. Kök, gövde ve yapraklar incelendiğinde özellikle pestisitlerin kök bölgesinde tutulduğu tespit edilmiştir (Potur, 2018).

Özellikle nikel, kadmiyum ve bakırca kirlenmiş topraklarda andız otu (*Inula helenium*), fener otu (*Physalis angulata*) ve sığırkuyruğu (*Verbascum thapsus*) bitki türleri yetiştirilerek kirlenmiş toprakların temizlenmesinde kullanılabilirliği araştırılmış ve sonuç itibarıyla fener otu ve sığırkuyruğu türlerinin fitoremediasyonda kullanılabileceğine yönelik tespitlerde bulunulmuştur (Eren ve Mert, 2017).

Dağhan (2016), *Tagetes patula* L. (Kadife çiçeği) bitki türünün kadmiyum konsantrasyon potansiyelini araştırılmış ve bu türün hiperakümülyasyon konsantrasyon potansiyeli sonucunda Cd ile kirlenmiş olan toprakların fitoremediasyonunda kullanılabilirliğinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Tekirdağ'ın Muratlı, Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde yapılan bir çalışmada fabrika sahalarından alınan 28 toprak numunesinin ağır metal konsantrasyon değerleri incelenmiştir. Tarım arazilerine yakın sahalarda ağır metallerin bitki organlarında hasarlara neden olduğu ve çalışma neticesinde ağır metallerce kirlenmiş bu alanlarda fitoremediasyon tekniğinin uygulanabileceği önerilmiştir (Polat, Bellitürk ve Metinoğlu, 2016).

Kayseri'nin Yahya ilçesinde serpantin bulanan sahalarda yetişen bazı bitkilerin hiperakümülyasyon yeteneklerini belirlemek için bitki ve toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin ağır metal içerikleri belirlenerek bitkilerin hiperakümülyasyon yetenekleri

ölçülmüştür. Toplanan bitkilerin fitoremediasyonla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Leblebici ve Çelik, 2016).

Fitoremediasyon yönteminde Vetiver çimi (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) türünün kirliliği önleme amacıyla kullanılmış ve bu bitki türünün yanı sıra solucanların biyoremediasyon da ağır metal kirliliğinin giderilme durumu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan çim ve solucanların kirlilik gideriminde kullanılabilirliği saptanmıştır (Akıncı, Yüksek ve Demirel, 2016).

Ağır metallerce kirlenmiş toprakların temizlenmesinde aspir (*Carthamus tinctorius*) ve yabancı hint yağının (*Ricinus communis*) saksılarda yetiştirilerek hiperakümülatör yeteneklerini araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre her iki maddenin de metallere karşı yüksek tolerans göstermesi sebebiyle fitoremediasyonda kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir (Çiftçi, 2016).

Kirlenmiş olan tarım arazilerinin ıslahı için labada bitkisi yetiştirilerek kurşun kirliliğinin ıslahı araştırılmaya çalışılmıştır. Saksılara kirletici madde olarak kurşun Pb (NO₃) konulup, çiçeklenme esnasında belirli dozlarda EDTA uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ağır metalce kirlenen sahalarda fitoremediasyon tekniğinin kullanılabilirliği ortaya konmuştur (Adiloğlu ve diğerleri, 2015).

Vanlı (2007), yaptığı çalışmada kurşun, kadmiyum ve bor elementlerince kirlenmiş olan sahaların temizlenmesinde fitoremediasyon tekniğini test etmiştir. Çalışmasının materyalini mısır, ayçiçeği ve kanola bitkileri oluşturmakta olup bu türlere belirli dozlarda şelat ekleyerek bitki türlerindeki metal birikim kapasitelerini ölçmüştür. Bu üç türün fitoremediasyon için uygun olduğu sonucuna varmıştır.

2007 yılında Muğla'da ağır metal kirliliğini tespit etmek amacıyla *Pyracantha coccinea* Roem. (Ateş dikenini) bitkisinin fitoremediasyonda kullanılabileceğine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Araştırma neticesinde bu türün ağır metallerce biyomonitör özellik gösterdiği ve fitoremediasyonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Akgüç, 2007).

Abanuz (2007), doktora çalışmasında çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin ağır metal kapsamlarını incelemiştir. Araştırmacıya göre, bölgedeki çay bitkisinin topraktan

elementleri alma kapasiteleri hesaplandığında Zn>Cu>Pb>Al>Cd>Fe şeklinde, yapraklarda ise Fe>Cd>Pb>Cu>Zn>Al şeklinde sıralanmaktadır.

Türkiye'deki *Alyssum* cinsine ait bazı endemik türler üzerindeki nikel derişimleri incelenmiş olup, *Alyssum (cassium, callichroum, huber-morathi, masmenaeum, pinifolium, pterocarpum)* türlerinin hiperakümülatör oldukları sonucuna varılmıştır (Reeves ve Adıgüzel, 2004).

Özdemir, Zorlu ve Eryılmaz (2003) dünyada ve ülkemizde hiperakümülatör türler üzerine yapılmış olan çalışmaları derlemiştir.

Demir (2008), Mersin-Kazanlı bölgesinde yayılış gösteren 19 bitki türü ve topraklarına ait ağır metal çalışması yapmıştır. *Melilotus alba, Alhagi camelorum, Xanthium strumarium, Vicetoxicum parviflorum, Salsola kali, Arundo donax, Pancratium maritimum* türlerinin biyomonitör bitki olabileceğini saptamıştır.

Aşağıda diğer ülkelerde yapılmış olan bazı fitoremediasyon çalışmaları özetlenmiştir.

Sricoth, Meeinkuirt, Pichtel, Taeprayoon ve Saengwilai (2018), ağır metaller ve diğer kirleticiler ile kirlenmiş olan atık suların *Typha angustifolia* ve *Eichhornia crassipes* ile temizlenmesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda *T. angustifolia* ve *E. crassipes* bitkilerinin köklerinde sırasıyla Zn, Cd ve Pb birikimi tespit edilmiştir.

Arán, Harguinteguy, Fernandez-Cirelli, ve Pignata (2017), çalışmasında fitoremediasyon ile Pb, Cr, Ni ve Zn ağır metallerinin *Limnobiium leavigatum* bitkisi tarafından alınımı ve bitkinin bu metallere karşı olan toleransını araştırmıştır. Araştırma sonucunda bitki köklerindeki Pb, Cr, Ni ve Zn birikim oranının yapraklardaki birikim oranına göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. BCF'nin bitki köklerinde 11 500 ve yaprakta 3 300 olduğunu tespit etmişlerdir.

Willscher, Jablonski, Fona, Rahmi ve Wittig (2017), yaptıkları çalışmada *Helianthus tuberosus*'un fitoekstraksiyon kapasitesini, araştırmış ve bitkinin köklerinde pH 5'de 853 mg Zn/kg ve pH 6'de ise 665 mg Zn/kg biriktiğini tespit etmişlerdir.

Nan ve diğerleri (2013) tarafından Çin'de Huayyuan Nehri kenarlarında doğal olarak yayılış gösteren on üç türü Mn, Zn, Cd ve Pb açısından inceleyerek hiperakümülatör yetenekleri

tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre *Alternanthera philoxeroides* türünün fitoremediasyonda kullanılabilceği ve bir hiperakümülatör tür olduğu tespit edilmiştir.

Kumari, Lal, Pakade ve Chand (2011) tarafından Hindistan'ın Bihar eyaletinde *Pteris vittata* L. subsp. *vittata* türü üzerinde ağır metal birikimi üzerine analizler yapılmıştır. Türün demir, bakır, krom, çinko, nikel ve alüminyum metallerine karşı toleranslı olduğu ve fitoremediasyonda kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Bostwana'da mineralli bölgelerde *Helichrysum candolleanum* ve *Blepharis diversispina* bitki türlerinde Cu ve Ni birikimini araştırmışlar ve *H. candolleanum* bitkisinin dallarında ve yapraklarında hem Cu hem de Ni için yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bakırın, *H. candolleanum* bitkisinin dal ve çiçeklerinde yüksek oranda bulunmasından dolayı, bu elementin bu bitki için hiperakümülatör olabileceğini belirtmişlerdir (Nkoane, 2005; Kırat, 2017).

İtalya Güney Tuscany alanında yetişmekte olan *Mentha aquatica* ve *Phragmites australis* bitki türleri ve toprak örneklerinde arsenik içeriğini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda toprak örneklerinde 5,3-2035,3 ppm, *Mentha aquatica*'nın kök ve yaprak kısmında 540-216 ppm ve *Phragmites australis*'in kök kısmında 688 ppm arsenik bulmuşlardır (Baroni, Boscagli, Dilella, Protano ve Riccobono, 2004; Kırat, 2017).

Lasat (2000), genel olarak topladığı bitkilerin 100 ppm'lik Zn içeriğinde toksisik semptomlar gözlediğini fakat yaygın olarak bilinen metal hiperakümülatörü *Thlaspi caeruledcens*'in 26000 ppm'in üzerinde bir birikim sağladığını tespit etmiştir.

3. MATERYAL METOD

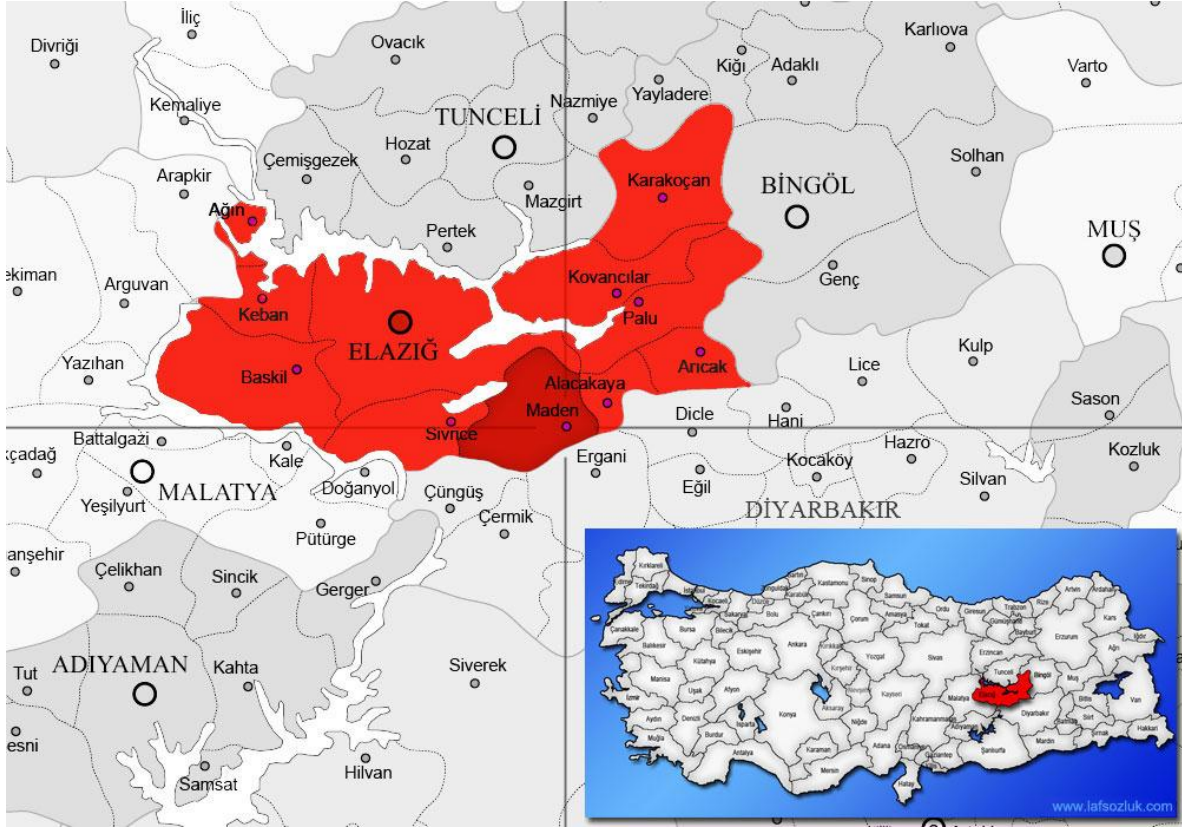
Elazığ Maden ilçesinde bulunan krom ve bakır ile Amasya Gümüşhacıköy ilçesinde bulunan kurşun çinko maden sahalarındaki ağır metal kirliliğini konu alan bu tez çalışmasında endemik ve endemik olmayan bitki ve toprak numuneleriyle gerekli örnekleme çalışması yapılmış, inceleme alanı ve inceleme konusuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar derlenmiş ve konuyla ilgili literatür taranmıştır. Amacımız doğrultusunda, işletmesi devam etmekte olan Elazığ Maden ilçesi ve işletmesi devam etmeyen Amasya Gümüşhacıköy ilçesi sınırlarında bulunan maden sahalarından, 2018 yılı Mayıs- Ekim ayları arasında ve bitkilerin en olgun oldukları zamanda türler toplanmıştır. Çalışma alanlarının seçimi, arazi ve laboratuvar çalışmaları ve diğer işlemler ile ilgili bilgiler aşağıda anlatılmıştır.

3.1. Araştırma Alanının Özellikleri

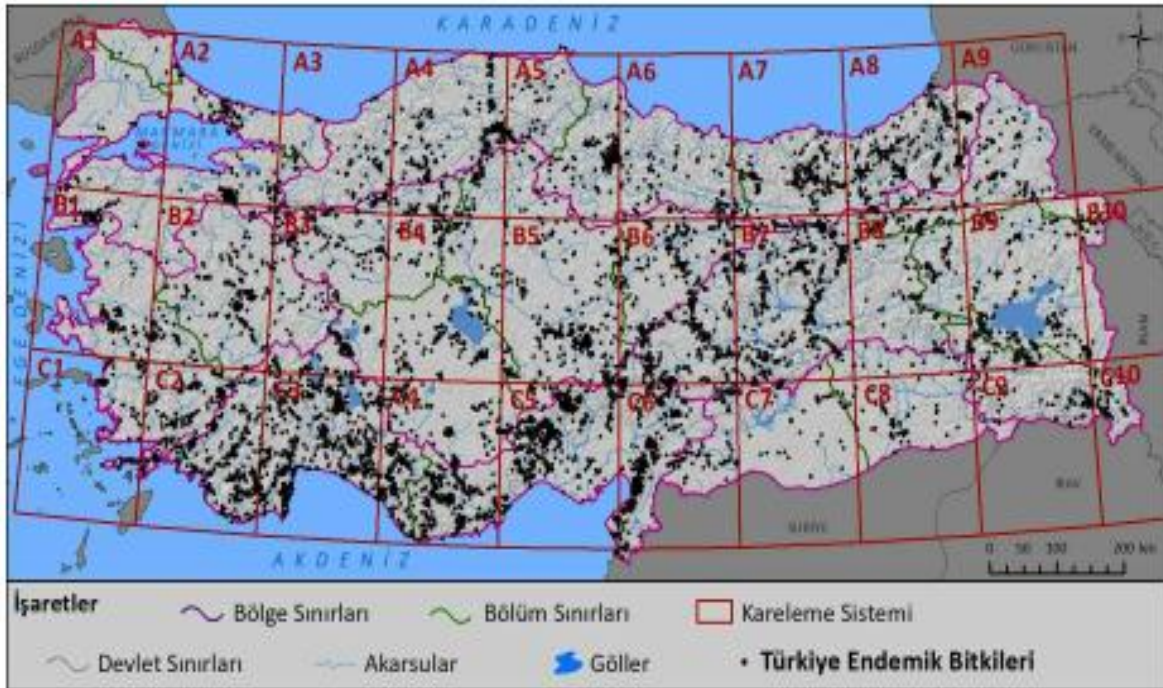
3.1.1. Elazığ Maden ilçesi konumu, genel jeolojik yapısı ve iklimsel özellikleri

Elazığ, Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden biri olan Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan bir ildir. Coğrafi konum itibariyle doğuda Bingöl, kuzeyde Tunceli, kuzeybatıda Erzincan, batıda Malatya ve güneydoğusunda Diyarbakır illeri ile çevrilidir (Harita 3. 1.). Elazığ genellikle dağlar, ovalar ve platolarla kaplı olan şehirlerden biridir. Maden ilçesi ise il merkezine yaklaşık 80 km uzaklıkta bulunan 38° 23' 23" N enlem ve 39° 40' 7" E boylamına sahip olan, Mihrap Dağları'nın eteklerinde kurulmuş olan küçük bir şehirdir (Çakılcıoğlu, 2011).

Maden ilçesi doğudan Alacakaya, güneyden Ergani, Çermik ve Çüngüş, batıdan Sivrice, kuzeyden Elazığ Merkez ve Palu ilçesi ile çevrilmiştir. Maden, İran-Turan Bitki Coğrafyası Bölgesi içinde yer almakta ve Davis'in "Grid sistemi"ne göre B7 karesine girmektedir (Davis, 1965). Alanımızın dahil olduğu B7 karesi, Akdeniz Bölgesi'nden sonra endemizm yönünden en zengin karedir (Şekil 3. 1.).



Harita 3.1. Elazığ (Maden) çalışma alanı coğrafi konumu



Şekil 3. 1. Türkiye florası endemik taksonlarına lokasyonların kareleme sistemine göre dağılımı (Şenkul ve Kaya, 2017)



Resim 3. 1. Çalışma alanının genel görünümü

Elazığ ili ve çevresi Alp Himalaya dağ oluşum kuşağının Doğu Toroslar üzerinde farklı dönemlere ait metamorfik, magmatik, tortul ve volkanik kayalar içermektedir. Bu kayalardan en yaşlı olanı Pütürge metamorfikleri olup, Keban metamorfikleri, Ofiyolitler, Yüksekova karmaşığı, Hazar karmaşığı, Maden karmaşığı gibi kayaç oluşum çeşitleri de vardır. Çalışma alanımız olan Maden çevresi, Karakaya Baraj Gölü'nün doğusundaki Değirmen Dere Vadisi yamaçları, Hazar Gölü'nün kuzeyinde yer alan Çelemlik ve Master Dağı, güneyde Hazar Baba ve Maden Dağları'nda, doğuda Alacakaya ve Küp Dağı çevresinde geniş bir alanda yüzeyleyen Alt-Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanosedimenter kayaların ardalanmasından oluşmaktadır. Tabanda yer yer konglomera ile başlayan kumtaşı, kireçtaşı kil taşı ardalanması ile devam etmektedir. Üst seviyelerde volkanik ara katkılıdır (Tonbul ve Özdemir, 1994). Çok eski tarihlerden beri işletilen bakır

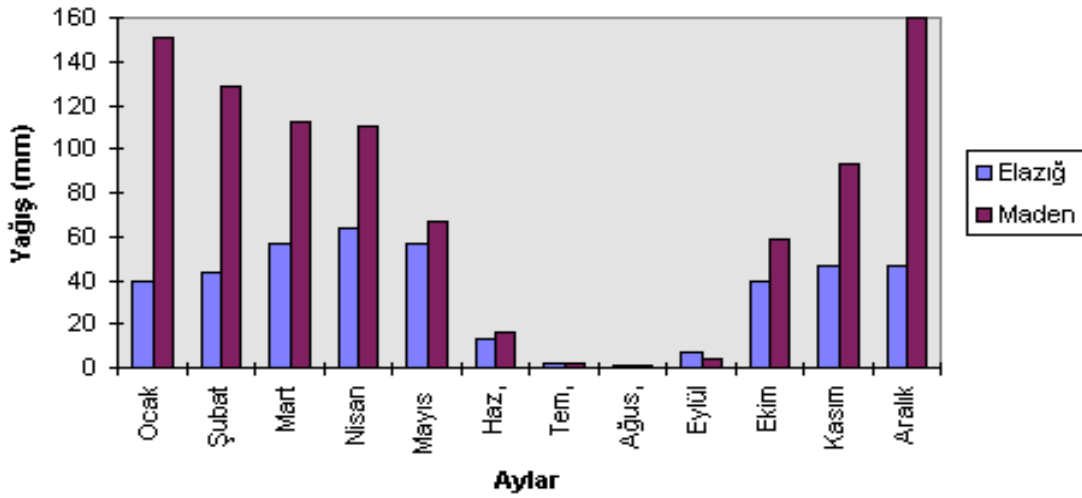
madeni yataklarını bünyesinde barındıran maden dağları Diyarbakır ile il sınırını meydana getirmektedir.

Maden ilçesi, yoğun olarak karasal iklimin hakim olduğu, yer yer de Akdeniz ikliminin görüldüğü, kışları karlı ve soğuk, yazları ise kurak ve sıcak geçen bir iklime sahiptir. Elazığ'da uzun yıllara ait ortalama aylık, en düşük ve en yüksek sıcaklıkların değişimi arasında bir paralellik vardır (Atasoy ve Çitçi, 2009). Bu sıcaklık ortalama değerlerine göre en düşük sıcaklık ocak ayında yaşanırken, en yüksek sıcaklık temmuz ayı içerisinde yaşanmaktadır (Çizelge 3. 1.).

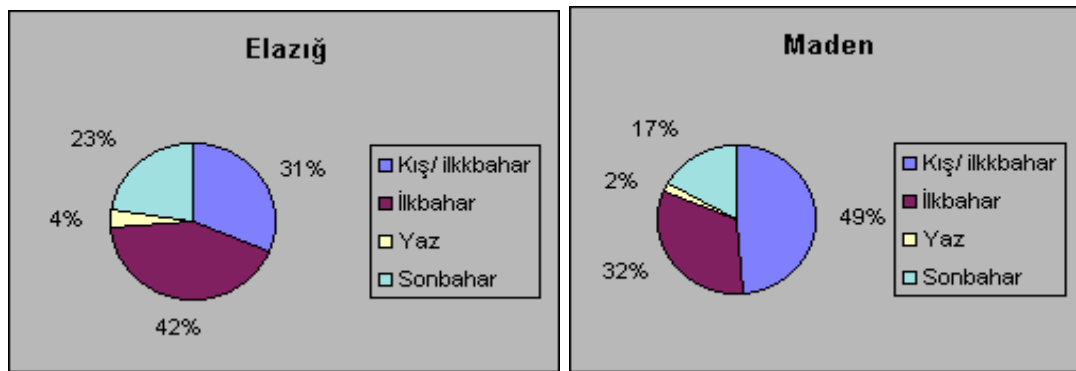
Çizelge 3. 1. Elazığ'ın uzun yıllara (1938-2018) ve 2018 yılına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2018)

Elazığ'ın uzun yıllara (1938-2018) ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri													
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ortalama sıcaklık °C	-0,9	0,6	5,5	11,9	17,2	22,7	27,1	26,9	22	14,8	7,4	1,8	13,1
En yüksek sıcaklık °C	2,9	5	10,8	17,8	23,6	29,7	34,2	34,2	29,4	21,4	12,6	5,6	18,9
En düşük sıcaklık °C	-4	-3,1	0,9	6,4	10,9	15,3	19,4	19,2	14,6	8,9	3,1	-1,3	7,5
Güneşlenme süresi (saat)	2,6	3,6	5	6,5	8,7	11	11,7	11	9,2	6,7	4,5	2,3	82,8
Yağışlı gün sayısı	12,1	11,5	12,4	12,2	10,9	4,1	1,1	0,7	2,2	7,2	9,1	11,7	95,2
Toplam yağış miktarı (mm)	40,8	42,3	53,5	63,3	51,8	12	2,2	0,7	7,8	40,5	48,7	44,6	408,2
En yüksek sıcaklık °C	12,4	18,6	26,4	32,2	31,4	38,6	42,2	41,3	37,8	32,1	24,3	24,6	42,2
En düşük sıcaklık °C	-22,6	-21,4	-17	-7	0	4	6,7	10,2	1	-2,2	-15,2	-22,6	-22,6
Elazığ'ın 2018 yılına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri													
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ortalama sıcaklık °C	3,8	6	11,3	15,2	17,8	23,7	28,8	28,4	23,8	16,8	8,5	4,7	
Ortalama En yüksek sıcaklık °C	7,8	11,4	17	23,2	24,7	31,5	36,6	36,3	31,8	23,6	13,8	7,7	
Ortalama En düşük sıcaklık °C	0,7	1,6	5,7	7,7	12,1	15,8	20,2	20,2	16	10,8	4,5	1,9	
Toplam yağış miktarı (mm)	62,4	29	31,8	13,3	79,1	39	0,3	0,2	0,7	30,1	40	130	

Elazığ ilinin en alçak kısmında bulunan Keban ilçesi 14. 6° C ile Doğu Anadolu Bölgesi'nin en sıcak olan alanlarından biridir. Elazığ ilinde doğudan batıya doğru gidildikçe sıcaklık farkı azalmaktadır. Bu durum il sınırları içindeki karasallık şiddetinin doğudan batıya doğru azaldığını göstermektedir (Tonbul, 1990). Elazığ ilindeki yıllık yağış miktarı 374 mm ile 903 mm arasında değişmektedir. Aylara bakıldığında en fazla yağış nisanda düşerken, en kurak ay ise ağustos ayıdır. En yağışlı geçen mevsim ilkbahar en kurak geçen mevsim ise yaz mevsimi olarak belirlenmiştir. Ancak Maden ilçesinde en yağışlı mevsim kış mevsimidir. İl sınırlarından güneye doğru gidildikçe- örneğin Maden- Akdeniz iklimi belirgin bir şekilde görülmektedir (Tonbul, 1990) (Şekil 3.2- Şekil 3.3).



Şekil 3. 2. Elazığ ve Maden istasyonlarında yağışın mevsimlik dağılışı



Şekil 3. 3. Elazığ ve Maden istasyonlarında yağışın mevsimlik dağılışı.

Çalışma alanımız Doğu Toros orojenik kuşağında yer alıp, Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunmaktadır. Jeolojik yapısı sebebiyle birçok cevherleşmeye sahip olan bu il metalik maden ve endüstriyel ham madde açısından Türkiye için oldukça büyük bir öneme

sahiptir. Yapılan çalışmalar sonucunda Elazığ, başta krom ve mermer olmak üzere, bakır, kurşun, çinko, demir, manganez, şelit, florit ve kireçtaşı çıkarımına sahiptir. Hatta Türkiye'deki krom madeninin yaklaşık % 45'lik miktarı Guleman bölgesinde bulunmaktadır. Maden ilçesinde ise en fazla rastlanan metaller bakır, kurşun, çinko, demir ve gümüştür.

3.1.2. Amasya Gümüşhacıköy ilçesi konumu, genel jeolojik yapısı ve iklimsel özellikleri

Amasya, Orta Karadeniz Bölgesi'nde Samsun, Tokat, Yozgat ve Çorum illeriyle sınır uzunlukları bulunan bir ilimizdir. Amasya geneli incelendiğinde bu ilde, çoğunlukla dağlar ve dağları derin yaran vadilerin bulunduğu söylenebilmektedir. Amasya topraklarında Yeşilirmak Vadisi ve kolları boyunca, ovalar ve dar boğazlar yer almaktadır.

Çalışma alanımız Amasya ili, Gümüşhacıköy ilçe sınırlarında bulunan İnegöl Dağı'dır. Bu dağın doğusunda Gümüşhacıköy, batısında Osmançık, güneyinde ise Hamamözü ilçeleri bulunmaktadır. İnegöl Dağı'nın bulunduğu bu alan Davis' in Grid sistemine göre A5 karesi içerisinde bulunmaktadır. İnegöl dağının içerisinde bulunan Gümüşhacıköy ilçesi, 40.867420 enlem ve 35.184887 boylamda yer almakta olup deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 780 m' dir (Yıldırım, 2012).



Harita 3.2. Amasya (Gümüşhacıköy) çalışma alanı coğrafi konumu

Litolojik ve tektonik etmenler bu alanın günümüzdeki şeklini almasında oldukça etkili olup yüksek ve alçak alanları oluşturmuştur. Çalışma alanının yapısı Ilgaz Masifine ait kayaçlar oluşturmaktadır. Bu kayaçlar paleozoik yaşlı fillit, kuvarsit, yeşil şist ve mermerlerdir. İnegöl Dağı andezit bakımından oldukça zengin olmakla birlikte bu dağın yamaçlarında faylar da bulunmaktadır (Yıldırım, 2012). Amasya ili ve çevresi zengin ve karmaşık bir jeolojiye sahip olmakla birlikte incelenen kayaçların ortalama 430 milyon yıl önce oluştuğu düşünülmektedir. Amasya ili Tokat masifinin içinde bulunmaktadır ve Tokat masifi Çankırı Havzası ve Kuzey Anadolu Fayı ile sınırlanmaktadır. Bu alan Pontidler ismiyle anılan Karadeniz şeridi boyunca uzanan bir dağ kuşağının parçasıdır. Pontidler yaklaşık 29 milyon yıl önce yükselmeye uğrayarak, yan kollarının meydana gelmesiyle bu alanının genel coğrafyasını oluşturmuştur. Amasya çevresinde bulunan havzaların çoğu bu dönemde oluşmuştur (Çevre Durum Raporu, 2017).

Amasya meteorolojik verileri incelendiğinde ilin sahip olduğu yıllık ortalama sıcaklık 13,9 °C'dir. Aylık ortalama sıcaklık mayıs ayı ile eylül ayı içerisinde 18°C'nin üzerinde kaldığı görülmektedir. Amasya ve çevresinde genellikle geçiş iklimi hakimdir. Yaz mevsimleri karasal iklimde olduğu gibi kurak geçmezken, kış mevsimleri ise Karadeniz ikliminde olduğu gibi yağışlı geçmemektedir. Kış mevsimi ise Karadeniz gibi ılıman değilken, kara iklimi kadar soğuk değildir. Bölgenin bağıl nem oranı yaz döneminde azalış göstermektedir. Bölgede yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise yağışlıdır. Bölgeye en fazla kış mevsiminde yağış düşerken en az yaz mevsiminde görülmektedir (Çizelge 3. 2.) .

Amasya ve çevresi, geçiş iklimi özelliği göstermesinden ötürü endemik bitki türleri açısından zengin sayılmaktadır. İl genelinin % 32'si ormanlık alanlarla kaplıdır ve ormanlar çoğunlukla Akdağ bölgesinde bulunmaktadır. Bu ormanlık alanlarda meşe (karışık), sarıçam, karaçam, kayın ve aşağı seviyelerde (400 m.) az miktarda kızılçam ağaçları, ayrıca yabancı ahlat ve erik gibi ağaççıklar, sürünücü ardıç gibi çalı formları bulunmaktadır. Endemik bitkiler bakımından ise oldukça zengindir. *Anthemis cretica* L. ssp. *argaea* (Boiss.& Ball) Grierson (Papatya), *Tragopogon aureus* Boiss.(Yemlik), *Tripleurospermum callosum* (Boiss.& Heldr.) E. Hossain (Koyun gözü), *Lonicera caucasica* Pall. ssp. *orientalis* (Lam.) Chamb.& Long (Kurtkulağı), *Sempervivum brevipilum* Muirhead (Kader çiçeği) endemik bitkilere örnek verilebilir (Cansaran, Yıldırım ve Kaya, 2007).

Çizelge 3. 2. Amasya ili uzun yıllara (1954-2018) ve 2018 yılına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2018)

Amasya ili uzun ortalama yıllık toplam iklim verileri (1954-2018)												
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ortalama sıcaklık °C	2,6	4,4	8,4	13,5	17,9	21,6	24,1	23,9	20	14,6	8,6	4,6
En yüksek sıcaklık °C	6,8	9,3	14,4	20,2	24,9	28,6	31	31,2	27,6	21,7	14,4	8,7
En düşük sıcaklık °C	-1	0	2,9	7,2	10,9	14,3	16,5	16,4	12,7	8,4	3,8	1,2
Güneşlenme süresi (saat)	2,1	3,1	4,3	5,5	7,3	9	9,5	9,2	7,4	5,6	3,1	2
Yağışlı gün sayısı	12,2	11,1	12,4	13,4	12,7	8,6	3,3	2,6	4,7	7,9	9,5	12,5
Toplam yağış miktarı (mm)	49,1	38,4	46,7	57,2	50,9	36,4	14,7	9,2	20,5	36	45,4	55,8
Amasya ili 2018 yılına ait iklim verileri												
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ortalama sıcaklık °C	6,0	8,5	12,3	16,0	20,1	23,4	25,6	25,4	21,4	16,2	9,7	5,6
ortalama maksimum sıcaklık °C	9,5	14,6	19,4	25,4	27,8	31,7	33,1	32,9	29,1	23,4	15,1	9,1
Ortalama minimum sıcaklık °C	3,3	4,2	7,2	7,5	14,2	16,6	19,1	18,5	14,4	10,9	5,5	3,3
Toplam yağış miktarı (mm)	46,6	13,3	69,7	2,0	68,9	12,2	21,3	1,2	8,2	62,8	19,6	96,1

Amasya sınırlarından geçen Kuzey Anadolu Fayı ve Kırklareli Erbaa Fayı bölgenin önemli aktif faylarından biridir. Yapılan çalışmalar bölgede endüstriyel hammadde ve metalik maden yataklarının olduğunu göstermiştir. Amasya çevresindeki en önemli ve en eski yatakların başında Gümüşhacıköy ilçesi, Gümüşlü köyüne bağlı kurşun çinko cevherleşmesi gelmektedir. Bu yatakta % 20-40 Pb, % 1-4 Zn ve 500-3.500 gr/ton Ag bulunmaktadır. Bu sahanın dışında Gümüşhacıköy-İmirler ve Merzifon-Bakırçay'da da bakır sahaları bulunmaktadır (Çevre Durum Raporu, 2013). Geçmiş yıllarda işletilen bu yataklar günümüzde işleme kapalıdır. Endüstriyel hammadde açısından ise Taşova-Sepetlioba' da bentonit rezervi, Gümüşhacıköy'e bağlı Keçiköy, Çat mahallesi ve Akpınar civarında önemli

kil sahaları bulunmaktadır. İl sınırlarına bağlı bilinen kömür sahaları ise Suluova, Merzifon, Taşova ve Merkez ilçelerde gözlenmekte olup bu sahaların bazılarında üretim yapılmaktadır. Bunların yanı sıra Gözlek, Terziköy ve Hamamözü önemli jeotermal alanlarından bazılarıdır (Blumenthal, 1937).

3.2. Materyal

3.2.1. Amasya-Gümüşhacıköy kurşun çinko maden sahasından toplanan türler

- Latince ismi: *Arum hygrophilum* subsp. *euxinum* (R.R.Mill) Alpınar (Endemik)
- Familiya: Araceae (Yılanyastığıgiller)
- Türkçe ismi: Nünük, hünük ve nivik (Koca, Hasbay ve Bostancı, 2011)

Morfolojik özellikler: Araceae (Yılanyastığıgiller) familyasına ait olan bu tür, dikine büyüyen, yumru köklü bir bitkidir. Yapraklarının sapları genellikle eflatundur. Yapısı üçgen şeklindedir. Gövdesi 18-45 cm arasındadır ve her zaman yaprak saplarından daha büyüktür. Yaprakları eflatun ve yeşil-mor olup dibe doğru daha koyudur. *Arum* türleri, bitkinin bütününde okzalik asit, taze yapraklarında ve köklerinde ise nişasta, zamk ve alkaloid içerir. Ayrıca, neolignan da içermektedir (Kilinc, Bilgin, Yalçın ve Kutbay, 2005: 267-272). Ağrı giderici olarak (Bulut, 2006) ve mayasıl (Şimşek ve diğerleri, 2002) tedavisinde kullanılmaktadır.

Çiçeklenme: Nisan, Mayıs, Haziran

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Yaşam süresi çok yıllık olan bu türün yetişme alanını genellikle taşlı, çakıllı, kayalıklı ve kurak yamaçlar oluşturmaktadır. 300m-1700m rakımlı alanlarda bulunur.

Türkiye’ de dağılışı: Kökeni Karadeniz olmakla birlikte Kuzey Anadolu yayımlı olma özelliğine sahiptir. Ülkemizde Amasya, Ankara, Bolu, Çankırı, Samsun, Zonguldak ili topraklarında yetişmektedir.



Resim 3. 2. *Arum hygrophilum* subsp. *euxinum* (R.R.Mill) Alpınar görseli (Alpınar, 2012; Mill, 1984)

- Latince ismi: *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn. (Endemik)
- Familiya: Caryophyllaceae (Karanfilgiller)
- Türkçe ismi: İğne kumotu (Erdem, 2017).

Morfolojik özellikler: Tek veya çok yıllık otsu ya da nadiren dikenli yarı çalımı bazen de yastık oluşturan veya toprak üzerinde yayılıcı özellik gösteren bitkilerdir. Yaprakları stipulasızdır ve şeritsi, kılsı, dairesi gibi değişik şekillerde olabilmektedir. 3-50 çiçekli çatal (kimöz), salkım (panikula) veya demetler halinde olabilen çiçek durumları uçlarda ya da nadiren koltuklarda olabilir. Çanak yaprakları (sepal) 5 adet, serbest, derimsi ya da zarımsı, lateral damarlara göre orta damarları daha belirgin ya da tek orta damarlı, nadiren de olsa birbirine eşit 3 damarlıdır; taç yaprakları (petal) 5 adet beyaz, tam kenarlı ya da nadiren uç kısmında hafif çentiklidir; 10 adet stamene sahip olup dıştaki 5 tanesi körelmiş tek ya da iki

parçalı bazal salgı bezlidir. Stilus 3 boyuncukludur. Kapsül 6 adet dişle ya da bazen 6 adet valfle açılır. Tohumları sitrofiyolsüz, siyah renkli ve nadir olarak kırmızımsıdır. Bazı türleri peyzaj mimarisinde süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Davis, 1967; Yıldız, 2001; Erdem, 2017).

Çiçeklenme: Haziran, Temmuz, Ağustos

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Çok yıllık bir bitki olup, 1000-2700 m yüksekliklerde özellikle kayalık ve taşlık alanlarda yetiştirme özelliği gösteren bir türdür.

Türkiye’de dağılışı: Orta ve Güney Anadolu kesiminde yayılım gösteren bu tür genellikle Amasya, Ankara, İçel, Nevşehir ve Yozgat topraklarında bulunmaktadır.



Resim 3. 3. *Eremogone ledebouriana* (Fenzl) Ikonn. görseli (Eyüboğlu, 2019)

- Latince ismi: *Verbascum ponticum* (Boiss.) Kuntze (Endemik değil)
- Familiya: Scrophulariaceae (Sıracautugiller)

- Türkçe ismi: Laz sığırkuyruğu (Yenikalaycı, 1996; Şimşek ve diğerleri, 2002)

Morfolojik özellikler: Genellikle çok yıllık olan bu tür 30-200 cm boyunda, çok hücreli glandüler kıllara sahip, kalın, basit veya az sayıda dallıdır. Bazal bölünmemiş yaprak sapı 3-5 cm boyutundadır. Çok yoğun ve silindirik çiçek yapısına sahiptir. Üçgen ve mızrak şeklinde 1-3 mm'lik bir çiçek sapı bulunmaktadır. Genellikle çiçekleri çok nadir kök ve yaprakları kullanılır. Demleme çay şeklinde ve lapa (krem gibi) halinde kullanılır (Yenikalaycı, 1996; Şimşek ve diğerleri, 2002).

Çiçeklenme: Haziran, Temmuz, Ağustos

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Yaşam süresi çok yıllık olan bu türün yetişme alanını genellikle ormanlar, nehir kenarları, çayırliklar ve yol kenarları oluşturmaktadır. 400m ila 1000 m yüksekliğindeki aralıklarda bulunur.

Türkiye'de dağılışı: Kökeni Karadeniz olmakla birlikte Kuzey Anadolu yayımlı olma özelliğine sahiptir. Ülkemizde Kastamonu, Samsun ve Amasya topraklarında görülmektedir.



Resim 3. 4. *Verbascum ponticum* (Boiss.) Kuntze görseli (URL 1).

- Latince ismi: *Convolvulus assyricus* Griseb. (Endemik)
- Familiya: Convolvulaceae (Kahkahaçiçeğigiller)
- Türkçe ismi: Yastıkçık (Aykurt ve Sümbül, 2014)

Morfolojik özellikler: Bu tür odunsu yapılı yastık oluşturan çalılıklar şeklindedir. Kümelenmiş halde bulunan bu tür genellikle hafif ve kökleri yok denecek kadar kısadır. Kök uzunluğu yaklaşık 0-6 cm uzunluğundadır. Dış sepal 2,5-3,5 mm boyutundadır. Sepaller çiçeklenme ve meyve döneminde dikleşir. Dış sepal dikdörtgen ve hançer şeklindedir. Üst yüzey tüysüz ve seyrek, alt yüzey uzun ve kıllı bir yapıdadır. Alt tabanda kalıcı ve ölü yaprakları mızraksı şeklindedir. Çiçekleri gül pembesi olup, 25-30 mm ebatındadır (Aykurt ve Sümbül, 2014).

Çiçeklenme: Mayıs, Haziran

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Orta ve Güney Anadolu' da 750-200 m rakımlı alanlarda bulmak mümkündür. Çalı formunda bir tür olup, otlanmış aşınmış yamaç ve bozkır tarlaları içinde bulunmaktadır.

Türkiye'de dağılışı: Adana, Amasya, Ankara, Çorum, Kayseri, Kırşehir, Niğde, Sivas, Şanlıurfa, Yozgat



Resim 3. 5. *Convolvulus assyricus* Griseb. görseli (Aykurt ve Sümbül, 2014)

3.2.2. Elazığ-Maden bakır ve krom maden sahalarından toplanan türler

- Latince ismi: *Anchusa leptophylla* subsp. *tomentosa* (Boiss.) D.F.Chamb. (Endemik)
- Familya: Boraginaceae (Hodangiller)
- Türkçe ismi: Ballık (Tugay, Ertuğrul ve Yıldıztuğay,2011), Sığırdili (Baytop, 1994), Yılandili (Yıldırım, 2015)

Morfolojik özellikler: Tek, iki veya çok yıllık, eğik yükseliciden dike doğru olan otsu bitkilerdir. Bitkiler, tabanı şişkin, sert tüylüdür. Yapraklar, şeritsiden yumurtamsı-mızraksıya doğru, kenarları düzden dişliye doğrudur. Çiçek durumu uçta, simöz durumlu, genellikle brakteli, çiçekte iken kısa, meyveli dönemde uzamış ve gevşektir. Kaliks 1/2 oranında veya tabana kadar parçalı, bazen meyvede genişler. Korolla hunimsiden tepsi şekline doğru, sarı, beyaz veya maviden koyu mora, ışımsal ya da bazen kavisli şekilde zigomorftur. Boğaz pulları çok iyi gelişmiş, şeritsiden dikdörtgene doğru şekilli, fırçamsıdır. Stamenler korolla tüpünün içinde, tüp ortasına yakın veya üzerindedir. Stilus tüp içinde, stigma başçık şeklinde. Fındıkçıklar 4 tane, yüzeyleri ağsı-buruşuk, az-çok tüberkülatır (Pınar, Akgül ve Tuğ, 2003; Akgül ve Serdaroğlu, 2019).

Çiçeklenme: Mayıs, Haziran, Temmuz

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Ot formunda, iki veya çok yıllık ömre sahip bu tür genellikle 800m-3000m yüksekliklerdeki kayalı yamaçlar ve kumlu bozkır topraklarında yetişmektedir

Türkiye’ de dağılışı: İran-Turan elementi olup ülkemizde Doğu Anadolu Bölgesi’nde, özellikle Ağrı, Diyarbakır, Tunceli, Elazığ topraklarında bulunmaktadır.



Resim 3. 6. *Anchusa leptophylla* subsp. *tomentosa* (Boiss.) D.F.Chamb. (URL 2)

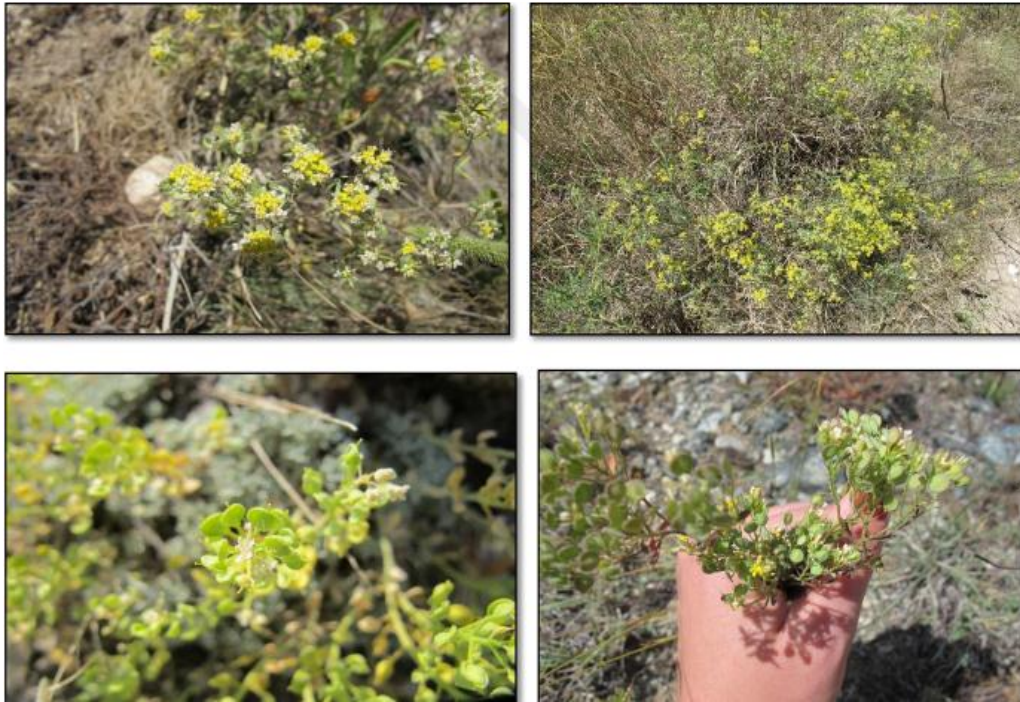
- Latince ismi: *Alyssum pateri* subsp. *pateri* Nyár. (Endemik)
- Familya: Brassicaceae
- Türkçe ismi: Demetkevge (Mutlu, 2012)

Morfolojik özellikler: Tek yıllık, iki yıllık ya da çok yıllıktır. Yıldızimsı tüy örtüsü sıklıkla lepidot ya da sublepidot şekildedir. Bazen de kılsı tüyler bulunur. Yapraklar basit, bütün, kalıcı olmayan ve şişkin tabanlıdır. Çiçek durumu rasem, korimboz, panikulat ya da subumbellattır. Sepaller dik, serbest, tek ya da iki şekilli, birleşik görümlü, torba gibi şişkin değil, kadeh formundadır. Petaller sarı ya da bazen beyazımsıdır. Uzun filamentler tek taraflı ya da iki taraflı kanatlı ya da kanatsız olabilir. Nektaryumlar kısa filamentlerin her iki yanında birer tane bulunur. Silikula açılabilir ya da açılmaz. Her lokulusta neredeyse apikal ya da belirgin şekilde lateral plasentasyona sahip 1 – 8 arası ovüller bulunur. Valvalar basık ya da şişkindir. Tohumlar genellikle musilajlıdır (Dudley 1965; Aktürk, 2018). Polenleri trikolpat, polen şekli prolat ve ornemantasyonu retikulattır (Baygeldi, 2018).

Çiçeklenme: Mayıs, Haziran

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: İran-Turan elementi olmakla birlikte Batı, Kuzey, Güney, Doğu Anadolu’ da yetişmektedir. Genellikle 500-3000 m yüksekliklerde maki, step ve çam ormanlarında bulunmaktadır.

Türkiye’de dağılışı: Bolu, Çankırı, Kastamonu, Ağrı, Antalya, Erzincan, Kayseri, Konya, Nevşehir, Niğde, Elazığ ve Van illerinde görülmektedir.



Resim 3. 7. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* Nyár. görseli (Kürşat ve diğerleri, 2008)

- Latince ismi: *Erysimum uncinatifolium* Boiss. (Endemik değil)
- Familya: Brassicaceae
- Türkçe ismi: Dadaş zarife otu (Mutlu, 2012)

Morfolojik özellikler: İki yıllık otsu bitkilerdir. Gövde dik, basit ya da nadiren dallanmıştır, az çok kanatlı 8-15 cm, tüyler iki kolludur. Taban yapraklar saplı, şeritsi ile ters mızraksı, kurduğunda geriye kıvrık, derin 6-9 dişli, çiçekler açık sarıdır; iç çanak yapraklar kısa stamen anter boyu (2,9) 3,2-4,1 mm; uzun stamen anter boyu (2,4-) 2,8-3,6 mm; tüyler 2+(3)

kollu; kısa stamen filament boyu (4,0-) 5,3-8 mm; uzun stamen filament boyu (4,8-) 6,7- 9,1 mmdir. Stigma kapitat ya da hafifçe sarkıktır. Ovuller her bölümde (28-) 35-51 (-52). Tohumlar yumurtamsı-merceksi, açık kahverengidir (Davis, 1965).

Çiçeklenme: Mayıs, Haziran

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Bu tür genellikle 1400-2000 m yüksekliğindeki yamaç alanlarda yetişmeye uygundur. Ülkemizde Orta ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde rastlanmaktadır.

Türkiye'de dağılışı: Erzurum, Gümüşhane, Muş, Sivas, Bayburt ve Elazığ' da bulunur.



Resim 3. 8. *Erysimum uncinatifolium* Boiss. görseli (URL 4)

- Latince ismi: *Glaucium acutidentatum* Hausskn. & Bornm.
- Familya: Papaveraceae (Gelincikgiller)
- Türkçe ismi: Çömlekçatlatan (Tıbbi ve aromatik bitkiler sektör raporu, 2015), Tavukgötü (Aslan, 2012)

Morfolojik özellikler: İki veya çok yıllıktır. Gövde tüysüz bazen tüylü, 65 cm'ye kadar ulaşır. Sık dallanmıştır. Taban yapraklar 14-26 x 3,6-8 cm, anahtar şeklinde yapraklar derin parçalı (lirat-pinnatisekt), tüysüz, yeşil-soluk yeşildir. Daha alttaki parçalar uzun üçgensel (triangular), daha yukarıdakiler ise dikdörtgen (oblong), dişlidir. Üst yapraklar 1-5 x 0,4-0,9 cm, gövdeyi sarıcı (amplexikaul), sivri kaba ve düzensiz dişli (dentat). Sepaller 1,4- 3,2 cm uzunluğunda, tüysüz, koyu griden siyaha doğru, bazen uçuk bordodur. Petaller 1,3-5 x 2-2,5 cm, ovaldir, sarımsı-turuncu. Stamen 1-1,5 cm uzunluğundadır. Meyve 5,5-12 cm uzunluğunda, dik, düz, yer yer boğumludur. Tohum dikdörtgenimsi-böbreksi (oblongreniform), siyahımsı-kahverengidir. Tohum yüzeyi alveolat, faveolat, ince çıkıntılı bölümler ile ayrılmıştır. Bölümler düzensiz şekilli, nadiren dört köşelidir. Polen sferoidal şeklinde, üç kolpuslu (trikolpat) ve ornemantasyon mikroekinat şeklindedir (Mungan, 2016).

Çiçeklenme: Mayıs, Haziran

Bulunduğu habitatlar ve yükseklik: Genellikle 920-2000 m yükseklikteki kurak alanlar, yamaçlar ve yol kenarlarında görülmektedir.

Türkiye' de dağılışı: İç ve Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Ege' de görülmektedir.



Resim 3. 9. *Glaucium acutidentatum* Hausskn. & Bornm. görseli (URL 5)

3.3. Yöntem

3.3.1. Arazi çalışmaları

Çalışmamızın materyalini *A. hygrophilum*, *E. ledebouriana*, *V. ponticum*, *C. assyricus*, *A. leptophylla*, *A. pateri*, *E. uncinatifolium* ve *G. acutidentatum* türleri oluşturmaktadır. Bitki örnekleri 2018 yılında Mayıs-Ekim ayları içerisinde ve türlerin en olgun olduğu zamanlarda toplanmıştır. Örnekler topraktan steril plastik eldivenler ve gerekli araç gereçler (küçük kazma) kullanılarak yaklaşık 500 g kadar alınmış olup gerekli etiketlemeler yapıldıktan sonra steril plastik poşetlere konulmuştur. Örneklerin kesin tayini uzmanlar tarafından yapıldıktan sonra örnekler laboratuvar ortamına getirilmiştir. Toprak örnekleri ise yüzeyindeki döküntülerden temizlenip 10-15 cm derinliğe kadar olan bölgelerden alınıp aynı şekilde poşetler ile laboratuvar ortamına getirilmiştir.



Resim 3. 10. Arazi çalışmaları

3.3.2. Laboratuvar çalışmaları

Laboratuvara getirilen bitki numunelerinin bir kısmı preslenerek herbaryum örnekleri haline getirilmiştir. Bitki örnekleri ilk olarak diğer yabancı otlardan ayıklanmış ve topraktan arındırılmak için distile suyla temizlenmiştir. Temizlenme işi tamamlandıktan sonra bitki kısımları, kök, gövde, yaprak olmak üzere ayrılmıştır.



Resim 3. 11. Bitkilerin laboratuvarında yapılacak işlemlere hazırlanma aşaması

Bitki örneklerinden kuru ağırlık almak için etüvde 70 °C’de 24 saat bekletilmiştir. Kurutma işlemi bittikten sonra blender (öğütme makinesi) yardımıyla öğütülmüştür. Öğütme işlemi öncesinde blender içi ve bıçağı etil alkol yardımıyla temizlenip sonrasında suyla kurulanmıştır. Bu işlem her numune için tekrarlanarak yapılmıştır. Tüm numunelerin öğütme işi bittikten sonra her numune ayrı ayrı hassas terazide 1’er gram tartılarak behere konulmuş ve üzerine 10 ml konsantre nitrik asit (HNO_3) ve 2 ml hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilerek bitki örneğinin asit ile iyice ıslanması sağlanmıştır. Numuneler üzeri saat camıyla kapatılarak bir gece bekletilmiştir. Bir gün geçtikten sonra numuneler 180 °C’ lik hot plate üzerinde 3-4 saat daha ısıtılarak rengi açık sarı renge dönüşene kadar ve içerisinde bitki örneği kalmayana kadar yakılmıştır. Numuneler saf su ile seyreltilip ön işlemden geçerek ICP-OES yöntemine göre standart okumaları yapılmıştır. Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları art arda 3 kez ölçülmüş ve ortalama değerleri alınmıştır.

Toprakları ise herhangi bir işlem yapılmadan kuruması beklenmiştir. Topraklar kuruduktan sonra 2 mm’ lik elek ile her numune öncesi saf su ve etil alkol yardımıyla ile temizlenerek eleme işlemi yapılmıştır. Elenen topraklar tekrardan poşetlere konulup gerekli etiketlemeler yapılarak saklanmıştır. Tüm toprakların eleme işi bittikten sonra ise her numune için hassas terazi de 5’er gram tartılarak 10 ml kral suyu (1 hacim HNO_3 + 3 Hacim HCl) eklenmiştir. Beher içinde bu numune hafifçe çalkanarak numunenin asit örneği ile ıslanması sağlanmıştır. Asitle ıslatılan bu numuneler 2 gün boyunca bekletilip sonrasında 100 ml hacimli balon jöjelere süzülmüştür. Üzeri saf su ile 100 ml’ ye tamamlanmıştır. Hazırlanan

çözeltinin ICP-OES yöntemine göre standart okumaları yapılmış olup her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları art arda 3 kez ölçülmüştür.



Resim 3. 12. Laboratuvar çalışmaları görselleri

3.4. Hesaplamalar – Verilerin Değerlendirilmesi

İstasyonlarda alınan örneklerden elde edilen verilerin ortalama değerleri kullanıldı. Tüm veriler SPSS 18 paket programı kullanılarak analiz edildi. Türler arası toprak ve bitki değişkenlerindeki farklılıkları karşılaştırmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ikili karşılaştırmalarda Tukey HSD testi kullanılmıştır. $P < 0,05$ düzeyinde fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Topraktaki tahmini ağır metaller ile bitki kökü ve sürgündekiler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için basit doğrusal korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

Toprak Ağır Metal Zenginleştirme Faktörü (Enrichment Factor, EF): Topraklardaki metal birikiminin değerlendirilmesinde kullanılan bir göstergedir. Zenginleştirme faktörü zaman içinde çevresel ortamın değerlendirilmesinde ve metal kirliliğinde insan katkısının hesaplanmasında tercih edilen yöntemlerden biridir. (Buat-Menard ve Chesselet, 1979). Zenginleştirme faktörünün hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\text{Zenginleştirme Faktörü (EF)} = \frac{(C_f/C_{ref})_{\text{örnek}}}{(B_n/B_{ref})_{\text{referans}}} \quad (1)$$

Formülde, C_f : Analizi yapılan örnekteki elementin değeri; C_{ref} Analizi yapılan örnekteki referans elementin değeri; B_n Brooks (1972)'a göre elementin topraktaki ortalama değeri; B_{ref} Brooks (1972)'a göre referans elementin topraktaki ortalama değeri olarak kullanılmıştır (Bu çalışmada referans element olarak Mn kullanılmıştır.). Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflaması Çizelge 3. 3. 'de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflandırılması (Abraham ve Parker, 2008)

EF Değeri	Çökel Kalitesi
$EF < 2$	Az zenginleşme
$2 \leq EF < 5$	Orta zenginleşme
$5 \leq EF < 20$	Önemli ölçüde zenginleşme
$20 \leq EF < 40$	Çok yüksek zenginleşme
$EF \geq 40$	Aşırı zenginleşme

Geo birikim İndeksi (Geoaccumulation Index, I_{geo}): Günümüzdeki mevcut element değerlerini sanayileşme öncesi değerlerle karşılaştırarak toprakta meydana gelen metal kirliliğin seviyesini belirlemek için kullanılan bir göstergedir. Müller (1969) tarafından önerilmiştir. Geo birikim İndeksinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$\text{Geo birikim İndeksi } (I_{geo}) = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times B_n} \quad (2)$$

Formüldeki C_n : Çalışılan örnekteki ağır metal konsantrasyonu, B_n : n metalinin topraktaki ortalama değeri Brooks (1972) olarak ifade edilmektedir. Geo birikim İndeksi (I_{geo}) sınıflandırılması Çizelge 3. 4.' de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Jeobirikim İndeksi (I_{geo}) sınıflandırılması (Müller, 1969; Özkul ve diğ., 2018)

I_{geo} Değeri	Çökel Kalitesi
$I_{geo} < 0$	Kirlilik yok
$0 < I_{geo} < 1$	Az kirlilik
$1 < I_{geo} < 2$	Orta derecede kirlilik
$2 < I_{geo} < 3$	Kirlenmiş
$3 < I_{geo} < 4$	Önemli derecede kirlilik
$4 < I_{geo} < 5$	Çok fazla kirlilik
$I_{geo} > 5$	Aşırı derecede kirlilik

Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF): Bu değer fitoekstraksiyon amacıyla kullanılacak bitkileri saptamak üzere kullanılmıştır. Bitkide ve toprakta mevcut toplam ağır metal konsantrasyonu arasındaki oran baz alınarak formüle edilmiştir (Anning ve Akoto, 2018; Zhao ve diğ., 2019). Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF) sınıflaması Çizelge 3. 5.' de verilmiştir.

$$\text{Biyokonsantrasyon faktörü (BCF)} = \frac{\text{Bitkideki ağır metal derişimi}}{\text{Toprak ağır metal derişimi}} \quad (3)$$

Çizelge 3. 5. Biyokonsantrasyon faktörü (BCF) sınıflaması (Zayed ve diğ., 1998)

BCF değeri	Bitki durumu
BCF<0,01	Bitki akümülatör özelliğine sahip değil
0,01<BCF<0,1	Düşük derecede akümülatör özelliğine sahip.
0,1<BCF<1,0	Orta derecede akümülatör olan bitkiler
1<BCF<10	Yüksek derecede akümülatör özelliğine sahip (Hiperakümülatör)

Transfer Faktörü (TF): Bu faktörün hesaplanmasında bitkilerin gövdelerinde bulunan metal konsantrasyonlarının kök metal konsantrasyonu ile oranlanması söz konusu olup ağır metalin bitkide taşınabilmesi durumu hakkında fikir vermesi amacıyla kullanılmıştır (Alaribe ve Agamuthu, 2015; Badr, Fawzy ve Al-Qahtani, 2012).

$$\text{Transfer Faktörü (TF)} = \frac{\text{Sürgün ağır metal derişimi}}{\text{Kök ağır metal derişimi}} \quad (4)$$

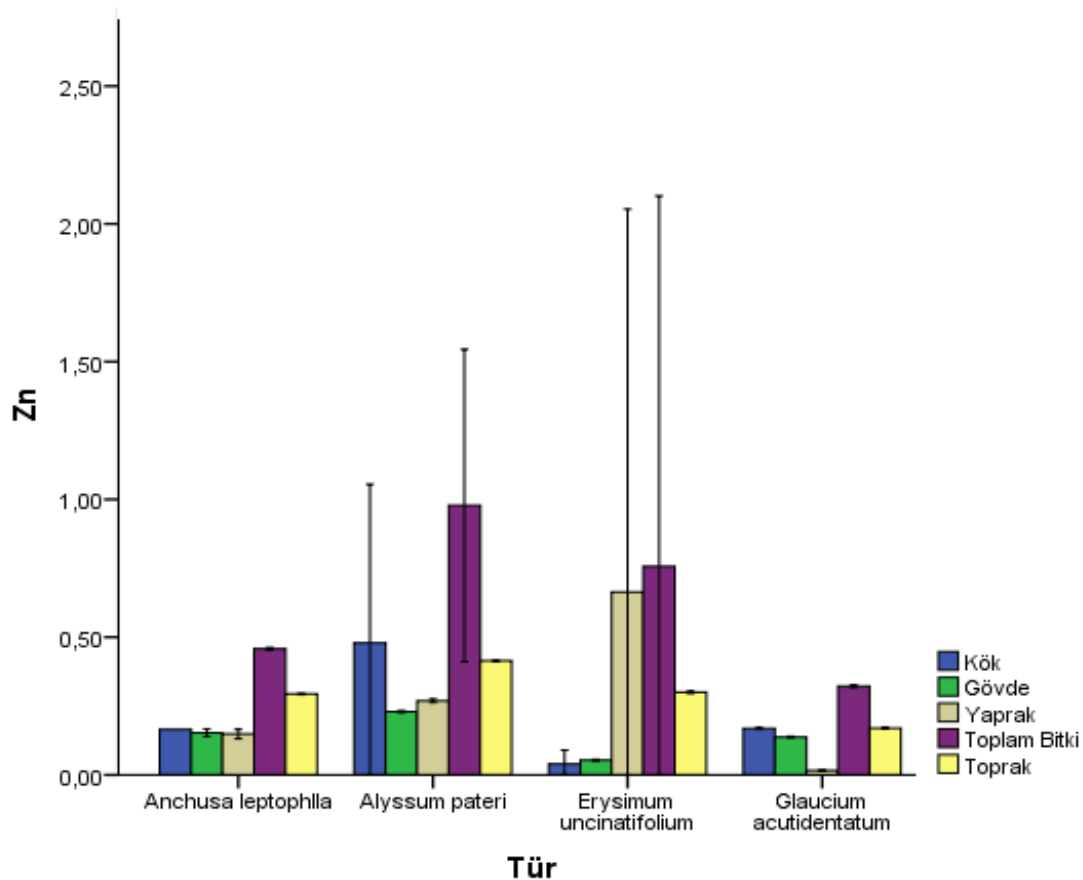
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Elazığ-Maden Örnekleme Grubundaki Türlerin Ağır Metal Birikim Değerleri

4.1.1. Türlerin içerdığı Zn birikim değerleri

Türlerin Zn birikimleri sırasıyla *A. pateri* $0,978 \pm 0,228$ ppm, *E. uncinatifolium* $0,757 \pm 0,541$ ppm, *A. leptophlla* $0,458 \pm 0,002$ ppm ve *G. acutidentatum* $0,322 \pm 0,002$ ppm'dir. En yüksek Zn birikimi *A. pateri* türüne aittir. *E. uncinatifolium* türünde en yüksek Zn birikimi bitki organlarından yaprakta gerçekleşirken, diğer türlerde ise en yüksek birikim türlerin köklerinde olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Zn birikim değerleri ise $0,414 \pm 0,002$ ppm ile $0,170 \pm 0,002$ ppm arasında değişmektedir. Elazığ maden sahası türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 1.'de gösterilmiştir.

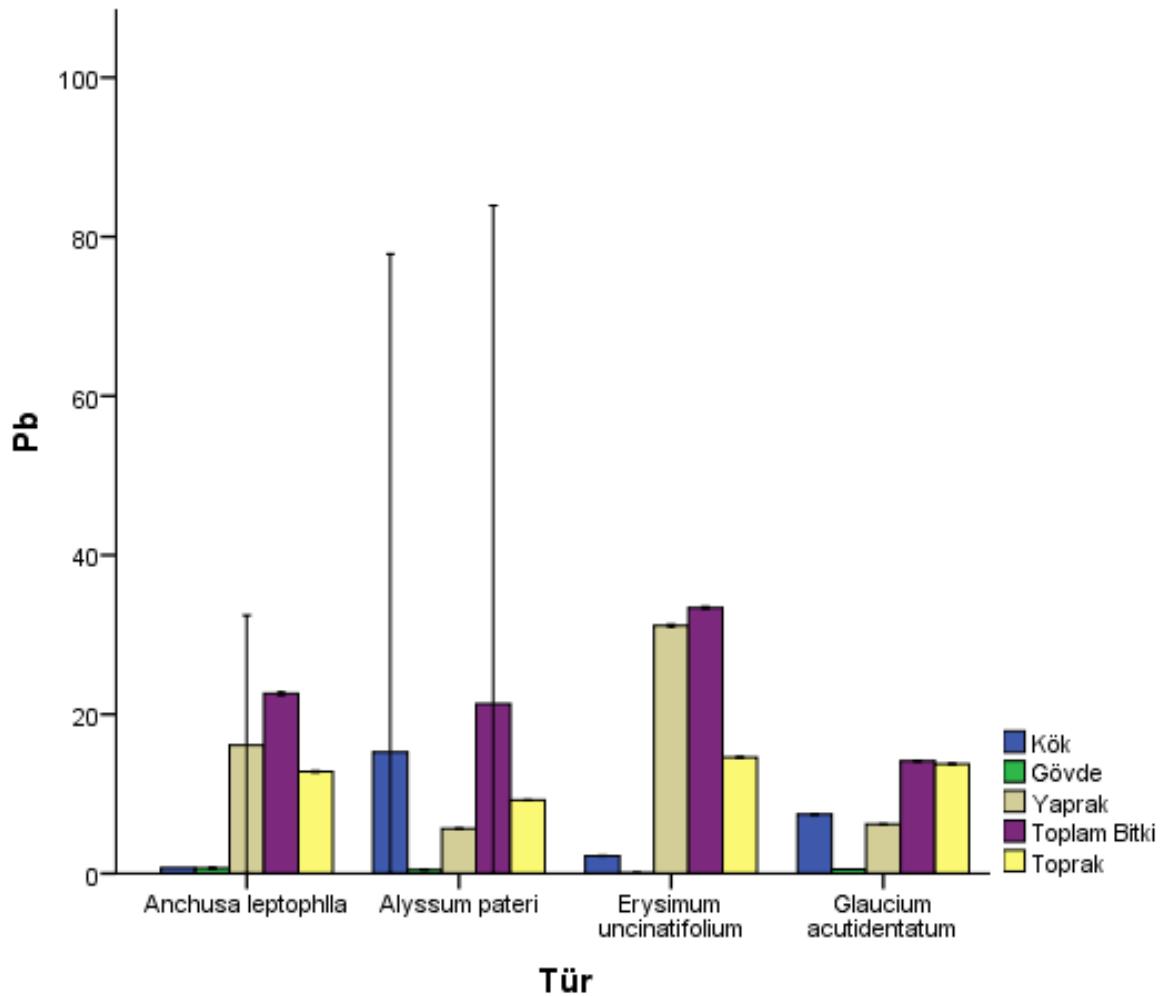


Şekil 4. 1. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.2. Türlerin içerdği Pb birikim değerleri

Türlerin Pb birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* $33,389 \pm 0,043$ ppm, *A. leptophlla* $22,596 \pm 0,076$ ppm, *A. pateri* $21,328 \pm 25,196$ ppm ve *G. acutidentatum* $14,119 \pm 0,011$ ppm'dir. En yüksek Pb birikimi *E. uncinatifolium* türüne aittir. Türlerin gövdelerinde birikimin düşük olduğu, en yüksek birikimin kök ve yapraklarda olduğu gözlenmiştir. *E. uncinatifolium* ve *A. leptophlla* türleri en yüksek Pb birikimini yapraklarda, *A. pateri* ve *G. acutidentatum* türleri ise en yüksek birikimi kökte gerçekleştirmiştir.

Topraklardaki Pb birikim değerleri ise $9,221 \pm 0,044$ ppm ile $14,599 \pm 0,064$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 2.' de gösterilmiştir.

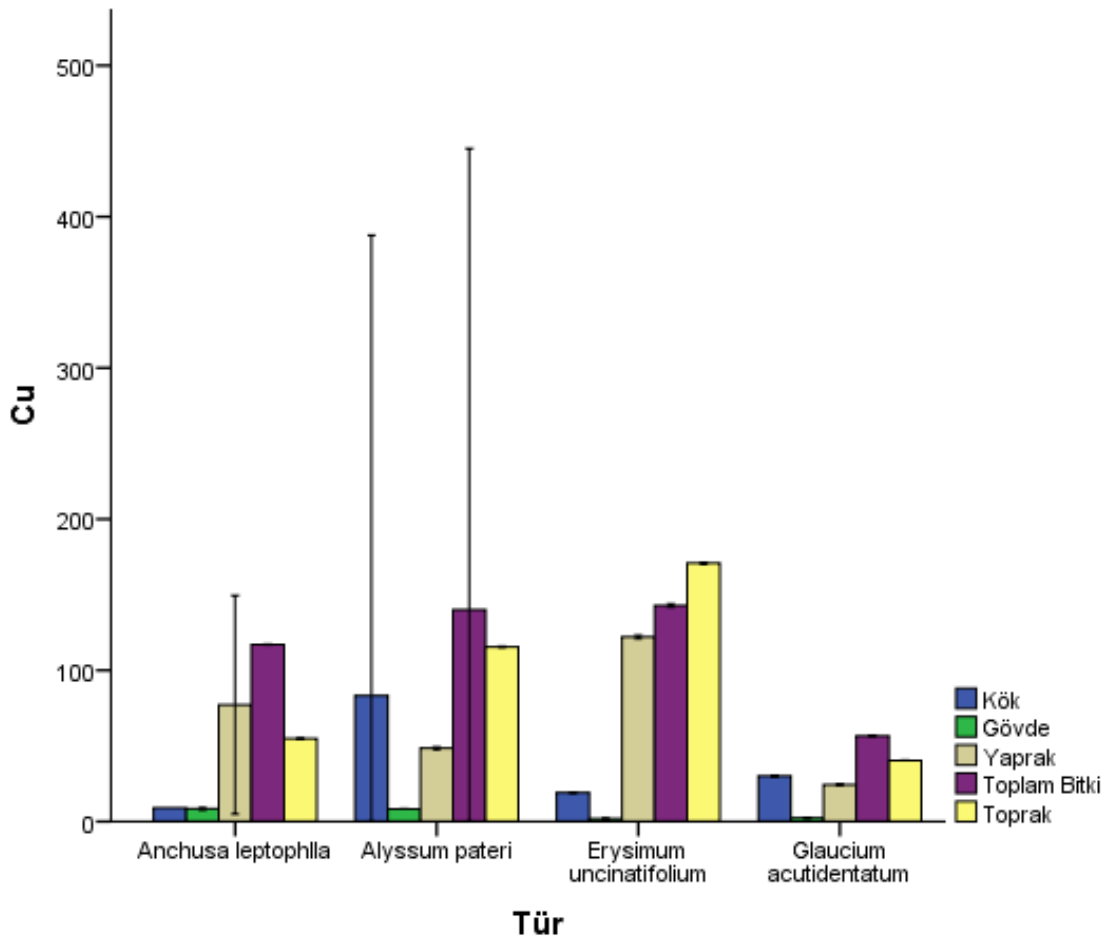


Şekil 4. 2. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.3. Türlerin içerdiği Cu birikim değerleri

Türlerin Cu birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* 142,857±0,439 ppm, *A. pateri* 140,049±122,758 ppm, *A. leptophlla* 116,955±0,072 ppm ve *G. acutidentatum* 56,579±0,122 ppm'dir. Genel olarak bu türlerde en düşük birikim türlerin gövdesinde, en yüksek birikim ise türlerin yapraklarında olduğu görülmüştür. *E. uncinatifolium* ve *A. leptophlla* türlerinde en yüksek birikimin yaprakta, *A. pateri* ve *G. acutidentatum* türlerinde ise en yüksek birikimin kökte olduğu tespit edilmiştir.

Topraklardaki Cu birikim değerleri ise 115,497±0,681 ppm ile 170,813±0,760 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 3.' de gösterilmiştir.

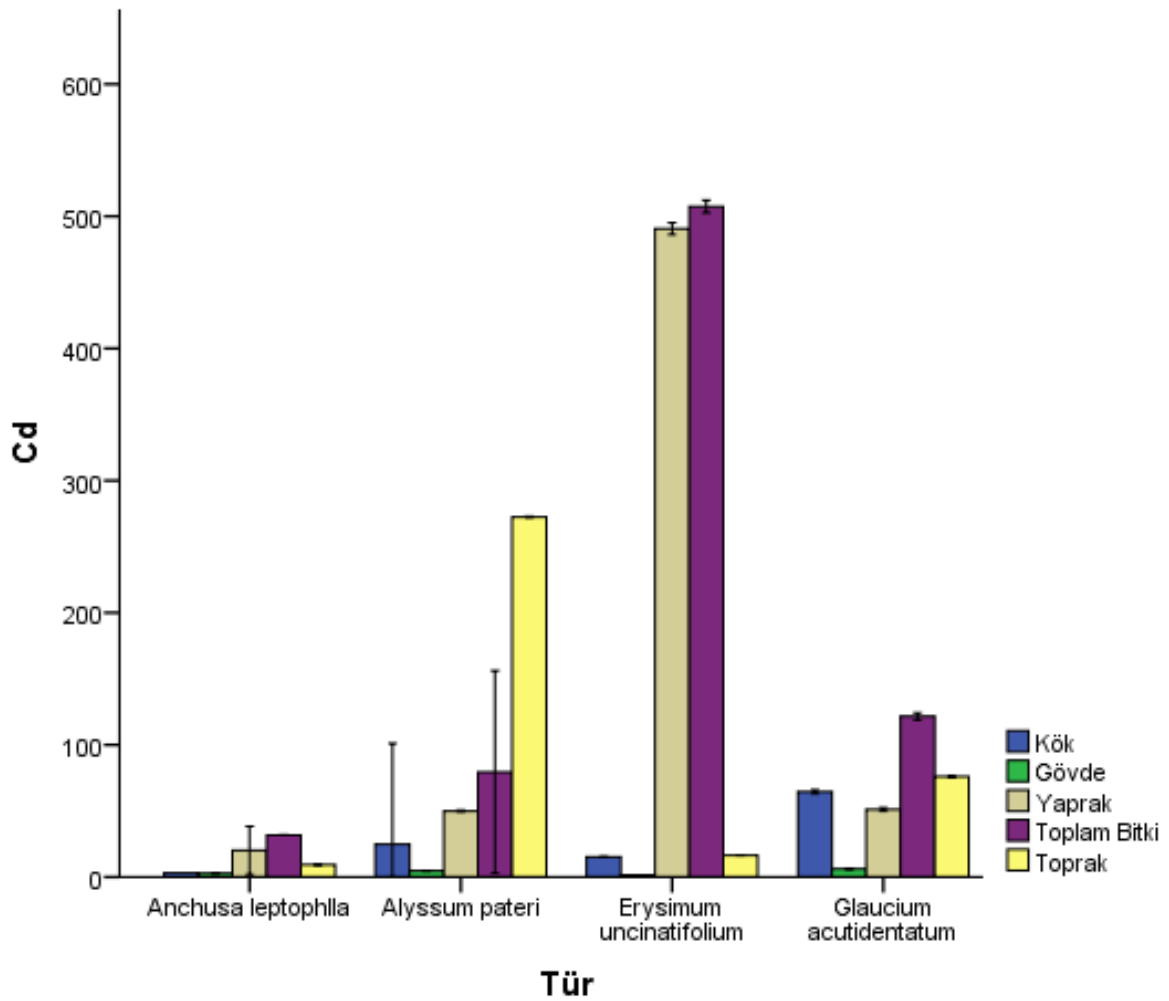


Şekil 4. 3. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.4. Türlerin içerdği Cd birikim değerleri

Türlerin Cd birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* 507,361±1,870 ppm, *G. acutidentatum* 121,568±1,047 ppm, *A. pateri* 79,441±30,863 ppm, ve *A. leptophlla* 31,707±0,052 ppm'dir. Analiz sonuçlarına göre *E. uncinatifolium* türü dışındaki diğer türlerde Cd birikiminin düşük olduğunu söylemek mümkündür. *E. uncinatifolium*, *A. leptophlla* ve *A. pateri* türlerinde en yüksek birikim yaprakta, *G. acutidentatum* türünde ise en yüksek birikim kökte gerçekleşmiştir.

Topraklardaki Cd birikim değerleri ise 9,315±0,104 ppm ile 272,338±0,740 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 4.' de gösterilmiştir.

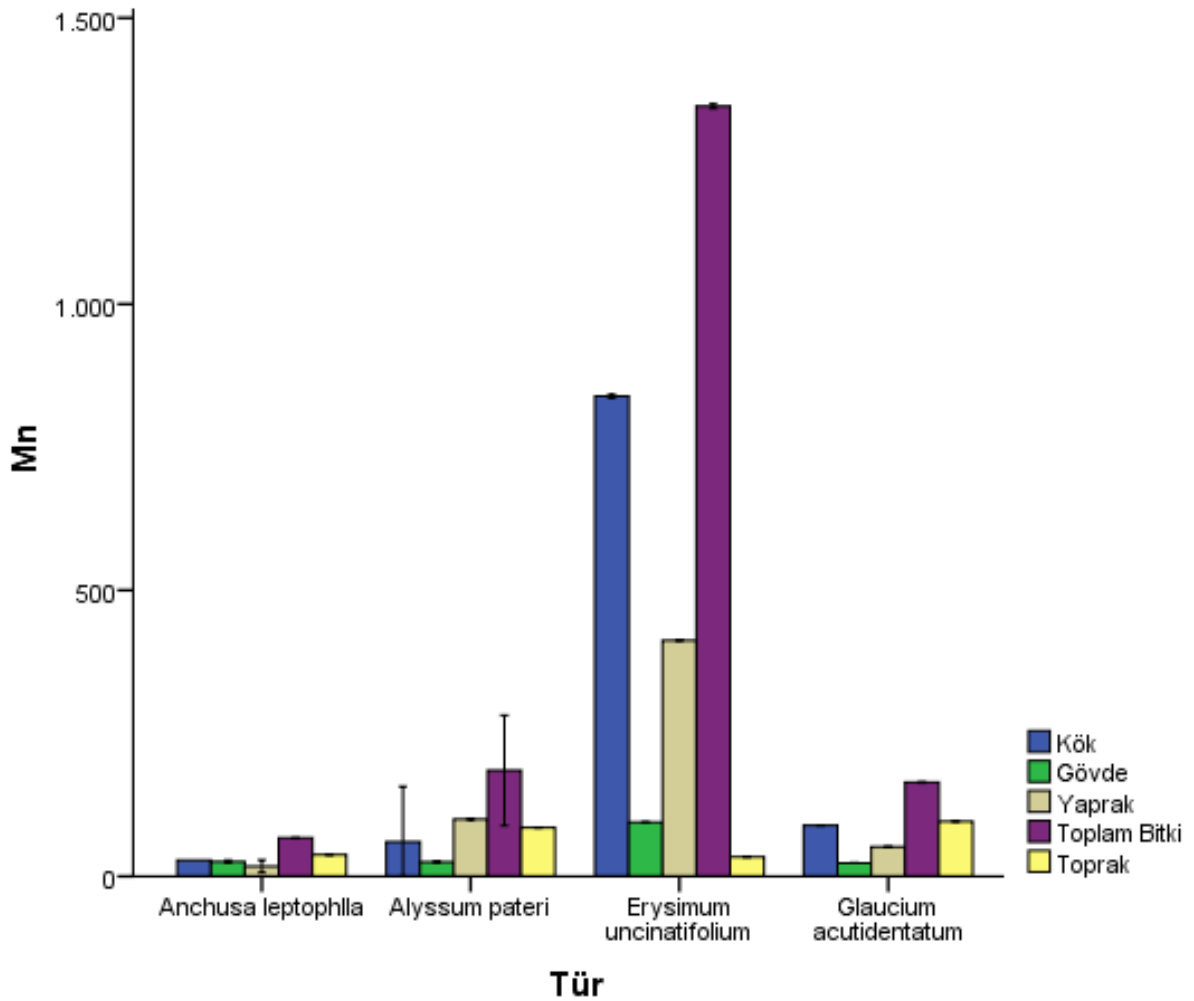


Şekil 4. 4. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.5. Türlerin içerdiği Mn birikim değerleri

Türlerin Mn birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* 1345,519±1,558 ppm, *A. pateri* 185,046±38,761 ppm, *G. acutidentatum* 164,063±0,382 ppm ve *A. leptophlla* 66,811±0,368 ppm'dir. Türler içerisinde en yüksek Mn birikiminin *E. uncinatifolium* türünde olduğu tespit edilmiş ve *E. uncinatifolium* türünün kök ve yapraklarında Mn birikiminin diğer türlere oranla oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Mn birikim değerleri ise 33,918±0404 ppm ile 95,996±0,511ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 5.'de gösterilmiştir.

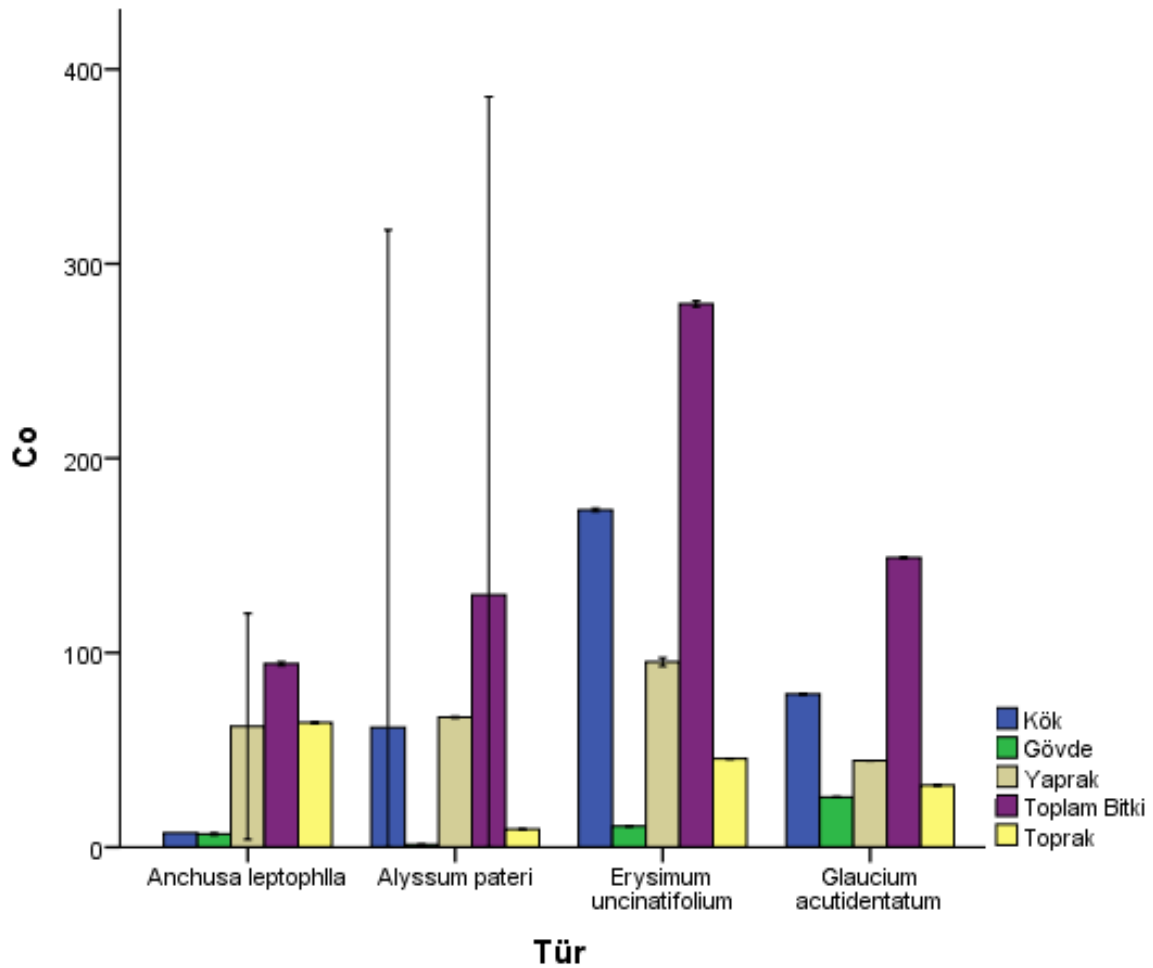


Şekil 4. 5. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.6. Türlerin içerdiği Co birikim değerleri

Türlerin Mn birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* 279,408±0,596 ppm, *G. acutidentatum* 148,860±0,099 ppm, *A. pateri* 129,700±103,133 ppm ve *A. leptophlla* 94,277±0,399 ppm' dir. Analiz sonuçlarına göre türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarında Co birikiminin yapıldığı görülmektedir. En yüksek Co birikimi *E. uncinatifolium* ve *G. acutidentatum* türlerinin köklerinde diğer türlerde ise en yüksek birikim türlerin yapraklarında gerçekleşmiştir En düşük Co birikimi ise *A. leptophlla* türünün kök ve gövdesinde olmuştur.

Topraklardaki Co birikim değerleri ise 9,206±0,043 ppm ile 64,006±0,146 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Co içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 6.' da gösterilmiştir.

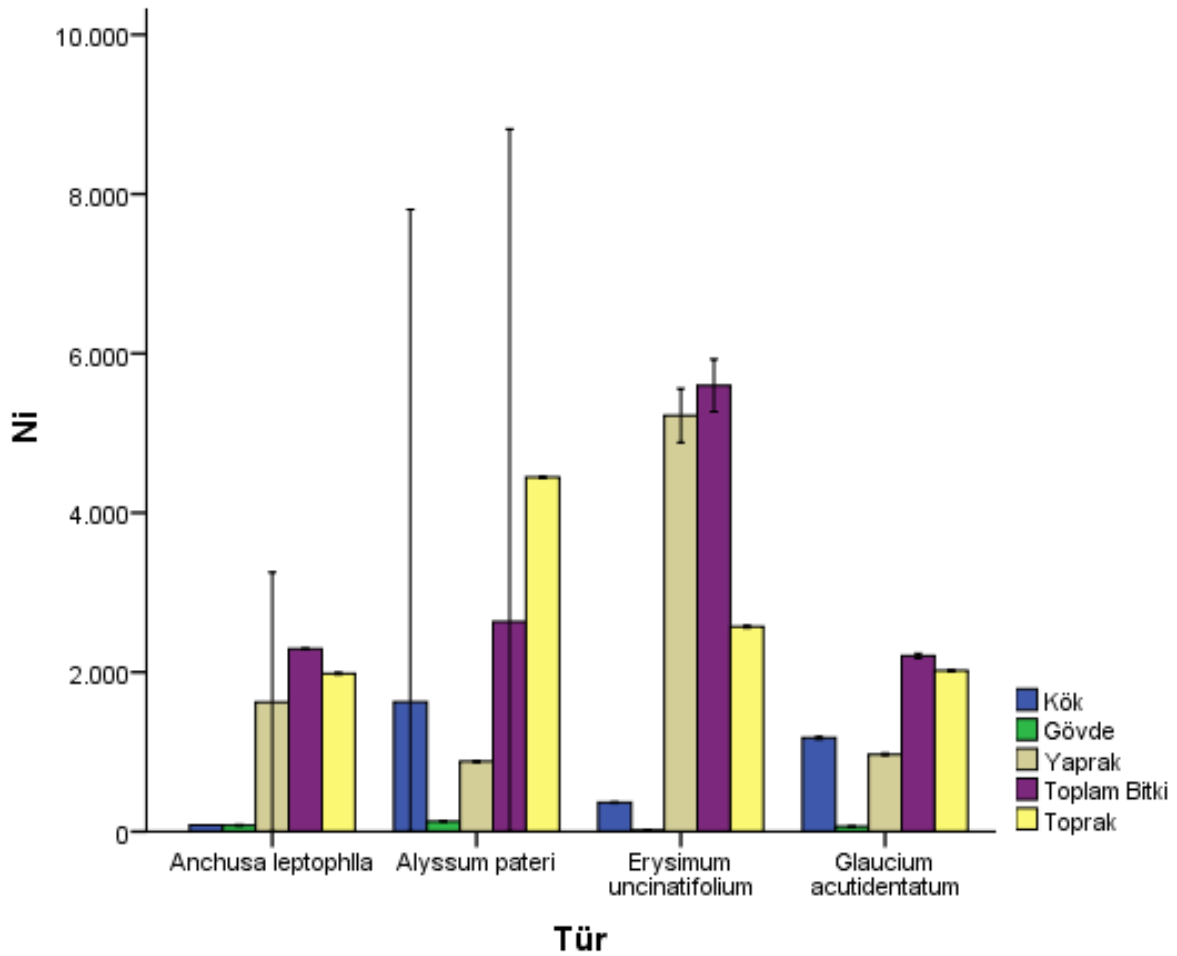


Şekil 4. 6. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Co içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.7. Türlerin içerdği Ni birikim değerleri

Türlerin Ni birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* 5597,461±132,715 ppm, *A. pateri* 2632,630±2487,592 ppm, *A. leptophlla* 2292,835±1,860 ppm ve *G. acutidentatum* 2205,706±11,390 ppm 'dir. Genel olarak bu bitkilerin gövdelerinde birikimin çok düşük miktarda yapıldığı, en yüksek birikimin yapraklarda olduğu gözlenmiştir. *E. uncinatifolium* ve *A. leptophlla* türü en yüksek birikimi yaprakta, *A. pateri* ve *G. acutidentatum* türü ise en yüksek birikimi kökte gerçekleştirmiştir.

Topraklardaki Ni birikim değerleri ise 1982,830±24,277 ppm ile 4444,650±16,081 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 7.' de gösterilmiştir.

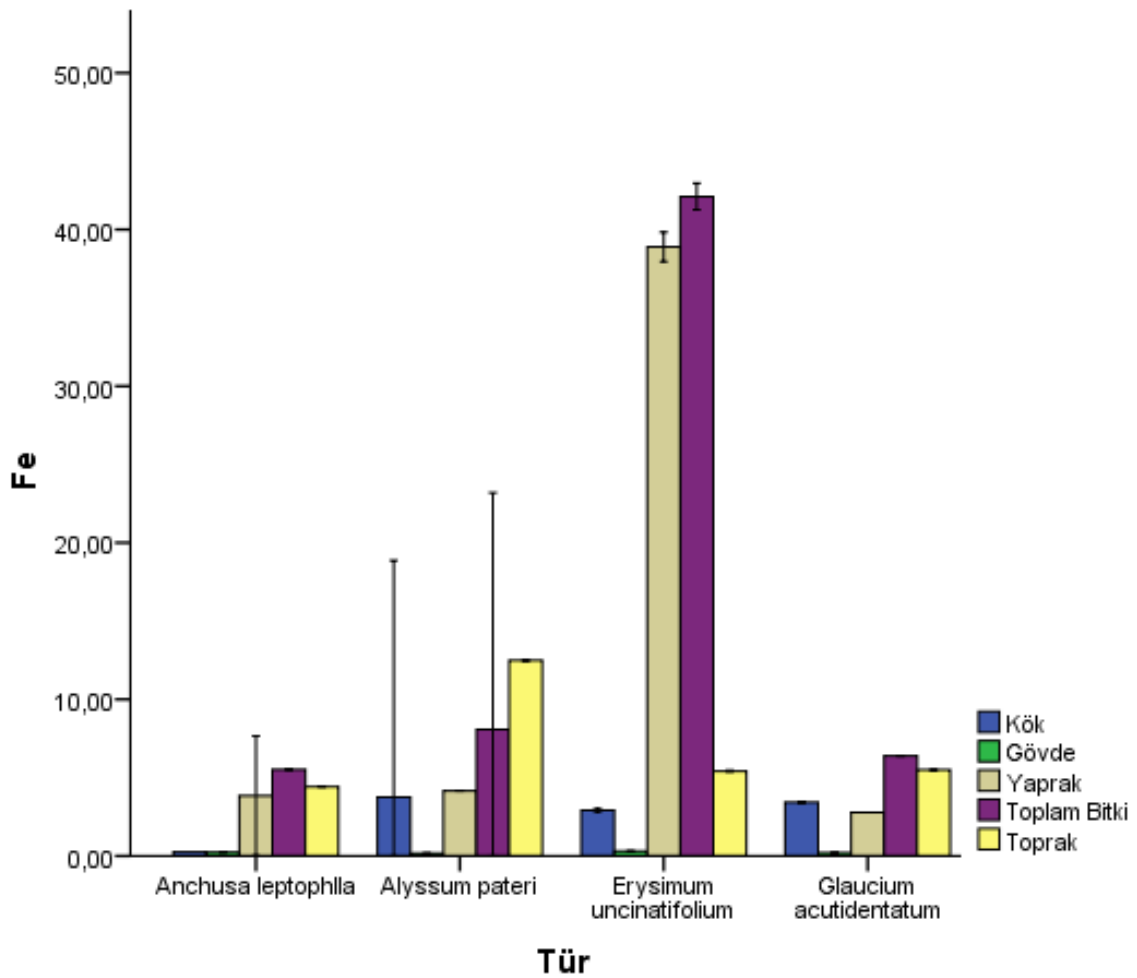


Şekil 4. 7. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.8. Türlerin içerdği Fe birikim değerleri

Türlerin Fe birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* $42,106 \pm 0,338$ ppm, *A. pateri* $8,075 \pm 6,080$ ppm, *G. acutidentatum* $6,386 \pm 0,004$ ppm ve *A. leptophlla* $5,516 \pm 0,002$ ppm'dir. Genel olarak bu bitkilerin gövdelerinde birikimin çok düşük düzeyde yapıldığı, en yüksek birikimin ise kök ve yapraklarda olduğu gözlenmiştir. *E. uncinatifolium* türü en yüksek birikimi yaprak ve kökte, en düşük birikim ise türlerin gövdelerinde gerçekleşmiştir.

Topraklardaki Fe birikim değerleri ise $4,424 \pm 0,059$ ppm ile $12,481 \pm 0,023$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 8.' de gösterilmiştir.

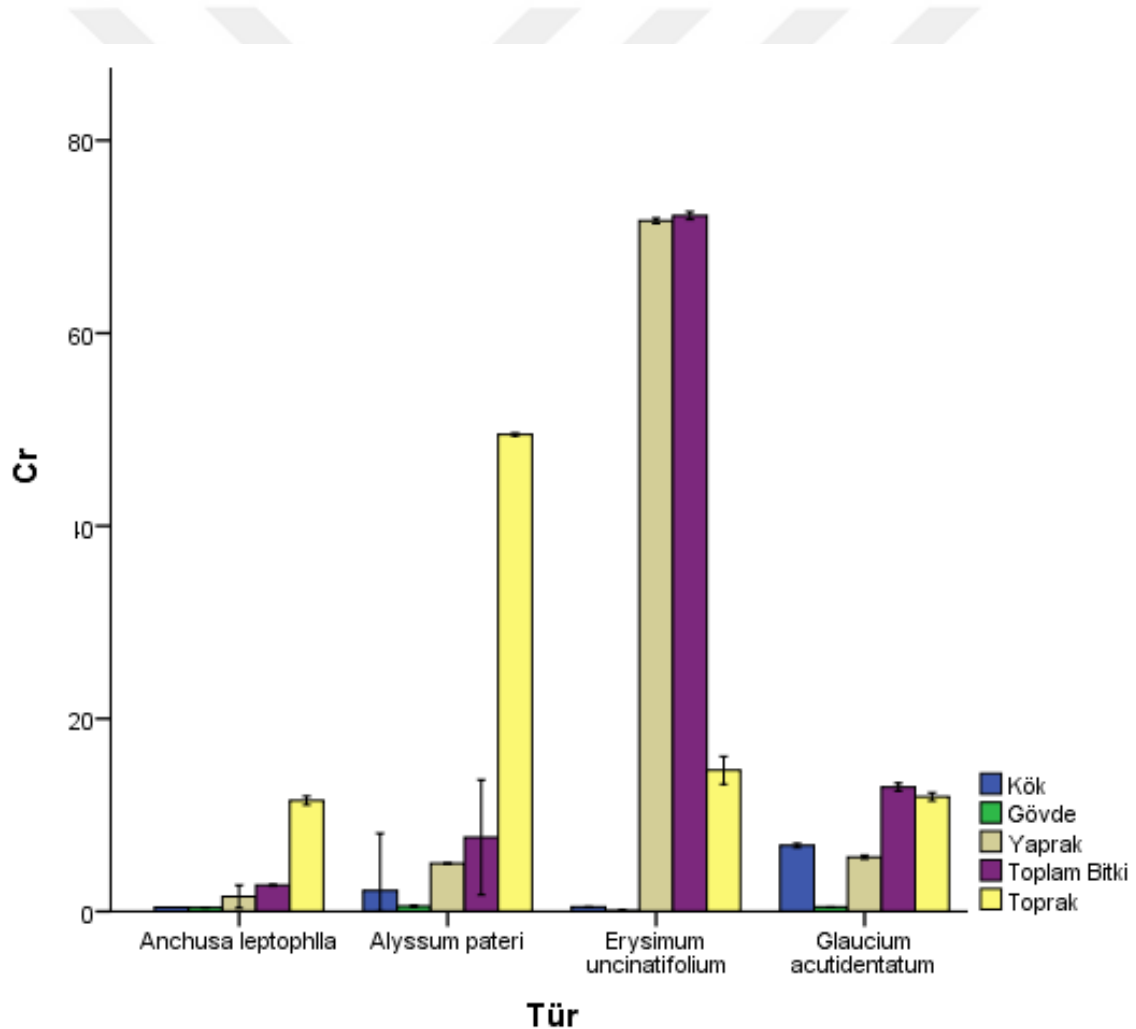


Şekil 4. 8. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması

4.1.9. Türlerin içerdği Cr birikim değerleri

Türlerin Cr birikimleri sırasıyla *E. uncinatifolium* $72,196 \pm 0,161$ ppm, *G. acutidentatum* $12,908 \pm 0,165$ ppm, *A. pateri* $7,677 \pm 2,403$ ve *A. leptophlla* $2,714 \pm 0,036$ ppm'dir. *G. acutidentatum* türünde en yüksek birikim kökte, diğer türlerde ise yapraklarda gerçekleşmiştir.

Topraklardaki Cr birikim değerleri ise $11,501 \pm 0,806$ ppm ile $49,490 \pm 0,252$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 9.' da gösterilmiştir.



Şekil 4. 9. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması

Çizelge 4. 1. Elazığ- Maden sahası türlerinin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği ağır metal konsantrasyon değerleri

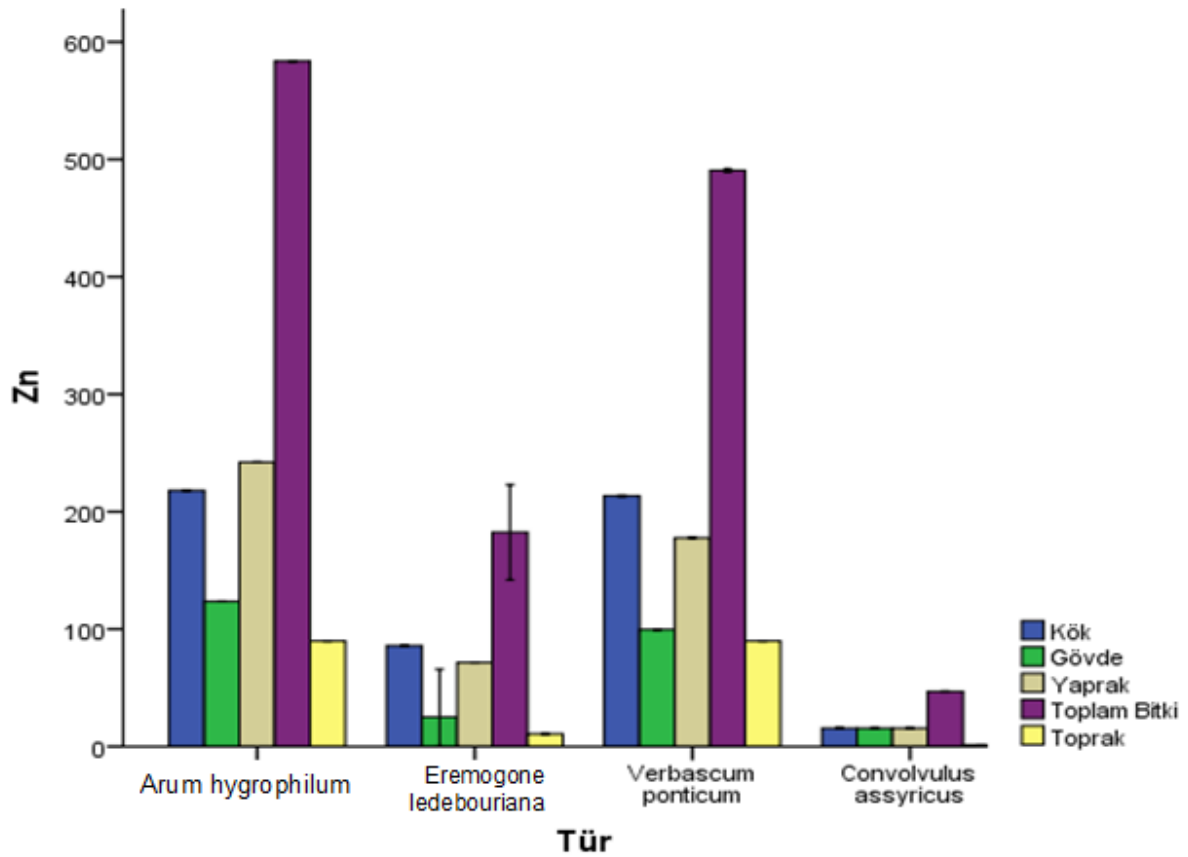
TÜR	N	Bitki Kısım	Zn	Pb	Cu	Cd	Mn	Co	Ni	Fe	Cr
<i>A. leptophlla</i>	15	Kök	0,165±0,080	0,709±0,000	8,985±0,000	3,079±0,000	27,816±0,000	7,277±0,000	82,576±0,000	0,250±0,000	0,428±0,000
	15	Gövde	0,153±0,009	0,660±0,037	8,352±0,462	2,842±0,149	25,743±1,376	6,768±0,376	77,161±4,452	0,231±0,012	0,395±0,021
	15	Yaprak	0,149±0,011	16,110±10,266	77,117±45,402	20,168±11,397	17,411±6,940	62,121±36,546	1621,821±1025,754	3,844±2,396	1,533±0,738
	15	T. Bitki	0,458±0,002	22,596±0,076	116,955±0,072	31,707±0,052	66,811±0,368	94,277±0,399	2292,835±1,860	5,516±0,002	2,714±0,036
	15	Toprak	0,294±0,004	12,797±0,141	54,772±0,317	9,315±0,104	37,718±0,550	64,006±0,146	1982,830±24,277	4,424±0,059	11,501±0,806
<i>A. pateri</i>	15	Kök	0,479±0,232	15,238±25,195	83,281±122,542	24,805±30,608	60,057±38,982	61,532±103,011	1626,771±2487,747	3,752±6,084	2,170±2,387
	15	Gövde	0,230±0,001	0,462±0,001	8,334±0,041	4,726±0,004	25,097±0,126	1,373±0,000	127,263±0,566	0,161±0,002	0,540±0,024
	15	Yaprak	0,269±0,003	5,628±0,000	48,433±0,291	49,910±0,215	99,893±0,381	66,795±0,142	878,596±0,745	4,163±0,005	4,967±0,006
	15	T. Bitki	0,978±0,228	21,328±25,196	140,049±122,758	79,441±30,863	185,046±38,761	129,700±103,133	2632,630±2487,592	8,075±6,080	7,677±2,403
	15	Toprak	0,414±0,002	9,221±0,044	115,497±0,681	272,338±0,740	84,975±0,113	9,206±0,043	4444,650±16,081	12,481±0,023	49,490±0,252
<i>E. uncinatifolium</i>	15	Kök	0,039±0,021	2,203±0,010	19,002±0,023	15,236±0,066	838,933±1,261	173,344±0,345	363,285±3,273	2,912±0,041	0,461±0,013
	15	Gövde	0,054±0,001	0,060±0,003	1,850±0,005	1,478±0,006	94,422±0,181	10,818±0,056	14,381±0,108	0,305±0,002	0,076±0,032
	15	Yaprak	0,664±0,560	31,126±0,056	122,006±0,458	490,648±1,809	412,164±0,478	95,246±0,884	5219,796±136,095	38,889±0,381	71,659±0,115
	15	T. Bitki	0,757±0,541	33,389±0,043	142,857±0,439	507,361±1,870	1345,519±1,558	279,408±0,596	5597,461±132,715	42,106±0,338	72,196±0,161
	15	Toprak	0,300±0,008	14,599±0,064	170,813±0,760	16,438±0,117	33,918±0,404	45,467±0,394	2570,767±24,434	5,415±0,083	14,646±2,600
<i>G. acutidentatum</i>	15	Kök	0,169±0,001	7,427±0,006	29,966±0,065	64,494±0,556	89,149±0,207	78,643±0,052	1175,002±6,067	3,416±0,002	6,834±0,087
	15	Gövde	0,138±0,001	0,525±0,001	2,248±0,003	6,039±0,016	23,310±0,042	25,719±0,086	63,151±0,404	0,193±0,003	0,447±0,009
	15	Yaprak	0,016±0,000	6,166±0,005	24,365±0,055	51,035±0,508	51,605±0,216	44,498±0,039	967,553±4,919	2,778±0,001	5,627±0,069
	15	T. Bitki	0,322±0,002	14,119±0,011	56,579±0,122	121,568±1,047	164,063±0,382	148,860±0,099	2205,706±1,390	6,386±0,004	12,908±0,165
	15	Toprak	0,170±0,002	13,738±0,002	40,385±0,061	75,939±0,530	95,996±0,511	31,879±0,023	2018,130±5,200	5,489±0,009	11,890±0,743

4.2. Amasya-Gümüşhacıköy Örnekleme Grubundaki Türlerin Ağır Metal Birikim Değerleri

4.2.1. Türlerin içerdığı Zn birikim değerleri

Türlerin Zn birikimleri sırasıyla *A. hygrophilum* 583,542±0,178 ppm, *V. ponticum* 490,486±0,530 ppm, *E. ledebouriana* 182,336±16,294 ppm ve *C. assyricus* 46,713±0,143 ppm' dir. Analizler sonucunda en yüksek Zn birikimlerinin yaprak ve kökte gerçekleştiği, yapraklardaki en yüksek birikim *A. hygrophilum*, kökte ise *V. ponticum* türüne ait olduğu görülmüştür. Genel olarak türlerin tümünün organlarında birikimin yapıldığı tespit edilmiştir.

Topraklardaki Zn birikim değerleri ise 0,815±0,156 ppm ile 89,780±0,239 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4.10.' da gösterilmiştir.

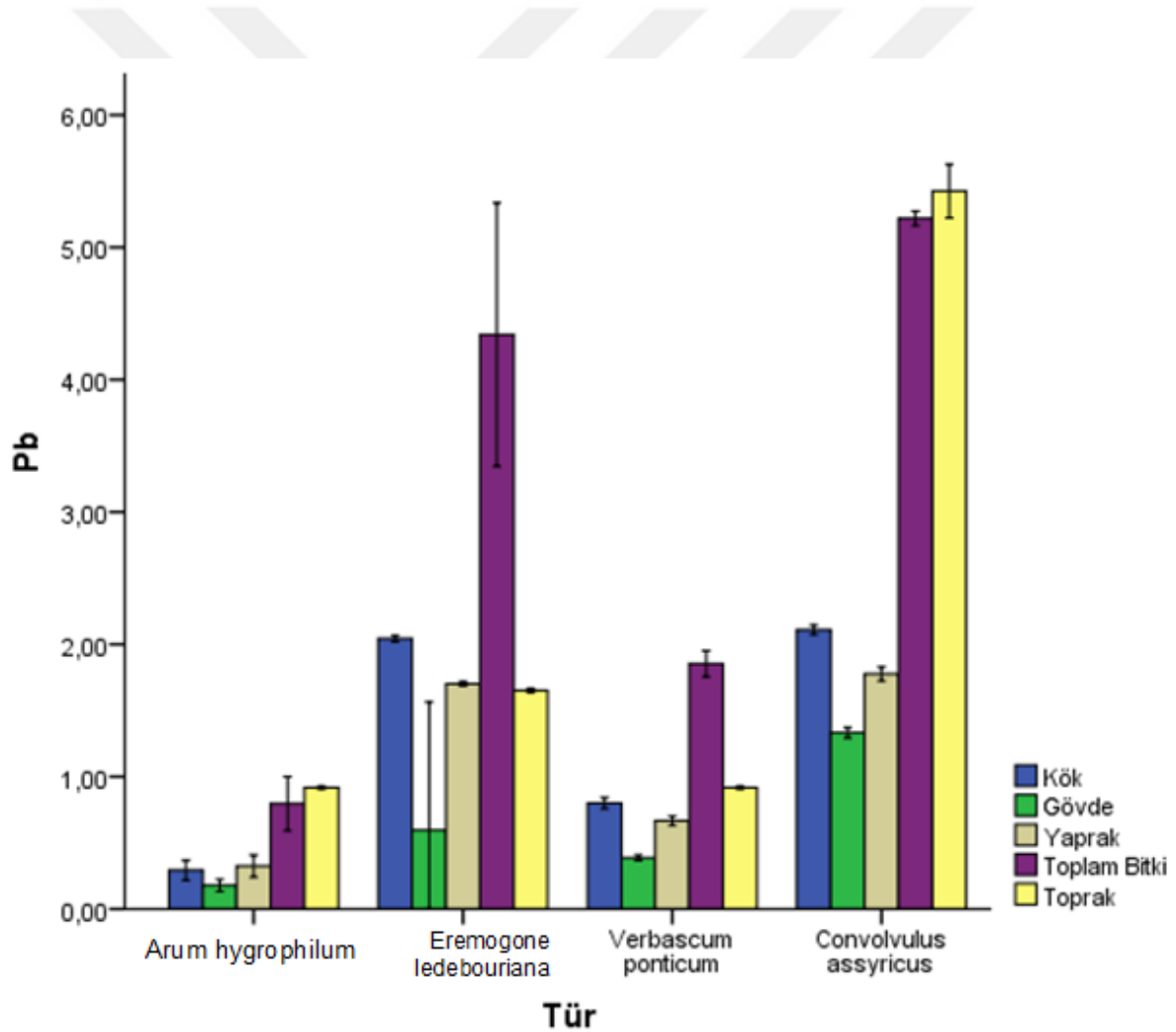


Şekil 4. 10. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Zn içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.2. Türlerin içerdği Pb birikim değerleri

Türlerin Pb birikimleri sırasıyla *C. assyricus* $5,218 \pm 0,022$ ppm, *E. ledebouriana* $4,340 \pm 0,400$ ppm, *V. ponticum* $1,853 \pm 0,040$ ppm ve *A. hygrophilum* $0,795 \pm 0,082$ ppm'dir. Analizi yapılan tüm türlerin kök, gövde ve yapraklarında Pb birikimi olduğu görülmekte ancak tüm türlerde en yüksek birikim türlerin köklerinde gerçekleşmiştir.

Topraklardaki Pb birikim değerleri ise $0,917 \pm 0,019$ ppm ile $5,426 \pm 0,365$ ppm arasında değişmektedir. Gümüşhacıköy maden sahası türlerinin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4.11.' de gösterilmiştir.

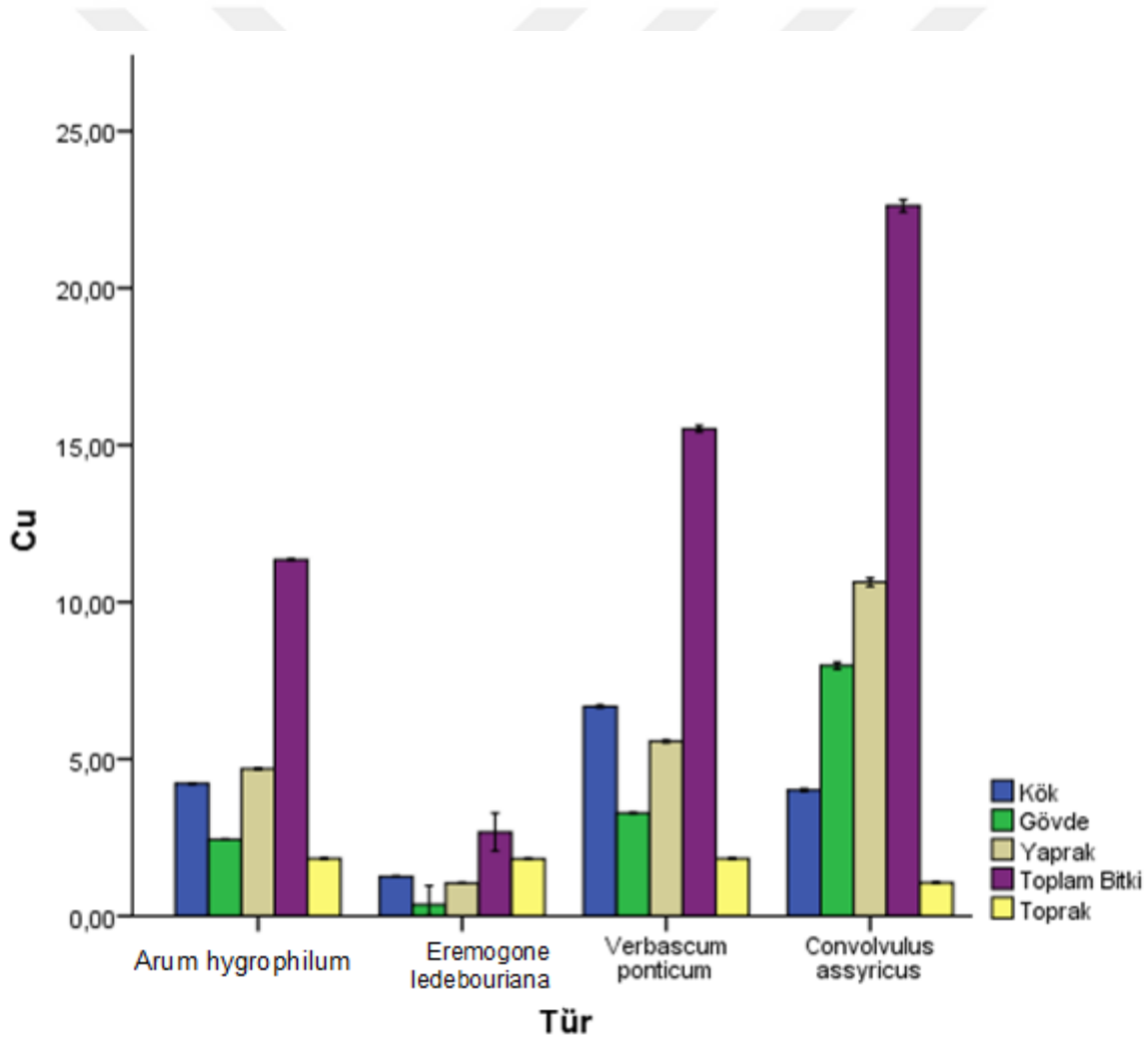


Şekil 4. 11. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Pb içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.3. Türlerin içerdği Cu birikim değerleri

Türlerin Cu birikimleri sırasıyla *C. assyricus* 22,619±0,080 ppm, *V. ponticum* 15,514±0,040 ppm, *A. hygrophilum* 11,347±0,011 ppm ve *E. ledebouriana* 2,676±0,244 ppm'dir. Türlerin kök, gövde ve yapraklarında genel olarak birikim yapılmış olup, *V. ponticum* ve *E. ledebouriana* türlerinde en yüksek birikim kökte diğer türlerde ise yaprakta gerçekleşmiştir.

Topraklardaki Cu birikim değerleri ise 1,065±0,001 ppm ile 1,831±0,016 ppm arasında değişmektedir. Maden sahası türlerinin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 12.' de gösterilmiştir.

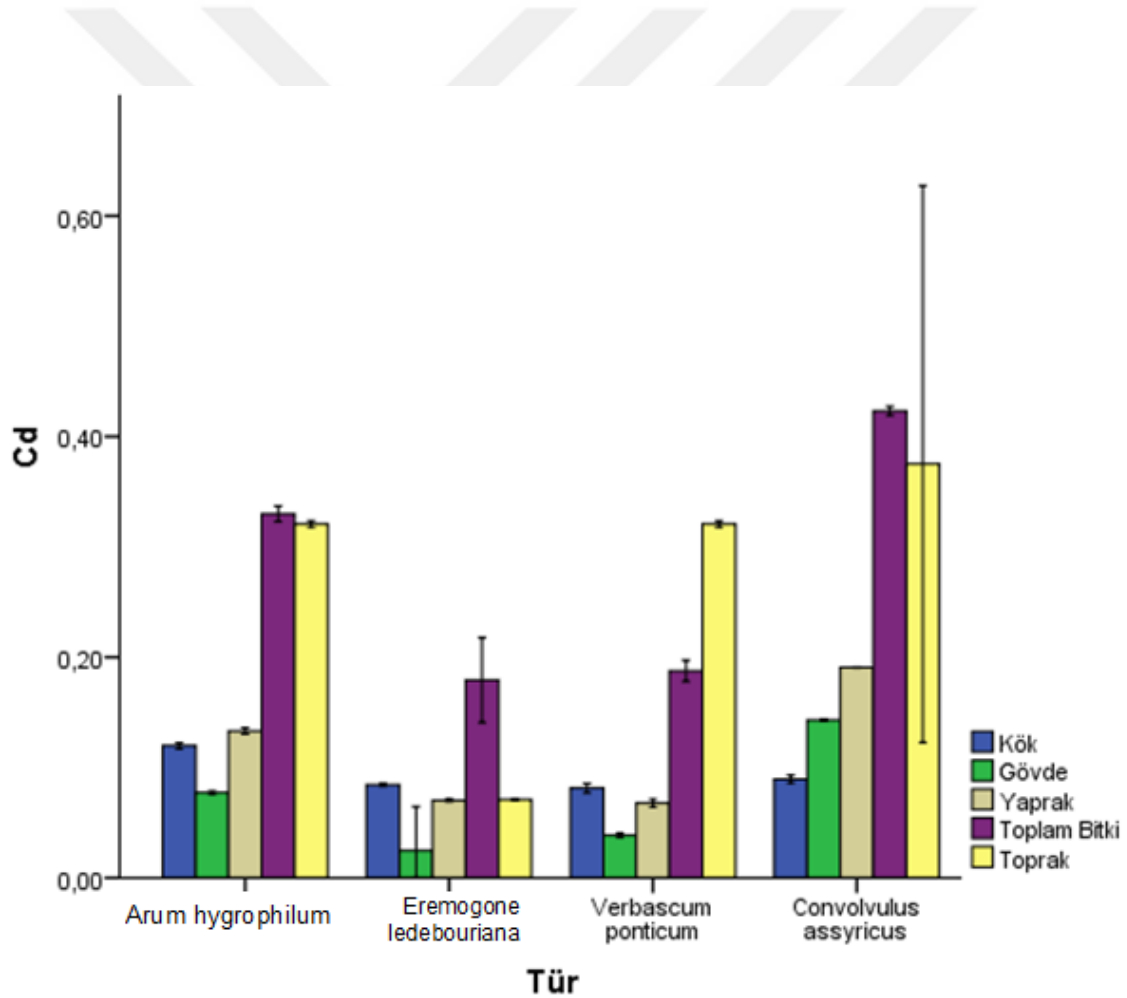


Şekil 4. 12. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cu içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.4. Türlerin içerdığı Cd birikim değerleri

Türlerin Cd birikimleri sırasıyla *C. assyricus* $0,423\pm 0,002$ ppm, *A. hygrophilum* $0,330\pm 0,003$ ppm, *V. ponticum* $0,188\pm 0,004$ ppm ve *E. ledebouriana* $0,179\pm 0,015$ ppm'dir. *C. assyricus* ve *A. hygrophilum* türlerinde en yüksek birikim, bitki organlarından yaprak diğer türlerde ise en yüksek birikim kökte olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Cd birikim değerleri ise $0,071\pm 0,000$ ppm ile $0,375\pm 0,456$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 13.' de gösterilmiştir.

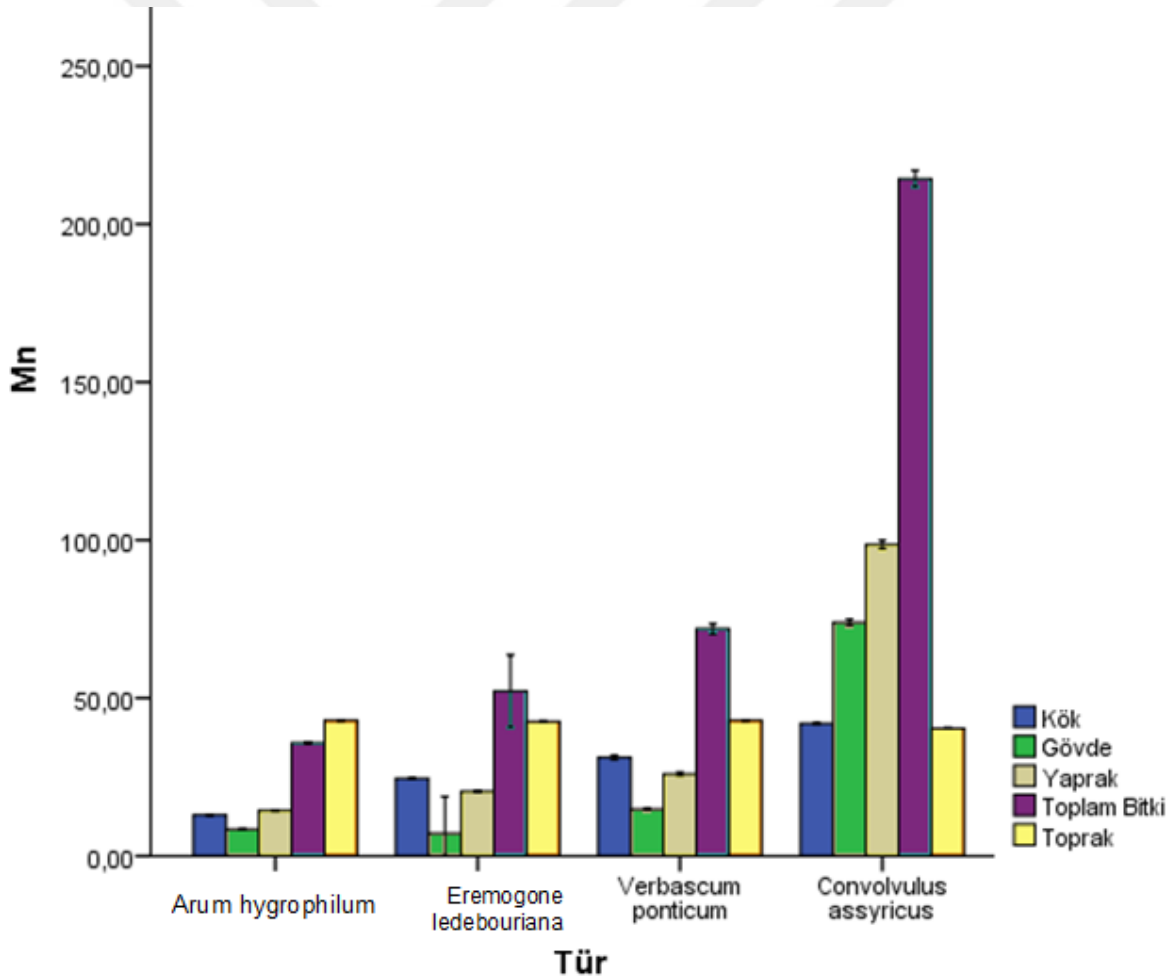


Şekil 4. 13. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cd içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.5. Türlerin içerdği Mn birikim değerleri

Türlerin Mn birikimleri sırasıyla *C. assyricus* 214,359±1,053 ppm, *V. ponticum* 71,919±0,649 ppm, *E. ledebouriana* 52,162±4,645 ppm *A. hygrophilum* 35,797±0,125 ppm'dir. Mn birikimi tüm türlerin kök, gövde ve yapraklarında yapılmış olup, *C. assyricus* ve *A. hygrophilum* türlerinde en yüksek birikim yaprakta diğer türlerde ise en yüksek birikim kökte olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Mn birikim değerleri ise 42,871±0,320 ppm ile 40,374±0,230 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4.14.' de gösterilmiştir.

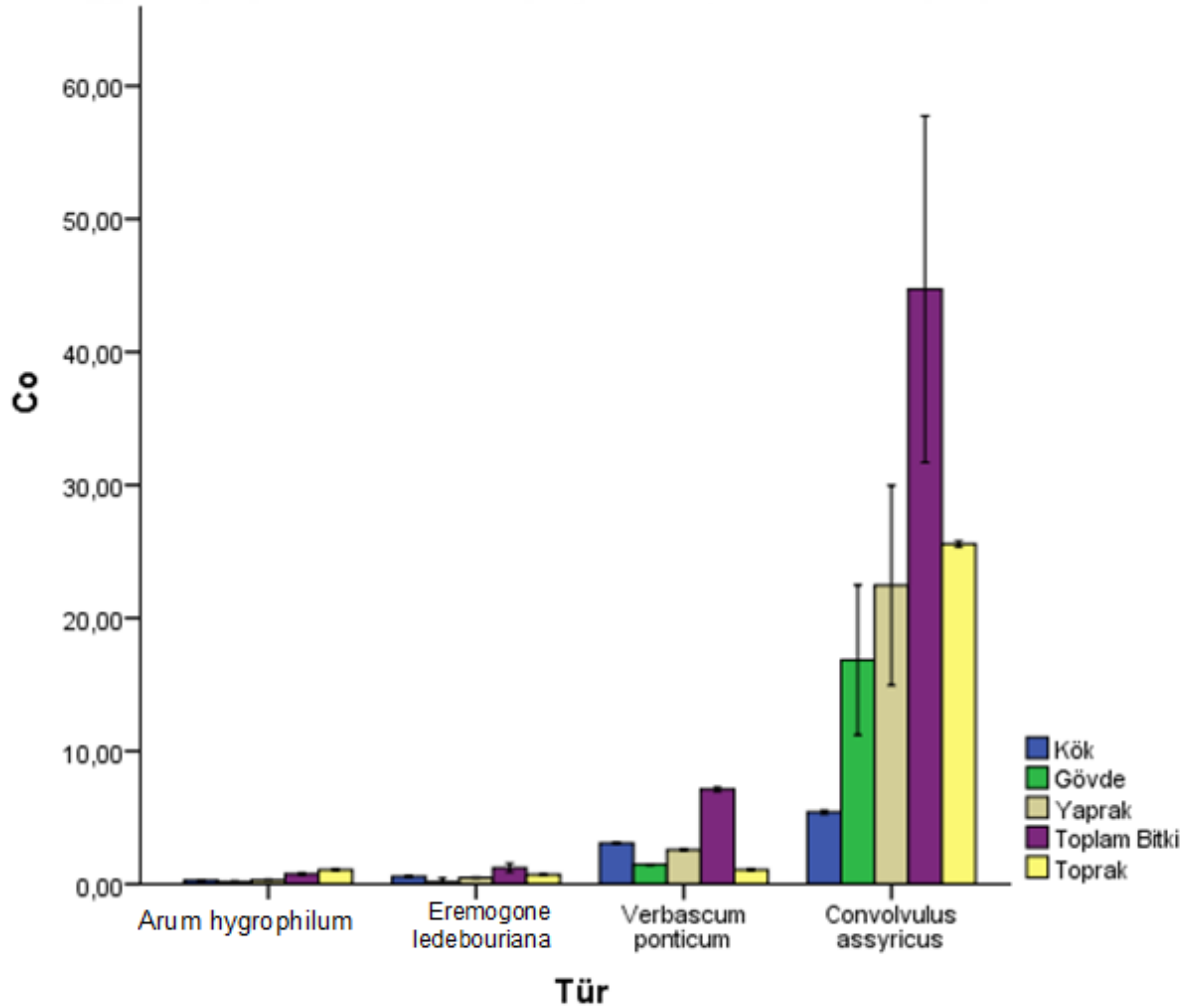


Şekil 4. 14. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Mn içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.6. Türlerin içerdiği Co birikim değerleri

Türlerin Co birikimleri sırasıyla *C. assyricus* $44,718 \pm 5,238$ ppm, *V. ponticum* $7,117 \pm 0,064$ ppm, *E. ledebouriana* $1,223 \pm 0,130$ ppm *A. hygrophilum* $0,763 \pm 0,028$ ppm'dir. *C. assyricus* türünün yaprak ve gövdesindeki Co birikimi, diğer türlere oranla daha yüksek çıkmıştır.

Topraklardaki Co birikim değerleri ise $1,080 \pm 0,009$ ppm ile $25,558 \pm 0,394$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Co içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 15.' de gösterilmiştir.

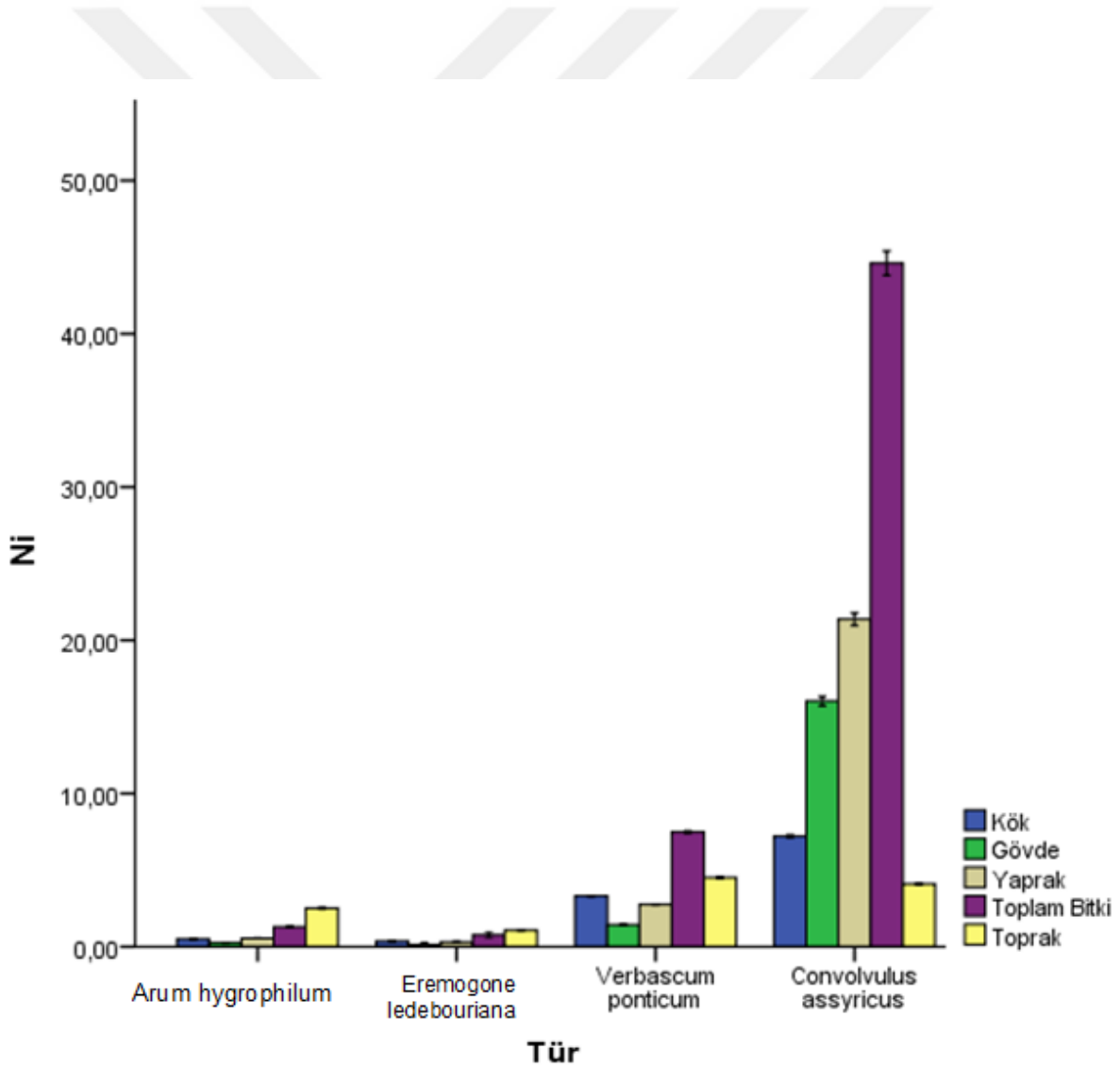


Şekil 4. 15. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Co içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.7. Türlerin içerdığı Ni birikim değerleri

Türlerin Ni birikimi sırasıyla *C. assyricus* 44,610±0,320 ppm, *V. ponticum* 7,117±0,064 ppm, *A. hygrophilum* 1,299±0,007 ppm ve *E. ledebouriana* 0,765±0,058 ppm'dir. *C. assyricus* türünde en yüksek Ni birikimi yaprak ve gövdede, *V. ponticum*' da ise birikimin en yüksek kök ve yaprakta olduğu görülmüştür.

Topraklardaki Ni birikim değerleri ise 1,071±0,011 ppm ile 4,510±0,083 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 16.' da gösterilmiştir.

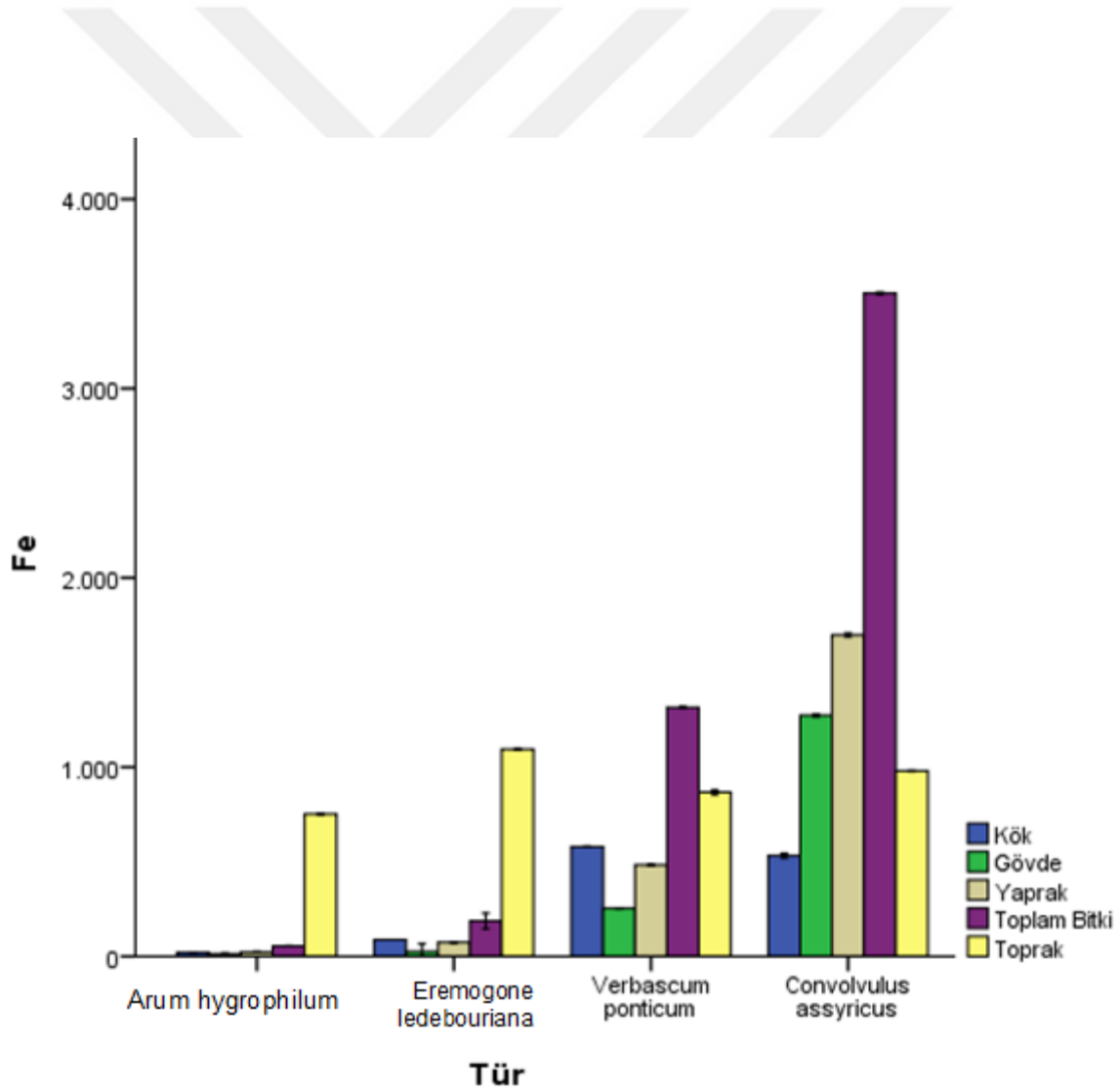


Şekil 4. 16. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Ni içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.8. Türlerin içerdği Fe birikim değerleri

Türlerin Fe birikimleri sırasıyla *C. assyricus* 3502,488±2,148 ppm, *V. ponticum* 1315,325±1,701 ppm, *E. ledebouriana* 187,530±16,769 ppm ve *A. hygrophilum* 55,155±0,198 ppm'dir. *C. assyricus* türünde en yüksek Fe birikimini yaprak ve gövdede, *V. ponticum* ise en yüksek birikimini kökte gerçekleştirmiştir. Türler içerisinde en düşük Fe birikimi ise *A. hygrophilum*'da olduğu tespit edilmiştir.

Topraklardaki Fe birikim değerleri ise 752,123±0,885 ppm ile 1093,083±2,625 ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4. 17.' de gösterilmiştir.

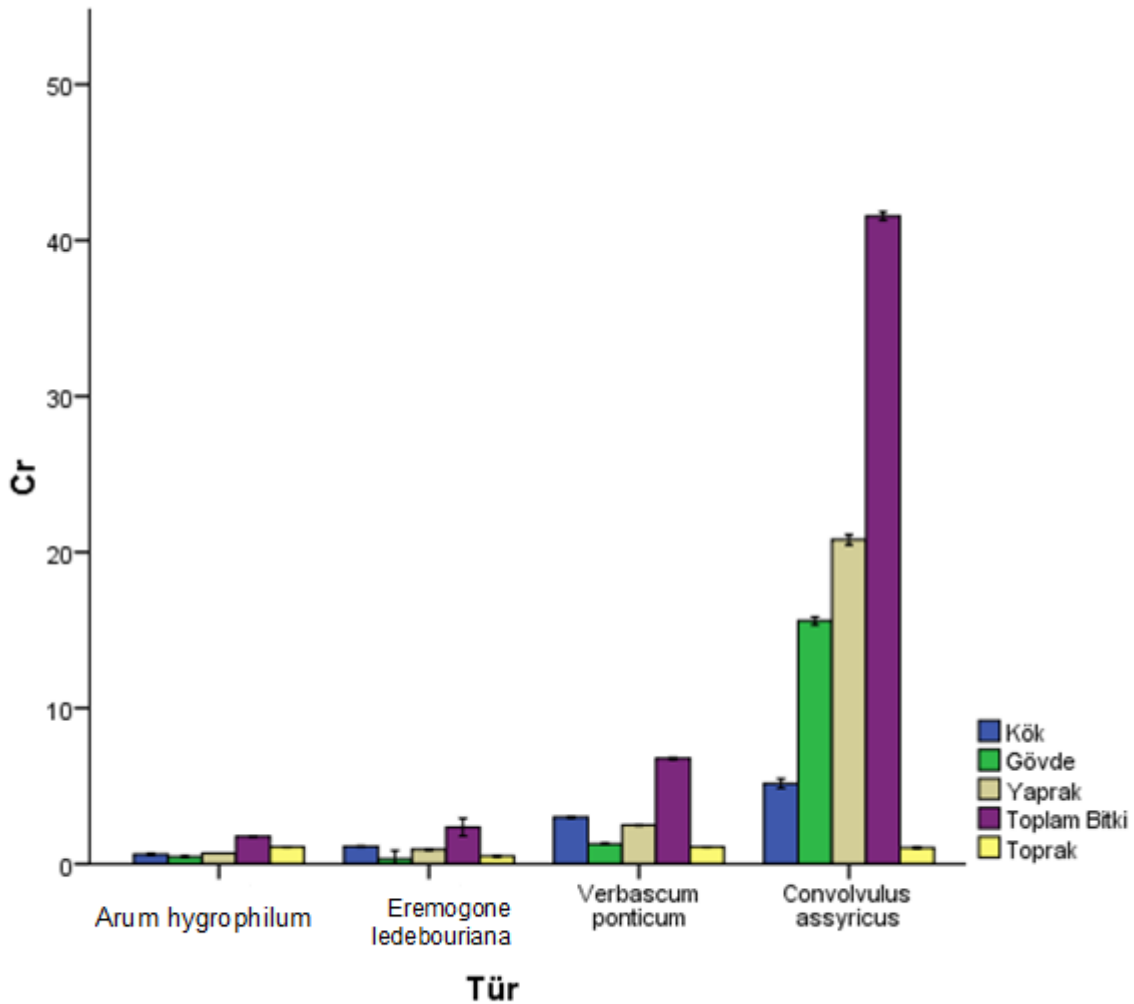


Şekil 4. 17. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Fe içeriklerinin karşılaştırılması

4.2.9. Türlerin içerdiği Cr birikim değerleri

Türlerin Cr birikimleri sırasıyla *C. assyricus* $41,549 \pm 0,110$ ppm, *V. ponticum* $6,762 \pm 0,027$ ppm, *E. ledebouriana* $2,360 \pm 0,227$ ppm ve *A. hygrophilum* $1,766 \pm 0,004$ ppm'dir. Türlerdeki en yüksek birikim bitki organlarından yaprak ve gövdeye aittir.

Topraklardaki Cr birikim değerleri ise $0,494 \pm 0,002$ ppm ile $1,090 \pm 0,020$ ppm arasında değişmektedir. Türlerin kök, gövde, yaprak ve topraklarındaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması Şekil 4.18.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 18. Türlerin kök, gövde ve yaprakları ile topraktaki Cr içeriklerinin karşılaştırılması

Çizelge 4. 2. Amasya-Gümüşhacıköy maden sahası türlerinin kök, gövde ve yapraklarında biriktirdiği ağır metal konsantrasyon değerleri

TÜR	N	Bitki Kısmı	Zn	Pb	Cu	Cd	Mn	Co	Ni	Fe	Cr
<i>A. hygrophilum</i>	15	Kök	217,920±0,067	0,292±0,030	4,220±0,004	0,120±0,001	12,944±0,045	0,275±0,010	0,497±0,003	20,179±0,072	0,616±0,001
	15	Gövde	123,488±0,038	0,178±0,018	2,438±0,002	0,077±0,001	8,471±0,030	0,183±0,007	0,249±0,001	12,556±0,045	0,466±0,001
	15	Yaprak	242,134±0,074	0,324±0,34	4,689±0,005	0,133±0,001	14,382±0,050	0,305±0,011	0,553±0,003	22,421±0,080	0,685±0,002
	15	T. Bitki	583,542±0,178	0,795±0,082	11,347±0,011	0,330±0,003	35,797±0,125	0,763±0,028	1,299±0,007	55,155±0,198	1,766±0,004
	15	Toprak	89,780±0,239	0,917±0,019	1,831±0,016	0,321±0,005	42,871±0,320	1,080±0,009	2,510±0,083	752,123±0,885	1,090±0,020
<i>E. ledebouriana</i>	15	Kök	85,805±0,075	2,042±0,008	1,259±0,003	0,084±0,001	24,547±0,035	0,575±0,016	0,360±0,011	88,250±0,068	1,111±0,012
	15	Gövde	25,027±16,384	0,596±0,390	0,367±0,240	0,025±0,016	7,160±4,687	0,168±0,110	0,105±0,069	25,739±16,850	0,324±0,212
	15	Yaprak	71,504±0,063	1,702±0,007	1,049±0,002	0,070±0,000	20,456±0,030	0,480±0,013	0,300±0,009	73,541±0,057	0,929±0,010
	15	T. Bitki	182,336±16,294	4,340±0,400	2,676±0,244	0,179±0,015	52,162±4,645	1,223±0,130	0,765±0,058	187,530±16,769	2,360±0,227
	15	Toprak	10,621±0,063	1,652±0,031	1,817±0,002	0,071±0,000	42,549±0,135	0,709±0,010	1,071±0,011	1093,083±2,625	0,494±0,002
<i>V. ponticum</i>	15	Kök	213,255±0,230	0,800±0,017	6,675±0,017	0,081±0,002	31,167±0,281	3,083±0,028	3,302±0,012	579,056±0,749	2,990±0,012
	15	Gövde	99,519±0,107	0,387±0,008	3,276±0,008	0,039±0,001	14,779±0,133	1,465±0,013	1,431±0,005	253,723±0,328	1,281±0,005
	15	Yaprak	177,712±0,192	0,666±0,014	5,563±0,014	0,068±0,001	25,973±0,234	2,569±0,023	2,752±0,010	482,546±0,624	2,492±0,010
	15	T. Bitki	490,486±0,530	1,853±0,040	15,514±0,040	0,188±0,004	71,919±0,649	7,117±0,064	7,485±0,027	1315,325±1,701	6,762±0,027
	15	Toprak	89,780±0,239	0,917±0,019	1,831±0,016	0,321±0,005	42,871±0,320	1,080±0,009	4,510±0,083	866,790±23,694	1,090±0,020
<i>C. assyricus</i>	15	Kök	15,571±0,143	2,110±0,015	4,012±0,015	0,090±0,001	41,899±0,114	5,405±0,055	7,209±0,033	532,199±5,006	5,160±0,121
	15	Gövde	15,571±0,000	1,332±0,016	7,974±0,041	0,143±0,000	73,911±0,402	16,848±2,268	16,029±0,123	1272,981±3,066	15,595±0,099
	15	Yaprak	15,571±0,000	1,776±0,021	10,632±0,054	0,191±0,000	98,548±0,537	22,464±3,025	21,372±0,164	1697,308±4,088	20,794±0,132
	15	T. Bitki	46,713±0,143	5,218±0,022	22,619±0,080	0,423±0,002	214,359±1,053	44,718±5,238	44,610±0,320	3502,488±2,148	41,549±0,110
	15	Toprak	0,815±0,156	5,426±0,365	1,065±0,001	0,375±0,456	40,374±0,230	25,558±0,394	4,087±0,033	979,525±4,057	1,039±0,003

4.3. İstatistiksel Analizler ile ilgili Bulgular

4.3.1. Bitkilerin ve toprakların Pearson korelasyon testi sonuçları

Elazığ-Maden maden sahasındaki bitkilerin ve toprakların Pearson korelasyon testi sonuçları

Çizelge 4. 1. *Anchusa leptophylla* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,380**	1							
	Co	-0,389**	0,911**	1						
	Cd	-0,233*	0,678**	0,872**	1					
	Ni	-0,359**	0,960**	0,972**	0,841**	1				
	Fe	-0,049	-0,176	-0,079	-0,158	-0,241*	1			
	Mn	-0,205	0,590**	0,805**	0,967**	0,747**	0,056	1		
	Cr	-0,265*	0,434**	0,668**	0,746**	0,534**	0,524**	0,869**	1	
	Cu	-0,344**	0,979**	0,874**	0,603**	0,928**	-0,167	0,515**	0,369**	1
Toprak	Zn	0,461**	-0,023	0,07	0,296**	0,1	-0,307**	0,282**	0,109	-0,036
	Pb	-0,276*	0,191	0,068	-0,174	0,093	0,203	-0,177	-0,088	0,282**
	Co	0,037	0,09	-0,003	-0,128	0,05	-0,036	-0,181	-0,237*	0,159
	Cd	-0,329**	-0,104	-0,03	-0,135	-0,162	0,780**	0,031	0,430**	-0,086
	Ni	-0,375**	0,012	-0,019	-0,209	-0,089	0,673**	-0,085	0,252*	0,066
	Fe	-0,125	0,143	0,326**	0,204	0,218*	-0,158	0,062	0,039	0,08
	Mn	-0,184	0,158	0,348**	0,182	0,221*	-0,039	0,058	0,094	0,113
	Cr	-0,331**	-0,023	0,168	0,015	-0,018	0,568**	0,063	0,393**	-0,061
	Cu	-0,480**	0,228*	0,098	-0,155	0,109	0,275*	-0,136	0,037	0,267*

Bitkideki Zn elementi ile Pb, Co, Cd, Ni, Cr ve Cu elementleri arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Zn ile Fe ve Zn ile Mn arasında ise bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni Mn, Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif, Fe arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Fe ile Cr arasında pozitif bir ilişki

varken Mn ve Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 3.).

Topraktaki Zn ile bitkideki Zn, Cd, Mn arasında pozitif, Fe arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Topraktaki Zn ile bitkideki Pb, Co, Ni, Cr, Cu arasında ise bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Pb, Co, Cd, Ni, Fe, Mn, Cr arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki Cr arasında negatif bir ilişki bulunurken diğer elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ile bitkideki Fe ve Cr arasında, topraktaki Ni ile bitkideki Fe ve Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 3.).

Çizelge 4. 2. *Alyssum pateri* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,332**	1							
	Co	-0,389**	0,915**	1						
	Cd	-0,255*	0,694**	0,870**	1					
	Ni	-0,341**	0,958**	0,973**	0,853**	1				
	Fe	-0,049	-0,141	-0,083	-0,173	-0,228*	1			
	Mn	-0,230*	0,629**	0,810**	0,968**	0,774**	0,04	1		
	Cr	-0,281**	0,472**	0,667**	0,741**	0,555**	0,517**	0,865**	1	
	Cu	-0,322**	0,971**	0,881**	0,614**	0,925**	-0,153	0,542**	0,388**	1
Toprak	Zn	0,461**	0,013	0,063	0,279*	0,113	-0,307**	0,266*	0,099	-0,024
	Pb	-0,266*	0,115	0,075	-0,144	0,062	0,221*	-0,142	-0,06	0,249*
	Co	0,105	0,025	-0,012	-0,111	0,012	0,008	-0,153	-0,204	0,111
	Cd	-0,399**	-0,068	-0,016	-0,145	-0,135	0,741**	0,008	0,400**	-0,043
	Ni	-0,344**	-0,029	-0,024	-0,199	-0,114	0,714**	-0,064	0,287**	0,035
	Fe	-0,126	0,162	0,317**	0,195	0,224*	-0,158	0,054	0,034	0,084
	Mn	-0,225*	0,184	0,351**	0,176	0,240*	-0,067	0,044	0,071	0,138
	Cr	-0,332**	0,01	0,161	0	-0,006	0,568**	0,047	0,385**	-0,049
	Cu	-0,340**	0,111	0,069	-0,158	0,003	0,599**	-0,065	0,240*	0,144

Bitkideki Zn ile Pb, Co, Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr ve

Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr ve Cu arasında pozitif, Fe ile negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Fe ile Cr arasında pozitif bir ilişki bulunurken Fe ile Mn ve Fe ile Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 4.).

Topraktaki Zn ile bitkideki Zn, Cd, Mn arasında pozitif, Zn ile Fe arasında ise negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Topraktaki Zn ile bitkideki Pb, Co, Ni, Cr ve Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Fe ve Cu arasında pozitif bir ilişki vardır. Topraktaki Co ile bitkideki tüm elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ve Ni ile bitkideki Fe ve Cr arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Topraktaki Mn ile bitkideki Cr ve Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4. 4.).

Çizelge 4. 3. *Erysimum uncinatifolium* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,474**	1							
	Co	-0,554**	0,680**	1						
	Cd	-0,382*	0,805**	0,565**	1					
	Ni	-0,474**	0,963**	0,694**	0,925**	1				
	Fe	0,131	-0,283	-0,282	-0,282	-0,350*	1			
	Mn	-0,392*	0,460**	0,825**	0,642**	0,569**	-0,171	1		
	Cr	-0,354*	0,704**	0,447**	0,920**	0,804**	0,106	0,592**	1	
	Cu	-0,450**	0,965**	0,691**	0,671**	0,893**	-0,288	0,401*	0,556**	1
Toprak	Zn	-0,051	0,164	0,22	0,510**	0,331*	-0,420*	0,537**	0,400*	0,069
	Pb	0,055	-0,014	-0,116	-0,409*	-0,181	0,347*	-0,422*	-0,333*	0,161
	Co	0,257	-0,065	-0,136	-0,349*	-0,175	0,154	-0,398*	-0,371*	0,066
	Cd	-0,13	-0,144	-0,135	-0,253	-0,238	0,895**	-0,144	0,11	-0,093
	Ni	-0,011	-0,111	-0,191	-0,387*	-0,267	0,795**	-0,316	-0,098	0,001
	Fe	-0,172	0,006	0,214	-0,004	0,047	-0,17	-0,103	-0,098	-0,047
	Mn	-0,18	0,002	0,209	-0,046	0,027	-0,097	-0,141	-0,116	-0,028
	Cr	-0,198	-0,099	0,1	-0,137	-0,105	0,378*	-0,162	-0,005	-0,142
	Cu	-0,11	0,01	-0,099	-0,360*	-0,164	0,463**	-0,352*	-0,201	0,101

Bitkideki Zn ile Pb, Co, Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken, Zn ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni,

Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Fe ile Mn, Cr, Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cr ile Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4.5.).

Topraktaki Zn ile bitkideki Cd, Ni, Mn, Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki varken, Zn ile Fe arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Topraktaki Zn ile bitkideki Zn, Pb, Co ve Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Cd, Mn ve Cr ile negatif, Fe ile pozitif bir ilişki bulunurken Zn, Pb, Co, Ni, Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki Cd, Mn, Cr arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken, bitkideki diğer elementlerle bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ile bitkideki Fe arasında pozitif bir ilişki bulunurken bitkideki diğer elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Ni ile bitkideki Fe arasında pozitif, Cd arasında negatif bir ilişki bulunurken diğer elementlerle ise bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Fe ve Mn ile bitkideki elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4. 4. *Glaucium acutidentatum* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

	Bitki								
	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Zn	1								
Pb	-0,401*	1							
Co	-0,490**	0,903**	1						
Cd	-0,307	0,705**	0,888**	1					
Ni	-0,427**	0,951**	0,976**	0,871**	1				
Fe	0,134	-0,216	-0,223	-0,228	-0,316	1			
Mn	-0,217	0,652**	0,814**	0,967**	0,794**	-0,023	1		
Cr	-0,233	0,527**	0,698**	0,820**	0,629**	0,356*	0,915**	1	
Cu	-0,347*	0,970**	0,832**	0,592**	0,894**	-0,206	0,544**	0,417*	1

(Devam) Çizelge 4. 6.

	Bitki									
	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu	
Toprak	Zn	0,423*	0,247	0,329	0,576**	0,368*	-0,181	0,622**	0,493**	0,191
	Pb	-0,113	0,13	-0,073	-0,340*	-0,035	0,275	-0,312	-0,235	0,293
	Co	0,047	-0,044	-0,154	-0,317	-0,112	-0,012	-0,371*	-0,411*	0,067
	Cd	-0,13	-0,044	-0,071	-0,179	-0,163	0,895**	0,001	0,367*	0,007
	Ni	-0,032	0,058	-0,101	-0,273	-0,124	0,800**	-0,109	0,181	0,159
	Fe	-0,456**	-0,248	-0,034	-0,091	-0,119	-0,376*	-0,27	-0,305	-0,315
	Mn	-0,475**	-0,246	-0,034	-0,108	-0,123	-0,346*	-0,285	-0,306	-0,303
	Cr	-0,506**	-0,302	-0,078	-0,162	-0,204	-0,053	-0,283	-0,178	-0,367*
	Cu	-0,282	0,117	-0,07	-0,311	-0,058	0,399*	-0,261	-0,079	0,175

Bitkideki Zn ile Pb, Co, Ni, Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken, Zn ile Cd, Fe, Mn, Cr arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Fe ile Cr arasında pozitif bir ilişki bulunurken diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. (Çizelge 4.6.).

Topraktaki Zn ile bitkideki Zn, Cd, Ni, Mn, Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki varken, Pb, Co, Fe, Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Cd arasında negatif ve önemli bir ilişki varken, diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki Mn ve Cr arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ile bitkideki Fe ve Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Ni ile bitkideki Fe arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Fe ve Mn ile bitkideki Zn ve Fe arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cu ile bitkideki Fe arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4.6.).

Amasya-Gümüşhacıköy maden sahasındaki bitkilerin ve toprakların Pearson korelasyon testi sonuçları

Çizelge 4. 5. *Arum hygrophilum* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,370**	1							
	Co	-0,400**	0,932**	1						
	Cd	-0,267*	0,755**	0,892**	1					
	Ni	-0,347**	0,963**	0,977**	0,888**	1				
	Fe	-0,134	-0,147	-0,068	-0,177	-0,224	1			
	Mn	-0,262*	0,698**	0,842**	0,970**	0,818**	0,028	1		
	Cr	-0,353**	0,535**	0,709**	0,751**	0,603**	0,502**	0,868**	1	
	Cu	-0,319**	0,975**	0,886**	0,665**	0,924**	-0,132	0,609**	0,459**	1
Toprak	Zn	0,418**	0,032	0,09	0,291*	0,149	-0,383**	0,261*	0,065	0,021
	Pb	-0,14	0,109	0,043	-0,168	0,021	0,378**	-0,132	0,011	0,216
	Co	0,173	0,016	-0,029	-0,115	-0,005	0,051	-0,147	-0,183	0,093
	Cd	-0,407**	-0,079	-0,021	-0,146	-0,148	0,773**	0,011	0,412**	-0,057
	Ni	-0,329**	-0,04	-0,035	-0,202	-0,133	0,762**	-0,059	0,308**	0,019
	Fe	-0,175	0,191	0,345**	0,199	0,252*	-0,192	0,048	0,016	0,12
	Mn	-0,235*	0,206	0,368**	0,177	0,254*	-0,067	0,045	0,073	0,155
	Cr	-0,432**	0,026	0,192	0,002	0,016	0,545**	0,036	0,366**	-0,014
	Cu	-0,376**	0,128	0,077	-0,158	0,008	0,604**	-0,068	0,236*	0,173

Arum hygrophilum bitkisindeki Zn ile Pb, Co, Cd, Ni, Cr, Cu arasında istatistiki yönden negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Zn ile Fe arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında istatistiki yönden negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Pb ile Fe arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Co ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Cd ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Ni ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu ve bitkideki Cr ile Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 7.).

Topraktaki Zn elementi ile bitkideki Zn arasında istatistiki yönden pozitif, Fe ile arasında istatistiki yönden negatif ve önemli bir ilişki vardır. Topraktaki Zn ile bitkideki Pb, Co, Ni,

Cr ve Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Fe arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Pb ile diğer elementlerle arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki tüm elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ve Ni ile Fe ve Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken diğer elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4. 7.).

Çizelge 4. 6. *Eremogone ledebouriana* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,370**	1							
	Co	-0,400**	0,932**	1						
	Cd	-0,267*	0,755**	0,892**	1					
	Ni	-0,347**	0,963**	0,977**	0,888**	1				
	Fe	-0,134	-0,147	-0,068	-0,177	-0,224	1			
	Mn	-0,262*	0,698**	0,842**	0,970**	0,818**	0,028	1		
	Cr	-0,353**	0,535**	0,709**	0,751**	0,603**	0,502**	0,868**	1	
	Cu	-0,319**	0,975**	0,886**	0,665**	0,924**	-0,132	0,609**	0,459**	1
Toprak	Zn	0,418**	0,032	0,09	0,291*	0,149	-0,383**	0,261*	0,065	0,021
	Pb	-0,14	0,109	0,043	-0,168	0,021	0,378**	-0,132	0,011	0,216
	Co	0,173	0,016	-0,029	-0,115	-0,005	0,051	-0,147	-0,183	0,093
	Cd	-0,407**	-0,079	-0,021	-0,146	-0,148	0,773**	0,011	0,412**	-0,057
	Ni	-0,329**	-0,04	-0,035	-0,202	-0,133	0,762**	-0,059	0,308**	0,019
	Fe	-0,175	0,191	0,345**	0,199	0,252*	-0,192	0,048	0,016	0,12
	Mn	-0,235*	0,206	0,368**	0,177	0,254*	-0,067	0,045	0,073	0,155
	Cr	-0,432**	0,026	0,192	0,002	0,016	0,545**	0,036	0,366**	-0,014
	Cu	-0,376**	0,128	0,077	-0,158	0,008	0,604**	-0,068	0,236*	0,173

Eremogone ledebouriana bitkisindeki Zn ile Pb, Co, Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Zn ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni, Mn, Cr ve Cu arasında ise pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Pb ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Co ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Cd ile, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken Cd ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Ni ile Fe arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Fe ile Cr arasında

pozitif ve önemli bir ilişki bulunurken, Mn ve Cu ile bir ilişkisi bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır(Çizelge 4. 8).

Topraktaki Zn ile bitkideki Zn, Cd ve Mn arasında pozitif, Fe ile negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Pb, Co, Ni, Cr, Cu ile bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Fe arasında pozitif önemli bir ilişki bulunurken diğer elementlerle bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ile bitkideki Fe ve Cr arasında pozitif önemli bir ilişki bulunurken, Cd ile Ni, Mn, Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Ni ile bitkideki Fe ve Cr arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 8).

Çizelge 4. 7. *Verbascum ponticum* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,554**	1							
	Co	-0,582**	0,925**	1						
	Cd	-0,404*	0,729**	0,891**	1					
	Ni	-0,541**	0,959**	0,981**	0,878**	1				
	Fe	0,035	-0,274	-0,241	-0,261	-0,349*	1			
	Mn	-0,359*	0,668**	0,828**	0,976**	0,809**	-0,089	1		
	Cr	-0,392*	0,556**	0,732**	0,838**	0,660**	0,292	0,917**	1	
	Cu	-0,517**	0,973**	0,865**	0,626**	0,912**	-0,281	0,563**	0,445**	1
Toprak	Zn	0,287	0,292	0,397*	0,609**	0,419*	-0,271	0,629**	0,504**	0,224
	Pb	-0,145	-0,175	-0,317	-0,475**	-0,271	0,168	-0,479**	-0,439**	-0,027
	Co	0,11	-0,357*	-0,424*	-0,430**	-0,367*	-0,037	-0,467**	-0,523**	-0,265
	Cd	-0,278	-0,018	-0,01	-0,149	-0,117	0,868**	-0,005	0,361*	0,015
	Ni	-0,207	-0,178	-0,281	-0,426**	-0,31	0,740**	-0,309	-0,027	-0,082
	Fe	-0,266	0,143	0,324	0,16	0,21	-0,21	0,012	0,019	0,065
	Mn	-0,303	0,144	0,322	0,13	0,201	-0,157	-0,015	0,014	0,083
	Cr	-0,352*	0,068	0,25	0,051	0,083	0,32	0,001	0,221	-0,004
	Cu	-0,346*	0,072	-0,09	-0,324	-0,083	0,382*	-0,294	-0,117	0,127

Verbascum ponticum bitkisindeki Zn ile Pb, Co, Cd, Ni, Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Zn ile Fe arasında ise bir ilişki bulunmamaktadır. Pb elementinin Zn ile arasında negatif, Co, Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki vardır, Fe elementi ile ise bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Co elementiyle Zn arasında negatif,

Fe elementi dışındaki diğer tüm elementlerle pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 4. 9.).

Topraktaki Cd elementi bitkideki Fe elementi arasında pozitif ve önemli bir ilişki vardır, diğer elementlerle ise bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Zn elementi ile bitkideki Cd, Mn, Cr arasında ise pozitif bir ilişki vardır. Topraktaki Fe elementinin bitkideki tüm elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4. 9.).

Çizelge 4. 8. *Convolvulus assyricus* türüne ait toprak ve bitki örneklerindeki ağır metal içerikleri arasındaki Pearson kolerasyon katsayıları ve önemlilik durumları (**p<0,01,* p<0,05)

		Bitki								
		Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Bitki	Zn	1								
	Pb	-0,364*	1							
	Co	-0,416*	0,917**	1						
	Cd	-0,258	0,729**	0,894**	1					
	Ni	-0,348*	0,959**	0,977**	0,878**	1				
	Fe	-0,114	-0,413*	-0,340*	-0,352*	-0,468**	1			
	Mn	-0,252	0,644**	0,818**	0,969**	0,789**	-0,148	1		
	Cr	-0,365*	0,399*	0,616**	0,731**	0,511**	0,369*	0,854**	1	
	Cu	-0,329*	0,972**	0,856**	0,624**	0,911**	-0,399*	0,537**	0,299	1
Toprak	Zn	0,416*	0,281	0,377*	0,609**	0,418*	-0,371*	0,612**	0,380*	0,216
	Pb	-0,259	-0,016	-0,177	-0,421*	-0,152	0,256	-0,416*	-0,297	0,141
	Co	0,189	0,123	-0,002	-0,178	0,051	-0,118	-0,258	-0,374*	0,225
	Cd	-0,431**	-0,430**	-0,383*	-0,387*	-0,468**	0,728**	-0,238	0,181	-0,400*
	Ni	-0,405*	-0,375*	-0,410*	-0,477**	-0,460**	0,710**	-0,340*	0,052	-0,306
	Fe	-0,154	0,133	0,311	0,16	0,209	-0,28	-0,01	-0,076	0,057
	Mn	-0,223	0,1	0,284	0,105	0,169	-0,205	-0,058	-0,078	0,042
	Cr	-0,466**	-0,297	-0,1	-0,206	-0,262	0,428**	-0,211	0,112	-0,350*
	Cu	-0,466**	-0,16	-0,274	-0,438**	-0,286	0,473**	-0,374*	-0,085	-0,109

Convolvulus assyricus bitkisindeki Zn ile Pb, Co, Ni, Cr ve Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Zn ile Cd, Fe ve Mn arasında ise bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Pb ile Co, Cd, Ni, Mn, Cu arasında pozitif bir ilişki bulunurken Pb ile Fe arasında ise negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Co ile Cd, Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif bir ilişki bulunurken Co ile Fe arasında ise negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Cd ile Ni, Mn, Cr, Cu arasında pozitif bir ilişki bulunurken Cd ile

Fe arasında ise negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Ni ile Mn, Cr, Cu arasında pozitif bir ilişki bulunurken, Fe ile arasında ise negatif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bitkideki Fe ile Cr arasında pozitif, Fe ile Cu arasında negatif ve önemli bir ilişki bulunurken Fe ile Mn arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Bitkideki Mn ile Cr ve Cu arasında pozitif ve önemli bir ilişki vardır (Çizelge 4. 10.).

Topraktaki Zn ile bitkideki Cd ve Mn arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulunmaktadır. Pb ve Cu arasında ise bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Pb ile bitkideki Cd ve Mn arasında negatif bir ilişki bulunurken bitkideki diğer elementlerle bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Co ile bitkideki Cr arasında negatif bir ilişki bulunurken bitkideki diğer elementlerle bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Cd ile bitkideki Cd, Ni, Cu arasında negatif, Fe ile arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Topraktaki Ni ile bitkideki Ni ve Mn arasında negatif, Fe ile arasında pozitif bir ilişki vardır. Ni ile Cr ve Ni ile Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Fe ile bitkideki diğer elementler arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Topraktaki Mn ve Cr ile bitkideki Mn, Cr, Cu arasında bir ilişki bulunmamaktadır (Çizelge 4. 10.).

4.3.2. Bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları

Elazığ-Maden maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları

Çizelge 4. 9. Elazığ-Maden maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları

	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
<i>Anchusa leptophylla</i>	0,45a	22,59a	94,27b	31,70d	2292,83b	5,51b	66,81c	2,71d	116,95a
<i>Alyssum pateri</i>	0,97a	21,32a	129,69b	79,44c	2632,63ab	8,07b	185,04b	7,67c	142,85a
<i>Erysimum uncinatifolium</i>	0,75a	33,38a	279,40a	507,36a	5597,46a	42,10a	1345,51a	72,19a	140,04a
<i>Glaucium acutidentatum</i>	0,32a	14,11a	148,85ab	121,56b	2205,70b	6,38b	164,06b	12,90b	56,57a

Zn içeriği; *Alyssum pateri* türünde en yüksek değerdedir ve diğer türlerden farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Alyssum pateri* türünden kaynaklanmaktadır. *Glaucium acutidentatum* türünde Zn en düşük değerdedir (Çizelge 4. 11.).

Pb içeriği; İstatistiksel yönden *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir diğer türlerden farklılık göstermektedir. Farklılık *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Pb değeri *Glaucium acutidentatum* türüne aittir (Çizelge 4. 11.).

Co içeriği; *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksek değerdedir ve diğer türlerden oldukça farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Co değeri *Anchusa leptophlla* türüne aittir (Çizelge 4. 11.).

Cd içeriği; İstatistiksel yönden *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir ve diğer türlerden farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Cd değeri *Anchusa leptophlla* türüne aittir (Çizelge 4. 11.).

Ni içeriği; *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Farklılık *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Ni değeri *Glaucium acutidentatum* türüne aittir (Çizelge 4. 11.).

Fe içeriği; İstatistiksel olarak *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. *Anchusa leptophlla* türünde Fe en düşük değerdedir (Çizelge 4. 11.).

Mn içeriği; *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. *Anchusa leptophlla* türünde Mn en düşük değerdedir (Çizelge 4. 11.).

Cr içeriği; *Erysimum uncinatifolium* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Erysimum uncinatifolium* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Cr değeri *Anchusa leptophlla* türüne aittir (Çizelge 4. 11.).

Cu içeriği; İstatistiksel olarak *Alyssum pateri* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Alyssum pateri* türünden kaynaklanmaktadır. *Glaucium acutidentatum* türünde Fe en düşük değerdedir (Çizelge 4. 11.).

Amasya-Gümüşhacıköy maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları

Çizelge 4. 10. Amasya-Gümüşhacıköy maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin çoklu karşılaştırma testi (Tukey) sonuçları

	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
<i>Arum hygrophilum</i>	306,54a	0,41d	0,40c	0,17b	0,67c	29,05d	18,88d	0,93d	5,96c
<i>Eremogone ledebouriana</i>	92,24c	2,19b	0,61c	0,09c	0,38d	94,86c	26,38c	1,19c	1,35d
<i>Verbascum ponticum</i>	251,64b	0,95c	3,65b	0,09c	3,83b	673,38b	36,91b	3,45b	7,97b
<i>Convolvulus assyricus</i>	24,91d	2,70a	0,40c	0,23a	25,32a	1995,05a	120,23a	23,89a	12,76a

Zn içeriği; *Arum hygrophilum* türünde en yüksek değerdedir ve diğer türlerden oldukça farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Arum hygrophilum* türünden kaynaklanmaktadır. *Convolvulus assyricus* türünde Zn en düşük değerdedir (Çizelge 4. 12.).

Pb içeriği; İstatistiksel yönden *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir. *Arum hygrophilum* ve *Verbascum ponticum* türlerinden önemli ölçüde farklıdır. Farklılık *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Pb değeri *Arum hygrophilum* türüne aittir (Çizelge 4. 12.).

Co içeriği; *Verbascum ponticum* türünde en yüksek değerdedir ve diğer türlerden oldukça farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Verbascum ponticum* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Co değeri *Arum hygrophilum* ve *Convolvulus assyricus* türüne aittir (Çizelge 4. 12.).

Cd içeriği; İstatistiksel yönden *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Cd değeri *Eremogone ledebouriana* türüne aittir (izelge 4.12.).

Ni içeriği; *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Farklılık *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Ni değeri *Eremogone ledebouriana* türüne aittir (izelge 4.12.).

Fe içeriği; İstatistiksel olarak *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. *Eremogone ledebouriana* türünde Fe en düşük değerdedir (izelge 4.12.).

Mn içeriği; *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. *Arum hygrophilum* türünde Mn en düşük değerdedir (izelge 4. 12.).

Cr içeriği; *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. En düşük Cr değeri *Arum hygrophilum* türüne aittir (izelge 4.12.).

Cu içeriği; İstatistiksel olarak *Convolvulus assyricus* türünde en yüksektir ve diğer türlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni *Convolvulus assyricus* türünden kaynaklanmaktadır. *Eremogone ledebouriana* türünde Fe en düşük değerdedir (izelge 4.12.).

4.3.3. Bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları

Elazığ-Maden maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları

Elazığ Maden bakır madeni sahasında yayılış gösteren türlerde Zn, Pb, Co, Cd, Ni, Fe, Mn, Cr, Cu birikimi açısından türler arası, türlere ait organlarda ve Tür*Bitki organları arasındaki farklılık istatistiksel bakımdan önemlidir ($p<0,01$). Tür *Bitki organları bakımında Cu farklılığı önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4. 13.).

Çizelge 4. 11. Elazığ-Maden bakır madeni sahasındaki bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Tür	Zn	1,106	3	0,369	7,193	0,001**
	Pb	1318,101	3	439,367	6,155	0,002**
	Co	54835,615	3	18278,538	15,721	0,000**
	Cd	753855,975	3	251285,325	2392,429	0,000**
	Ni	48439887,04	3	16146629,01	23,05	0,000**
	Fe	4975,102	3	1658,367	399,616	0,000**
	Mn	3543241,159	3	1181080,386	7614,322	0,000**
	Cr	16924,958	3	5641,653	9096,278	0,000**
Bitki organları	Cu	23595,079	3	7865,026	4,741	0,006**
	Zn	1,745	4	0,436	8,513	0,000**
	Pb	3705,1	4	926,275	12,975	0,000**
	Co	145635,663	4	36408,916	31,315	0,000**
	Cd	318602,027	4	79650,507	758,334	0,000**
	Ni	74633546,84	4	18658386,71	26,636	0,000**
	Fe	2161,133	4	540,283	130,192	0,000**
	Mn	1072892,209	4	268223,052	1729,211	0,000**
Tür * Bitki organları	Cr	5872,524	4	1468,131	2367,13	0,000**
	Cu	83404,442	4	20851,11	12,569	0,000**
	Zn	1,264	12	0,105	2,055	0,044*
	Pb	2173,155	12	181,096	2,537	0,014*
	Co	46950,469	12	3912,539	3,365	0,002**
	Cd	555829,642	12	46319,137	440,994	0,000**
	Ni	52804345,74	12	4400362,145	6,282	0,000**
	Fe	3345,214	12	278,768	67,175	0,000**
	Mn	1759005,326	12	146583,777	945,013	0,000**
	Cr	12482,092	12	1040,174	1677,118	0,000**
	Cu	32497,578	12	2708,132	1,632	0,121ÖD

*ÖD Önemli değil

Amasya-Gümüşhacıköy maden sahası bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları

Amasya Gümüşhacıköy gümüşlü kurşun çinko maden sahasında yayılış gösteren türlerde türler arası, türlere ait organlarda ve Tür*Bitki organları arasındaki birikimsel farklılıklar istatistiksel bakımdan ($p<0,01$) önemlidir (Çizelge 4. 14.).

Çizelge 4. 12. Amasya-Gümüşhacıköy gümüşlü kurşun çinko maden sahasındaki bitki ve toprak parametrelerinin tekrarlı varyans analizi (RMANOVA) testinin sonuçları

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
Tür	Zn	785997,1	3	261999,04	6537,08	0,00 **
	Pb	50,954	3	16,985	699,763	0,00 **
	Co	6682,913	3	2227,638	638,292	0,00 **
	Cd	0,216	3	0,072	1813,615	0,00 **
	Ni	6424,033	3	2141,344	177708	0,00 **
	Fe	37413068,735	3	12471,023	259889,9	0,00 **
	Mn	99421,38	3	33140,459	9673,105	0,00 **
	Cr	5519,711	3	1839,904	145719,5	0,00 **
	Cu	1007,666	3	335,889	33737,52	0,00 **
Bitki Organları	Zn	466045	4	116511,26	2907,046	0,00 **
	Pb	40,707	4	10,177	419,278	0,00 **
	Co	1011,861	4	252,965	72,483	0,00 **
	Cd	0,346	4	0,087	2183,445	0,00 **
	Ni	950,914	4	237,729	19728,86	0,00 **
	Fe	7867690,783	4	1966922,7	40989,7	0,00 **
	Mn	39892,54	4	9973,134	2910,979	0,00 **
	Cr	932,287	4	233,072	18459,17	0,00 **
	Cu	763,937	4	190,984	19182,95	0,00 **
Tür * Bitki Organları	Zn	216193,192	12	18016,099	449,516	0,00 **
	Pb	14,775	12	1,231	50,726	0,00 **
	Co	2188,868	12	182,406	52,265	0,00 **
	Cd	0,08	12	0,007	167,187	0,00 **
	Ni	1957,675	12	163,14	13538,79	0,00 **
	Fe	12009999,945	12	1000833,329	20856,87	0,00 **
	Mn	31393,65	12	2616,137	763,603	0,00 **
	Cr	1820,198	12	151,683	12013,24	0,00 **
	Cu	354,338	12	29,528	2965,889	0,00 **

4.4. Çalışma Alanlarındaki Topraklara Ait EF, BCF, IGEO ve TF Değerleri

Zenginleşme Faktörü (EF): Sutherland (2000) tarafından “ $EF < 2$; Minimal zenginleşme, $2 \leq EF \leq 5$; Orta zenginleşme, $5 \leq EF \leq 20$; Belirgin zenginleşme, $20 \leq EF \leq 40$; Çok yüksek zenginleşme, $EF > 40$; Aşırı zenginleşme” şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. 13. Lokalitelere göre toprakların zenginleşme faktörü (EF)

Lokalite	Tür	ZnEF	PbEF	CoEF	CdEF	NiEF	FeEF	MnEF	CrEF	CuEF
Elazığ	<i>A. leptophlla</i>	0,006	0,256	1,28	0,186	39,65	0,088	0,754	0,23	1,095
	<i>A. pateri</i>	0,008	0,184	0,184	5,446	88,89	0,249	1,699	0,989	2,31
	<i>E. uncinatifolium</i>	0,006	0,291	0,909	0,329	51,42	0,108	0,678	0,293	3,416
	<i>G. acutidentatum</i>	0,003	0,275	0,637	1,518	40,36	0,11	1,92	0,238	0,807
Amasya	<i>A. hygrophilum</i>	1,795	0,018	0,021	0,006	0,05	15,04	0,857	0,021	0,036
	<i>E. ledebouriana</i>	0,212	0,032	0,014	0,001	0,021	21,86	0,85	0,01	0,036
	<i>C. assyricus</i>	0,016	0,108	0,511	0,007	0,082	19,59	0,807	0,021	0,021
	<i>V. ponticum</i>	1,795	0,018	0,021	0,006	0,09	17,34	0,857	0,021	0,036

Çizelge 4.15.’ e göre Elazığ maden sahası topraklarındaki zenginleştirme faktörü değerleri; EF(Zn);0,003-0,006 EF(Pb);0,184-0,291 EF(Co);0,184-1,28 EF(Cd);0,329-5,446 EF(Ni);39,65-88,89 EF(Fe);0,088-0,249 EF(Mn);0,678-1,92 EF(Cr);0,23-0,98 EF(Cu);0,807-3,416 arasında değişim göstermektedir. Elazığ maden sahası topraklarında, Zn, Pb, Co, Cd, Fe, Mn ve Cr bakımından minimal zenginleştirme, Ni bakımından ise $39,65 < NiEF < 88,89$ olduğu için aşırı zenginleşme sınıfına girmektedir.

Amasya maden sahası topraklarındaki zenginleştirme faktörü EF(Zn); 0,016-1,795 EF(Pb); 0,018-0,108 EF(Co); 0,014-0,511 EF(Cd); 0,001-0,007 EF(Ni); 0,021-0,090 EF(Fe); 15,04-21,86 EF(Mn); 0,807-0,857 EF(Cr); 0,01-0,021 EF(Cu); 0,021-0,036 değerleri arasında değişim göstermektedir. Amasya maden sahası topraklarında, Zn, Pb, Co, Cd, Ni, Mn ve Cr bakımından minimal zenginleştirme, Fe bakımından ise $15,04 < FeEF < 21,86$ olduğu için belirgin zenginleşme sınıfına girmektedir (Çizelge 4. 15.).

Jeobirikim indeksi (I_{geo}): 7 kategoriye ayrılmıştır. Buna göre $I_{geo} < 0$; kirlenmemiş, $0 < I_{geo} < 1$; Kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş, $1 < I_{geo} < 2$; Orta derecede kirlenmiş, $2 < I_{geo} < 3$; Orta-çok kirlenmiş, $3 < I_{geo} < 4$; Çok kirlenmiş, $4 < I_{geo} < 5$; Çok kirlenmiş, $I_{geo} > 5$; Aşırı kirlenmiş şeklinde sınıflandırılmıştır (Müller, 1969; Özkul ve ark., 2018).

Çizelge 4.16. incelendiğinde Elazığ maden sahası topraklarındaki Jeobirikim değeri I_{geo} (Zn); 0,002-0,004 I_{geo} (Pb); 0,614-0,973 I_{geo} (Co); 0,613-4,267 I_{geo} (Cd); 0,62-18,155 I_{geo} (Ni); 33,05-74,08 I_{geo} (Fe); 0,001-0,03 I_{geo} (Mn); 0,026-0,075 I_{geo} (Cr); 0,038-0,165 I_{geo} (Cu); 1,346-5,694 değerleri arasında değişim göstermektedir. Buna göre Elazığ maden sahası toprakları genel olarak Ni bakımından $33,05 < NiI_{geo} < 74,08$ aşırı kirlenmiş olduğu diğer metaller bakımından ise kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş olduğu sonucuna varılmıştır

Amasya maden sahası topraklarındaki Jeobirikim değeri I_{geo} (Zn); 0,01-1,197 I_{geo} (Pb); 0,061-0,361 I_{geo} (Co); 0,047-1,704 I_{geo} (Cd); 0,005-0,021 I_{geo} (Ni); 0,018-0,075 I_{geo} (Fe); 0,05-0,073 I_{geo} (Mn); 0,031-0,033 I_{geo} (Cr); 0,002-0,004 I_{geo} (Cu); 0,035-0,061 değerleri arasında değişim göstermektedir. Buna göre Amasya maden sahası toprakları genel olarak metaller bakımından kirlenmemiş- orta derecede kirlenmiş olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4. 14. Lokalitelere göre toprakların Jeobirikim (I_{geo} değeri)

Lokalite	Tür	Zn I_{geo}	Pb I_{geo}	Co I_{geo}	Cd I_{geo}	Ni I_{geo}	Fe I_{geo}	Mn I_{geo}	Cr I_{geo}	Cu I_{geo}
Elazığ	<i>A. leptophylla</i>	0,004	0,853	4,267	0,62	33,05	0,01	0,029	0,038	1,825
	<i>A. pateri</i>	0,005	0,614	0,613	18,155	74,08	0,001	0,067	0,165	3,849
	<i>E. uncinatifolium</i>	0,004	0,973	3,031	1,096	42,85	0,03	0,026	0,049	5,694
	<i>G. acutidentatum</i>	0,002	0,916	2,125	5,062	33,64	0,015	0,075	0,039	1,346
Amasya	<i>A. hygrophilum</i>	1,197	0,061	0,072	0,021	0,042	0,05	0,033	0,004	0,061
	<i>E. ledebouriana</i>	0,141	0,11	0,047	0,005	0,018	0,073	0,033	0,002	0,06
	<i>C. assyricus</i>	0,01	0,361	1,704	0,025	0,068	0,065	0,031	0,003	0,035
	<i>V. ponticum</i>	1,197	0,061	0,072	0,021	0,075	0,058	0,033	0,004	0,061

Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF): BCF, bitkilerde metal birikim etkinliğinin değerlendirilmesi için ve TF ise bitkinin köklerinden üst organlarına metallerin yerini değiştirme kapasitesini değerlendirmek için kullanılır (Kılıç, Sürmen, Kutbay ve Tuna, 2019). BCF değeri ne kadar yüksekse, fito-ekstraksiyon için o kadar uygun bir bitki olduğu bildirilmiştir (Blaylock ve diğ., 1997).

Zayed ve diğ. (1998) ise BCF dört kategoriye ayırmışlardır buna göre $<0,01$ akümülatör özelliğine sahip olmayan bitkiler, 0,01-0,1 düşük derecede akümülatör özelliğine sahip bitkiler, 0,1-1,0 orta derecede akümülatör olan bitkiler, 1-10 yüksek derecede akümülatör

özelliğine sahip ya da hiperakümülatör bitkilerdir. Bu oran kullanılarak, topraktaki elementlerin bitki tarafından emilimi gösterilebilmekte ve topraktan bitkiye element geçişinin büyüklüğü niceleyici olarak tahmin edilebilmektedir (Kalender ve Alçiçek, 2016).

Çizelge 4. 15. Lokalitelere göre toprakların biyokonsantrasyon faktörleri (BCF)

Lokalite	Tür	Zn BCF	Pb BCF	Co BCF	Cd BCF	Ni BCF	Fe BCF	Mn BCF	Cr BCF	Cu BCF
Elazığ	<i>A. leptophlla</i>	0,488	1,66	1,256	2,777	1,076	1,14	0,369	0,166	1,822
	<i>A. pateri</i>	0,649	0,61	7,256	0,183	0,198	0,333	1,175	0,1	0,419
	<i>E. uncinatifolium</i>	2,201	2,132	2,095	29,85	2,03	7,184	12,153	5,024	0,714
	<i>G. acutidentatum</i>	0,093	0,449	1,396	0,672	0,479	0,506	0,537	0,474	0,603
Amasya	<i>A. hygrophilum</i>	6,499	0,865	0,706	1,029	0,518	0,073	0,835	1,62	6,196
	<i>E. ledebouriana</i>	6,732	1,031	0,676	0,992	0,28	0,067	0,481	1,873	0,577
	<i>C. assyricus</i>	19,82	0,329	0,878	2,063	5,229	1,732	2,441	20,02	9,987
	<i>V. ponticum</i>	1,979	0,727	2,38	0,211	0,61	0,557	0,606	2,285	3,037

Transfer Faktörü (TF): Aşırı biriktirici (hiperakümülatör) bitkilerde $TF > 1$ olması her zaman esastır. TF ise bitkinin köklerinden üst organlarına metallerin yerini değiştirme kapasitesini değerlendirmek için kullanılır (Kılıç, Sürmen, Kutbay ve Tuna, 2019). $TF > 1$, verimli metal taşıma sistemleri nedeniyle besin maddelerini köklerden sürgünlere taşımada çok verimli bir yetenek olduğunu göstermektedir. *G. acutidentatum* türü dışında diğer türlerin $TF > 1$ değerlerinin yüksek çıktığı görülmektedir (Çizelge 4. 18.).

Çizelge 4. 16. Lokalitelere göre toprakların translokasyon faktörleri (TF)

Lokalite	Tür	Zn TF	Pb TF	Co TF	Cd TF	Ni TF	Fe TF	Mn TF	Cr TF	Cu TF
Elazığ	<i>A. leptophlla</i>	1,767	30,741	11,907	9,32	26,562	21,119	1,402	5,355	11,973
	<i>A. pateri</i>	1,186	5,916	22,174	5,429	3,595	12,169	2,617	15,797	3,098
	<i>E. uncinatifolium</i>	27,67	14,153	0,612	32,3	14,411	13,462	0,603	5,005	6,518
	<i>G. acutidentatum</i>	0,909	0,901	0,893	0,885	0,877	0,87	0,84	0,889	0,888
Amasya	<i>A. hygrophilum</i>	1,678	1,722	1,778	1,756	1,611	1,733	1,766	1,867	1,689
	<i>E. ledebouriana</i>	1,125	1,124	1,122	1,125	1,127	1,125	1,125	1,124	1,124
	<i>C. assyricus</i>	2	1,473	7,28	3,728	5,188	5,581	4,116	7,055	4,638
	<i>V. ponticum</i>	1,3	1,317	1,308	1,308	1,267	1,272	1,308	1,262	1,324

Çizelge 4. 17. ve Çizelge 4. 18. incelendiğinde *A. hygrophilum* ve *V. ponticum* türleri Zn, *A. leptophylla* ve *E. uncinatifolium* Pb, *A. leptophylla* Co, *A. leptophylla* ve *A. pateri* Cd, *A. leptophylla* ve *E. uncinatifolium* Ni, *C. assyricus* Fe, *A. pateri* Mn ve *A. leptophylla* Cu değerleri bakımından hem BCF>1 hem TF>1 olduğundan bu türlerin yüksek derecede akümülatör özellik gösterdiği söylenebilmektedir.

4.5. Tartışma

Çalışmamız, işletmesi devam etmekte olan Elazığ Maden ilçesi (Bakır-krom) ve işletmesi devam etmeyen Amasya Gümüşhacıköy ilçesi (Kurşun-çinko) sınırlarında bulunan maden sahalarından gerçekleştirilmiş olup buralarda yayılış gösteren *Anchusa leptophylla*, *Alyssum pateri*, *Erysimum uncinatifolium*, *Glaucium acutidentatum*, *Arum hygrophilum*, *Eremogone ledebouriana*, *Verbascum ponticum*, *Convolvulus assyricus* gibi türlerin ağır metal içeriklerini (Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co, Ni, Fe, Cr) inceleyerek hiperakümülyasyon yeteneklerini tespit etme amacıyla yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Elazığ maden sahasındaki bitkilerde ağır metal konsantrasyonları sıralaması yapıldığında;

A. leptophylla; Ni > Cu > Co > Mn > Cd > Pb > Fe > Cr > Zn,

A. pateri; Ni > Mn > Cu > Co > Cd > Pb > Fe > Cr > Zn

E. uncinatifolium; Ni > Mn > Cd > Co > Cu > Cr > Fe > Pb > Zn

G. acutidentatum; Ni > Mn > Co > Cd > Cu > Pb > Cr > Fe > Zn ilişkisi ortaya çıkmıştır.

Amasya maden sahasındaki bitkilerde ağır metal konsantrasyonları sıralaması yapıldığında ise;

A. hygrophilum; Zn > Fe > Mn > Cu > Cr > Ni > Pb > Co > Cd

E. ledebouriana; Fe > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Co > Ni > Cd

V. ponticum; Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Cr > Pb > Cd

C. assyricus; Fe > Mn > Zn > Co > Ni > Cr > Cu > Pb > Cd ilişkisi görülmüştür.

Bu analiz sonuçları neticesinde Elazığ'dan toplanan bitki türlerinin genellikle Ni, Cu ve Mn konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığı, Zn konsantrasyon değerlerinin ise düşük çıktığı görülmüştür. Amasya'dan toplanan bitkilerde ise Fe, Zn ve Mn konsantrasyon değerlerinin yüksek çıktığı, Cd konsantrasyon değerlerinin ise düşük çıktığı görülmüştür.

4.5.1. Türlerin hiperakümülyasyon özellikleri bakımından değerlendirilmesi

Türlerin ve toprakların çinko (Zn) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Çinko ve bileşikleri diğer elementlerle karşılaştırıldığında daha düşük zehirlilik etkisi göstermektedir. Çinkonun, kadmiyum toksisitesine karşı antagonist şekilde rol oynadığı tespit edilmiştir (Aravind ve Prasad, 2005). Çinko, bitkiler için esansiyel bir elementtir ve kurşun ile kadmiyumdaki farklı olarak toprakta bulunan çinko konsantrasyonu belirli sınırlar üzerine çıktığında olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Çoğunlukla bitkinin enzim yapısında yer alan çinko hücre zarı geçirgenliğinde rol oynamaktadır (Çingı, 2007). Çinko eksikliğinin belirtileri ilk olarak yapraklardaki sararma ve yaşlanmadır. Çizelge 4. 19.' da çeşitli araştırmacılara göre Zn'nin bitki bünyesinde ve toprakta bulunan normal ve toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. 17. Çeşitli araştırmacılara göre çinkonun (Zn) bitki bünyesinde ve toprakta kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Zn içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Zn	Değerler	Allen (1989)	Ross (1994)	Dmuchowski ve Bytnerowics (1995)	Kabata-Pendias ve Pendias (1992)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	0,458±0,002	10-100	100- 400	0-100	17-25
	<i>A. pateri</i>	0,978±0,228				
	<i>E. uncinatifolium</i>	0,757±0,541				
	<i>G. acutidentatum</i>	0,322±0,002				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	583,542±0,178	10-100	100- 400	0-100	17-25
	<i>E. ledebouriana</i>	182,336±16,294				
	<i>V. ponticum</i>	490,486±0,530				
	<i>C. assyricus</i>	46,713±0,143				
Topraklardaki Zn içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Zn	Değerler	Ross (1994)	Alloway (1995)	Kabata-Pendias (2001)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	0,170-0,414	60-125	10-300	0-100	300
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	0,815 -89,780				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Adriano (1986), bitkilerde çinko konsantrasyon değerleri 1-160 mgkg⁻¹, toprakta çinko konsantrasyon değerlerinin 1000-10000 mgkg⁻¹ arasında olduğunu belirtmiştir. Baker ve Brooks (1989) ise bir bitkinin çinko hiperakümülatörü olabilmesi için bünyelerinde 10000 mgkg⁻¹ Zn bulundurması gerektiğini ifade etmiştir. Çizelge 4.19.'daki çalışmamızdaki Zn değerleri Brooks (1989)'un belirttiği sınır değer çok altında bulunmuştur. Ancak Amasya maden sahasında yetişen türlerin Zn konsantrasyon değerleri Adriano (1986) ve çizelgedeki diğer araştırmacıların belirttikleri sınır değerler üzerinde, Elazığ maden sahasında yetişen türlerin Zn konsantrasyon değerleri ise bu sınır değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Araştırmacıların belirlediği konsantrasyon değerlerine göre kıyaslama yapıldığında Zn için *A. hygrophilum*, *V. ponticum* ve *E. ledebouriana* türlerinin biomonitör özellik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Topraklardaki genel Zn konsantrasyonu 10-300 ppm olarak değişirken, bitkilerde 5-100 ppm arasında Zn bulunabilir. Zn toksisitesi genellikle 400 ppm' den sonra başlamaktadır (Özbek ve diğerleri, 1995). Doğal toprakta yaptıkları çalışmada 181 mgkg⁻¹ Zn belirlemişlerdir (Chehregani, Noori ve Yazdi, 2009). Amasya maden sahası bitkilerine göre bulduğumuz Zn sonuçları ortalama 325,25 mgkg⁻¹ 'dır. Çinko konsantrasyonu bakımından Amasya maden çevresindeki toprakların kirlendiği söylenebilmektedir. Elazığ maden sahası bitkilerine göre bulduğumuz Zn sonuçları ortalama 0,628 mgkg⁻¹ 'dır. Elazığ maden çevresindeki toprakların ise çinko yönünden kirlenmediği söylenebilmektedir.

Çizelge 4. 18. Benzer çalışmalardan elde edilen çinko değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg⁻¹)

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	Referans
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	19,75	Çelikaş (2020)
		(G)**	20,21	
		(Y)***	18,19	
		(T)****	82,39	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	7,49	Çelikaş (2020)
		(G)	11,53	
		(Y)	7,9	
		(T)	53,57	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	9,79	Çelikaş (2020)
		(G)	11,74	
		(Y)	10,52	
		(T)	81,32	

(Devam) Çizelge 4. 20.

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	Referans
<i>Anchusa azurea</i>	Bitlis Katı atık alanı	(K)	2,28	Hayta ve Avcil (2019)
		(G)	0,61	
		(Y)	5,46	
<i>Zea mays</i>	Antakya karayolu çev.	(S) ^{*****}	6,75	Özkan (2017)
<i>Gossypium hirsutum</i>		(S)	0,68	
<i>Helianthus annuus</i>		(S)	5,68	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Konya Hg madeni	(K)	38,02	Ekerbiçer (2011)
		(G)	19,56	
		(T)	145,5	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)	77,3	Ekerbiçer (2011)
		(G)	33,29	
		(T)	17,2	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	800	Kırat (2017)
		(K)	1135	
		(T)	>10000	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	401	Kırat (2017)
		(K)	1520	
		(T)	>10000	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	600	Kırat (2017)
		(K)	409	
		(T)	>10000	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Angouran Pb -Zn mad.	(Y)	5,5 ± 1,1	Chehregani ve diğ. (2009)
<i>Eleagnus angustifolia</i>		(Y)	0,8 ± 0,06	
<i>Marrubium vulgare</i>		(Y)	9 ± 1,2	
<i>Onosma kotschyi</i>		(Y)	3 ± 0,5	
<i>Marrubium vulgare</i>		(Y)	59	
<i>Ricinus communis</i>	Guanajuato Ag mad	(K)	0,123	Figuroa ve diğ. (2008)
<i>Tithonia diversifolia</i>		(K)	0,015	
<i>Castanea henryi</i>	Mn madeni, Çin	(F) ^{*****}	0,48	Li ve diğ. (2007)
<i>Erigeron canadensis</i>		(F)	0,56	
<i>Phytolacca acinosa</i>		(F)	0,14	
<i>Melastoma dodecandrum</i>		(F)	1,26	
<i>Erysimum lagascae</i>	Pirit madeni İspanya	(G)	12,5	Millian ve diğ. (2006)
<i>Conyza canadensis</i>	Xiangtan Mn madeni	(K)	8,85	Yun-Guo ve diğ. (2006)
<i>Poa pratensis Linn.</i>		(K)	8,20	
<i>Verbascum blattaria</i>	Endüstri bölgesi	(S)	7	Shallari ve diğ. (1998)
<i>Marrubium vulgare</i>		(S)	2	
<i>Plantago holosteam</i>		(S)	2	
<i>Helichrysum italica</i>	İtalya maden bölgesi	(F)	1600	Leita ve diğ. (1989)

* Kök(K), ** Gövde(G), *** Yaprak(Y), **** Toprak(T), ***** Sürgün(S), ***** Filiz(F)

Çizelge 4.20. incelendiğinde en yüksek konsantrasyon değerlerinin Malatya Pb- Zn maden sahasındaki tür ve topraklara ait olduğu görülmüştür. Adana krom maden sahasında *Alyssum* cinsine ait türlerin çinko değerleri (K:20,57 mgkg⁻¹; G:20,21 mgkg⁻¹; Y:18,19 mgkg⁻¹; T: 82,39 mgkg⁻¹) bizim çalışmamızdaki çinko değerleriyle (K:0,47 mgkg⁻¹; G:0,23 mgkg⁻¹; Y:0,26 mgkg⁻¹; T:0,41 mgkg⁻¹) kıyaslandığında, çalışmamızdaki Zn değerlerinin Adana maden sahasındaki değerlerden düşük çıktığı görülmüştür. Yozgat kurşun çinko maden sahasında yapılan diğer bir çalışmada ise *Verbascum euphraticum* L. türünün inceleme alanında toprakta, yaprakta ve çiçeğinde çinko normal değeri 5000 mgkg⁻¹, maksimum değeri ise 9500 mgkg⁻¹ olarak bulunmuştur (Aydın, 2012). Bizim çalışmamızda ise *V. ponticum* türünün çinko değerleri toprak ve bitkisinde 580 mgkg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bir diğer çalışma ise Konya maden sahasında, *Verbascum cherianthifolium* türü üzerine yapılmıştır türün çinko konsantrasyon değerleri Çizelge 4.20. de gösterilmiştir. Bizim çalışmamızdaki *Verbacum ponticum* türünün konsantrasyon değerleri (K:213,25 mgkg⁻¹; G:99,51 mgkg⁻¹,Y:177,71 mgkg⁻¹; T:89,78 mgkg⁻¹) Konya maden sahasındaki değerlerden düşük çıktığı görülmüştür (Ekerbiçer, 2011).

Çinko metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Zn birikimi *A. pateri*, Amasya maden sahasındaki en yüksek Zn birikimi ise *A. hygrophilum* türüne ait çıkmıştır. Çalışmamızdaki değerler ile Çizelge 4.19.'daki araştırmacıların belirlediği sınır değerler kıyaslandığında *A. hygrophilum*, *V. ponticum* ve *E. ledebouriana* türlerinin sınır değerler üzerinde olduğu görülmüştür. BCF, TF, ZF değerlerine göre ise *A. hygrophilum* ve *V. ponticum* türlerinin sınır değerler üzerinde (BCF>1, TF>1) olması sebebiyle bu türlerin çinko fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olduğu sonucuna varılmıştır. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF>1 olduğundan bu türlerin çinko metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Türlerin ve toprakların kurşun (Pb) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Bitki dokularında Pb akümülayonu sınır değerlerin üzerinde olduğu zaman bitkide olumsuzluklar görülebilmektedir. Kurşunun bitkiler üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmaların sonuçlarına göre kurşunun bitkide çimlenmeyi ve uzamayı azalttığı, klorofil sentezini engellediği, enzim yapısında bozulmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir (Kıran ve Munzuroğlu, 2004). Çeşitli araştırmacılar, Pb toksisite ve kontamine olma sınır değerlerini farklı miktarlarda

belirlemişlerdir. Aşağıda Çizelge 4. 21.' de çeşitli araştırmacılara göre, Pb'un bitki bünyesinde ve toprakta bulunan normal ve toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. 19. Çeşitli araştırmacılara göre kurşunun (Pb) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Pb içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Pb	Değerler	Dosskey ve Adeiaono (1992)	Ross (1994)	Kabata-Pendias ve Pendias (1992-1996)	Shaw (2004)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	22,596±0,076	20-35	30-300	30-100	<13 Normal
	<i>A. pateri</i>	21,328±25,196				
	<i>E. uncinatifolium</i>	33,389±0,043				
	<i>G. acutidentatum</i>	14,119±0,011				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	0,795±0,082				
	<i>E. ledebouriana</i>	4,340±0,400				
	<i>V. ponticum</i>	0,917±0,019				
	<i>C. assyricus</i>	5,218±0,022				
Topraktaki Pb içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Pb	Değerler	Ross (1994)	Kabata-Pendias (1996)	TKKY* (Ph>6) (2001)	
Elazığ/ Maden	Toprak	9,221-14,599	100-400	20-100	300	
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	0,917-1,652				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Adriano (1986) bitki bünyesindeki Pb konsantrasyon değer aralığını $0,1-30 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak ifade etmiştir. Çizelge 4. 21.' deki konsantrasyon değerleri incelendiğinde tüm türlerin Adriano (1986)' un belirttiği sınır değer üzerinde olduğu görülmüştür. Genel olarak Elazığ maden sahasında yayılış gösteren türlerin kurşun biriktirme kapasitesi, Amasya maden sahasında yayılış gösteren türlerin kurşun biriktirme kapasitesine göre oldukça yüksektir. Elazığ maden sahasındaki bitkilerinin tamamının Shaw (2004) ve Dosskey ve Adeiaono (1992)'nun ifade ettiği kurşun konsantrasyon değerleri arasında olduğu görülmektedir. En yüksek Pb birikimine sahip olan tür *E. uncinatifolium* 'dur. *E. uncinatifolium* türündeki konsantrasyon değeri ise diğer tüm araştırmacıların alt ve üst sınır değerleri arasında bulunmuştur. FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Zn sınır değeri 50

mgkg^{-1} dır. Çalışmamızda kullanılan bitki türlerinin belirtilen sınır değerlerin çok altında olduğu tespit edilmiştir. Amasya maden sahasında yayılış gösteren türler kıyaslandığında *C. assyricus* türü dışında diğer türlerin kurşun konsantrasyon değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Kurşun, maden sahalarında genel olarak kireçtaşı formasyonunu gösteren alanlarda yer aldığı kaynaklarda belirtilmektedir (Davies ve diğerleri, 1993; Ye ve diğerleri, 2000). Bu alanlarda bulunan kurşun azlığının sebebi bu durum olabilir.

Dünya ortalamasına göre, kirlenmemiş topraklarda $44,0 \text{ mgkg}^{-1}$ (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001), kırsal alanlardaki topraklarda $18,8 \text{ mgkg}^{-1}$ (Al Obaidy ve Al Mashhadi, 2013), Rose ve diğ. (1979) tarafından kirlenmemiş topraklarda ortalama değer 17 mgkg^{-1} , WHO tarafından belirtilen değer $0,061-0,46 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında ve yüzeydeki topraklarda bulunan ortalama değer 32 mgkg^{-1} dır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Wuana vd., 2011). Yapılan çalışmada toprakta tespit edilen kurşun değerleri araştırmacılar tarafından ileri sürülen değerlerin çok altında kalmıştır. Çalışma da değerler yakın olmakla birlikte en yüksek kurşun konsantrasyon değerini *E. uncinatifolium* un akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 20. Benzer çalışmalardan elde edilen kurşun değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg^{-1}	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	4,86	Çeliktaş (2020)
		(G)**	1,22	
		(Y)***	3,01	
		(T)****	29,76	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	1,58	Çeliktaş (2020)
		(G)	1,70	
		(Y)	1,57	
		(T)	13,40	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	1,81	Çeliktaş (2020)
		(G)	3,63	
		(Y)	1,82	
		(T)	23,02	
<i>Anchusa azurea</i>	Bitlis Katı atık alanı	(G)	0,002	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Alkanna orientalis</i>		(K)	0,097	
<i>Alyssum saxatile</i>	Kütahya Ag madeni	(K)	2808	Şaşmaz ve Yıldırım (2012)
		(G)	1546	
		(T)	6193	

(Devam) Çizelge 4. 22.

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Anchusa arvensis</i>	Kütahya Ag madeni	(K)	1473	Şaşmaz ve Yıldırım (2012)
		(G)	746	
		(T)	2449	
<i>Glaucium flavum</i>	Kütahya Ag madeni	(K)	4415	Şaşmaz ve Yıldırım (2012)
		(G)	609	
		(T)	6894	
<i>Verbascum thapsus</i>	Kütahya Ag madeni	(K)	1342	Şaşmaz ve Yıldırım (2012)
		(G)	995	
		(T)	3778	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	151	Kırat (2017)
		(K)	750,6	
		(T)	>10000	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	288	Kırat (2017)
		(K)	1520	
		(T)	>10000	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	382	Kırat (2017)
		(K)	343	
		(T)	>10000	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Konya Hg madeni	(K)	1,54	Ekerbiçer (2011)
		(G)	0,91	
		(T)	89,34	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)	6,97	Ekerbiçer (2011)
		(G)	2,57	
		(T)	175,90	
		(T)	17,2	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Angouran Pb - Zn mad	(Y)	371	Chehregani ve diğ. (2009)
<i>Noea mucronata</i>		(Y)	1485	
<i>Eleagnus angustifolia</i>		(Y)	404	
<i>Marrubium vulgare</i>		(Y)	78	
<i>Onosma kotschy</i>		(Y)	39	
<i>Polygonum aviculare</i>		(Y)	590	
<i>Ricinus communis</i>	Meksika Ag madeni	(K)	1,72	Figuroa ve diğ. (2008)
<i>Tithonia diversifolia</i>		(K)	0,45	
<i>Erigeron canadensis</i>	Mn madeni, Çin	(F)*****	1,9	Li ve diğ. (2007)
<i>Phytolacca acinosa</i>		(F)	1,8	
<i>Digitaria sanguinalis</i>		(F)	2,1	
<i>Pteris vittata</i>	Xiangtan Mn madeni	(Y)	98,93	Yun-Guo ve diğ. (2006)
<i>Poa pratensis Linn.</i>		(Y)	87,68	
<i>Piptatherum miliaceum</i>	Maden atığı İspanya	(T)	2720	Malenda ve diğ. (2002)

(Devam) Çizelge 4. 22.

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Verbascum blattaria</i>	Endüstri bölgesi	(S) ^{*****}	273	Shallari ve diğ. (1998)
<i>Setaria viridis</i>		(S)	1400	
<i>Marrubium vulgare</i>		(S)	122	
<i>Verbascum blattaria</i>	Endüstri bölgesi	(S)	273	Shallari ve diğ. (1998)
<i>Helichrysum italica</i>	İtalya maden bölgesi	(F)	4036	Leita ve diğ. (1989)

*Kök(K), **Gövde(G), ***Yaprak(Y), ****Toprak(T), *****Sürgün(S), *****(F) Filiz(F)

Adana maden sahasındaki *Alyssum* cinslerine ait türlerin kurşun birikim değerleri bizim çalışmamızdaki *A. pateri* türünün değerlerinden düşük, Kütahya maden sahasındaki *A. saxatile* türünden ise yüksektir. Aynı şekilde Adana maden sahasında *Convolvulus* cinsine ait türün kurşun değerleri bizim çalışmamızdaki *C. assyricus* türünün verileriyle ortalama olarak aynı seviyelerde çıktığı görülmüştür. Konya ve Kütahya maden sahalarındaki *Verbascum* ve *Glaucium* türlerinin kurşun birikim değerleri bizim çalışmamızdaki değerlerden oldukça yüksektir.

Kurşun metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Pb birikimi *E. uncinatifolium*, Amasya maden sahasındaki en yüksek Pb birikimi ise *Convolvulus assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çalışmamızdaki değerler ile Çizelge 4. 21.'deki araştırmacıların belirlediği sınır değerler kıyaslandığında en yüksek Pb birikimine sahip olan tür *E. uncinatifolium* 'dur. *E. uncinatifolium* türündeki konsantrasyon değeri ise diğer tüm araştırmacıların alt ve üst sınır değerleri arasında olduğu görülmüştür. BCF, TF, ZF değerlerine göre *A. leptophylla* ve *E. uncinatifolium* türünün sınır değerlere yakın olması sebebiyle ve sürgünlerde biriken kurşun miktarının köke oranla yüksek olmasından dolayı bu tür "fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür" olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türler için TF>1 olduğu için kurşun meteline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Türlerin ve toprakların bakır (Cu) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Bakır metalinin canlılar için gerekliliğine ve önemine dair birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde bileşikler ve birtakım enzimlerin yapısında bulunduğu,

fotosentez solunum, üreme gibi bazı metabolik olaylarda önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Kacar ve Katkat, 2007).

Çeşitli araştırmacılar, Cu toksisite ve kontamine olma sınır değerlerini farklı miktarlarda belirlemişlerdir. Aşağıda Çizelge 4. 23.' de çeşitli araştırmacılara göre, Pb'un bitki bünyesinde ve toprakta bulunan normal ve toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. 21. Çeşitli araştırmacılara göre bakırın (Cu) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Cu içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Cu	Değerler	Chaney (1989)	Allen (1989)	Ross (1994)	Shaw (2004)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	116,955±0,072	25-40	2,5-25	20-100	4-15
	<i>A. pateri</i>	140,049±122,758				
	<i>E. uncinatifolium</i>	142,857±0,439				
	<i>G. acutidentatum</i>	56,579±0,122				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	11,347±0,011				
	<i>E. ledebouriana</i>	2,676±0,244				
	<i>V. ponticum</i>	15,514±0,040				
	<i>C. assyricus</i>	22,619±0,080				
Topraktaki Cu içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Cu	Değerler	McLaren (1983)	Ross (1994)	Kabata-Pendias (1996)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	40,385-170,813	<40	60-125	20-100	100
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	1,065-1,831				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Topraklarda bakır konsantrasyon değerleri $2-250 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında bulunmuştur (Adriano, 1980). Çalışma sahası topraklarının Cu değerleri incelendiğinde bu sınır değerler arasında olduğu görülmüştür. Çizelge 4. 23.'de Elazığ maden sahasındaki türlerde Cu konsantrasyonu Amasya maden sahasındaki türlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Elazığ maden sahasındaki türlerin Cu konsantrasyon değeri araştırmacıların belirttiği alt ve üst sınır değerler arasında bulunmuştur. Topraklardaki genel Cu konsantrasyonu 100 ppm 'dir, bitkilerdeki Cu miktarının normal değerleri $1-5 \text{ ppm}$ arasındayken, $20-30 \text{ ppm}$

kritik toksisite değerleridir (Krämer, 2010). Allen (1989)'e göre, sediment ve bitki örneklerinde bulunması gereken Cu konsantrasyonu 2,5 – 25 mgkg⁻¹'dir. FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Cu sınır değeri 5 mgkg⁻¹'dir. Çizelge 4.23. incelendiğinde Elazığ lokasyonundaki tüm türlerin çizelgedeki tüm araştırmacıların bakır birikimi için belittikleri toksik sınırların çok üzerinde olduğu ve Amasya maden sahasında ise bu birikim sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Asri ve Sönmez (2006), topraktaki bakırın 15- 30 mgkg⁻¹ 'dan fazla bulunmasının toksik etkiye neden olabileceğini bildirmiştir. Elazığ maden sahasındaki toprak değeri bu sınırın üzerindedir ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde öngörülen toksik değerlerin altında bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 22. Benzer çalışmalardan elde edilen bakır değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg⁻¹)

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	Referans
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	1,32	Çeliktaş (2020)
		(G)**	0,88	
		(Y)***	1,27	
		(T)****	16,14	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	0,71	Çeliktaş (2020)
		(G)	0,56	
		(Y)	0,64	
		(T)	8,35	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	1,30	Çeliktaş (2020)
		(G)	1,31	
		(Y)	1,38	
		(T)	15,81	
<i>Anchusa azurea</i>	Bitlis Katı atık alanı	(G)	0,323	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Alkanna orientalis</i>		(K)	1,917	
<i>Zea mays</i>	Antakya karayolu çev	(S)*****	3,53	Özkan (2017)
<i>Gossypium hirsutum</i>		(S)	4,03	
<i>Helianthus annuus</i>		(S)	4,48	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	9,6	Kırat (2017)
		(K)	19,7	
		(T)	34	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	3,8	Kırat (2017)
		(K)	6,91	
		(T)	38	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	5,0	Kırat (2017)
		(K)	9,71	
		(T)	30	
<i>Physalis angulata</i>	Saksı	(S)	304	Eren ve Mert (2016)

*Kök(K), **Gövde(G), ***Yaprak(Y), ****Toprak(T), *****Sürgün(S)

Çizelge 4.24. incelendiğinde en yüksek Cu konsantrasyon değerlerinin Malatya Pb-Zn maden sahasındaki tür ve topraklara ait çıktığı görülmüştür. Malatya maden sahasında yapılan çalışmadaki *Erysimum* cinsine ait verilen türün konsantrasyon değerleri bizim çalışmamızdaki *E. uncinatifolium* türünün konsantrasyon değerinden düşük çıkmıştır. Çeliksaş (2020)' in çalışmasındaki *Alyssum* cinsine ait türlerin bakır konsantrasyon değerleri bizim araştırmamızdaki *A. pateri* cinsinin değerlerinden düşük, *Convolvulus* cinsine ait verilen türün bakır değerleri ise bizim çalışmamızdaki değerlerden yüksek çıkmıştır. Netice olarak *E. uncinatifolium* ve *A. pateri* türleri diğer türlere oranla daha yüksek bakır biriktirdiği tespit edilmiştir.

Bakır metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Cu birikimi *A.pateri*, Amasya maden sahasındaki en yüksek Cu birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çalışmamızdaki değerler ile Çizelge 4. 23.' deki araştırmacıların belirlediği sınır değerler kıyaslandığında en yüksek Cu birikimine sahip olan tür *E. uncinatifolium* 'dur. *A. leptophylla* türünün BCF, TF, ZF değerlerinin sınır değerinin üzerinde olması bu türün bakır fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olduğunu göstermektedir. *E. uncinatifolium* türünün BCF ve TF değerlerine göre ve aynı zamanda bu türün gövde ve yapraklarındaki konsantrasyon değeri köke göre yüksek olduğundan bu tür "fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür" olarak nitelendirilmiştir. *A. pateri* BCF ve TF verilerine göre ayrıca bakır konsantrasyon değerlerinin özellikle kök bölgesinde, sürgünlere oranla daha yüksek çıkması sebebiyle bu tür bakır metali bakımından bu tür "fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür" olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF>1 olduğundan bu türlerin demir metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Türlerin ve toprakların kadmiyum (Cd) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Kadmiyum az da olsa tüm topraklarda bulunan ağır metallere biridir. Bitkilerin büyüme, metabolizma ve su durumunu etkileyen oldukça toksik, esansiyel olmayan bir elementtir (Divan ve diğ. 2009). Chaney (1989) tarafından bildirilen Cd nin fitotoksik aralığı 5-700 mgkg⁻¹ değerleri arasında değişkenlik gösterir. Buna karşılık Allen (1989) kirletilmemiş ortamlarda bitkilerdeki Cd içeriğinin 0,01-0,3 mgkg⁻¹ olduğunu savunmaktadır. FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Cd sınır değeri ise 0,5 mgkg⁻¹'dir. Çalışma sonucunda en yüksek Cd birikimi Elazığ maden sahasında toplanan *E. uncinatifolium*

(507,361 mgkg⁻¹) türüne ait çıktığı görülmüştür. Çeşitli araştırmacılara göre, Cd'in bitki bünyesinde bulunan toksik sınırları ile yapılan çalışmada tespit edilen değerleri Çizelge 4. 25.' de sunulmuştur.

Çizelge 4. 23. Çeşitli araştırmacılara göre kadmiyumun (Cd) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır), yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg⁻¹)

Türlerdeki Cd içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Cd	Değerler	Allaway (1968)	Kabata-Pendias (1989)	Chaney (1989)	Ross (1994)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	31,707±0,052	0,2-0,8	0,03-3,87	5-700	0,03-3,8
	<i>A. pateri</i>	79,441±30,863				
	<i>E. uncinatifolium</i>	507,361±1,870				
	<i>G. acutidentatum</i>	121,568±1,047				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	0,330±0,003				
	<i>E. ledebouriana</i>	0,179±0,015				
	<i>V. ponticum</i>	0,188±0,004				
	<i>C. assyricus</i>	0,423±0,002				
Topraktaki Cu içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Cd	Değerler	Ross (1994)	Kabata-Pendias (1996)	TKKY* (Ph>6) (2001)	
Elazığ/Maden	Toprak	9,315-272,338	3-8	3-8	3	
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	0,071-0,375				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Çizelge 4. 25 'e göre en yüksek Cd birikimine sahip bitki türlerinin *E. uncinatifolium*, *G. acutidentatum* ve *A. pateri* olduğu ve bu türlerin araştırmacıların belirttiği sınır değerler arasında ve bu değerlerin üzerinde kaldığı görülmüştür. Sonuç olarak Elazığ maden sahasında yayılış gösteren türlerin, Amasya maden sahasında yayılış gösteren türlere göre daha fazla Cd biriktirme kapasitelerinin olduğunu söylemek mümkündür. Toprakta 3 mgkg⁻¹, bitki kuru maddesinde ise 1 mgkg⁻¹ den fazla kadmiyum toksik etkilidir (Asri ve Sönmez, 2006). Kıyaslama yapıldığında Elazığ bitkilerinin topraklarından özellikle kadmiyum değeri araştırmacıların belirttiği değerlerden yüksek çıkmıştır. Amasya maden sahası toprakları ise belirtilen sınır değerlerinin altında kalmıştır.

Çizelge 4. 24. Benzer çalışmalardan elde edilen kadmiyum değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg⁻¹)

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Hypericum scabrum</i>	Bitlis Katı atık tesisi	(G)**	0,093	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Anchuza azurea</i>		(G)	0,018	
<i>Zea mays</i>	Antakya karayolu	(S)*****	0,085	Özkan (2017)
<i>Gossypium hirsutum</i>		(S)	0,105	
<i>Helianthus annuus</i>		(S)	0,095	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn mad.	(Y)***	7,4	Kırat (2017)
		(K)	53,4	
		(T)	105	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn mad.	(Y)	7,6	Kırat (2017)
		(K)	21,6	
		(T)	25,6	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn mad.	(Y)	4,8	Kırat (2017)
		(K)	6,53	
		(T)	109	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)*	0,16	Ekerbiçer (2011)
<i>Verbascum cherianthifolium</i>		(T)*****	2,29	
<i>Alyssum strigosum</i>		(K)	14,13	
<i>Alyssum strigosum</i>		(T)	2,33	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		(T)	2,33	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Angouran Pb -Zn mad	(Y)	5,5	Chehregani ve diğ. (2009)
<i>Cardaria draba</i>		(Y)	2,2	
<i>Eleagnus angustifolia</i>		(Y)	0,8	
<i>Marrubium vulgare</i>		(Y)	9	
<i>Noea mucronata</i>		(Y)	14,6	
<i>Ricinus communis</i>	Guanajuato Ag mad.	(K)	0,123	Figuroa ve diğ. (2008)
<i>Tithonia diversifolia</i>		(K)	0,015	
<i>Erigeron canadensis</i>	Mn madeni, Çin	(F)*****	0,56	Li ve diğ. (2007)
<i>Phytolacca acinosa</i>		(F)	0,14	
<i>Digitaria sanguinalis</i>		(F)	0,10	
<i>Lolium perene</i>	Kurşun tasfiye fırını	(K)	0,132	Bidar ve diğ. (2007)
<i>Trifolium repens</i>		(K)	0,127	
<i>Conyza canadensis</i>	Xiangtan Mn madeni	(Y)	18,25	Yun-Guo ve diğ. (2006)
<i>Poa pratensis Linn.</i>		(Y)	2,75	
<i>Setaria viridis</i>	Endüstri bölgesi	(S)	3	Shallari ve diğ. (1998)
<i>Marrubium vulgare</i>		(S)	2	
<i>Verbascum blattaria</i>		(S)	1	

*Kök(K), **Gövde(G), ***Yaprak(Y), ****Toprak(T), *****Sürgün(S), *****(F) Filiz(F)

Çizelge 4. 26. incelendiğinde en yüksek Cd konsantrasyon değerlerinin Malatya Pb-Zn maden sahasındaki tür ve topraklara ait çıktığı görülmüştür. Konya cıva madeni

çevresinden toplanan *Alyssum* ve Malatya Pb-Zn maden sahasındaki *Erysimum* ve *Glacium* cinslerinin türlerine ait Cd değerleri bizim çalışmamızdaki türlerin Cd değerlerinden düşüktür. *Verbascum* cinsine ait türlerin Cd değeri ise bizim çalışmamızdaki türün değerleriyle yakın seviyede çıktığı görülmüştür.

Kadmiyum metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Cd birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Cd birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çalışmamızdaki değerler ile Çizelge 4.25.' deki araştırmacıların belirlediği sınır değerler kıyaslandığında en yüksek Cd birikimine sahip olan tür *E. uncinatifolium* 'dur. *A. leptophlla* ve *A. pateri* türlerinin yapraklarında, diğer kısımlarına oranla yüksek miktarda kadmiyum birikimi gerçekleşmiştir. Bu türlerin BCF ve TF değerlerinin sınır değerler üzerinde olması sebebiyle bu türler “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *E.uncinatifolium* türününün ise BCF, TF ve ZF değerlerinin sınır değerinden yüksek çıkması sebebiyle bu türü kadmiyum fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF>1 olduğundan bu türlerin kadmiyum metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Türlerin ve toprakların krom (Cr) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Krom bitkiler üzerinde toksik etkilerde bulunan bir elementtir. Bitkilerdeki 5 - 30 mgkg⁻¹ arasındaki Cr düzeyi birçok kültür bitkisi için toksik düzey olarak kabul edilmektedir (Kabata - Pendias ve Pendias 1992). Allen (1989)'e göre, 0,5 mgkg⁻¹ 'den daha yüksek konsantrasyonları bitkiler için toksik etki göstermektedir. Adriano (1986), bitki bünyesindeki Cr konsantrasyon değerlerini 10 mgkg⁻¹ nin altında, Pawlisz (1997) ise 0,006-18 mgkg⁻¹ olduğunu ifade etmiştir. Çizelge 4. 27. incelendiğinde *C. assyricus*, *E. uncinatifolium* ve *G. acutidentatum* türleri dışında kalan diğer türlerin 10 mgkg⁻¹ sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür. En yüksek Cr konsantrasyon değerleri *E. uncinatifolium* ve *C. assyricus* türlerine ait çıktığı tespit edilmiştir. Ancak Elazığ bitkilerinin Amasya bitkilerine oranla daha fazla Cr biriktirebilme kapasitelerinin olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 25. Çeşitli araştırmacılara göre kromun (Cr) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Cr içeriklerinin değerlendirilmesi					
Lokalite	Cr	Değerler	Ross (1994)	Pawlisz (1997)	Zayed ve Terry (2003)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	2,714±0,036	5-30	0,06-18	0.006-18
	<i>A. pateri</i>	7,677±2,403			
	<i>E. uncinatifolium</i>	72,196±0,161			
	<i>G. acutidentatum</i>	12,908±0,165			
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	1,766±0,004			
	<i>E. ledebouriana</i>	2,360±0,227			
	<i>V. ponticum</i>	6,762±0,027			
	<i>C. assyricus</i>	41,549±0,110			
Lokalite	Cr	Değerler	Ross (1994)	Krishna ve diğ. (2013)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	11,501-49,490	5-100	64- 4863	100
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	0,494-1,090			

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Topraklar krom birikimleri açısından tekstürlerine göre değerlendirildiğinde ortalama olarak kumlu topraklarda 30 mgkg^{-1} , killi topraklarda 40 mgkg^{-1} ve kireçtaşıdan oluşmuş topraklarda ise 83 mgkg^{-1} bulunmaktadır. Krom toksisitesi özellikle ultrabazik kayalardan oluşan topraklarda görülmektedir (Bowen, 1966; Tok, 1997; Kacar ve İnal, 2008). Çizelge 4.27.'deki değerler incelendiğinde toprak değerlerinin Toprak Kirliliği Yönetmeliği değerinden düşük olduğu görülmekle birlikte Elazığ maden sahası topraklarının Ross (1994) 'un kabul ettiği alt ve üst sınırlar içerisinde yer almakta, Amasya maden sahası toprakları ise kabul edilen sınırlar içerisinde yer almamaktadır. Tüm sahalardaki toprak Cr içerikleri Krishna ve diğ. (2013)' in ifade ettiği sınır değerlerin altında kalmıştır.

Çizelge 4.28. incelendiğinde topraklardaki en yüksek Cr birikiminin Adana maden sahasında olduğu görülmüştür. Çizelgeye göre Malatya Pb-Zn maden sahasından toplanan türlerin (*Verbascum* cinsine ait olan tür dışında) krom konsantrasyon değerleri bizim çalışmamızdaki türlerin Cr değerlerinden düşük çıkmıştır. Adana maden sahasında toplanan türlerin konsantrasyon değerleri ise bizim türlerimizin değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4. 26. Benzer çalışmalardan elde edilen krom değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})

BİTKİ İSMİ	BULUNDUĞU YER	MATERYAL	mgkg^{-1}	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	4,42	Çeliktaş (2020)
		(G)**	7,13	
		(Y)***	5,10	
		(T)****	123,13	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	5,47	Çeliktaş (2020)
		(G)	8,87	
		(Y)	6,89	
		(T)	215,78	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	3,96	Çeliktaş (2020)
		(G)	12,25	
		(Y)	7,26	
		(T)	130,53	
<i>Alkanna orientalis</i>	Bitlis Katı atık alanı	(K)	0,17	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,5	Kırat (2017)
		(K)	1,18	
		(T)	43	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,8	Kırat (2017)
		(K)	0,99	
		(T)	48	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	1,2	Kırat (2017)
		(K)	0,95	
		(T)	68	

*Kök(K), **Gövde(G), ***Yaprak(Y), ****Toprak(T)

Krom metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Cr birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Cr birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çizelge 4.27' ye göre Elazığ bitkilerinin Amasya bitkilerine oranla daha fazla Cr biriktirebilme kapasitelerinin olduğu ve *E. uncinatifolium* türünün araştırmacıların belirttiği sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1'in üzerinde bulunduğundan bu türlerin krom metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür. $TF > 1$ olması kromu yapraklarına taşıma kabiliyetinde olduğunu göstermekte olup değerlere göre *A.pateri* türü "fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür", *C.assyricus* türü "fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür" olarak nitelendirilmiştir.

Türlerin ve toprakların kobalt (Co) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Kobalt bitkiler için genellikle alınması gerekli olan metallere biri değildir. Tarım alanlarında yüksek miktarda bulunan kobalt elementi bitkiler üzerinde toksik etki yapmaktadır. Kırklareli’de yapılan çalışmada kobalt değerlerinin $0,001 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $0,60 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Bu toprakların kobalt içeriklerinin izin verilebilir toksisite değerinden düşük olduğu araştırma alanında herhangi bir kobalt kirliliğinin olmadığı ortaya konulmuştur (Pak, 2011).

Çizelge 4. 27. Çeşitli araştırmacılara göre kobaltın (Co) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değer alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Co içeriklerinin değerlendirilmesi					
Lokalite	Co	Değerler	Adriano (1986)	Tok (1997)	Özbek ve ark. (1995)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	94,277±0,399	>1000	0,02 – 0,5	0,02– 0,5
	<i>A. pateri</i>	129,70±103,133			
	<i>E. uncinatifolium</i>	279,408±0,596			
	<i>G. acutidentatum</i>	148,860±0,099			
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	0,763±0,028			
	<i>E. ledebouriana</i>	1,223±0,130			
	<i>V. ponticum</i>	7,117±0,064			
	<i>C. assyricus</i>	44,718±5,238			
Topraktaki Co içeriklerinin değerlendirilmesi					
Lokalite	Co	Değerler	Alloway (1995)	Özbek ve diğ. (1995)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	9,206-64,006	10–15	1– 40	80
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	0,709-25,558			

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Adriano (1986) hiperakümülatör türlerin içerdiği kobalt değerlerinin 1000 mgkg^{-1} nin üzerinde olduğunu belirtmiştir. Kobaltın bitkideki konsantrasyonu ise genellikle $0,02 – 0,5 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeylerindedir (Tok, 1997). Çizelge 4. 29. incelendiğinde bitkilerden yüksek kobalt miktarı *E. uncinatifolium*, *G. acutidentatum*, *A. pateri* türlerine aittir. Hiçbir türün konsantrasyon değeri 1000 mgkg^{-1} ’nin üzerine çıkmamıştır. Ancak tüm türler Tok (1997) ve Özbek ve diğ. (1995) belirttiği sınır değerler arasında bulunmuştur. Rose ve diğerleri

(1979) tarafından yapılan bir araştırmada Co içeriğinin topraklarda ortalama olarak 10 mgkg⁻¹ olabileceği ifade edilmiştir. Alloway (1995) ortalama olarak toprakların 10–15 mgkg⁻¹ Co içerdiğini belirtmiştir. Elazığ ve Amasya maden sahası topraklarının bu değerler arasında değiştiğini soylemek mümkündür.

Çizelge 4. 28. Benzer çalışmalardan elde edilen kobalt değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg⁻¹)

BİTKİ İSMİ	BULUNDUĞU YER	MATERYAL	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	0,67	eliktaş (2020)
		(G)**	1,40	
		(Y)***	1,40	
		(T)****	259,98	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	7,18	eliktaş (2020)
		(G)	8,28	
		(Y)	18,56	
		(T)	235,43	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	8,79	eliktaş (2020)
		(G)	11,69	
		(Y)	13,12	
		(T)	325,65	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,2	Kırat (2017)
		(K)	0,63	
		(T)	34	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,2	Kırat (2017)
		(K)	0,66	
		(T)	25	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,4	Kırat (2017)
		(K)	0,35	
		(T)	29	

*Kök(K), ** Gövde(G), *** Yaprak(Y), **** Toprak(T)

Çizelge 4.30. incelendiğinde tür ve toprakların en yüksek kobalt birikimleri Adana maden sahasında tespit edilmiştir. Adana krom maden sahasındaki *Alyssum* ve Malatya maden sahasındaki *Erysimum* cinsine ait türlerin kobalt değerleri bizim çalışmamızdaki türlerin kobalt değerlerinden düşük diğer türlerin kobalt değerleri ise yaklaşık olarak bizim değerlerimiz ile aynı seviyelerde çıktığı tespit edilmiştir. Kobalt metali bulguları

incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Co birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Co birikimi ise *V. ponticum* türüne ait çıkmıştır. Çizelge 4.29. incelendiğinde *E. uncinatifolium* türünün araştırmacıların belirttiği sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. BCF, TF ve ZF değerlerinin sınır değer (>1) üzerine çıkması sebebiyle *A. leptophylla* türünün kobalt fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olduğunu söylemek mümkündür.

Türlerin ve toprakların nikel (Ni) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Toprakta bulunan nikelin ana kaynağı kayalar içerisinde var olan pentlandit mineralidir. Nikel genellikle tüm topraklarda bulunmaktadır. Fakat killi topraklarda diğerlerine oranla daha fazla bulunduğu söylenebilmektedir (Kacar ve İnal, 2008). Nikel düzeyinin yüksek olması durumunda bitki yapraklarında sararma ve beyazlamalar görülmektedir (Topbaş ve diğerleri, 1998). İhtiyaçtan fazla bulunan Nikel bitki gelişimi için olumsuz etki göstermektedir (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

Allen'e (1989) göre bitkilerde bulunması gereken nikel konsantrasyonu $0,5 - 5 \text{ mgkg}^{-1}$ 'dir (Demirezen, 2002). Kabata- Pendias ve Pendias (1992) bitkilerdeki optimum Ni sınırını $0.02 - 5 \text{ mgkg}^{-1}$ olarak bildirmektedirler. FAO/WHO'nun bitkilerde kabul ettiği Ni sınır değeri ise 5 mgkg^{-1} 'dir. Adriano (1986), bitkilerin nikel konsantrasyon değer aralıklarının 0.024 mgkg^{-1} arasında olduğunu ifade etmiştir.

Brooks ve Radford (1978) ise serpantin arazilerde bu değer yaklaşık olarak 50 mgkg^{-1} 'nin üzerine çıktığını belirterek hiperakümülatör bitkilerde bu değer 1000 mgkg^{-1} 'in üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir. Çizelge 4.31 incelendiğinde Elazığ maden sahasındaki tüm türlerin Ni değerleri araştırmacıların belirttiği sınır değerlerden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4. 29. Çeşitli araştırmacılara göre nikelin (Ni) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Ni içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Ni	Değerler	Brooks ve Radford (1978)	Adriaono (1986)	Allen (1989)	Kabata-Pendias (1992)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	2292,835±1,860	5-700	>0,024	0,5-5	0,02-5
	<i>A. pateri</i>	2632,630±2487,592				
	<i>E. uncinatifolium</i>	5597,461±132,715				
	<i>G. acutidentatum</i>	2205,706±11,390				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	1,299±0,007				
	<i>E. ledebouriana</i>	0,765±0,058				
	<i>V. ponticum</i>	7,485±0,027				
	<i>C. assyricus</i>	44,610±0,320				
Topraktaki Cu içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Ni	Değerler	Alloway (1995)	Özbek ve ark. (1995)	TKKY* (Ph>6) (2001)	
Elazığ/ Maden	Toprak	1982,83-4444,65	26- 1000	100- 5000	75	
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	1,071-4,510				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Çizelge 4.31.'e göre Elazığ maden sahasında yayılış gösteren türlerin tamamınının Amasya maden sahası türlerine göre nikeli daha yüksek düzeyde biriktirdiğini söylemek mümkündür. Elazığ ve Amasya maden sahasında yayılış gösteren türlerde Ni değerleri araştırmacılar tarafından belirtilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Toprak değerlerine göre Elazığ maden sahası topraklarındaki Ni, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve diğer araştırmacıların belirttiği değerlerden yüksek, Amasya maden sahası toprakları ise belirtilen değerlerden düşük çıkmıştır.

Çizelge 4. 32.' de benzer çalışmalardan elde edilen nikel değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması sunulmuştur.

Çizelge 4. 30. Benzer çalışmalardan elde edilen nikel değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg⁻¹)

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	11,68	Çelikleş (2020)
		(G)**	24,13	
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(Y)***	22,77	Çelikleş (2020)
		(T)****	878,28	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	711,50	Çelikleş (2020)
		(G)	1145,01	
		(Y)	1227,35	
		(T)	893,44	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	40,40	Çelikleş (2020)
		(G)	77,56	
		(Y)	85,59	
		(T)	875,03	
<i>Alkanna orientalis</i>	Bitlis Katı atık alanı	(K)	5	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Medicago sp.</i>		(Ç)*****	0,20	
<i>Helianthus annuus</i>	Antakya karayolu çev.	(S)*****	0,850	Özkan (2017)
<i>Zea mays</i>		(S)	1,75	
<i>Gossypium hirsutum</i>		(S)	3,53	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	1,0	Kırat (2017)
		(K)	2,3	
		(T)	80	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,7	Kırat (2017)
		(K)	1,6	
		(T)	66	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	1,3	Kırat (2017)
		(K)	1,2	
		(T)	77	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Konya Hg madeni	(K)	5,77	Ekerbiçer (2011)
		(G)	0,55	
		(T)	63,32	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)	5,24	Ekerbiçer (2011)
		(G)	1,77	
		(T)	60,21	
<i>Ipomea variada</i>	Endüstri bölgesi	(S)	132	Zacarias ve diğ. (2011)
<i>Tropaeolum majus</i>		(S)	106	
<i>Ficus benjamina</i>		(S)	8	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Angouran Pb Zn mad.	(Y)	7	Chehregani ve diğ. (2009)
<i>Eleagnus angustifolia</i>		(Y)	5,2	
<i>Marrubium vulgare</i>	Angouran Pb Zn mad.	(Y)	4	Chehregani ve diğ. (2009)
<i>Noea mucronata</i>		(Y)	18,5	
<i>Onosma kotschy</i>		(Y)	6	
<i>Polygonum aviculare</i>		(Y)	6,3	

* Kök(K), ** Gövde(G), *** Yaprak(Y), **** Toprak(T), ***** Sürgün(S), Çiçek(Ç)

Çizelge 4.32.' ye göre en yüksek nikel birikimi Adana krom maden sahasındaki *Alyssum alyssoides* (1227 mgkg^{-1}) türüne ait çıkmıştır. Çalışmamızdaki *A. pateri* türünün nikel konsantrasyonu ise 2632 mgkg^{-1} 'dir. Bizim çalışmamızdaki en yüksek birikim ise Elazığ maden sahasındaki *E. uncinatifolium* (5597 mgkg^{-1}) türüne aittir. Kıyaslama sonucunda Elazığ maden sahasındaki nikel birikimi diğer maden sahalarındaki birikimden yüksek olduğu görülmüştür.

Nikel metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Ni birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Ni birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çizelge 4.31.' e göre Elazığ maden sahasında yetişen tüm türlerin Ni konsantrasyon değerleri araştırmacılar tarafından belirtilen sınır değerler üzerindedir. BCF, TF, ZF değerleri incelendiğinde Elazığ maden sahasında yayılış gösteren türlerden *A. leptophylla* ve *E. uncinatifolium*'un yüksek düzeyde nikel akümülatörü olduğu sonucuna varılmaktadır. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer türlerinde $TF > 1$ olması hiperakümüstasyon yeteneklerinin iyi olduğu ifade etmektedir.

Türlerin ve toprakların demir (Fe) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Demir bitkiler için temel elementlerden biridir. Topraktaki demir miktarı diğer minerallere göre daha fazladır. Fakat toprakta yüksek miktarda bulunmasına rağmen yararlı demir miktarı azdır bu durum da bitkide demir eksikliğine neden olmaktadır. Demir eksikliğinde yapraklarda renk değişimleri (sararmalar) görülür.

Bitkilerde bulunan Fe'nin $10-1000 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişim gösterdiğini, yeterli Fe miktarının $50-250 \text{ mgkg}^{-1}$ olduğunu ve 50 mgkg^{-1} den az Fe içeren bitkilerde eksiklik belirtilerinin görüldüğünü açıklamışlardır (Kacar ve İnal, 2008).

Çizelge 4. 33.'de çeşitli araştırmacılara göre demirin bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırıdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. 33. Çeşitli araştırmacılara göre demirin bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Fe içeriklerinin değerlendirmeleri					
Lokalite	Fe	Değerler	Kabata-Pandias ve diğ. (1984)	Allen (1989)	Istvan ve Benton (1997)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	5,516±0,002	50-250	40-500	500
	<i>A. pateri</i>	8,075±6,080			
	<i>E. uncinatifolium</i>	42,106±0,338			
	<i>G. acutidentatum</i>	6,386±0,004			
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	55,155±0,198			
	<i>E. ledebouriana</i>	187,530±16,769			
	<i>V. ponticum</i>	1315,325±1,701			
	<i>C. assyricus</i>	3502,488±2,148			
Topraktaki Fe içeriklerinin değerlendirilmesi					
Lokalite	Fe	Değerler	Kabata-Pandias ve diğ. (1984)	Adiloğlu ve diğ. (2011)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	4,424- 12,481	3800	1,10-22,55	4,5
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	752,123-1093,083			

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Istvan ve Benton (1997) 500 mgkg^{-1} demir konsantrasyon değerinin bitkiler için toksik etki oluşturabileceğini ifade etmiştir. Çizelge 4.33. incelendiğinde en yüksek demir birikiminin Amasya maden sahasında yayılış gösteren *C. assyricus* ve *V. ponticum* türlerine ait çıktığı görülmüştür. Kacar ve İnal (2008), Allen (1989), Istvan ve Benton (1997)'ın belirttikleri sınır değerlerinin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Elazığ maden sahasındaki türlerdeki demir konsantrasyon değerlerinin 500 mgkg^{-1} nin altında, Amasya maden sahasında ise özellikle *V. ponticum* ve *C. assyricus* türlerinde 500 mgkg^{-1} nin çok üzerinde olduğu görülmüştür.

Toprakta ekstrakte edilebilir Fe miktarı $0,2 \text{ mgkg}^{-1}$ 'in altında ise az; $0,2- 4,5 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında orta ve $4,5 \text{ mgkg}^{-1}$ 'dan fazla ise yüksek ve toksik olarak değerlendirilmektedir (Lindsay ve Norwell, 1978). Kabata-Pandias ve diğ. (1984), toprak için Fe konsantrasyon değerlerini 3800 mgkg^{-1} olarak belirtmişlerdir. Çalışmamızdaki toprak değerleri Lindsay ve Norwell (1978) 'in belirttiği sınırlardan yüksek, Kabata-Pandias ve diğ. (1984)' ın belirttiği konsantrasyon sınırlarından düşük çıkmıştır.

Çizelge 4. 34. Benzer çalışmalardan elde edilen demir değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg^{-1}	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	276,57	Çeliktaş (2020)
		(G)**	132,23	
		(Y)***	207,49	
		(T)****	3967,75	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	146,40	Çeliktaş (2020)
		(G)	167,27	
		(Y)	176,53	
		(T)	3902,50	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	194,24	Çeliktaş (2020)
		(G)	313,33	
		(Y)	245,54	
		(T)	4166,75	
<i>Alkanna orientalis</i>	Bitlis Katı atık alanı	(G)	142,6	Hayta ve Avcil (2019)
<i>Malva sylvestris</i>		(G)	4,54	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,05	Kırat (2017)
		(K)	0,10	
		(T)	5,2	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,04	Kırat (2017)
		(K)	0,18	
		(T)	5	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Malatya Pb-Zn madeni	(Y)	0,10	Kırat (2017)
		(K)	0,08	
		(T)	5,10	
<i>Zea mays</i>	Antakya karayolu çev.	(S)*****	22,1	Özkan (2017)
<i>Gossypium hirsutum</i>		(S)	25,0	
<i>Helianthus annuus</i>		(S)	14,8	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Konya Hg madeni	(K)	206,80	Ekerbiçer (2011)
		(G)	89,27	
		(T)	53,21	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)	3622,8	Ekerbiçer (2011)
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(G)	169,30	Ekerbiçer (2011)
		(T)	51,70	
<i>Marrubium vulgare</i>	Angouran Pb - Zn mad.	(Y)	540	Chehregani ve diğ.. (2009)
		(S)	540	
<i>Noea mucronata</i>	Angouran Pb Zn mad.	(S)	1230	Chehregani ve diğ.. (2009)
<i>Alhaji cameloron</i>		(S)	1663	
<i>Amaranthus retroflexus</i>		(S)	6230	
<i>Erigeron canadensis</i>	Mn madeni, Çin	(Y)	3400	Li ve diğ. (2007)
<i>Phytolacca acinosa</i>		(Y)	199,5	
<i>Melastoma dodecandrum</i>		(Y)	277,5	
<i>Digitaria sanguinalis</i>		(Y)	573,5	

*Kök(K), ** Gövde(G), *** Yaprak(Y), **** Toprak(T), *****Sürgün(S)

Adana krom maden sahası çevresinde toplanan *Alyssum* cinsine ait türlerin demir konsantrasyon değerleri bizim çalışmamızdaki *A. pateri* türünün değerlerinden yüksek çıktığı, *Convolvulus* cinsine ait türün değerleri ise bizim çalışmamızdaki *C. assyricus* türünün değerlerinden düşük çıktığı görülmüştür. Konya cıva maden sahasında toplanan *Verbascum* ve Malatya Pb-Zn maden sahasından toplanan *Glacium*, *Erysimum* ile *Verbascum* cinslerine ait türlerin demir konsantrasyon değeri bizim çalışmamızdaki türlerin değerlerinden düşük çıktığı tespit edilmiştir. Sonuç itibariyle Amasya ve Elazığ maden sahasındaki bitki türlerin demir konsantrasyon değerleri benzer çalışmalarda yapılmış türlerin konsantrasyon değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Demir metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Fe birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Fe birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. Çizelge 4.33.' e göre Amasya maden sahasındaki türlerin Fe konsantrasyon değerleri Elazığ maden sahasına göre yüksek çıkmıştır. *C. assyricus* türünün BCF, TF ve ZF değerlerinin, sınır değerlerin üzerinde olması nedeniyle iyi bir demir fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *A. pateri* ve *V. ponticum* türlerinin gövde ve yapraklarındaki konsantrasyon değeri, köke göre fazla olduğundan bu tür "fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür" olarak nitelendirilmiştir.

Türlerin ve toprakların mangan (Mn) içerikleri bakımından değerlendirilmesi

Mangan bitkilerdeki enzim aktivitesinde oldukça önemlidir. Adriano (1986) 'ya göre bitki bünyesindeki toplam Mn konsantrasyon değerleri 0,3-1000 mgkg⁻¹, toprakta ise 20-10000 mgkg⁻¹ arasındadır. Allen (1989)'e göre Mn aralığı 50-500 mgkg⁻¹ bitkiler için toksik olarak kabul edilmektedir (Demirezen, 2002). Baker ve Brooke (1989) ise Mn hiperakümülatörü olan bitkilerin konsantrasyon değerinin 10000 mgkg⁻¹ olduğunu söylemişlerdir.

Çizelge 4. 35.'de çeşitli araştırmacılara göre manganın bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır) yapılan çalışmada tespit edilen değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. 35. Çeşitli araştırmacılara göre manganın (Mn) bitki bünyesinde kontamine olma sınırları ile (ilk değer kontamine değerinin alt sınırı, ikinci değer ise üst sınırdır), yapılan çalışmada tespit edilen değerler (mgkg^{-1})

Türlerdeki Mn içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Mn	Değerler	Adriano (1986)	Allen (1989)	Baker ve Brooke (1989)	Pais ve Jones (1997)
Elazığ/ Maden	<i>A. leptophlla</i>	66,811±0,368	0,3-1000	50-500	1000	500
	<i>A. pateri</i>	185,046±38,761				
	<i>E. uncinatifolium</i>	1345,59±1,555				
	<i>G. acutidentatum</i>	164,063±0,383				
Amasya/ Gümüşhacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	35,797±0,125				
	<i>E. ledebouriana</i>	52,162±4,645				
	<i>V. ponticum</i>	71,919±0,649				
	<i>C. assyricus</i>	214,359±1,053				
Topraktaki Mn içeriklerinin değerlendirilmesi						
Lokalite	Mn	Değerler	Adriano, (1986)	Sağlam ve ark. (1997)	Fagbote ve Olanipekun 2010)	TKKY* (Ph>6) (2001)
Elazığ/ Maden	Toprak	33,918-95,996	20-10000	0,104-58,175	0,28-10,371	70
Amasya/ Gümüşhacıköy	Toprak	40,374-42,871				

*TKKY: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Çizelge 4.35. değerlerine bakıldığında Elazığ bitkilerinden *E. uncinatifolium* türünün araştırmacıların belirttiği sınır değerinin çok üzerinde olduğu, diğer türlerin ise sınırlar arasında kaldığı görülmüştür. Çizelgeye göre en yüksek birikim Elazığ maden sahasındaki *E. uncinatifolium* türüne ait çıkmıştır. *E. uncinatifolium* ($1345,59 \text{ mgkg}^{-1}$) türü, araştırmacıların belirttiği alt ve üst sınırı aşarak yüksek düzeyde mangan biriktirmiştir. Elazığ maden sahasındaki bitki türlerin Amasya maden sahasındaki türlerden daha yüksek miktarda mangan birikimi yaptığı ve Amasya maden sahası bitkilerinden *C. assyricus* türünün ikinci sırada mangan birikimi yaptığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 36.' da benzer çalışmalardan elde edilen mangan değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması sunulmuştur.

Çizelge 4. 36. Benzer çalışmalardan elde edilen mangan değerlerinin çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması (mgkg^{-1})

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg^{-1}	REFERANS
<i>Alyssum alyssoides</i>	Adana Cr madeni	(K)*	23,75±1,83	Çeliksaş (2020)
		(G)**	14,21±1,39	
		(Y)***	28,37±8,99	
		(T)****	673,85±3,94	
<i>Alyssum oxycarpum</i>	Adana Cr madeni	(K)	17,26±1,76	Çeliksaş (2020)
		(G)	18,81±1,93	
		(Y)	28,22±2,78	
		(T)	584,50±76,12	
<i>Convolvulus compactus</i>	Adana Cr madeni	(K)	31,88±10,26	Çeliksaş (2020)
		(G)	75,11±17,29	
		(Y)	79,74±22,41	
		(T)	725,43±26,42	
<i>Alkanna orientalis var. orientalis</i>	Bitlis Katı atık tesisi	(G)	9,789	Avcil (2018)
<i>Malva sylvestris</i>		(G)	0,533	
<i>Verbascum cherianthifolium</i>	Konya Hg madeni	(K)	425,90 ± 27,05	Ekerbiçer (2011)
		(T)	3195,50 ± 167,70	
		(G)	50,98 ± 6,43	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Konya Hg madeni	(K)	18,51 ± 0,48	Ekerbiçer (2011)
		(T)	2895,23 ± 31,4	
		(G)	10,01 ± 0	
<i>Glacium acutidentatum</i>	Görgü Pb Zn madeni	(Y)	69	Kırat (2017)
		(K)	76	
		(T)	1762	
<i>Erysimum smyrnaeum</i>	Görgü Pb-Zn madeni	(Y)	21	Kırat (2017)
		(K)	88	
		(T)	2537	
<i>Verbascum euphraticum</i>	Görgü Pb-Zn madeni	(Y)	43	Kırat (2017)
<i>Verbascum euphraticum</i>	Görgü Pb-Zn madeni	(K)	24	Kırat (2017)
		(T)	1702	
<i>Phytolacca acinosa</i>	Çin Mn madeni	(F)	217,5	Li ve diğ. (2007)
<i>Parthenocissus heterophylla</i>		(F)	446,5	
<i>Melastoma dodecandrum</i>		(F)*****	190,5	
<i>Erigeron canadensis</i>		(Y)	652,5	
<i>Phytolacca acinosa</i>		(Y)	3280	
<i>Melastoma dodecandrum</i>		(Y)	239	
<i>Conyza canadensis</i>	Çin Mn madeni	(G)	3093,75	Yun-Guo ve diğ. (2006)
		(K)	2037,5	

(Devam) Çizelge 4. 36.

Bitki İsmi	Bulunduğu Yer	Materyal	mgkg ⁻¹	REFERANS
<i>Helianthus annuus</i>	Pirit madeni İspanya	(Y)	67,3 ± 3,4	Murillo ve diğ. (1999)
<i>Helianthus annuus</i>	Mn madeni, Çin	(K)	20,6 ± 3,4	

*Kök(K), **Gövde(G), ***Yaprak(Y), ****Toprak(T), *****Filiz(F)

Yapılan çalışmalara göre bitki örneklerinde en yüksek mangan birikimi *Phytolacca acinosa* ve *Conyza canadensis* türlerinin yaprak ve gövdelerine ait çıkmıştır. Ülkemizde ise en yüksek mangan birikimi Konya cıva madeni çevresinden toplanan *Verbascum cherianthifolium* ve *Arenaria serpyllifolia* türlerine ait çıkmıştır. Bizim çalışmamızdaki *Verbascum* cinsine ait türde bu denli bir birikim görülmemiştir. Çeliksaş (2020) ‘ın çalışmasındaki *Convolvulus compactus* ‘un kök, gövde ve yaprak birikimi ve Kırat (2017) *Verbascum*, *Glacium*, *Erysimum* mangan verileri bizim çalışmamızdaki *Verbascum*, *Glacium*, *Erysimum* türlerin mangan verilerden düşük çıktığı tespit edilmiştir.

Mangan metali bulguları incelendiğinde, Tukey testine göre Elazığ maden sahasında en yüksek Mn birikimi *E. uncinatifolium* Amasya maden sahasındaki en yüksek Mn birikimi ise *C. assyricus* türüne ait çıkmıştır. *A.pateri türünün* BCF, ZF ve TF değerlerinin, sınır değerlerin üzerinde olması nedeniyle bu tür iyi bir mangan fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* ve *E.uncinatifolium* ‘un BCF ve TF verileri ise sınır değerden büyük ve türlerin mangan konsantrasyon değerlerinin özellikle kök bölgesinde, sürgünlere oranla daha yüksek çıkması sebebiyle bu türler nikel metali bakımından bu tür “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Maden Sahaları ile İlgili Gözlemlere Dayalı Sonuçlar

Madencilik çalışmalarının stratejik öneminin yanı sıra yaşanılabilir bir dünya için çevresel etkileri de oldukça önemlidir. Maden sahalarında yapılan çalışmalar toprak, su ve hava kirliliklerine neden olmakta ayrıca canlı yaşamını ve arazi yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Madenlerin yeraltından çıkarılması ve işlenmesi sırasında ağır metaller havaya, suya ve toprağa karışmaktadır. Ağır metal kirliliği ile birlikte arazi yapısında bozulmalar meydana gelmekte ve görüntü kirliliğini de oluşturmaktadır. Madencilik çalışmalarının başlangıcından bitişine kadar, çevre dostu yöntem ve tekniklerin kullanılması oluşan çevre kirliliği sorunlarını da ortadan kaldıracaktır.

Amasya bölgesinde Gümüşhacıköy Gümüşlü kurşun çinko cevherleşmesi önemli yataklardan biridir. Oldukça eski bir işletme olup şuan aktif olarak faaliyet göstermemektedir. Şehir merkezinden uzakta konumlanmış olan bu maden sahası çevresinden endemik ve endemik olmayan çeşitli bitki örnekleri alınmıştır. Elazığ bölgesinde ise aktif olarak işletmesi devam eden bakır ve krom maden sahalarından bitki örnekleri toplanarak laboratuvar ortamına getirilmiştir. Çalışma alanı olarak Elazığ ve Amasya maden sahalarını seçmemizin nedeni, işletmelerin devam edip etmeme durumlarına göre o alanlarda bulunan türlerin ağır metal birikimlerinin kıyaslamasını yapmaktır. Ayrıca toplanan türlerin hiperakümülyasyon yetenekleri de incelenmek istenmiştir. Geçmişten günümüze değin yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkiler ile yapılan maden araştırma ve ıslah çalışmalarının oldukça başarılı sonuçlandığı görülmektedir. Yapılan gözlemler ve incelemeler madencilik çalışmalarının ağır metal kirliliğine sebebiyet veren bir iş kolu olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

5.2. Arazi Gözlemlerine ve Bulgulara Dayalı Sonuçlar

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında bitkilerin fitoremediasyon kabiliyetlerini belirlemek için Biyokonsantrasyon Faktörü (BCF), Zenginleştirme Faktörü (ZF), Transfer Faktörü (TF) hesaplamaları kullanılmıştır. Bu faktör değerleri bulgularına göre bitkiler

gruplandırılmıştır. BCF, ZF, TF değerleri 1 sınır değerinden yüksek bulunan bitkiler “fitoekstaktör (akümülatör veya hiperakümülatör) olarak, TF değerleri sınır değerinin altında, BCF değeri 1 sınır değeri üzerinde olan bitkiler “fitostabilizatör” olarak sınıflandırılmıştır (Conesa ve diğ., 2006, Yoon ve diğ., 2006; Shengxiang ve diğ., 2014). Yukarıdaki sınıflardan her ikisinde girmeyen bitki türlerini ifade etmek amacıyla “Fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” ve “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” terimleri türetilmiştir. Buna göre; TF değerleri sınır değerinin üzerinde olan ve BCF değerleri sınır değere yakın olan ve özellikle toprak üstü metal konsantrasyonları köklerden yüksek olan türler “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür”, TF değerleri 1’den düşük ve köklerinde diğer organlara göre daha iyi birikim gözlenen türler “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak tanımlanmıştır.

Çinko

Çinko metali bulgularına verileri incelendiğinde *A. hygrophilum* ve *V. ponticum* türlerinin BCF, TF, ZF değerlerinin sınır değerinin üzerinde olması sebebiyle bu türlerin çinko fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olduğu sonucuna varılmıştır. *C. assyricus* ve *E. uncinatifolium* türlerinin BCF ve TF değerlerinin diğer türlere oranla daha yüksek ve sınır değerler üzerinde bulunmasından ötürü aynı zamanda gövde ve yapraklarındaki konsantrasyon değeri, köke göre fazla olduğundan “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF>1 olduğundan bu türlerin çinko metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür. *V. ponticum* türünün köklerinde sürgüne oranla fazla miktarda Zn birikimi saptandığından bu türün, Zn fitostabilizasyonunda kullanılabilirliği potansiyeli gösterdiği de söylenebilir.

Kurşun

Kurşun metali bulgularına göre *A. leptophylla* ve *E. uncinatifolium* türünün BCF ve TF değerlerinin sınır değerinden büyük, ZF değerlerinin ise 1 sınır değeri civarında olduğu görülmesi ve sürgünlerde biriken kurşun miktarının köke oranla fazla olmasından dolayı bu tür “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF>1 olduğundan bu türlerin kurşun metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Kobalt

Kobalt metali bulgularına göre özellikle *A. leptophlla* türünün BCF, TF, ZF değerlerinin sınır değerini üzerinde çıktığı görülmüştür. Bu sebeple *A. leptophlla* türünün kobalt fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olduğu söylenilebilmektedir. *A. pateri* ve *C. assyricus* türlerinin TF ve BCF değerlerinin sınır değerden büyük ve yakın olması sebebi ile sürgünlerinin kobalt konsantrasyon değeri, köklerine oranla istatistiksel anlamda fazla olması bu tür, “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir.

Kadmiyum

Kadmiyum metali bulgularına göre *A. leptophlla* ve *A. pateri* türlerinin yapraklarında, diğer kısımlarına oranla fazla miktarda kadmiyum birikimi gerçekleşmiştir. Bu türlerin BCF ve TF değerlerinin sınır değerleri üzerinde olması sebebiyle bu türler “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *E. uncinatifolium* türünün ise BCF, TF VE ZF değerlerinin sınır değerinden yüksek çıkması sebebiyle bu türü kadmiyum fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1’in üzerinde olduğundan bu türlerin kadmiyum metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür

Nikel

Nikel metali bulgularına bakıldığında *A. leptophlla* ve *E. uncinatifolium* türlerinin BCF, TF ve ZF değerlerinin sınır değerini çok üzerinde olması sebebiyle bu türler iyi bir nikel fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. Stabilizatör bitkilerin ağır metalleri daha çok köklerinde depolamaları istenmektedir (Yoon ve ark., 2006). *G. acutidentatum* türünün özellikle kök bölgesinde, sürgünlere oranla daha yüksek çıkması sebebiyle bu tür nikel metali bakımından “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *G. acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1’in üzerinde olduğundan bu türlerin nikel metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Demir

Demir metali bulgularına bakıldığında *C.assyricus* türünün BCF, TF ve ZF değerlerinin, sınır değerlerin üzerinde olması nedeniyle bu tür iyi bir demir fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *A.pateri* ve *V.ponticum* türlerinin BCF ve TF değerlerinin diğer türlere oranla daha yüksek ve sınır değerler üzerinde bulunmasından ötürü aynı zamanda gövde ve yapraklarındaki konsantrasyon değeri, köke göre fazla olduğundan bu tür. “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1'in üzerinde bulunduğundan bu türlerin demir metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür.

Mangan

Mangan metali bulgularına göre *A.pateri* türünün BCF, ZF ve TF değerlerinin, sınır değerlerin üzerinde olması nedeniyle bu tür iyi bir mangan fitoekstraktörü (hiperakümülatörü) olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* ve *E.uncinatifolium* 'un BCF ve TF verileri ise sınır değerden büyük ve türlerin mangan konsantrasyon değerlerinin özellikle kök bölgesinde, sürgünlere oranla daha yüksek çıkması sebebiyle bu türler nikel metali bakımından bu tür “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir.

Krom

Krom metali bulgularına bakıldığında *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1'in üzerinde bulunduğundan bu türlerin nikel metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür. TF faktörünün 1'den büyük olması kromu yapraklarına taşıma kabiliyetinde olduğunu göstermekte olup, verilere göre, *A.pateri* türü “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür”, *C.assyricus* türü “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir.

Bakır

Bakır metali bulgularına verileri incelendiğinde *A.leptophlla* türünün BCF, TF, ZF değerlerinin sınır değerlerin üzerinde olması sebebiyle bu türün bakır fitoekstraktörü

(hiperakümülatörü) olduğu sonucuna varılmıştır. *E.uncinatifolium* türünün BCF ve TF değerlerine göre ve aynı zamanda bu türün gövde ve yapraklarındaki konsantrasyon değeri, köke göre fazla olduğundan bu tür. “fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *A.pateri* BCF ve TF verilerine göre ayrıca bakır konsantrasyon değerlerinin özellikle kök bölgesinde, sürgünlere oranla daha yüksek çıkması sebebiyle bu tür bakır metali bakımından bu tür “fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür” olarak nitelendirilmiştir. *G.acutidentatum* türü dışındaki diğer tüm türlerin TF değerleri 1’in üzerinde olduğundan bu türlerin demir metaline toleranslı olduklarını söylemek mümkündür. Toplanan türlerin fitoremediasyon potansiyelleri çizelge 5.1 de özetlenmiştir.

Çizelge 5. 1. Çalışmada kullanılan bitkilerin remediasyon kabiliyetleri ve potansiyelleri (FE: Fitoekstraktör, FEPOT: Fitoekstraksiyon potansiyeli olabilecek tür, FSPOT: Fitostabilizasyon potansiyeli olabilecek tür)

Lok.	Tür	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Fe	Mn	Cr	Cu
Elazığ/ Maden	<i>A.leptophlla</i>		FEPOT	FE	FEPOT	FE				FE
	<i>A.pateri</i>			FEPOT	FEPOT	FEPOT	FEPOT	FE	FEPOT	FSPOT
	<i>E.uncinatifolium</i>	FEPOT	FEPOT		FE	FE		FSPOT		FEPOT
	<i>G.acutidentatum</i>					FSPOT		FSPOT		
Amasya/ G.hacıköy	<i>A. hygrophilum</i>	FE								
	<i>E. ledebouriana</i>									
	<i>C.assyricus</i>	FEPOT		FEPOT			FE		FSPOT	
	<i>V.ponticum</i>	FE					FEPOT			

Çalışmamızın sonuçlarını genel bir şekilde özetleyecek olursak; *A.leptophlla* türü Co, Ni ve Fe, *A.pateri* türü Mn, *E.uncinatifolium* Cd ve Ni, *A. hygrophilum* Zn, *C.assyricus* Fe, *V.ponticum* Zn bakımından hiperakümülatör özelliğe sahiptir. Özellikle Elazığ Maden sahasından toplanan türlerin ağır metallerin temizlenmesi yöntemi olan fitoremediasyonda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Amasya bitkilerindeki birikimler incelendiğinde bitkilerin Zn, Fe ve Mn birikim miktarının fazla olduğu, Elazığ bitkilerinde ise, Ni, Mn ve Cu birikim miktarı fazla oranlarda çıkmıştır.

5.3. Öneriler

Maden sahalarında yoğun şekilde kirlilik unsuru olan atıkların rastgele alanlarda değil seçilmiş özel noktalarda biriktirilmesi gerekmektedir. Bu biriktirme alanlarının su kaynaklarına uzak kurulması oldukça önemlidir. Atıkların toplandığı alanların yakın

bölgelerinde ağır metal kirliliklerinin tespiti yapılarak gerekli önlemler ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Çalışmaların son bulması halinde bozulmuş olan arazilerde, uygun bitki türleri seçilerek ormanlaştırma ve bitkilendirme yapılması gereklidir ancak maden sahalarının bulunduğu alanlarda bitki seçimlerinin iyileştirmede uygun olup olmadığının tespiti iyi yapılmalıdır. Ağır metal kirliliği ile ilgili toplum bilinçlendirilerek, kirliliğin oluşmamasını ve ortadan kaldırılmasını sağlayacak teknik ve yöntemler kullanmaya teşvikler sağlanmalıdır.

Biyoremediasyon yöntemi, bitkiler ve bazı mikroorganizmalar kullanılarak ortamdaki kirleticilerin yok edilmesini veya daha az zararlı hale gelmesini sağlayan bir iyileştirme ve temizleme yöntemidir. Son yıllarda ülkemizde ve diğer dünya ülkelerinde bulunan bazı bitkilerin kirlenmiş alanlardaki temizlenme çalışmalarında kullanımı önemli olmaya başlamıştır. Madencilik çalışmaları ülke ekonomisi için her ne kadar önemli olsa da bu faaliyetlerin olumsuz çevresel etkilerini en aza indirmek ve bozulan alanın doğaya yeniden kazandırılmasını sağlamak sürdürülebilirlik bakımından oldukça önemlidir. Ancak bozulan alanların kendi kendini onarması uzun yıllar sonucunda gerçekleşmektedir. Bu sebeple bu alanların yeniden rehabilite edilmesi için fitoremediasyon vb. gibi teknik bir müdahaleye gereksinim vardır. Rehabilitasyonlarda kullanılan materyalin başında bitkisel materyaller gelmektedir. Onarım çalışmalarının istenilen başarıya ulaşılabilmesi için bitkilendirme aşamasında kullanılan bitkinin ağır metal birikimine toleransının yüksek olmasının yanı sıra türü de önemlidir. Bitkilendirme çalışmaları için özellikle derin ve güçlü kök sistemine sahip, kök ve sürgünlerinde su tutma kapasitesi yüksek olan bitki türleri seçilmesi uygundur. Bu bitkiler için bölgedeki iklim koşullarına da uyum sağlaması önemlidir.

Ağır metal içeren topraklarda yetişen bazı bitki türleri tıbbi amaçla kullanılmakta ve bu durum insanlarda bazı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hiperakümülatör bitkiler sadece çevresel kirleticileri yok etmek ya da ortamın temizlenmesindeki kullanımı bakımından incelenmemeli aynı zamanda gıda ve tedavi durumlarındaki risk durumlarıyla da incelenmelidir. Ülkemiz oldukça zengin bir floraya sahiptir ve ülkemiz ekonomisine katkı sağlamak, gelecek nesillere temiz bir çevre bırakabilmek için bu tür benzer bilimsel çalışmaların sayısının artması gereklidir. Bu tür çalışmalar arttığında ülkemizdeki hiperakümülatör türlerin sayısı ve çeşidi de artmış olacak ve diğer pahalı yöntemler yerine ucuz olan yöntemler tercih edilecektir.

KAYNAKLAR

- Abanuz, G.Y. (2007). *Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkilerinin ağır metal kapsamalarının araştırılması*, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Abraham, G.M.S., Parker, R.J. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment* 136, 227-238.
- Acar, D. (2007). *Türkiye'de Açık Ocak Kömür Madenciliği Sonrası Peyzaj Onarım Çalışmalarının İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Adiloğlu, S., Adiloğlu, A., Eryılmaz Açıkgöz, F., Yeniaras, T., Solmaz, Y. (2015). Labada (*Rumex patientia* L.) bitkisinin kurşun kirliliğinin gideriminde kullanım kapasitesinin araştırılması. *Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 1-7.
- Adriano, D.C. (1986). *Elements in the Terrestrial Environment*. Springer-Verlag New York USA.
- Ahmed, S., Evans, H.J. (1960). Cobalt: A micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. *Soil Science*. 90, 205-210.
- Aihemaiti, A., Jiang, J., Li, D. A., Liu, N., Yang, M., Meng, Y., Zou, Q. (2018). The interactions of metal concentrations and soil properties on toxic metal accumulation of native plants in vanadium mining area, *Journal of environmental management*, 222, 216-226.
- Akgüç, N. (2007). *Muğla ilinde ağır metal kirliliğinin tespiti için Pyracantha Coccinea Roem. (Rosaceae)'nin biyomonitör olarak kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgül, G., Serdaroğlu, M. (2019). *Türkiye'de yetişen bazı Anchusa L. (Boraginaceae) taksonlarının polen ve tohum morfolojileri*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Akıncı, Y.C., Yüksek, T., Demirel, Ö. (2016). Ağır metaller ile kirlenmiş toprağın iyileştirilmesinde Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) ve solucanların kullanılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 1-11.
- Akpınar, N. (2005). *Madencilik faaliyetleri sonrası onarım çalışmalarında bitkilendirme süreci*, Madencilik ve Çevre Sempozyum Kitabı, 159-164, Ankara.
- Aktürk, C. (2018). *Endemik Alyssum kaynakiae Yılmaz (Brassicaceae) türü üzerinde morfolojik, anatomik, palinolojik ve karyolojik araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Al Obaidy, A.H.M.J., Al Mashhadi, A.A.M. (2013). Heavy Metal Contaminations in Urban Soil within Baghdad City, Iraq. *Journal of Environmental Protection* 4, 72-82.
- Alaribe, F., Agamuthu, P. (2015). Pb etkilenen topraktaki Lantana camara'nın organik atık katkı maddeleri ile bitki ıslatma potansiyellerinin değerlendirilmesi. *Ekolojik Mühendislik Dergisi*, 83, 513-520.
- Alloway, B.J. (1995). Cadmium In BJ Alloway (Ed.). *Heavy metals in soils*. Blackie, London.
- Alpınar, K. (2012). *Arum L.*, Şu eserde: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. Babaç, M.T. (eds.), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*. İstanbul, 86-88
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V., Ivanov, K. (2004). Bio-accumulation and distribution of heavymetals in fibrecrops (flax, cottonand hemp). *Industrial Cropsand Products*, 19, 197-205.
- Anning, A.K., Akoto, R. (2018). *Typha latifolia* ve *Chrysopogon zizanioides* ile mayınlı bir yerden ağır metal kontamine toprağın yardımcı fitoremediasyonu, *Ekotoksikoloji ve Çevre Güvenliği Dergisi*, 148, 97-104
- Anonymous, (2007). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for Lead. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Arán, D. S., Harguinteguy, C. A., Fernandez-Cirelli, A., Pignata, M. L. (2017). Phytoextraction of Pb, Cr, Ni and Zn using the aquatic plant *Limnobium laevigatum* and its potential use in the treatment of wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 18295-18308.
- Aravind, P., Narasimha, M., Prasad, V. (2005). Modulation of cadmium- induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* by zinc involves ascorbate-glutathione cycle and glutathione metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43, 107-116.
- Arslan, A. (2019). *Anadolu florasına ait bazı Alyssum L. türlerinin polen, tohum, meyve morfolojileri ve antimikrobiyal, antibiyofilm aktivitesinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Aslan, R. (2020). Zinde ve sağlıklı bir hayat için kadmiyuma dikkat. *Ayrıntı Dergisi*, 7 (82).
- Aslan, S. (2012). tavukgötü. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr> (Erişim tarihi: 02 09 2020).
- Aslanhan, E. (2012). *Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler*, Yüksek Lisans Tezi, Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kırşehir.

- Asri, F. O., Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksikitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, *Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23 (2), 36- 45.
- Atasoy, A., Çitçi, M.D. (2009). Değişen iklim koşullarının elazığ ovası ile yakın çevresinin ekosistemine etkileri, *Doğu Coğrafya Dergisi*.
- Aybar, M., Bilgin, A., Sağlam, B. (2015).Fitoremediasyon Yöntemi İle Topraktaki Ağır Metallerin Giderimi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1 (1-2), 59-65.
- Aydın, M. (2011). *Bitki Besleme Ders Notları*. Konya
- Aykurt, C., Sümbül, H. (2014). Taxonomic revision of the genus *Convolvulus* L. (Convolvulaceae) in Turkey. *Biological Diversity and Conservation* 7 (2), 10-37
- Baba, A., Gündüz, O., Save, D., Gürdal, G., Sülün, S., Bozcu, M., Özcan, H. (2009). Madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi; 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, *Ankara*, 514-515.
- Badr, N., Fawzy, M., Al-Qahtani, K. M. (2012). Phytoremediation: An ecological solution to heavy-metal-polluted soil and evaluation of plant removal ability. *World Applied Sciences Journal*, 16(9), 1292-1301
- Bağırsakçı, S., (2000). *Dünya'da ve Türkiye'de Madencilik Sektörü (Tarihi Gelişimi, Politikalar, Sorunlar ve Çözüm Önerileri)*. Türkiye ve Ortadoğu Amme İdaresi Enstitüsü, Kamu Yönetimi Lisansüstü Uzmanlık Programı, 197s, Ankara.
- Baker, A. J. M., Brooks, R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry, *Biorecovery*, 1(2), 81-126.
- Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Reeves, R.D., Smith, J.A.C. (2000). *Metal Hyperaccumulator Plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils*, 85-107.
- Barnette, R.M., Warner, J.D. (1935). Responses of chlorotic corn plants to the application of zinc sulfate to the soil, *Soil Science*, 39, 145-159.
- Baronı, F., Boscagli, A., Dilella, L. A., Protano, G., Riccobono, F. (2004). Arsenic in soil vegetation of contaminated areas in southern Tuscany (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, 81, 1-14.
- Barrutia, O., Artetxe, U., Hernández, A., Olano, J.M., García-Plazaola, J.I., Garbisu, C., Becerril, J.M. (2011). Native Plant Communities in an Abandoned Pb-Zn Mining Area of Northern Spain: Implications for Phytoremediation and Germplasm Preservation, *International Journal of Phytoremediation*, 13, 256-270.
- Başar, H., Aydınalp, C. (2005). Heavy metal contamination in peach trees irrigated with water from a heavily polluted creek, *Journal of Plant Nutrition*, 28 (11), 2049-2063.

- Başal, M., Yılmaz, O., Kurum, E., Akpınar, N., Çabuk, A., Ekşioğlu, T. (1995). *Sivrihisar-Kaymaz Altın Madeni Doğa Onarımı ve Alan Kullanım Planlaması*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1414, 29s.
- Bayçu, G., Önal, M. (1993). An Investigation of The Levels of Cadmium and Lead in The Soils and in The Leaves of Selected Specimens of *Ailanthus altissima* Found Growing Beside A Freeway in İstanbul, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Dergisi*, 56, 21-34.
- Baygeldi, Z. (2018). *Türkiye'de yayılış gösteren Alyssum L. (Brassicaceae) cinsine ait bazı taksonların polen morfolojileri*, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis.
- Baytop, T. (1994). *Türkçe Bitki Adları Sözlüğü*, Türk Dil Kurumu Yayını, No: 578, Ankara.
- Bech, J., Duran, P., Roca, N., Poma, W., Sánchez, I., Roca-Pérez, L., Poschenrieder, C., (2012). Accumulation of Pb and Zn in *Bidens triplinervia* and *Senecio* sp. spontaneous species from mine spoils iPeru and their potential use in phytoremediation. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 109-113.
- Benavides, MP., Gellego, SM. and Tomaro, ML., (2005). Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 21-34.
- Birceyudum, Ş., Gökseven, E. (2019). *Süs lahanasının (Brassica oleraceae var. capitata) topraktaki bor elementinin giderilmesi amacıyla fitoremediasyonda hiper toplayıcı bitki olarak kullanılma potansiyelinin araştırılması*. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi.
- Blaylock, M. J., Salt, D. E., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Raskin, I. (1997). Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environmental Science & Technology*, 31(3), 860-865.
- Blumenthal, M., (1937). *Kızılırmak ile Yeşilirmak arasındaki muntukada bulunan linyit, idrakarbür ve bitümlü şist yatakları*, MTA Raporu, 164, (yayımlanmamış), Ankara.
- Blumenthoî, S., (1994). İnhibition of Na-f-Glucose Cotransport in Kidney Corticel Cells By Cadmium and Copper: Protection By Zinc. *Tox. and App. Pharm.* 129: 177-187.
- Boğa, A. (2007). Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 16, 218-230.
- Borand, MN, (2012). *Açık ve kapalı maden işletmeciliğinde çevresel etki*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Madencilikte Özel Konular Ders Projesi, 61s.
- Bozbek, B. (2007). *Beyşehir Gölü'ndeki Phragmites australis (Cav.) Trin. ExStend ve Typha Angustifolia L. Bitkilerinin Ağır Metal İçerikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Bradshaw, AD., Chadwick, MJ. (1980). *The restoration of land. Blackwell scientific, Oxford.* 1-352.
- Brams, E., (1977). Relationships of soil cadmium and lead to the environment peripheral to industrial cities. p.369-382. in: Proceedings, International Seminar on soil Environments and Fertility Management in Intensive Agricultural (SEFMIA), Japan. 1977. *Journal of the Science of Soil and Manure*, Tokyo.
- Brooks, R. R. (1972). *Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration*, 10-26
- Brooks RR., Radford CC., (1978). Nickel accumulation by European species of the genus *Alyssum*. *Proceedings of the Royal Society of London*, 200: 217-224.
- Brummer, GW., Homburg, V., Hiller, DA., (1991). Schwer Metallbelastung von Boden. *Mitteilgn Dtsch Bodenkudl Geselsch*, 63, 31-42.
- Brunetti, G., Soler-Rovira, P., Farrag, K., Senesi, N., (2008). Tolerance and accumulation of heavy metals by wild plant species grown in contaminated soils in *Apulia region*, Southern Italy. *Plant and Soil*, 318(1-2), 285-298.
- Buat-Menard, P., Chesselet, R., (1979). Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42, 399-411.
- Bulut, Y., (2006). *Manavgat (Antalya) Yöresinin Faydalı Bitkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cansaran, A., Kaya, Ö., Yıldırım, C. (2007). Ovabaşı, Akpınar, Güllüce ve Köşeler Köyleri (Gümüşhacıköy/Amasya) Arasında Kalan Bölgede Etnobotanik Bir Araştırma, *Fırat Üniversitesi Fen Mühendislik Bilimleri Dergisi* 19, 243-257.
- Chehregani, A., Noori, M., Yazdi, H.L. (2009). Ağır metalle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu: Angouran madeninde (İran) yeni akümülatör tesislerinin taranması ve uzaklaştırma yeteneğinin değerlendirilmesi. *Ekotoksikoloji ve çevre güvenliği*, 72 (5), 1349-1353.
- Chen, S., Chang, S., Deng, Y., An, S., Hu, Dong, Y.H., Zhou, J., Hu, M., Zhong, G., Zhang, L . H . (2014). Fenprothrin biodegradation pathway in bacillus sp. DG-02 and its potential for bioremediation of pyrethroid-contaminated soils, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 2147-2157
- Cındık, H., Akıncı, Y., Yüksek, T., Demirel, Ö. (2016). Ağır Metaller ile Kirlenmiş Toprağın İyileşmesinde Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) ve Solucanların Kullanılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1 (1), 1-11.
- Conesa, H. M., Faz, Á., Arnaldos, R. (2006). Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena La Unión mining district (SE Spain) *Science of the Total Environment*, 366(1), 1-11.

- Čudić, V., Stojiljković, D., Jovović, A. (2016). Phytoremediation potential of wild plants growing on soil contaminated with heavy metals. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 67(3), 229-239.
- Çağlarırnak, N., Hepçimen, Z. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*. 8 (2), 31-35
- Çakılcıoğlu, U., Civelek, Ş., (2011).Tekepler–Maden (Elazığ) Arası Sahanın Florası. *Biological Diversity and Conservation*, 4(1), 54-66.
- Çeleni, H. (1988). Sorunlu Alanlarda Bitkilendirme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınlan No: 1047, Ankara.
- Çeliksaş, V. (2020). *Adana ili Aladağ ilçesindeki krom maden yataklarında bulunan bitkilerin fitoremediasyon özelliklerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çepel, N. (1997). *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.
- Çevre Durum Raporu (2017). ÇED ve Çevre İzlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü, 49-62.
- Çevre Durum Raporu (2013). Amasya ili 2012 Çevre Durum Raporu, Amasya Valiliği.
- Çevre Durum Raporu (2017). Tokat ili 2017 Çevre Durum Raporu, Tokat Valiliği.
- Çıngı, F. (2007). Eser elementler. (Erişim adresi: www.firochromis.com, Erişim tarihi: (12.04.20018).
- Çiftçi, A. (2016). *Çoklu metal (Cd, Pb, Zn) ile kirlenmiş bir toprağın arıtımında yabani hint yağı (Ricinus cominus) ve aspir (Carthamus tinctorius) bitkilerinin fitoremediasyon kapasitesinin araştırılması*, Yüksek lisans Tezi, Mersin Üniversitesi.
- Çömeten, H. (2019). *Trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin izlenmesinde sarıçam (Pinus sylvestris L.) ibrelerinin biyomonitor olarak kullanılabilirliği*, Doktora Tezi Kastamonu Üniversitesi.
- Dağdeviren, S. (2007). *Çorlu ve civarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve sonuçların yapay sinir ağı ile değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Dağhan, H. (2016). *Tagetes patula L. Bitkisinin Fitoremediasyon Amaçlı Kullanım Potansiyelinin Su Kültürü Koşullarında Araştırılması*. *Toprak Su Dergisi*, 25-31.
- Davis, P. H. (1965-1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Volume 1, Edinburgh.

- Davis, P. H. (1967). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Volume 2, Edinburgh University Press, Edinburgh
- Davis, P.H. (1985). *Alyssum L.* In Davis *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. 1: 362-400. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Demir, E. (2008). *Kazanlı (Mersin) Bölgesinde Biyojeokimyasal Anomalilerin incelenmesi ve Çevresel Ortamın Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Demirayak, A., Kutbay, H. G., Kılıç D., Bilgin A., Hüseyinova, R., (2011). Heavy metal accumulation in some natural and exotic plants in Samsun City. *Ekoloji* 20(79) 1-11.
- Dindar, E., Topaç Şağban, F.O., Başkaya, H. (2010). Kirlenmiş Toprakların Biyoremediasyon ile Islahı, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*.
- Divan, AM., De Oliveira, PL, Perry, CT, Atz VL, Azzarini-Rostirola LN, Raya-Rodriguez MT. (2009). Using wild plant species as indicators for the accumulation of emissions from a thermal power plant, Candiota, South Brazil. *Ecological Indicators*, 9, 1156–1162.
- Doğan, M., Karataş, M., Aasim, M. (2018). Kadmiyum, Krom ve Kurşunun *Ceratophyllum demersum L.* ve *Pogostemon erectus* (Dalzell) Kuntze Üzerine Fitotoksitesinin Değerlendirilmesi. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 8(2), 543-550.
- Dua, M., Singh, A, Sethunathan, N., Johri, A.K. (2002). Biotechnology and Bioremediation: Successes and Limitations. *Journal of Applied Microbiology* 63, 329-331.
- Dudley, T. R. (1965). *Alyssum L.* in *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Ed.:Davis, P. H., Edinburgh: Edinburgh University Press., 1: 362 – 409.
- Ekerbiçer, Ü. (2011). *Konya ili Sızma Kasabası civa yatakları çevresindeki doğal bitkilerin toprak üstü ve toprak altı kısımları ile yetiştikleri toprağın civa ve diğer metal element içeriklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- EPA, (2000). Introduction to Phytoremediation, EPA/600/R-99/107, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. *Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268,USA*.
- EPA, (1995). Contaminants and remedial options at select metals-Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512.6
- Eraslan, Ş., Gül, A. (2017). Mermer Ocakları Peyzaj Reklamasyonunda Yenilikçi Yaklaşımlar. *Plant (Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi)*, vol.7, 170-174.

- Erdaş, N. (2019). *Epilobium Hirsutum L. bitkisinin fitoremediasyon kapasitesinin araştırılması ve in vitro şartlarda çoğaltımı*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi. Kütahya.
- Erdem, S.E. (2017). *Türkiye'deki Arenaria L. Grup B (Caryophyllaceae) Taksonlarının Polen Morfolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Eren, A., (2018). Bakırla Kirlenmiş Toprakların *Xanthium strumarium L.* Bitkisi Kullanılarak Fitoremediasyonu. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 152-157.
- Eren, A., Mert, M. (2017). Ağır metal (Ni, Cd ve Cu) uygulamalarının andız otu, fener otu ve sığırkuyruğu bitkilerinin büyüme ve gelişmesi üzerine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 50-58.
- Erol, Ç. (2010). *Petrol hidrokarbonları ile kirlenen toprakların ayçiçeği (Helianthus annus L.) kullanılarak fitoremediasyonu*. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi.
- Eyüboğlu, Ö. (2019). Flora of Lake Seyfe Nature Reserve Area Kırşehir-Turkey, *International Journal of Scientific and Technological Research*, ISSN 2422- 8702
- Ethem, M. Y. (1974). Bakırın Özellikleri, Alaşımaları ve Minarelleri. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 13(2), 3-7.
- Farhan, M., Ali-Butt, Z., Khan, A.U., Wahid, A., Ahmad, M., Ahmad, F., Kanwal, A. (2014). "Enhanced biodegradation of chlorpyrifos by agricultural soil isolate", *Asian Journal of Chemistry*, 26, 3013–3017.
- Garrido, ML., Munoz-Olivas, R. and Camara, C. (1998). Interference removal for cadmium determination in waste water and sewage sludge by flow injection cold vapour generation atomic absorption spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 13:1145-1149.
- Gedik, T. (2005). *Madenköy (Niğde/Ulukışla) ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ghaderian, S. M., Ghotbi-Ravandi, A. A. (2012). Accumulation of copper and other heavy metals by plants growing on Sarcheshmeh copper mining area, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 25-32.
- Göker, M. (2019). *Topraklarda krom ağır metalinin mısır (Zea mays L) bitkisi kullanılarak fitoremediasyon tekniği ile giderilmesi* (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Görcelioğlu, E. (2002). *Peyzaj Onarım Tekniği*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4351, Orman Fak. Yayın No: 470, İstanbul, 320 s.
- Gül, Ü.D., Yavuz, Ş.A. (2018). Pestisitle Kirlenmiş Ortamların Biyoremediasyonu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11 (1), 07-17

- Güleryüz, G., Arslan, H., Kırmızı, S., Güçer, S. (2002). Investigation of influence of tungsten mine wastes on the elemental composition of some alpine and subalpine plants on Mount Uludağ, *Environmental Pollution*, 120(3), 707-716.
- Hallsworth, EG., Wilson, SB., Greenwood, EAN. (1960). Copper and cobalt in nitrogen fixation. *Nature* 187: 79-80.
- Haque, N., Peralta-Videa, J. R., Jones, G. L., Gill, T. E., Gardea-Torresdey, J. L. (2008). Screening the phytoremediation potential of desert broom (*Baccharis sarothroides* Gray) growing on mine tailings in Arizona, USA. *Environmental Pollution*, 153(2), 362-368
- Hayta, Ş., Avcil, N.,(2019). Bitlis katı atık tesisi çevresindeki *Hypericum scabrum* L., *Achillea vermicularis* Trin, *Anchusa azurea* Miller var. *azurea* Gard. Dict. bitkilerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (4) , 1533-1544
- István, P.,Benton, J. J. (1997). *Hand Book of Trace Elements*.
- Işık K. (2004). *Bitki Biyolojisi*. Palme Yayıncılık. Ankara
- İlker, A. K. I. N., Alkan, S.,Kaşık, G. (2019). Çorum İli'nden Toplanan Agaricaceae Familyasına Ait Bazı Mantarlarda Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 10(1), 48-55.
- İnternet URL 1: <http://dogalhayat.org/property/verbascum-7/> (Erişim tarihi: 25.02.2020)
- İnternet URL 2: <http://dogalhayat.org/property/anchusa/> (Erişim tarihi: 25.02.2020)
- İnternet URL 3: <https://www.bizimbitkiler.org.tr/v2/hiyerarisi.php?c=Alyssum> (Erişim tarihi:25.02.2020)
- İnternet URL 4: <http://ukrbin.com/compare.php?imageid=52931> (Erişim tarihi:25.02.2020)
- İnternet URL 5: <https://www.turkiyebitkileri.com/tr/foto%C4%9Fraf-galerisi/view-photo/4601/38361.html> (Erişim tarihi:25.02.2020)
- İpek, A. (2019). *Bazı tarım bitkileri kullanılarak kurşun kirliliğinin şelat destekli fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi*, Yüksek lisans tezi, Amasya Üniversitesi.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001). *Trace Element in Soils and Plants*, CRC Press, London.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., (1992).*Trace elements in the biological environment*. Wyd. Geol., Warsaw, 300 s.
- Kabata-Pendias, A., ve Pendias, H. (1984). *Trace elements in soil and plants* (No 631. 41 K3).

- Kacar, B. (1995). *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*. III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, s 705, Ankara.
- Kacar, B., İnal, A., (2008). *Bitki Analizleri*. Nobel Yayınları No: 1241.
- Kacar, B., Katkat, AV. (2007). *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. Nobel Yayınları No: 1119.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metalurji Dergisi*, s: 47-53, Sayı 136.
- Karadeniz, M., Osma, E. (2019). Malatya’da Yetişen Akdutlarda (*Morus alba L.*) Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Karaman, MR., Brohi, AR., Müftüoğlu, NM., Öztaş, T, Zengin, M. (2007). Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No: 1, Ankara
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri – II”, *İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi*.137, İstanbul.
- Kaya, Y. (2019). *Sincan Organize Sanayi Bölgesi çevresinde ağır metaller ile kontamine olmuş ekosistemlerin fitoremediasyonunda doğal bitkilerin kullanılma potansiyelinin araştırılması*, Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Kaynak, Y. (1983). *Madencilik Araştırması*, TSK Bankası, İstanbul, s.1
- Khan, A.G.,Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S. and Hayes, W.J. (2000). Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere* ,(41), 197-207.
- Kıran, Y., Munzuroğlu, Ö. (2004). Mercimek (*Lens culinaris Medik.*) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri, Fırat Üniversitesi *Mühendislik Bilimleri Dergisi*.
- Kırat, G. (2017). Görgü (Yeşilyurt) Pb – Zn Madeni Çevresinde Yetişen Pb-Zn-Cd Akümülatör Bitkiler. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 53-63.
- Kılıç, D.D., Sürmen, B., Kutbay, H. G., Tuna, E. E. (2019). Doğal Olarak Yayılış Gösteren *Lepidium draba L.* Türünün Fitoremediasyon Yönteminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 17, 491-499.
- Kilinc, M., Bilgin, A., Yalçın, E., Kutbay, HG. (2005). “Macroelement (N, P, K) Contents of *Arum euxinum R.* Mill During Vegetative and Generative Growth Phases”, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8: 267-272
- Koca, İ., Hasbay, İ., Bostancı, Ş. (2011). Samsun ve Çevresinde Sebze Olarak Kullanılan Bazı Yabancı Bitkiler ve Tüketim Şekilleri. *Samsun Sempozyumu*.

- Kocadağıştan, M. E. (1997). *Pasinler -Esendere kum ocakları doğa onarımı ve Rekreatyoneel alan kullanımı planlaması*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kocaer, F., Başkaya, H. (2003). Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1.
- Köse, H., Şimşir, F., Güney, A. (1993). *Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreatyoneel Alan Kullanımı*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:236, İzmir, 53 s
- Krämer, U. (2010). Metal Hyperaccumulation in Plants, *Annual Review of Plant Biology*.
- Krishna, A. K., Mohan, K. R., Murthy, N. N., Periasamy, V., Bipinkumar, G., Manohar, K., Rao, S. S. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soils around chromite mining areas, Nuggihalli, Karnataka, India. *Environmental earth sciences*, 70(2), 699-708.
- Kumari, A., Lal, B., Pakade, Y. B. ve Chand, P. (2011). Assessment of bioaccumulation of heavy metal by *Pteris vittata* L. growing in the vicinity of fly ash. *International journal of phytoremediation*, 13(8), 779-787.
- Kürşat, M., Civelek, H., Kandil, A. (2008). *Alyssum harputicum* Dudley' in (Brassicaceae) Morfolojik, Anatomik ve Polen Özellikleri ile Kromozom Sayısı Bakımından Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (2), 205-215.
- Lasat, M.M. (2000). Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research* 2, 1-25.
- Leblebici, Z., Çelik, J. (2016). *Kayseri'nin Yahyalı ilçesinde serpantin içeren alanlarda yetişen bazı bitkilerin ağır metal (Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) içerikleri*. Yüksek Lisans Tezi Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.
- Lehoczky, É., Németh, T., Kiss, Z., Szalai, T. (2002). Heavy metal uptake by ryegrass, lettuce and White mustard plants on differentsoils, Thailand, August 14 – 21.
- Li, M. S., Luo Y. P. Su, Z. Y. (2007). Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environmental pollution*, 147, 168–175.
- Maden Mühendisleri Odası, (2012). *Nikel Raporu*. Ankara.
- Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, (2001). *Metal Madenler Alt Komisyonu Kurşun-Çinko-Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Ankara.

- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, (2015). *Madencilik politikaları Onuncu Kalkınma Planı*, Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Maden Yatak Haritası, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/maden-yataklari> (Erişim Tarihi: 04.01.2020)
- Mahdavian, K., Ghaderian, S. M., Torkzadeh-Mahani, M. (2017). Accumulation and phytoremediation of, Pb, Zn, and Ag by plants growing on Koshk lead–zinc mining area, Iran. *Journal of soils and sediments*, 17(5), 1310-1320.
- McNeil, J., Arenaria L., in: Davis, P.H. (1967). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburgh University Press, Edinburgh, 2, 17-38.
- Memon, A. R., Aktopraklıgil, D., Özdemir, A. (2001). Heavy metal accumulation and detoxification mechanisms in plants. *Turkish Journal of Botany*, 25(3), 111-121.
- Mill, RR. (1984). *Arum euxinum* R.R.Mill, Şu eserde: Davis PH (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Edinburgh University Press, Edinburgh, 8, 48
- Morillo E., Villaverde J., (2017). Advanced technologies for the remediation of pesticidecontaminated soils. *Institute of Natural Resources and Agrobiology of Seville (IRNAS-CSIC)*.
- Mulligan, C. N., Yong, R. N. and Gibbs, B. F. (2001). Remediation technologies for metalcontaminated soils and groundwater: an evaluation, *Engineering Geology*, 60, 193-207.
- Mungan, F., (2016). *Türkiye'nin Glaucium Mill. (Papaveraceae) Cinsinin Revizyonu*. Doktora tezi, Celal bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Munzuroglu, Ö., Gür, N. (2000). Ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 24, 677–684.
- Mutlu, B. (2012). *dadaşzarifeotu*. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <<http://www.bizimbitkiler.org.tr>>, (Erişim Tarihi 02 09 2020).
- Mücevher, O. (2010). *Doğal yollarla konya çöp depo sahasında yetişen çeşitli baskın bitki türlerinde, krom birikiminin ve bitki büyümesindeki etkilerinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Müller, G. (1969). Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal* 2, 108–118.
- Nan, H., Jifang, Z., Dexin, D., Guangyue, L., Jie, Y., Xin, C., Jia, Y. (2013). Screening of native hyperaccumulators at the Huayuan River contaminated by heavy metals. *Bioremediation journal*, 17(1), 21-29.

- Nassouhi, D. (2018). *Kadmiyum, kurşun ve kadmiyum-kurşun karışımına maruz bırakılan Pistia stratiotes L. sucul bitkisinin fitoremediasyon potansiyelinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Nazır, R., Khan, M., Masab, M., Rehman, H.U., Rauf, N.U., Shahab, S., Ameer, N., Sajed, M., Ullah, M., Rafeeq, M., Shaheen, Z. (2015). Accumulation of Heavy Metals (Ni,Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physicochemical parameters of soil and water Collected from Tanda Dam kohat. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7/3, 89-97.
- Nkoane, B.M. (2005). Studies of metal species in water extracts from metallophytes employing solid phase extraction and size exclusion chromatography coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 11, 225-231.
- Okçu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. ve Pehlivan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alın Teri Zirai Bilim Dergisi*, 17(2) ,14-26, 1307-3311.
- Öcal, M. (1993). Madencilğin Ülke Ekonomisindeki Yeri ve Önemi, *Türkiye 2. Madencilik Şurası Komisyon Raporu*, Ankara, 99
- Özay, C., Mammadov, R. (2013). Ağır Metaller ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği. *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri. Enstitü Dergisi*, 15(1), 67-76.
- Özay, C., Kılınçarslan, Ö.,Mammadov, R. (2016). Brassicaceae Familyasında Savunma Mekanizmaları Olarak Ağır Metaller ve Glikozinolatlar Arasındaki İlişki. *Türkiye Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9 (1), 12-22.
- Özbek, K. (2015). Hiperakümülyasyon ve Türkiye Florasındaki Hiperakümülyatör Türler, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 3(1), 37-43
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H. (1995). *Toprak Bilimi*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, Adana.
- Özdemir, Z., Akyıldız, M. (2014). Kırka (Eskişehir), Bigadiç (Balıkesir) ve Emet (Kütahya) Bor Yatakları Bölgesinde Mn, Zn, Cu, Ni ve Co için Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 38 (2) , 135-149
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., (1998). Maden Çayı (Maden-Elazığ) boyunca Fe elementi için biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(1) 49-54.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A. (1997). *Elazığ-Maden Bölgesi Maden Çayı boyunca Cu için biyokimyasal anomalilerin incelenmesi*, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Eğitiminin 20. yılı Sempozyumu. Adana.
- Özdemir, Z., Zorlu, S., Eryılmaz, F.Y. (2003). *Toprakta metal kirliliğinin saptanmasında indikatör bitkilerin kullanılması*, Jeoloji 10. yıl Sempozyumu Mersin, Bildiri Özleri Kitabı, 89.

- Özdemir, Z.(2005). *Pinus brutia* as a biogeochemical medium to detect iron and zinc in soil analysis, cromite deposits of the area Mersin, Turkey, *Geochemistry*. 65, 79-88.
- Özkan, A. (2017). Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde ve bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 9-18
- Özkul, C., Acar, R. U., Köprübaşı, N., Er, A. E., Kızılkaya, H. İ., Metin, M., Şenel, M. N. (2018). Altıntaş (Kütahya-Türkiye) ovası tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin araştırılması, öncel çalışma. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17(1), 13-26
- Öztürk, A. (2008). *Celtisaustris L. (Ulmaceae)'in Ağır Metal Kirliliği İçin, Biyomonitör Olarak Kullanılması*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Pak, O. (2011). *Kırklareli Sınırları İçerisindeki Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Palutoglu, M., Akgul, B., Suyarko, V., Yakovenko, M., Kryuchenko, N., Sasmaz, A., (2018). Phytoremediation of cadmium by native plants grown on mining soil. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 100(2), 293- 297.
- Paveley, C. F., Wixson, B. G. (1993). Use of limestone wastes from metal mining as agricultural lime: potential heavy metal limitations. *Soil use and management*, 9(2), 47-52.
- Pawlisz, A. V., Kent, R. A., Schneider, U. A., Jefferson, C. (1997). Canadian water quality guidelines for chromium. *Environmental Toxicology and Water Quality: An International Journal*, 12(2), 123-183.
- Pektaş, İ. (2017). *Vücudumuzdaki Metalürji Ders Kitabı*. Ankara
- Peng, X., Huang, J., Liu, C., Xiang, Z., Zhou, J., Zhong, G. (2012). Biodegradation of bensulphuronmethyl by a novel Penicillium pinophilum strain BP-H-02, *Journal of Hazardous Materials*, 213, 216–221.
- Pınar, N. M., Akgül, G., Tuğ G. N., *Palinoloji Laboratuvar Kılavuzu*, Ankara.
- Polat, S., Bellitürk, K., Metinoğlu, M. (2016). Tekirdağ İlindeki Fabrikaların Yakınındaki Tarım Alanlarında Oluşturduğu Toprak Kirliliği ve Bu Kirliliğin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi. *Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi*, Tekirdağ.
- Potur, T. (2018). *İmidacloprid pestisitinin topraktan Cucurbita pepo L. ile fitoremediasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

- Reeves, R. D., Adıgüzel, N. (2004). Rare plants and nickelaccumulators from Turkish serpentine soils, with special reference to *Centaurea* Species. *Turkish Journal Botany*, 28, 147-153
- Robles-González, I., Fava, F., Poggi Varaldo, H.M. (2008). A review on slurry bioreactors for bioremediation of soils and sediments, *Microbial Cell Factories*, 7, 5–50.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., Webb, J.S. (1979). *Geochemistry in Mineral Exploration*, second edition, Academic Press, Newyork, 657s.
- Salunkhe, V.P., Sawant, I.S., Banerjee, K., Wadkar, P.N., Sawant, S.D. (2015). Enhanced dissipation of triazole and multiclass pesticide residues on grapes after foliar application of grapevine-associated bacillus species, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 10736–10746.
- Sarı, T. (2009). *Edirne ili ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, NKU Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Scragg, A. (1999). *Environmental Biotechnology*. Longman. England.
- Shallari, S., Schwartz, C., Hasko, A., Morel, J.L.(1998). Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania, *Science Total Environment*, 209 (2), 133-142.
- Shen, Z.G., Liu, Y.L. (1998). Progress in the study on the plants that hyperaccumulate heavy metal. *Plant Physiol Commun*, 34, 133-9.
- Silambarasan, S., Abraham, J. (2013). Ecofriendly method for bioremediation of chlorpyrifos from agricultural soil by novel fungus *Aspergillus terreus* JAS1, *Water Air Soil Pollut*, 224, 369.
- Silva, E., Fialho, A., SA-Correia, I., Burns, R.G., Shaw, L.J. (2004). Combined bioaugmentation and biostimulation to cleanup soil contaminated with high concentrations of atrazine, *Environmental Science and Pollution Research*, 38, 632– 637.
- Singh, A.K., Cameotra, S.S. (2014). Influence of microbial and synthetic surfactant on the biodegradation of atrazine, *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 2088–2097.
- Sommer, AL. (1931). Copper as an essential element for plant growth. *Plant Pkysiol*. 6: 339- 345.
- Sricoth, T., Meeinkuir, W., Pichtel, J., Taerprayoon, P., ve Saengwilai, P. (2018). Synergistic phytoremediation of wastewater by two aquatic plants (*Typha angustifolia* and *Eichhornia crassipes*) and potential as biomass fuel. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 5344-5358.

- Sutherland, R. A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6), 611-627.
- Şaşmaz, A., Yaman, M. (2006). Distribution of Chromium, Nickel and Cobalt in Different Parts of Plant Species and Soil in Mining Area of Keban, Turkey, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 1845–1857.
- Şengül, Ç., Kaya, S. (2017). Türkiye endemik bitkilerin coğrafi dağılımı, *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 109-120
- Şimşek, I., Aytekin, F., Yeşilada, E., Yıldırım, Ş. (2002). *Anadolu'da Halk Arasında Bitkilerin Kullanılış Amaçları Üzerinde Etnobotanik Bir Çalışma*. 14. Bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı, 29-31 Mayıs, Eskişehir.
- Terzi, H., Yıldız, M. (2011). Ağır Metaller ve Fitoremediasyon: Fizyolojik ve Moleküler Mekanizmalar, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 1-22.
- Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sektör Raporu (2015). Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, Kayseri.
- Tok, Ç. (1987). Maden Aramacılığı ve MTA Genel Müdürlüğü, TODAİE-KYUP Uzmanlık Tezi, Ankara,
- Tok, Ç. (1997). *Çevre Kirliliği*. Anadolu Matbaacılık, İstanbul
- Tonbul, S., Özdemir, M.A. (1994). Doğu Anadolu Fayının (DAF) Tektonik Özelliklerinin Palu Civarında (Elazığ Doğusu) Jeomorfolojik Ölçütlerle Belirlenmesi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1-2), 267-279.
- Tonbul, S., Özdemir, M.A., (1994). Doğu Anadolu Fayının (Palu Civarında (Elazığ Doğusu) Jeomorfolojik Birimlere Yansıması Üzerine Gözlemler: *Atatürk Üniversitesi Türkiye Coğrafya Dergisi*, 3, 275-290
- Tonbul, S. (1990). "Elazığ ve Çevresinin İklim Özellikleri ve Keban Barajının Yöre İklimi Üzerine olan Etkileri, F.Ü. Sempozyumu, Elazığ
- Topbaş, MT, Brohi AR., Karaman, MR. (1998). *Çevre Kirliliği*, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları. Ankara.
- Treshow, M., Anderson, F.K. (1989). *Plant Stress from Air Pollution*, John Wiley and Sons NY, Chichester, 58.
- Tuna, A., Yağmur, B. (2004). Muğla–Marmaris Otoyolu Kenarlarında Trafik Kaynaklı Kirlenmenin Araştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 114- 120.
- Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H and Coudret, A. (2005). Comparative study of responses in four *Datura* species to a zinc stress. *Chemosphere*, 59, 1005-1013

- Van Loon, M. (1978). Korucutepe, Vol. 2. Amsterdam (allardpierson Foundation, Studies in Ancient Civilization). Anadolu Madencilik Tarihine Toplu Bir Bakış, *Ünsal Yalçın Yer Altı Kaynakları Dergisi*, Ocak 2016, Sayı: 9
- Vanlı, Ö. (2007). *Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Bilimleri ve Mühendisliği, İstanbul.
- Vural, H. (1993). Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Ekoloji*, 8, 3-8
- Wheeler, G.L., Rolfe, G.L. (1979). The Relationship Between Daily Traffic Volume and The Distribution of Lead in Roadside Soil and Vegetation, *Environmental Pollution*, 18, 265.
- Willscher, S., Jablonski, L., Fona, Z., Rahmi, R., ve Wittig, J. (2017). Phytoremediation experiments with *Helianthus tuberosus* under different pH and heavy metal soil concentrations. *Hydrometallurgy*, 168, 153-158.
- Wuana, R., Raymond, A., Okieimen, F.E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology* 402647, 20.
- Yağmur, B., Hakerlerler, H., Kılınç, R. (2003). Gübreler ve İnsan Sağlığı. *Çiftçi Dergisi* sayı: 2.
- Yang, S., Liang, S., Yi, L., Xu, B., Cao, J., Guo, Y., Zhou, Y. (2014). Heavy metal accumulation and phytostabilization potential of dominant plant species growing on manganese mine tailings. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 8(3), 394-404
- Yanqun, Z., Yuan, L., Jianjun, C., Li, Q., Schwartz, C. (2005). Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead – zinc mining area in Yunan, China. *Environment International*, 31, 755-762,
- Yaşar, Ü. (2009). *Cercissılı quastrum L. Subsp. Siliquastrum (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitor Olarak Kullanımı*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ye, Z. H., Wong, J. W. C., Wong, M. H. (2000). Vegetation response to lime and manure compost amendments on acid lead/zinc mine tailings: a greenhouse study. *Restoration Ecology*, 8(3), 289-295.
- Yenikalaycı, A. (1996). *Pınarbaşı (Kayseri) Yöresinde Bitkilerin İlaç, Baharat, Boya ve gıda olarak Kullanımlarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Yıldırım, Ş. (2015). *Bitki Sözlüğü*. Ankara.
- Yıldız, K. (2001). Pollen morphology of *Silene L.* (Caryophyllaceae) from Turkey, *Pakistan Journal Of Botany*, 33 (1), 13-26.

- Yıldız, N. (2003). *Toprak Kirleticisi Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri*. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Erzurum
- Yıldız, N. (2001). Toprak Kirleticisi Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 32 (2), 207-213
- Yıldız, N. (2004). *Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller*. Yüksek Lisans Ders Notları, Erzurum.
- Yildirim, D., Sasmaz, A. (2017). Phytoremediation of As, Ag, and Pb in contaminated soils using terrestrial plants grown on Gümüşköy mining area (Kütahya Turkey). *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 228-234.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the total environment*, 368(2-3), 456-464.
- Zayed, A., Gowthaman, S., Terry, N. (1998). Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *Journal of Environmental Quality*, 27(3), 715-721
- Zengin, F.,K., Munzuroğlu, Ö. (2005). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bazı ağır metallerin (Ni^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} , Zn^{+2}) etkileri. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 164-172.
- Zengin, M., Yıldız, N. (2019). Kentsel Mekânlarda Kullanılan *Elaeagnus angustifolia* L. nin Yaprak Örneklerinde Ağır Metal Birikimi, Erzurum Örneği, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4), 517-525.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Gülfiye ORTAKCI
 Uyuğu : Türkiye Cumhuriyeti
 Doğum tarihi : 20.04.1994
 Doğum yeri : Vezirköprü/ Samsun
 Medeni hali : Bekar
 e-mail : ortakci.gulfiye@gmail.com

Eğitim Derecesi	Okul	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Amasya Üniversitesi /Amasya	Devam ediyor
Lisans	Marmara Üniversitesi/ İstanbul	2016
Lise	Selçuklu Anadolu Lisesi/ Bitlis	2012
Ortaokul	Saray 75. İ.Ö.O / Tekirdağ	2008

İşDeneyimi/ Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2020 – Devam	100. Yıl Zafer İmam Hatip O.O	Fen Bilimleri Öğretmeni
2019- 2020	Fazıl Ahmet Paşa Ortaokulu	Fen Bilimleri Öğretmeni
2015-2016	Nevzad Ayasbeyoğlu Ortaokulu	Stajer Öğretmen
2014-2015	Etüt Merkezi	Fen Bilimleri Öğretmeni

Yabancı Dil - İngilizce

Bilimsel Faaliyetler

Ortakçı, G., Kılıç D.D., (2020). *Elazığ (Maden) maden sahalarındaki bazı karasal endemik bitkilerde Co, Ni, Fe ağır metal bioakümülyasyonları*. 4. Uluslararası Zeugma Bilimsel Araştırmalar Kongresi (29-31 Mayıs 2020), Gaziantep. Özet Kitabı, 103.