T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL YOLLARLA KONYA ÇÖP DEPO SAHASINDA YETİŞEN ÇEŞİTLİ BASKIN BİTKİ TÜRLERİNDE, KROM BİRİKİMİNİN VE BİTKİ BÜYÜMESİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman MÜCEVHER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Konya,2010

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL YOLLARLA KONYA ÇÖP DEPO SAHASINDA YETİŞEN ÇEŞİTLİ BASKIN BİTKİ TÜRLERİNDE, KROM BİRİKİMİNİN VE BİTKİ BÜYÜMESİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman MÜCEVHER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ergün PEHLİVAN

2010, 218 Sayfa

Jüri: Doç. Dr. Celalettin ÖZDEMİR

Yrd. Doç. Dr. Ergün PEHLİVAN

Yrd. Doç. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ

Bu çalışmada, ağır metaller ile kirletilmiş suların ve toprakların bitkiler ile temizlenmesi, yani bitkiler aracılığıyla su ve topraktaki ağır metallerin giderilmesi (*fitoremediasyon*) amaçlanmaktadır.

Tez çalışmasının 1. Aşamasında Aslım Mevkii Konya Çöp Depolama Sahasında yetişen baskın bitki türleri tespit edilerek, bu bitki örnekleri, bu bitkinin yetiştiği ortamdaki toprak numuneleri ve bu bölgedeki sızıntı suyu örnekleri alınmıştır. Aynı bitki türlerinin temiz ortam olan Konya Merkez Karatay İlçesi Çatalhüyük Mahallesi Kaş Mevki DSİ drenaj kanalından ve etrafından alınan bu bitki örnekleri, bu bitkinin bulunduğu ortamdaki toprak numuneleri ve bu bölgeye en yakınlıktaki kuyu suyu örnekleri alınmıştır. Her iki ortamdan alınan bitki türlerinde ve topraklarında ve sularında Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn ve Zn olmak üzere 8 ağır metal elementin analizleri yapılmıştır. Çalışmanın 2. Aşamasında bitkiler vasıtasıyla krom ağır metal gideriminde, Gındıra / Hasır Otu *(Juncus acutus)* bitkisi, Tere *(Lepidium latifolium* L.*)* bitkisi, Sirken *(Chenopodium album* L.*)* bitkisi, *Kursalık (Suaeda carnosissima* Post) bitkisi ve Japon Şemsiyesi *(Cyperus alternifolius* L.*)* bitkisi ilkin açık arazide daha sonra sera koşullarında kontrollü bir şekilde yetiştirilmiştir. Bu bitkiler, içeriği %99 saflıktaki Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesinden

elde edilen Cr +3 sulu çözeltisiyle sulanarak bitkilerdeki maksimum krom ağır metali alımı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, bitkiler, krom, sızıntı suyu, fitotoksiklik, fitoremediasyon

ABSTRACT
Post Graduate Thesis

RESEARCH ON DEPOSITION OF CHROME AND EFFECTS OF ITS IN PLANT GROWTH IN THE VARIOUS SPECIES OF DOMINANT PLANTS GROWN BY NATURAL WAY IN THE SANITARY LANDFILL IN KONYA

Osman MUCEVHER

Selcuk University, Institute of Science

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assistant Prof. Dr. Ergun PEHLIVAN

2010, 218 Pages

Jury: Associate Prof. Dr. Celalettin OZDEMIR

Assistant Prof. Dr. Ergun PEHLIVAN

Assistant Prof. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ

This work is aimed at decontaminating water and earth polluted by heavy metals with plants, in other words for heavy metals in water and earth to be removed by favour of plants.

In the first step of the work, dominant plant species grown in Konya Aslim location landfill were identified and samples of these plant species, samples of earth on which these plants grow and samples of water seepage in this area were taken. Also samples of these species were taken from and around the drainage canal of Konya Karatay Borough, Catalhoyuk Neighbourhood, Kas Location General Directorate of State Hydraulic Works (DSI) which is a virgin medium, earth samples from the area where these species are available and well water sample from the nearest area were taken. Analyses of 8 heavy metal elements as Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn and Zn were done. In the second step of the work, in the removal of Cr heavy metal by plants, Juncus acatus, Lepidum latifolium , Chenopodium album, Suaeda carnossima post and Cyperus alternifolius L. plants were grown in a controlled manner first in an open field and then in green house conditions. Maximum chrome heavy metal intake was confirmed by watering these plants with aqueous solution of Cr+ 3 obtained from the sample of Cr_2O_3 (green chrome) whose content is in %99 purity.

Key Words: Heavy metals, plants, chrome, leachate, phytotoxicity, phytoremediation

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrüberinden yararlandığım, desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ergün PEHLİVAN'a,

Yüksek lisans ders aşamasında emeği geçen Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Başkanı hocam Sayın Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN'a ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Ayşen AKAY'a ve Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitim Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU'na,

Tez çalışmam süresince bitkilerin tespiti konusunda yardımlarını esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman TUGAY'a ve Sayın Arş. Gör. Tuna UYSAL'a,

Bitkiyle ağır metal giderimi için ağır metal malzeme temininde yardımlarını esirgemeyen Konya Krom Magnezit Fabrikası Genel Müdürü Sayın Kimya Müh. Onur Haluk ŞAHİN'e ve Laboratuar Şefi Sayın Kimya Müh. Reşat ÖZBAŞI'ya,

Laboratuarda çözelti hazırlanmasında emeği geçen Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuar Şefi Sayın Kimya Müh. Erol KÜÇÜKAŞÇI'ya ve Sayın Kimyager Yasin ANDIRICI'ya,

Tez çalışmamın bir parçası olan doğal yollarla bitkiyle krom ağır metal alımı çalışmamda yer tahsis eden ve yardımlarından dolayı Müstahsil Fidancılık Park Bahçe ve Çevre Düzenlemesi sahibi Sayın Abdullah İLHAN'a ve Sayın Ziraat Müh. Öğrencisi Hüsrev İLHAN'a,

Ağır metal analizinde desteklerini esirgemeyen Konya Ticaret Borsası Laboratuar Müdürü Sayın Ziraat Yük. Müh. Mehmet ÖZULU ve Sayın Gıda Yük. Müh. Mahmut Hayali ATALAY'a,

Toprak analizinde yardımlarını esirgemeyen Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Toprak Analiz Laboratuar Şefi Kimya Müh. Sayın Salih BİTGİ'ye,

Yüksek Lisans çalışmalarım süresince her zaman yanımda olan Aileme canı gönülden teşekkür ederim.

Şubat, 2010 **Osman MÜCEVHER**

İÇİNDEKİLER

ÖZET…… i
ABSTRACT…….. iii
TEŞEKKÜR…….. iv
İÇİNDEKİLER…… v
KISALTMALAR LİSTESİ…… ix
ŞEKİLLER LİSTESİ…….. x
ÇİZELGELER LİSTESİ……. xiv
1. GİRİŞ…… 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI…… 4
2.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri…… 4
2.1.1. Ağır metallerin tanım ve özellikleri……. 4
2.1.2. Ağır metallerin zehirliliğini etkileyen etmenler…….. 5
2.1.3. Ağır metal kaynakları…….. 10
2.1.4. Ağır metallerin ve kaynaklarının çevresel önemi…… 11
2.1.4.1. Baryum…….. 12
2.1.4.2. Kadmiyum…… 12
2.1.4.3. Krom…….. 12
2.1.4.4. Bakır…… 13
2.1.4.5. Civa……... 13
2.1.4.6. Nikel ve Kobalt…….. 13
2.1.4.7. Kurşun…….. 14
2.1.5. Ağır metallerin etkisi…….. 14
2.1.5.1. Ağır metallerin su üzerine etkisi……..…… 14
2.1.5.2. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkisi…… 15
2.1.5.3. Ağır metallerin toprak üzerine etkisi……. 21
2.1.5.4. Ağır metallerin toprak mikroorganizmalarına etkileri……. 27
2.1.5.5. Ağır metallerin yaşayan canlı ve insan sağlığı üzerine etkisi…….. 29
2.2. Sızıntı Suları..... 32
2.2.1. Sızıntı suyu karakteristiği……..……. 34
2.2.2. Sızıntı suyunda bulunan kirleticiler ve özellikleri…… 36
2.2.3. Sızıntı suyunun toksisitesi…….. 37
2.3. Ağır Metallerin Giderilmesi…… 38
2.4. Ağır Metaller Hakkında Yapılmış Literatür Çalışmaları...……..……. 39
2.5. Yeşil Islah (Fitoremediasyon)…….. 48
2.5.1. Bitkisel özümleme (Fitoekstraksiyon) ……..…… 51
2.5.2. Bitkisel bozunum (Fitodegradasyon)…….. 52
2.5.3. Köklerle bozunum (Rizodegradasyon)……..……. 53
2.5.4. Köklerle süzme (Rizofiltrasyon) …..…….. 54
2.5.5. Köklerle sabitleme (Fitostabilizasyon) …….. 55

2.5.6. Bitkisel buharlaştırma (Fitovotaliasyon) …… 56
2.5.7. Toprağın bitkiler yardımıyla ağır metallerden arındırılması……. 56
2.5.8. Fitoremediasyon çalışmaları…… 57
2.5.9. Fitoremediasyonda kullanılan bitkiler ve yapılan örnek çalışmalar……... 58
2.6. Fitoremediasyon ve Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması……... 61
2.7. Bitki Seçimi……..…… 63
2.8. Fitoremediasyon Hakkında Yapılmış Literatür Çalışmalar……. 64
2.9. Fitoremediasyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları…….. 80

3. MATERYAL VE METOT…….. 82

3.1. Materyal……..……. 82
3.1.1. Birinci aşama materyal…….. 83
3.1.1.1. Araştırma yeri……..…….. 83
3.1.1.2. Kullanılan bitkiler……..... 86
3.1.1.2.1. Kursalık (s*uaeda carnosissima Post*) bitkisi……... 86
3.1.1.2.2. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisi…….……. 87
3.1.1.2.3. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisi…… 89
3.1.1.3. Kullanılan sızıntı suyu numunesi ……. 90
3.1.1.3.1. Sızıntı suyunun sağlandığı alanın genel özellikleri…….. 90
3.1.1.3.2. Kullanılacak sızıntı suyunun özellikleri…….. 96
3.1.1.4. Kullanılan toprak örnekleri……..… 98
3.1.2. İkinci aşama materyal……..……. 99
3.1.2.1. Araştırma yeri…… 100
3.1.2.2. Kullanılan bitkiler…….. 101
3.1.2.2.1. Hasır otu / gındıra otu (*juncus acutus*) bitkisi…….. 101
3.1.2.2.2. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisi …… 103
3.1.2.2.3. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisi……..……..... 104
3.1.2.2.4. Kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisi…… 105
3.1.2.2.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisi…… 106
3.1.2.3. Organik toprak…….. 107
3.1.2.4. Krom +3 çözeltisi…….. 109
3.2. Metot……. 110
3.2.1. Birinci aşama metot……..…….. 110
3.2.1.1. Analizlerin hazırlanması ve yapılması……... 110
3.2.2. İkinci aşama metot……. 118
3.2.2.1. Deneyin hazırlanması ve yapılması……... 118
3.2.2.2. Analizlerin hazırlanması ve yapılması……... 126

4. BULGULAR VE TARTIŞMA…..…… 132

4.1. Birinci Aşama Bulgular ve Tartışma……..…….. 132
4.1.1. Bitkisel verimlilik……..……..……... 132
4.1.2. Ağır metal analizleri……..……..……... 134
4.1.2.1. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki kadmiyum birikimi……. 138
4.1.2.2. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki krom birikimi……. 139

4.1.2.3. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki bakır birikimi……. 140
4.1.2.4. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki demir birikimi……. 142
4.1.2.5. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki mangan birikimi……. 143
4.1.2.6. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki nikel birikimi……. 144
4.1.2.7. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki kurşun birikimi……. 146
4.1.2.8. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki çinko birikimi……. 147
4.1.2.9. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki kadmiyum birikimi……. 149
4.1.2.10. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki krom birikimi……. 150
4.1.2.11. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki bakır birikimi……. 152
4.1.2.12. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki demir birikimi……. 154
4.1.2.13. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki mangan birikimi……. 155
4.1.2.14. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki nikel birikimi…….. 156
4.1.2.15. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki kurşun birikimi……. 158
4.1.2.16. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki çinko birikimi…….. 159
4.1.2.17. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L*. bitkisindeki kadmiyum birikimi……. 161
4.1.2.18. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L*. bitkisindeki krom birikimi……. 162
4.1.2.19. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L*. bitkisindeki bakır birikimi……. 164
4.1.2.20. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki demir birikimi……. 165
4.1.2.21. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki mangan birikimi……. 167
4.1.2.22. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki nikel birikimi……. 168
4.1.2.23. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki kurşun birikimi……. 170
4.1.2.24. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L*. bitkisindeki çinko birikimi……. 171
4.2. İkinci Aşama Bulgular ve Tartışma…….…….. 172
4.2.1. Bitkisel verimlilik…….…….. 173
4.2.2. İklimsel şartlar…….. 175
4.2.3. Boy uzama ölçümleri……..…….. 177

4.2.3.1. Gındıra / hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisinde
boy uzama ölçümü ……..…….. 178
4.2.3.2. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinde
boy uzama ölçümü ……..…….. 179
4.2.3.3. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisinde
boy uzama ölçümü ……..…….. 180
4.2.3.4. *Suaeda carnosissima Post* bitkisinde
boy uzama ölçümü ……..…….. 181
4.2.3.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisinde
boy uzama ölçümü ……..…….. 182
4.2.4. Ağır metal alımları……..…….. 183
4.2.4.1. Gındıra otu / hasır otu (*juncus acutus*) bitkisinin
bünyesine aldığı krom alımı……..……..….. 183
4.2.4.2. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinin
bünyesine aldığı krom alımı……..……..….. 184
4.2.4.3. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisinin
bünyesine aldığı krom alımı……..……..….. 185
4.2.4.4. Kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisinin
bünyesine aldığı krom alımı……..……..….. 186
4.2.4.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisinin
bünyesine aldığı krom alımı……..……..….. 188
4.2.4.6. Bitkilerin yaprak kısmındaki krom ağır metal alımı …….. 189
4.2.4.7. Bitkilerin gövde kısmındaki krom ağır metal alımı..……..……..... 190
4.2.4.8. Bitkilerin kök kısmındaki krom ağır metal alımı ……..…….. 191
4.2.4.9. Bitkilerin yetiştiği toprak kısmındaki krom ağır metal alımı ……..….. 192
4.2.4.10. Çeşme suyu ile sulanan kontrol bitkilerdeki krom ağır metal alımı ….. 193
4.2.4.11. 1. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan
bitkilerdeki krom ağır metal alımı …… 194
4.2.4.12. 2. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan
bitkilerdeki krom ağır metal alımı ...……..….. 195
4.2.4.13. 3. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan
bitkilerdeki krom ağır metal alımı ……..……..….. 196

5. SONUÇ VE ÖNERİLER…… 198

5.1. Birinci Aşama Sonuç ve Öneriler…….…… 200
5.2. İkinci Aşama Sonuç ve Öneriler……..…….. 203
5.2.1. Birinci grupta bitkilerin kendi arasında kıyaslanması ……..……..….. 203
5.2.2. İkinci grupta bitkilerin diğer bitkilerle kıyaslanması ……..……..….. 204

6. KAYNAKLAR…… 207

KISALTMALAR LİSTESİ

BOİ	Biyokimyasal Oksijen ihtiyacı
EC	Elektriksel İletkenlik
g	Gram
GK	Gıngıra / hasır otu (*juncus acutus*) Kontrol bitkisi
G1	Gıngıra / hasır otu (*juncus acutus*) 1. Doz bitkisi
G2	Gıngıra / hasır otu (*juncus acutus*) 2. Doz bitkisi
G3	Gıngıra / hasır otu (*juncus acutus*) 3. Doz bitkisi
JŞK	Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* Kontrol bitkisi
JŞ1	Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* 1. Doz bitkisi
JŞ2	Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* 2. Doz bitkisi
JŞ3	Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* 3. Doz bitkisi
KOİ	Kimyasal Oksijen ihtiyacı
L	Litre
LK	*Lepidium latifolium L.* Kontrol bitkisi
L1	*Lepidium latifolium L*. 1. Doz bitkisi
L2	*Lepidium latifolium L*. 2. Doz bitkisi
L3	*Lepidium latifolium L*. 3. Doz bitkisi
SK	Sirken (*chenopodium album L.)* Kontrol bitkisi
S1	Sirken (*chenopodium album L.)* 1. Doz bitkisi
S2	Sirken (*chenopodium album L.)* 2. Doz bitkisi
S3	Sirken (*chenopodium album L.)* 3. Doz bitkisi
SCK	*Suaeda carnosissima Post* Kontrol bitkisi
SC1	*Suaeda carnosissima Post* 1. Doz bitkisi
SC2	*Suaeda carnosissima Post* 2. Doz bitkisi
SC3	*Suaeda carnosissima Post* 3. Doz bitkisi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. Katı atık depolama sahalarında sızıntı suyu oluşumu……..… 32
Şekil 3.1. Aslım mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yerden alınan numune yerleri……..… 83
Şekil 3.2. Temiz ortamdaki Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalından alınan numune yerleri…….. 84
Şekil 3.3. Aslım mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının drenaj kanalı……..… 85
Şekil 3.4. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı ve sirken otu (*chenopodium album L.*) bitkisi ve kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisi numune alma işlemi…….. 85
Şekil 3.5. Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yerden alınan kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisi numune alma işlemi……..…… 87
Şekil 3.6. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisi…….. 88
Şekil 3.7. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisi……. 89
Şekil 3.8. Konya çöp depolama sahası sızıntı suyu numunesi alımı…… 90
Şekil 3.9. 2008 yılı günlük ortalama katı atık miktarları……. 92
Şekil.3.10. Toprakla kapatılmış Konya çöp deponi sahası genel görüntüsü ve bir gaz çıkışı…… 93
Şekil.3.11. Toprakla kapatılmış Konya çöp deponi sahası tabaka kesitinden ve sızıntı suyunun kaçak yaptığı hendek kısmından bir görünüş…….. 94

Şekil.3.12. Konya çöp depolama sahası 2008 yılı günlere göre sızıntı suyu debi değişimi……. 95
Şekil 3.13. Bitkiyle krom ağır metal alımı işleminin yapıldığı fidanlık ….. 100
Şekil 3.14. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen gındıra otu (*juncus acutus*) bitkisi…….. 102
Şekil 3.15. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisi……. 103
Şekil 3.16. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisi…… 104
Şekil 3.17. Kursalık (*suaeda carnosissima Post)* bitkisi…….. 105
Şekil 3.18. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisi…….…… 107
Şekil 3.19. Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesi……..... 109
Şekil 3.20. Krozeye konmuş numuneler…… 111
Şekil 3.21. Numunelerin kurutulmak üzere etüve konması…….. 112
Şekil 3.22. Seçkin bitki türlerinin saksılara ekildikten sonraki görüntüsü……... 119
Şekil 3.23. Bitkilerin tekerrür sürelerine göre değişimleri……. 125
Şekil 3.24. Numunelerin kurutulmak üzere etüve konulması……... 127
Şekil 3.25. Kurutulmuş numuneler…… 127
Şekil 3.26. Yıkama-parçalama işlemi öncesi japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisindeki köklerde krom alımı belirtisi…..… 128
Şekil 4.1. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki kadmiyum birikimi…… 138
Şekil 4.2. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki krom birikimi……... 139
Şekil 4.3. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki bakır birikimi…… 140
Şekil 4.4. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki demir birikimi…….. 142
Şekil 4.5. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki mangan birikimi……. 143
Şekil 4.6. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki nikel birikimi…….. 145

Şekil 4.7. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki kurşun birikimi..... 146
Şekil 4.8. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima Post* bitkisindeki çinko değerleri…… 148
Şekil 4.9. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki kadmiyum birikimi……..... 149
Şekil 4.10. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki krom birikimi……. 151
Şekil 4.11. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki bakır birikimi……..… 152
Şekil 4.12. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki demir birikimi…… 154
Şekil 4.13. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki mangan birikimi…… 155
Şekil 4.14. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki nikel birikimi…… 157
Şekil 4.15. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki kurşun birikimi…….…. 158
Şekil 4.16. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki çinko birikimi…….. 160
Şekil 4.17. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki kadmiyum birikimi……..… 161
Şekil 4.18. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki krom birikimi……. 163
Şekil 4.19. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki bakır birikimi……..… 164
Şekil 4.20. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki demir birikimi……..... 166
Şekil 4.21. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki mangan birikimi…… 167
Şekil 4.22. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki nikel birikimi……..….. 169

Şekil 4.23. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki kurşun birikimi…….. 170
Şekil 4.24. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisindeki çinko birikimi…… 171
Şekil 4.25. 2009 yılı Konya merkez temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları günlük ortalama sıcaklık, nem ve tekerrür sürelerine göre buharlaşma toplamı verileri……..…. 177
Şekil 4.26. Gındıra / hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisinde günlere göre boy ölçümü…… 178
Şekil 4.27. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinde günlere göre boy ölçümü…… 179
Şekil 4.28. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisinde günlere göre boy ölçümü…….. 180
Şekil 4.29. *Suaeda carnosissima Post* bitkisinde günlere göre boy ölçümü……..…181
Şekil 4.30. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisinde günlere göre boy ölçümü…….. 182
Şekil 4.31. Gındıra otu / hasır otu (*juncus acutus*) bitkisinin krom alımı……... 184
Şekil 4.32. Tere (*lepidium latifolium L.*) bitkisinin krom alımı……..… 185
Şekil 4.33. Sirken (*chenopodium album L.*) bitkisinin krom alımı……. 186
Şekil 4.34. Kursalık (*suaeda carnosissima Post)* bitkisinin krom alımı……..… 187
Şekil 4.35. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.)* bitkisinin krom alımı….. 188
Şekil 4.36. Bitkilerin yaprak kısımlarındaki krom alımı……. 189
Şekil 4.37. Bitkilerin gövde kısımlarındaki krom alımı……..…… 190
Şekil 4.38. Bitkilerin kök kısımlarındaki krom alımı……. 191
Şekil 4.39. Bitkilerin yetiştiği toprak ortamındaki krom alımı…… 192
Şekil 4.40. Çeşme suyu ile sulanan kontrol bitkilerinde krom ağır metal alımı.. 193
Şekil 4.41. 1. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom ağır metal alımı……..… 194
Şekil 4.42. 2. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom ağır metal alımı……..… 195

Şekil 4.43. 3. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan
bitkilerde krom ağır metal alımı……. 197

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. Atıklarda öngörülen ağır metal konsantrasyonları…… 7
Çizelge 2.2. İçme sularında müsaade edilen maksimum ağır metal
konsantrasyonları……..… 8
Çizelge 2.3. Kıta içi sularda müsaade edilen maksimum
ağır metal konsantrasyonları…….. 9
Çizelge 2.4. Bazı ağır metallerin bitkilerdeki kritik konsantrasyonları
(mg/kg kuru ağ.)…… 19
Çizelge 2.5. Ağır metal toksisitesinin bitkilerdeki genel görünümleri…….. 20
Çizelge 2.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri……. 23
Çizelge 2.7. Toprak kirliliği sınır değerleri……. 24
Çizelge 2.8. Tayini yapılan ağır metal iyonlarının insan sağlığına
olan etkileri …… 30
Çizelge 2.9. Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suyu miktarları……. 33
Çizelge 2.10. Sızıntı suyunun bileşimine etki eden atık sınıf ve türleri…….. 34
Çizelge 2.11. Sızıntı suyunda bulunan kirleticiler ve canlılardaki
olumsuz etkileri…… 37
Çizelge 2.12. Bazı bitkilerin fitoremediasyon verileri……..…….. 59
Çizelge 3.1. Konya katı atık depolama sahasının katı atık bileşenleri…… 96
Çizelge 3.2. Konya çöp depolama sahası sızıntı suyunun karakterizasyonu….. 97
Çizelge 3.3. Deneylerde 1.aşamada kullanılan toprakların
fiziksel ve kimyasal özellikleri…….. 99
Çizelge 3.4. Deneylerde 2.aşamada kullanılan toprağın
fiziksel ve kimyasal özellikleri…….…. 108

Çizelge 3.5. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 cihazıyla ölçülen Aslım Mevkisi'nden alınan örneklerin ağır metal sonuçları ve elementlerin dalga boyları…… 113
Çizelge 3.6. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 cihazıyla ölçülen Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkisi'nden alınan örneklerin ağır metal sonuçları ve elementlerin dalga boyları…. 116
Çizelge 3.7 Bitkilerin sulama miktarları…….. 121
Çizelge 3.8 Bitkilerin boylarındaki uzamaların ölçümleri……. 123
Çizelge 3.9. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 DV cihazıyla ölçülen krom alımı gerçekleştiren bitkilerin ağır metal sonuçları…… 129
Çizelge 4.1. Çatalhüyük kaş mevkisi drenaj kanalından alınan numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)……..... 133
Çizelge 4.2. Aslım mevkisi drenaj kanalından alınan numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)……. 134
Çizelge 4.3. Suaeda carnosissima *Post* bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması…….……. 135
Çizelge 4.4. Sirken (chenopodium album *L.)* bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması…....…….. 136
Çizelge 4.5. Lepidium latifolium *L.* bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması……..... 137
Çizelge 4.6. Krom +3 sulu çözeltiyle sulanan bitkilerin parçalama işlemi sonrası numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)…….. 173

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, sanayi devrimi, çarpık kentleşme ve her geçen gün sayısı hızla artan tarımsal sulama sonucu büyük bir su sarfı ve dolayısıyla ürkütücü boyutlarda su kirliliği ortaya çıkmıştır. Bu durum, mevcut su kaynaklarının korunması için ciddi önlemler alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Su kaynaklarını kirleten unsurlar genelde üç bölüm altında toplanabilir. Bunlar; evsel ve endüstriyel kaynaklar ile tarımsal uygulamalardır. Endüstriyel atıkların sebep olduğu çevre kirlenmelerinde ağır metallerin rolü büyüktür. Ağır metaller; zehirleyici özelliği olan, canlı dokularda belli bir konsantrasyona kadar biriktikten sonra ortaya çıkan ve çoğu zaman tedavisi olmayan hastalıklara yol açan metallerdir. Bu metaller insan vücuduna su, hava ve besin maddeleri yardımıyla girerler. Suyun kullanım alanının yaygınlığı ve sürekliliğinden dolayı sudaki ağır metal miktarının önemi daha da artmaktadır. Dolayısıyla endüstriyel atık sulardan ağır metallerin giderilmesi insan sağlığı ve çevre için çok önemli bir zorunluluktur (Demirel 2002).

Atık sulardan toksik ve ağır metal kirleticilerini uzaklaştırmak, günümüzde her ülkenin karşı karşıya olduğu en önemli çevre sorunlarından birisidir. Evsel atık sular normalde düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerirler. Atık sulardaki metal konsantrasyonu, genelde endüstriyel atık suların kanalizasyona deşarj edilmesi ya da metal içeren katmanlardan geçen suyun infiltrasyonu sonucu artar. Metaller çoğu zaman atık sularda; çözülebilen, çözülemeyen, inorganik, indirgenmiş, okside olmuş, çökeltilmiş, adsorbe olmuş ya da serbest metal formlarında bulunurlar. Ağır metaller toksik etkilere sebep olmaları nedeniyle kanalizasyon sistemlerine deşarj edilmeden önce mutlaka giderilmelidirler (Hasar ve Cuci 2000).

Endüstriyel atık sulardan Pb, Zn, Cu, Hg, Cd gibi ağır metal iyonlarının giderilmesine ilişkin olarak; çözücü ekstraksiyonu, çöktürme, elektroliz, flotasyon, iyon değişimi, ters osmoz gibi proseslerin bazı spesifik uygulamalarında iyi neticeler alınmıştır. Fakat bu prosesler, düşük konsantrasyonlardaki ağır metal iyonlarının giderilmesinde fazla etkili olamamışlardır. Atık su arıtma teknolojisinde, ağır metal gideriminde kullanılan başka bir proses ise adsorpsiyondur (Teker ve ark. 1996).

Bitki ile arıtma işlemi toprak ve su kirliliğinin temizlenmesinde alternatif bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Daha çok maliyet oranının düşüklüğü sebebiyle tercih edilen bir yöntemdir.

Çevresel kirliliğin önlenmesinde çeşitli ileri teknolojiler gelişmekte hepsi de Allah (c.c)'ın bize emanet ettiği çevrenin korunması yönünde bir adım teşkil etmektedir. Tabii ki burada kullanılan bu ileri teknolojilerin ***3E formülü*** ile ifade ettiğimiz ***ekonomi***, ***ekoloji*** ve ***enerji*** açısından yeterli olmadığı görülmektedir. Maliyet oranlarının yüksek olması buna en bariz örnektir. İşte bu noktada gelişmiş ülkelerde alternatif bir yöntem olarak Fitoremediasyon önem arz etmekte ve bu konu ile alakalı ARGE çalışmaları yürütülmektedir. Ülkemizde bu konu hakkındaki çalışmaların daha da yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu noktada bu tez çalışmasında Konya katı atık depolama sahasındaki sızıntı sularındaki ağır metallerin bitki ile alımı araştırılmakta ve giderimi çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmasıyla Konya katı atık sahasındaki sızıntı sularının yer altına karışmasıyla ortaya çıkan çevresel kirliliğin önlenmesi ve sahanın bitki ile arıtma yöntemi ıslahının yapılabilirliği araştırılmaktadır.

Bu amaçla ilkin Aslım mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının döküldüğü drenaj kanalının farklı noktalarından baskın bitki türü, su ve toprak numuneleri alınmış ve kıyas için temiz bir ortamdan çöp sahasına takribi 10 km uzaklıktaki Çatalhüyük mah. Kaş mevkii'nde DSİ'nin yaptırdığı bir drenaj kanalından (yağmur sularıyla beslenen ve kurutulması amaçlanan) benzer bitki türlerinden numuneler alınmıştır. Hem katı atık çöp depolama sahasının sızıntı

sularının döküldüğü drenaj kanalından alınan bitkilerin hem de çöp sahasına 10 km uzaklıktaki DSİ drenaj (kurutma) kanalından alınan bitkilerin yetiştiği toprak ve bitkilerin kök, gövde, yaprak kısımlarındaki ağır metal analizleri yapılmıştır. Numunelerin Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Ni, Mn ve Zn olmak üzere 8 ağır metal elementine bakılmış ve bunun birbirleriyle kıyaslaması yapılmıştır. Bu bölgelerdeki alınan bitki türlerinin bulunduğu ortamlarda yetişen ve ***baskın*** olan bitki türleri olmasına özen gösterilmiştir. Bu baskın 3 bitki türleri, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Sueda carnosissima Post*) bitkisi ve Tere *(Lepidium Latifolium L.)* bitkisidir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi bitki türleri ile Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi de olmak üzere bu seçkin 5 bitki üzerinde krom elementinin alımına bakılmıştır. Bu bitkilerin maksimum derecede ne kadar krom alınıp alınmadığı noktasında araştırma yapılmıştır. Bu aşamada ilkin açık havada sonra sera ortamında aynı saksı ebadına, aynı toprağa bu seçkin 5 bitki türünün ekimi yapılmıştır. 13 günlük bir adaptasyon döneminden sonra Cr^{+3} çözeltisi hazırlanmış sulu çözelti ile gün aşırı bir şekilde belli dozajlarda sulaması yapılmış ve bitkilerin günler boyunca filizlenmesi, dallanması ve boylanmasına bakılmış, belli günlerde fotoğrafları çekilip gözlenmesi yapılmıştır. Bu bitkilerin Cr^{+3} sulu çözeltisi ile belli oranlarda sulanması sonucu bitkinin ölümünün gerçekleşmesi beklenmiştir. Bu noktada bitkinin çeşitli kısımlarında ve yetiştirildiği toprak kısmındaki ağır metal analizine bakılmıştır. Bitkilerin ne kadar, ne derecede krom ağır metalini alıp almadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, maksimum derecede ağır metal alan bitkinin çöp depolama sahasındaki sızıntı sularındaki ağır metallerin arıtımında kullanılabilirliğinin belirlenmesi için esas olacaktır. Ağır metalle kirlenmiş bu alanların iyileştirilmesinde bu bitkilerin ekimi gerçekleştirilecektir. Bu çalışmanın ikinci kısmı olan 5 seçkin bitki türü ile krom ağır metali alımı işlemi 99 gün devam etmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri

2.1.1. Ağır metallerin tanım ve özellikleri

Ağır metal, organizmanın sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan ve miktarı organizmanın ağırlığının % 0,01'den az olan elemente denir. Diğer bir tanıma göre; özgül ağırlığı 5 g/cm^3'den büyük ve atom numarası 22'den 92'ye kadar olan elementler ağır metal olarak tanımlanmaktadır (Förstner ve Wittmann 1981).

Ağır metaller 3 ana gruba ayrılır.

A- Organizma için gerekli elementler,
Co, Cr, Cu, F, Fe, I, Mn, Se ve Zn.

B- Organizma için gerekli olabilen elementler,
Ni, Si, Sn ve V.

C- Organizma için toksik elementler,
As, Be, Cd, Hg, Pb, Si ve Sb.

Bazı ağır metaller uygun konsantrasyonlarda enzim faaliyetleri için gerekli ise de, bunlar doğal konsantrasyonlar aşıldığında önemli bir enzim engelleyici grubu

oluştururlar. Ag, Hg, Cu, Cd ve Pb gibi metaller bu sebeple zehirlidirler (Bryan 1976).

Metallerin zehirliliği, özelliklerine göre değişir. Bryan (1976)'e göre; elementlerin zehirliliği sırasıyla; Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni ve Co şeklindedir. Bu diziliş kesin olmayıp farklılık gösterebilmektedir.

Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonda potansiyel olarak zehirlidir (Bryan 1976).

2.1.2. Ağır metallerin zehirliliğini etkileyen etmenler

Ağır metal içeren çözeltilerin zehirliliğini etkileyen faktörler, organizmanın türüne, üreme zamanına, su ortamının; ısı, ışık, tuzluluk gibi fiziksel değişkenlere ve metalin cinsine göre değişir (Bryan 1976).

Su ortamındaki metalin canlı üzerindeki etkisi, ekolojik ihtiyaçlar, metabolizma, suyun buharlaşma ölçüsü, besin, sediment ve diğer faktörlerle (mevsimsel değişimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) değişebilmektedir (Canli ve Furness 1995).

Suda yaşayan canlılardaki ağır metal birikimini etkileyen organik ve anorganik faktörler şöyle sıralanabilir:
Suyun;

- Isısı,
- Oksijen miktarı,
- Sertliği,
- Organik bileşimi,

- pH değeri,

Canlının;

- Genel fizyolojik davranışı,
- Yaşam döngüsü ve öyküsü,
- Spesifik ve mevsimsel değişebilirlikleri,
- Beslenme alışkanlığı biyolojik sistemlerin metal kirliliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Bu durum, özellikle besin zinciriyle metal zenginleşmesinin tayininde yardımcı olmaktadır (Förstner ve Wittmann 1981).

Çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucunda meydana gelen atık sularda bazen eser miktarda bazen de yüksek konsantrasyonda ağır metaller bulunur. Metallerin büyük bir kısmı sucul canlı yaşam üzerinde, tür ve konsantrasyonlarına bağlı olarak toksik etki yaparlar. Eser miktarda bile zararlı olabilen bu maddeler arasında en önemli gurubu "ağır metaller" diye adlandırılan Pb, Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Mn, Hg, Ni, Se ve Zn gibi elementler oluşturur. Özellikle kurşun, civa, krom ve kadmiyum gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyesinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için bünyede birikir ve belirli sınır konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda suda yaşayan canlılar ölebilir ve besin zinciri yoluyla bünyelerinde ağır metal bulunan su ürünleriyle beslenen insanların sağlığı ve hayatı da tehlikeye girebilir. Bu nedenle ağır metal içeren atık sular alıcı ortama verilmeden önce arıtma işlemlerine tabi tutulurlar. Endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan atıkların içerdiği maksimum ağır metal konsantrasyonları Çizelge 2.1'de verilmiştir (Şengül ve ark. 1986).

Çizelge 2.1. Atıklarda öngörülen ağır metal konsantrasyonları

Metal	**Maksimum konsantrasyon(mg/kg)**
Zn	2000
Cu	1000
Ni	200
Cd	15 veya Zn'nin %1'
Pb	1000
Hg	10
Cr	1000
B	1000

Diğer sülfürlü minerallerin de benzer şekilde çözünerek su kaynaklarında metal iyonlarının konsantrasyonlarını artırdığı düşünülebilir. Çözünmüş karbondioksit içeren yağmur sularının da peridotit gibi alkali kayalara tesir ederek bazı metallerin çözünmesine ve yer altı sularına geçmesine neden olduğu belirtilmiştir (Dean ve ark. 1972).

İçme ve yüzey sularında bulunan ağır metallerden kaynaklanan zararları asgariye indirmek amacı ile bazı kuruluşlar tarafından bu metallerin sularda bulunabilecek konsantrasyonlarına belli sınırlamalar getirilmiştir (Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3). İçme suları için kalite standartları ilk defa 1914 yılında geliştirilmiştir. Nüfus artışı ve hızlı sanayileşmenin sonucu olarak içme suyu kaynağı olan yüzey sularında kirliliğin artması, 1960 yılında yüzey suları için de gerekli standartların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır (Hammer 1986).

Çizelge 2.2. İçme sularında müsaade edilen maksimum ağır metal konsantrasyonları

Maksimum konsantrasyon (mg/L)				
Metal	USPHS(a)	WHO(b)	EPA(c)	TSE(d)
Arsenik	0,01	0,05	0,05	0,05
Baryum	1,00	1,00	1,00	-
Kadmiyum	0,01	0,01	0,01	0,005
Krom	0,05	0,05	0,05	0,05
Bakır	1,00	0,05	-	1,50
Kurşun	0,05	0,10	0,05	0,05
Civa	-	-	0,002	-
Selenyum	0,01	0,01	0,01	0,01
Gümüş	0,05	-	0,05	0,05
Çinko	5,0	5,00	-	15,0

a: United States Public Health Service b: World Health Organization

c: Environmental Pollution Agency d: Türk Standarları Enstitüsü

Çizelge 2.3. Kıta içi sularda müsaade edilen maksimum ağır metal konsantrasyonları (Uslu ve Türkman 1987).

Maksimum konsantrasyon (mg/L)			
Metal	**Su Kalite Sınıfı**		
	I	**II**	**III**
Arsenik	20	50	100
Baryum	1000	2000	2000
Kadmiyum	3	5	10
Krom(VI)	-	20	50
Bakır	20	50	200
Kurşun	10	20	50
Civa	0,1	0,5	2
Selenyum	10	10	20
Çinko	200	500	2000
Mangan	100	500	3000
Kobalt	10	20	200
Nikel	20	50	200
Demir	300	1000	5000

Doğal ve yapay yollardan ağır metallerin birikimi günümüzde başlıca çevre sorunları arasına girmiştir. Ancak doğal ortamlarda bu maddelerin genellikle eser miktarlarda bulunmaları dolayısıyla ölçümlerinde hata payının oranı büyüktür. Metallerin büyük bir bölümü biyolojik ortamda birikim yapar. Bu birikim bir tek metal için besin zincirinin değişik kademelerinde farklı zenginleştirme faktörleri şeklinde kendini gösterir. Kirlenme açısından düşünüldüğünde ise ortamlarda ve oradan geçtikleri canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlara ulaştıklarında ciddi hastalık, hatta ölümlere yol açabilen zehirli maddelerdir (Şengül ve Müezzinoğlu 1993).

2.1.3. Ağır metal kaynakları

Çevre kirliliğine neden olan ağır metal kaynaklarını beş gurupta toplamak mümkündür. Bunlar;

- Jeolojik değişimlerle ağır metallerin su kaynaklarına geçmesi,
- Metal ve bileşiklerinin üretim prosesleri,
- Metal ve metal bileşiklerinin kullanılması,
- Katı atık depolama alanlarından metallerin çözünerek sızması,
- Ağır metal içeren insan ve hayvan atıklarıdır.

Ağır metaller tabiatta büyük ölçüde sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunurlar. Bu tabii mineraller genellikle suda çözünmezler, ancak kar ve yağmur suları, yer altı suları ve havanın etkisi ile pek yavaş bir şekilde çözünerek alıcı ortamdaki metal konsantrasyonlarının yükselmesine sebep olurlar (Şengül ve Müezzinoğlu 1993).

Atık suyun içindeki bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler; yörenin iklim şartına ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta birikebilir. Bitki tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Çok küçük miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir, hem de suların arıtılmış halde sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlandırabilirler (Anonim 2007).

Ağır metal terimi kimyada 4 gr/cm^3 veya 5 gr/cm^3'den daha büyük özgül ağırlık metalleri işaret edebilmekteyken, bu terim çoğunlukla toksik metalleri belirtmek için kullanılır. Bu metallerin azıları krom ve demir gibi diyetimizde esansiyel besindir. Fakat yüksek dozlarda oldukça toksiktir (Masters 1991).

Ağır metaller çok az miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahiptir. Kirlenmiş sularda ağır metaller, metal katyonları ve kısmen metal anyonları şeklinde bulunurlar. Ağır metaller hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engellerler, hem de suların arıtılmış ya da arıtılmamış durumda sulamada kullanılmasını sınırlandırabilirler. Ağır metaller canlıların hücrelerinde plazma sertleşmesine, şişme ve büzülmeye neden olurlar. Atık sulardaki ağır metaller, proteinleri çöktürerek solunum yoğunluğuna ve buna bağlı olarak da oksijen tüketiminin azalmasına neden olur.

Ağır metal iyonları, eser miktarlarda bile son derece toksik bir etkiye sebep olarak çevremizde tehlike yaratırlar. Organik kirleticilere benzemezler, biyolojik olarak parçalanmaları mümkün değildir. Cd gibi ağır metal iyonları DNA iplikçilerinin kopmasına sebep olarak, aynı zamanda Mg ve Zn gibi gerekli metallerin yerine geçerek yaşama sistemlerine zarar verirler (Şengül ve Müezzinoğlu 1993).

2.1.4. Ağır metallerin ve kaynaklarının çevresel önemi

Ağır metallerin ne tür çevresel sorunlara sebep oldukları, bulundukları kaynaklara göre aşağıda belirtilmiştir (Şengül ve Müezzinoğlu 1993).

2.1.4.1. Baryum

Baryum tuzları genel olarak boya ve kağıt sanayinde kullanılır. Sularda izin verilen baryum limiti 1 mg/L'dir. Eğer bu miktar aşılırsa canlılarda böbrek ve dolaşım bozukluklarına sebep olur.

2.1.4.2. Kadmiyum

Kadmiyum pil, boya ve plastik sanayinde; ayrıca demir ürünleri ve kaplama sanayinde kullanılır. Kadmiyum standartlarında belirtilen miktarlar aşılırsa; yüksek tansiyona ve böbrek rahatsızlıklarına sebep olur.

2.1.4.3. Krom

Krom, katalizör üretimi ve kullanımı, krom oksit, kaplama ve krom tuzları sanayinde kullanılır. İçme sularında belirtilen sınırları aştığı zaman, deri rahatsızlıklarına ve karaciğer bozukluklarına sebep olur.

2.1.4.4. Bakır

Çok değişik alanlarda kullanılır. Yüzeysel sularda bakır 1 mg/L'nin altında bile, su bitkilerine zehirli etki yapabilir. Bağcılıkta, pestisit olarak ve zaman zaman alglerin yok edilmesi için bakır tuzları kullanılabilir. Bazı balıklar için 1 mg/L konsantrasyonda bile toksik olabilir.

2.1.4.5. Civa

Civa, ölçüm aletleri, pil, ark lambaları, gümüş ve ekstraksiyon sanayi ve klor eldesinde kullanılır. Belirtilen standart değerden fazlası birikimlere sebep olmaktadır.

2.1.4.6. Nikel ve kobalt

Bu iki metal de elektrolitik kaplamada kullanılmaktadır. Yüksek dozlarda kansere sebep olabileceği düşünülerek ileride içme suyu standartlarına bu metalleri de eklemek için çalışmalar yapılmalıdır.

2.1.4.7. Kurşun

Kurşun, boru, boya, akü vb. sanayi dallarında kullanılmaktadır. Belirtilen standart değerin üstünde böbrek ve beyin rahatsızlıklarına yol açabilmektedir.

2.1.5. Ağır metallerin etkisi

2.1.5.1. Ağır metallerin su üzerine etkisi

Kimyasal üretim ve elektro kaplama gibi bazı endüstriyel prosesler sudaki canlılara ciddi zararlar yapmakta ve kısa zamanda su temini için uygun olmayan su vermektedir. Endüstrinin atıkları ile nehirlere ulaşan Cu, Cr, Zn gibi ağır metaller ve daha birçok kimyasal, suyun oksijen içeriğini azaltmaktadır (Welsh Water 1985).

Hızlı sanayileşme ve nüfus artışı, kentleşme, yetersiz alt yapı ve sanayi kuruluşlarının pek çoğunda atık arıtım tesisinin bulunmayışı sonucu çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle kalıcı kirliliğe sebep olan çinko, kurşun, kadmiyum, demir, civa, bakır gibi ağır metalleri ve radyoaktif elementleri içeren çeşitli endüstrilerin atıksuları deniz, göl, akarsu gibi yüzey sularını kirleten en önemli kaynak haline gelmiştir (Tsezos ve ark. 1981).

Ağır metal kirliliği içeren atıksular BOİ değeri düşük, genellikle asidik, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için çok zehirli, kendi kendine arıtılmada etken olan mikroorganizmaları öldürücü nitelikte inorganik karakterli sulardır (Özer ve ark.

1995). Ağır metaller (Cd, As, Fe, Cu, Zn, Pb, vb.) su kirletici unsurlar arasında canlı sistemlere gösterdikleri zehirli özellikler nedeni ile önemli bir yer tutmaktadırlar. Sularda bulunan organik kirleticiler, biyolojik bozunma sonucunda zaman içinde yok olabilirken, ağır metallerin biyolojik bozunma ile zararsız ürünlere dönüşmesi söz konusu değildir. Bu nedenle ağır metallerin çevre sularından uzaklaştırılması zorunludur (Konishi 1993, Reed 1993).

2.1.5.2. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkisi

Toprak içindeki ağır metallerin seviyeleri bitki içinde kurşunu yükseltebilir. Fakat bitkilerin ve toprakların ağır metal konsantrasyonları arasında yakın bir ilişki genellikle kurulmaz, çünkü toprak metal biyomevcudiyeti, bitki gelişimi ve bitki kısımlarında metal dağılımı gibi birçok farklı faktörlere bağlıdır (Xian 1989).

Bitki içindeki metal ve ilgili fitotoksik etkilerde, toprak kirlenmesinin etkisine görüşünde, sonuç olarak; element hareket kabiliyeti ve bitki mevcudiyeti çok önemlidir. Kök yüzeyinde ve bitki içinde bulunan metaller arasındaki etkileşim hem yer değiştirmesini hem de zehirliliğini etkilemektedir (Mench ve ark. 1994).

Toprak içinde yüksek konsantrasyonlarda ağır metallerin bulunması bitkilerin önemli fizyolojik fonksiyonlarının bozulmasına, enzimler, vitaminler ve hormonlar gibi birçok önemli biyolojik bileşiklerinin fonksiyonlarının ve karşıt sentez sonucu besleyicilerin dengesizliğine sebep olmaktadır (Luo ve ark. 1995).

Bitkiler yoluyla ağır metal alımı aktif veya pasif olabilir. Hem kök-toprak hem de kök sürgün ana birimleriyle bitkilerin ağır metal alımı bitki türlerine göre değişmektedir. Topraktaki ağır metal düzeyinin belirlenmesinde bitkiler indikatör görevi görürler. Topraktaki ağır metal bulaşmasına karşı bitkiler, kimyasal içeriklerin

değişimi veya biyokimyasal işlevlerinde ortaya çıkan bazı semptomlarla tepki gösterirler. Örneğin, Pb,Cd, Zn ve AI fitotoksitesi bitkilerde değişik semptomlarla kendini gösterir. Yosunlar, likenler, su bitkileri, yabancı otlar ve ağaçlar metallerin biyolojik olarak incelenmesinde kullanılabilirler (Singh ve ark. 1993).

Kök büyümesinde zehirli metallerin olumsuz etkileri vardır. Ağır metallere karşı bitkinin tolerans düzeyinin bitkinin tolerans ve toprak kimyası belirler. Bazı bitkiler bir metale karşı yüksek tolerans gösterirken bazıları düşük tolerans gösterebilir. Örneğin, Kobalt çiçeği (*Crotolaria cobaltica*) bitkisi 1 kg kuru madde 500-800 ppm Co içermektedir (Davies ve ark. 1991).

(Kraus ve ark. 1997), Almanya Bavaria'da yazlık buğday, yazlık çavdar, yazlık arpa, mısır, şeker pancarı, kırmızı üçgül, turp, marul ve ıspanak bitkilerinin yetiştiği kumlu topraklarda yüksek düzeyde ağır metal içeren kanalizasyon atıklarının 1978-1989 yılları arasında verilmesi neticesinde Zn ve Cd için (808 Zn mg/kg, 40 Cd mg/kg) yüksek değerler bulunmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda toprak ve bitkideki ağır metal içeriklerinde logaritmik bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Topraktaki ağır metal içeriği arttıkça bitkide de logaritmik olarak artış olmaktadır. Bununla beraber topraktaki metal içeri ile bitkideki metal içeriği arasındaki ilişki bazı çevre ve toprak koşullarına da bağlıdır. Bunlar, bitkinin genetik yapısı, organik madde içeriği, tamponlama kapasitesi, pH ve metaller arasındaki ilişkilerdir. Ağır metal yönüyle kirlenmiş olan topraklarda yetişen bitkiler kirliliğin seviyesini belirtebilmektedir.

Cd, Pb, Cu, Zn, Ni gibi ağır metallerin yüksek konsantrasyonları toprakta yoğun kirliliğe sebep olmaktadır. Bu beş element arasındaki interaksiyonlar ekosistemde toksik olarak kendini gösterir. Ağır metallerin yüksek dozları bitki gelişiminde %10, hatta asit topraklarda %50'ye varan gerilemelere neden olur. Meyve ağaçlarında ve yonca (*Medicago sativa*)'da kayda değer ürün kayıplarına neden olmaktadır (Wu YanYu ve ark. 1997).

(Eid ve ark. 1997) yaptıkları çalışmada, topraklarda bulunan çeşitli toksik metallerin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilerini araştırmışlardır. Zn, Cu, Ni atıklarının eklendiği topraklarda *Vicia faba*'nın gelişiminin yavaşladığını belirlemişlerdir. Zn'un 160 ppm, Cu'ın 80 ppm ve Ni'in 20 ppm'lik konsantrasyonlarının *Vibia faba*'nın sürgülerinde küçülmeye ve sürgünlerde gelişim noksanlığına yol açtığını bildirmektedirler.

Atmosferik asit yağmurlarının topraklar üzerinde önemli etkileri vardır. Bunlardan ilki zararlı metalleri mobilizasyonunu artırarak bunların yer altı suyuna geçmesine neden olurlar. İkinci olarak çeşitli mineral ve kil minerallerine bağlı metalleri çözerek toprakta Fe, AI, Si oranını yükseltirler (Rechcigl ve ark. 1985).

(Andrade ve ark. 1985), toprağa asit içeren lağım artıklarının ilavesi (10-160 l/ha) sonucunda topraktaki asitlik ile elde edilebilir metal (Zn, Pb, Cd, Cr) içeriğinin arttığı ve arpa tarafından alınabilir Zn, Pb, Cr'un bitkideki konsantrasyonunun yükseldiği belirlenmiştir. Bu şekildeki artıkların fazla miktarda toprağa verilmesi yanında tekrar tekrar toprağa uygulanması da asitlik ve ağır metal içeriğini artırmada rol oynar.

Topraklar gerek asit artıkların ilavesi gerekse asit yağış sularının asitleştirici etkisi ile asitleşmektedir. Toprak reaksiyonu asitleştiğinde, topraktaki alkali ve toprak alkali katyonlar (K, Ca, Mg) yıkanmaktadır. Bunların yerine toprağın katyon değişim kapasitesindeki (özellikle kil mineralleri) negatif yükler H^+ iyonu ile dengelenmektedir. Toprağın asitleşmesi minerallerin hızla ayrışmasına ve Mn ile Al'un fazla miktarda açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Gerek Mn gerekse Al, bitkiler için zehirleyici etkiler yapmaktadır. Toprakta çözünmüş Ca/Al oranının 1'den küçük olması halinde kılcal kökler zarar görmektedir. Öte yandan Ca/Al oranının 1'in altına düşmesi ağır metallerin çözünürlüklerini hızlandırmaktadır. Ağır metallerden Zn, Pb, Cd, N, ve Hg bitkilere zehirleyici etki yapmaktadır. Civanın zehirleyici etkisi çinkoya göre 100 kat daha fazladır. Ağır metallerin iyon olarak etkilerinin yanında organometal bileşikler halindeki zehirleyici etkilerinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Kantarcı 1992).

Ağır metaller tarla bitkileri üzerinde kök ve sürgün gelişimi azalması yanında ürün azalmasına da neden olur (Fodor, 1998). Macaristan'da 1995-1996 yılları arasında killi ve kahverengi orman toprakları parsellere ayrılarak As, Cr, Cu ve Zn ilave edilmiştir. İlk yıl buğdayda ürün azalması görülmesine rağmen kayda değer ürün azalması ikinci yıl mısırda görülmüş, buğdayın Zn ve Cd içeriği sınır değerlere kadar artmıştır. Ayrıca Cu, Zn ve Cd'un yulafın kök ve sürgün gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Kök gelişimindeki azalmaya sırasıyla Cu<Cd<Zn neden olmaktadır. Sürgün gelişiminde azalmaya neden olan ağır metaller ise Cu<Zn<Cd şeklinde sıralanmaktadır. 100 ppm Cu, 20 ppm Zn ve 4 ppm Cd kök uzunluğunu önemli derecede azaltan ağır metal konsantrasyonları olduğu bildirilmektedir (Dinev 1998).

Hem araba üretimindeki yeni tekniklerin kullanımı hem de araba emisyonundaki değişiklikler neticesinde toprak, bitki ve böceklerdeki ağır metal konsantrasyonları önceki yıllara göre daha fazla bulunmaktadır. Otoyolun geçtiği fundalık alanlardan alınan ağaç döküntüleri, yosunlar, likenler incelendiğinde tamamında ağır metaller bulunabilir. Yosunların trafik sonucu oluşan kirliliğe belirti vererek ekosistemde ağır metallerin etkisini değerlendirmek için kullanılan en iyi göstergelerden biri olduğu bildirilmektedir (Steubing ve ark. 1998).

Bitkilerde elementler genellikle kuru ağırlık esasına göre ifade edilmektedir. Bitki analizlerinin çoğunda konsantrasyonlar kritik düzey, standart değer ya da yeterli düzey şeklinde ifade edilmektedir. Bitki gelişiminde %10'luk azalmaya yol açan konsantrasyonlar kritik noksanlık düzeyi veya kritik toksiklik düzeyi şeklinde ifade edilmektedir. Çizelge 2.4'de bazı ağır metallerin değişik konsantrasyonlarda bitkilere etkileri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Bazı ağır metallerin bitkilerdeki kritik konsantrasyonları (mg/kg kuru ağ.) (Brohi ve ark. 1994)

Ağır metal	Noksanlık	Yeterli	Aşırı veya Toksik
Fe	<50	100-500	>500
Mn	15-25	20-300	300-500
Zn	10-20	27-150	100-400
Cu	2-5	5-10	20-100
Mo	0.03-0.15	0.1-2.0	>100
B	5-30	10-200	50-200

Sürekli yüksek düzeyde ağır metal içeren atıkların bırakıldığı ya da madencilik endüstrisinin çevresindeki alanlarda hem toprakta hem de bitkilerde yüksek düzeyde ağır metal oranları görülebilir. Örneğin, İtalyan Alplerinde bulunan madencilik endüstrisinin civarındaki topraklarda anormal düzeyde Pb, Zn, Cd, Cu içeriği belirlenmiştir (sırasıyla, Pb için 5900 ppm, Zn için 16000 ppm, Cd için 41 ppm ve Cu için 52 ppm). Bu alanlarda yetişen bitkilerde zengin ağır metal içeriği görülebilir (Leita ve ark. 1988). Bu gibi yerlerde bulunan bitkiler toksik seviyedeki ağır metallere karşı çeşitli semptomlar gösterirler. Çizelge 2.5'de ağır metallerin toksik seviyelerinde bitkilerin gösterdiği semptomlar ve duyarlı bitkiler görülmektedir.

Çizelge 2.5. Ağır metal toksisitesinin bitkilerdeki genel görünümleri (Brohi ve ark. 1994; Tok 1997)

	Genel Semptomlar	**Duyarlı Bitkiler**
Al	Bodurlaşma, koyu yeşil yaprak, morlaşan sap, yaprak ucunun ölmesi ve kümeleşen zarar gören kök	Tahıllar
As	Yaşlı yapraklarda kırmızı-kahverengi lekeler, köklerin sararma ve kahverengileşmesi, kötü kardeşlenme	
B	Yaprakta uç ve kenar sararması ve sonra kahverengi olması, büyüme dokularının zarar görmesi, yaşlı yaprakların sararması ve ölmesi	Tahıllar,patates, Domates, kabak ayçiçeği
Cd	Yaprak kenarlarının kahverengileşmesi, klorosis, kırmızımtrak damarlar,kıvrılan yaprak, kahverengi ve gelişmemiş kök sistemi	Sebzeler
Co	Üst yapraklarda damar arasında başlayan klorosis ve daha sonra Fe noksanlığına bağlı çıkan klorosis, beyaz görünümlü yaprak kenarları ve ucu zarar gören kök	
Cr	Yeni yapraklarda klorosis, dengesiz kök büyümesi	
Cu	Koyu yeşil yaprak, kök ve gövdenin bodurlaşması, bazı bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişenyaprak rengi	Tahıllar, sebzeler ve narenciye
F	Yaprak kenar ucunun nekrozlaşması, yapraklarda klorotik ve kırmızı kahverengi lekelerin oluşumu	Asma, meyve ağaçları ve iğne yapraklılar
Fe	Koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdenin bodurlaşması, bazı bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişen yaprak rengi	Çeltik ve tütün
Hg	Aşırı derecede bodurlaşma ve çimlenme zorluğu, yaprakta klorosis ve uçlarının kahverengileşmesi	Şeker pancarı, mısır ve gülgiller

Çizelge.2.5 Devamı

	Genel Semptomlar	**Duyarlı Bitkiler**
Mn	Yaşlı yaprakların klorosisi ve nekrosisi, koyu nekrotik noktalar, epiderme hücrelerinde MnO2 birikimi yaprak uçlarının kuruması, bodur kök sistemi	Sebzeler, patates, lahana
Mo	Yaprakların sararması ve sonrada kahverengileşmesi, dengesiz kök sistemi vekardeşlenme	Tahıllar
Ni	Yeni yapraklarda damar arasının sararması,grimtrak-yeşil yapraklar ve dengesşz kök gelişimi	Tahıllar
Pb	Koyu yeşil yapraklar, yaşlı yapraklarda kıvrılma, bodurlaşma, kahverengi ve küçük kök oluşumu	
Rb	Koyu yeşil yapraklar,bodurlaşma	
Se	Se Derişiminin 4 ppm olması halinde yapraklarda damar arası sararma ve koyu lekeler, daha sonra yüksek Se derişimlerinde genç yaprakların tamamen beyazlaşması veya sararması, köklerde pembe lekeler	
Zn	Yaprak ucu ve kenarlarının klorosisi ve nekrosisi, yeni yapraklarda damar arası sararma, bitkinin genelde geç büyümesi, dengesiz kök sistemi	Tahıllar ve ıspanak

2.1.5.3. Ağır metallerin toprak üzerine etkisi

Toprakta ağır metal birikimi daha çok yüzeyde meydana gelmektedir. Suda çözünebilir veya değişebilir formları bitkiler için hazır ve kullanışlı halde bulunabilir. Ancak ağır metaller kil mineralleri üzerinde adsorbe olmakta, karbonat halinde çökelebilmekte, Fe, Al, Mn oksitler içinde tutulmakta ya da organik bileşiklerle organo metalik bileşikler (kleyt) oluşturarak kararlı konuma gelebilmektedirler. Birden çok ve merkezi etkin bağlar oluşturmaları suretiyle ağır metallerin adsorbe

olmaları ve kleyt oluşturma özellikleri artmaktadır. Oluşan bileşiklerin yeniden toprak çözeltisine geçmeleri ya da bitkiler tarafından absorbe edilmeleri toprakta sorpsiyon dinamiğini etkileyen unsurlara bağlıdır. Bu unsurların başında kil miktarı, kilin cinsi, topraktaki organik madde miktarı, topraktaki su miktarı ve diğer elementlerin derişimi gelmektedir. Topraklarda organik madde ve kil mineralleri genelde yüzeyde daha fazla olduğu için ağır metal yoğunlaşmalarının tamamı da yüzeye yakın olan yerlerde meydana gelmektedir. Toprak profilinin derinliklerine doğru gidildikçe ağır metal derişimi azalmaktadır. Genellikle doğal koşullar altında bitkilerin kullanabildiği formlar iz metallerin sadece küçük fraksiyonlarıdır. Bununla birlikte çoğu topraklarda ağır metal yönünden zengin ana materyal bu elementlerin içeriğini %30-60 artırabilir. Maden ve maden işleme endüstrisinin bulunduğu alanların etrafındaki topraklarda iz elementler bakımından yüksek kirlilik görülebilir. Örneğin Finlandiya'da Cu işletme endüstrisinin etrafındaki topraklarda bakır içeriğinin 7600 mg/kg'ın üzerinde olduğu belirtilmektedir. Güneybatı Polonya'da bakır madeni işletmeciliğinin olduğu belirtilmektedir. Bakır madeni işletmeciliğinin bulunduğu bu bölgenin 1 km2'lik alan içerisinde kalan kısmında; bakır için 250-10.000 mg/kg, kurşun için 90-18.000 mg/kg, kadmiyum için 0,3-10,9 mg/kg, Çinko için 55-4.000 mg/kg değerleri bulunmuştur. Ağır metaller yağış veya sulama suları ile aşağı kısımlara doğru inebilmekte veya bitki köklerince absorbe edilebilmektedir. Söz konusu elementler değişik kaynaklardan toprağa ulaşmaktadır. Ancak kadmiyum tarımsal topraklara fosforlu gübreler yoluyla ulaşmakta ve bu alanlarda birikmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalarda; çözülebilir fosforlu MAP (monoammoniumphosphate) ve DAP (diammoniumphosphate) tarımsal alanlarda kullanıldığı kadmiyum içeriğinin toprakta arttığı görülmüştür. Özellikle DAP uygulanan topraklarda kadmiyum ve çinko yönünden artış gözlenmiştir (Tok 1997; Kabala ve ark. 2001; McGowen ve ark. 2001).

Topraklar katyon değişim kapasiteleri, oksit ve karbonatları ve karmaşık organik maddeleri ile ağır metaller için yüksek tutuma kapasitesi göstermektedir. Bunun yanında toprak taneciklerine bağlı olan ağır metaller toprak yüzeyinden su ve rüzgar etkisi ile taşınarak kirliliğin yayılmasına neden olabilmektedir (Harison ve ark. 1981).

Ülkemizde Çevre Bakanlığı tarafından çevre kanunu çerçevesinde hazırlanan "Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği" içerisinde topraktaki ağır metal sınır değerleri belirtilmiştir. Bu Yönetmelik 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 8 inci maddesi ve 1/5/2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun'un 2 nci ve 9 uncu maddesi gereğince hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre toprakta bulunması gereken ağır metal içerikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Topraktaki ağır metal sınır değerleri (TKKY)

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

* pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Ağır metallerden Zn, Cd, Pb ve Hg bitkilere zehirleyici etkiler yapmaktadır. Civanın etkisi çinkoya göre 100 defa daha fazladır. Çizelge 2.7'de toprak kalitesine ait ağır metal sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.7. Toprak kirliliği sınır değerleri (Kantarcı 1992)

	Toprakta	**Sulama Suyunda toprak türüne göre sınır değerler**	**Arıtılmış sulama suyundaki değerler**
1.Arsenik (As)	20 mg/kg*	İri taneli top. ≤0.10 mg./L İnce Taneli top. ≤10.0 mg/L	
2.Bakır (Cu)	Zehir etkisi 0.1-1.0 mg/L 50 mg/kg*	İri taneli top. ≤0.20 mg/L	1.Arıtmada<0.10 mg/L 2.Arıtmada<0.04 mg/L
3.Civa (Hg)	2 mg/kg*	İnce taneli top. ≤5 mg/L	1.Arıtmada<0.0009 mg/L 2.Arıtmada<0.0005 mg/L
4.Çinko (Zn)	300 mg/kg*	İri taneli top. ≤2.0 mg/L İnce taneli top. ≤10.0 mg/L	1.Arıtmada<0.12 mg/L 2.Arıtmada<0.04 mg/L
5.Kurşun (Pb)	100 mg/kg*	İri taneli top. ≤5.0 mg/L İnce taneli top. ≤20.0 mg/L	1.Arıtmada<0.02 mg/L 2.Arıtmada<0.008 mg/L

Çizelge 2.7.Devamı

	Toprakta	**Sulama Suyunda toprak türüne göre sınır değerler**	**Arıtılmış sulama suyundaki değerler**
6.Kadminyum (Cd)	Zehir etkisi 0.1-1.0 mg/L 3 mg/kg* ≥50 mg/kg bitkide birikir ve insanda hastalık etkisi	İri taneli top. ≤0.01 mg/L İnce taneli top. ≤0.05 mg/L	
7.Krom (Cr)	Zehir etkisi 0.5-5.0 mg/L 100 mg/kg*	İri taneli top. ≤0.01 mg/L İnce taneli top. ≤0.05 mg/L Sulama suyundaki üst sınır 1mg/kg kısa süreli sulama	
8.Molibden (Mo)	Bitkiye geçen miktar ≥15 ppm İse zehir etkisi (Hayvan yeminde) 5mg/kg*	İri taneli top. ≤0.01 mg/L İnce taneli top. ≤0.5 mg/L	1.Arıtmada<0.007 mg/L 2.Arıtmada<0.007 mg/L
9.Nikel (Ni)	Astiliğe bağlı Olarak zehir etkisi 0.05-1.0mg/L 50 mg/kg*	İri taneli top. ≤0.2 mg/L İnce taneli top. ≤2.0 mg/L	1.Arıtmada<0.10 mg/L 2.Arıtmada<0.004 mg/L

Çizelge 2.7.Devamı

10.Selenyum (Se)	Zehir etkisi ≥0.025 mg/L 3mg/kg*	İri taneli top. ≤0.02 mg/L İnce taneli top. ≤0.5 mg/L	1.Arıtmada<0.005 mg/L 2.Arıtmada<0.005 mg/L
11.Titan (Ti)	500 mg/kg*		
12.Vanadyum (V)	50 mg/kg*		
13.Kobalt (Co)	50 mg/kg*		
14.Uranyum (U)	5 mg/kg*		
15.Born	10 mg/kg*		
16.Bor (B)		Toprak türüne ve bitki hassasiyetine göre ≤1-3 ppm	
(*)Toprakta kabul edilebilir sınır değerler (1 kg toprak içinde total madde)			

Kumlu topraklar daha az su tutmakta ve daha hızlı su sızdırmaktadır. Killi topraklar ise daha fazla su tutmakta ve daha yavaş suyu sızdırmaktadır. Bu yüzden killi topraklar daha fazla su ile birlikte ağır metalleri de tutmaktadır (Kantarcı 1992).

2.1.5.4. Ağır metallerin toprak mikroorganizmalarına etkileri

Çeşitli ağır metallerin yoğun konsantrasyonları toprağın üst yüzeyinde biriktirdiği üst horizonlarda bulunan canlılar için toksik etki göstermektedir. Burada bulunan yosun ve likenler yok olmakta, çeşitli bitki türlerinin gelişimi yavaşlamaktadır. Toprakta bu şekilde bir kirlilikten dolayı mikroorganizmalar ve hayvanların giderek azalması o bölgede kademeli olarak biyolojik bir fakirleşmeye neden olur (Teyler 1983).

Havadan çökelme ve topraklar üzerindeki faaliyetler sonucunda oluşan toprak kirliliği, bu elementlerin, değişken organik maddenin içeriğini ve ferment (enzim) aktivitesini azalttığı, selüloz ayrışmasını ve aminoasit bileşimlerinin serbest kalmasını engellediği belirlenmiştir. Cu ve Ni'in yaklaşık 40-70 ppm arasındaki konsantrasyonlarından yüksek içeriği, birtakım saprofit bakteri ve aktinomisetlerde azalmaya, spor formundaki bakterilerin bazı türleri ile alg ve fungusların yok olmasına sebep olmaktadır (Yevdokimova 1982).

Toprakta yaşayan mikroorganizmaların gelişimlerini, morfolojilerini ve biyokimyasal aktivitelerini etkileyebilen bu metallerin toksitesi veya yarayışlılığı bazı çevre faktörlerinin etkisi altındadır. Bu faktörler pH, inorganik anyon ve katyonlar, kil mineralleri, sulu metal oksitler, organik madde cinsi ve miktarıdır. Özellikle toprak pH'sı ağır metallerin mikroorganizmalara olan toksitesinde;

1. Bu organizmaların fizyolojik durumları ve biyokimyasal aktivitelerini,

2 Ağır metallerin hareketliliğini ve hücre yüzeylerine bağlanma durumlarını değiştirmek suretiyle etkilenmektedir. Her metalin toksik etki yaptığı pH aralığı farklı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda Cd'un pH 8 ve 9'da eubacteria, aktinomiset ve funguslara toksik etki yaptığı bildirilmektedir. Düşük Cd konsantrasyonu nötral ve hafif alkalin toprak reaksiyonlarında dehidrogenaz aktivitesini daha fazla engellediği saptanmıştır. Pb ve Zn nötral pH'ya oranla pH 7.7'ye ayarlanmış bir toprakta

nitrifikasyon üzerinde daha yüksek bir toksiteye neden olduğu belirtilmektedir. pH'sı 6,9'dan 7,6'ya çıkarılan bir toprakta ise Ni'in nitrifikasyon ve toprak solunumu üzerinde daha az toksik etkilere neden olduğu bildirilmektedir (Okur ve ark. 1996).

Ağır metallerin topraktaki biyokimyasal olayları etkilemeleri sonucunda organik madde mineralizasyonu, solunum aktivitesi, enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı engellenebilmektedir. Toprak verimliliğindeki önemleri nedeniyle mikroorganizmalar CO2 çıkışı, topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı ağır metallerin etkilerini görebilmek için duyarlı indikatörler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metallerin topraktaki mikroorganizmalar üzerine toksik etkisi onların mobiliteleri, topraktaki konsantrasyonları, ana materyalin kimyasal bileşimi, toprak bileşimi ve çözünürlülüğüne bağlıdır. Ağır metallerin topraktaki yüksek konsantrasyonları özellikle kültür topraklarında, gübreleme, bitki gelişimi ve ürün üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller toprak mikroflorası üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Özellikle mikroorganizmalar etkilemeye karşı daha çok hassastır (Karaca ve ark. 1996).

(Baath 1989), Cd, Cu, Zn ve Pb'un topraktaki mikroorganizmalar ve mikroorganizmaların etki ettiği prosesler üzerine etkilerini incelemiştir. Farklı metallerin nisbi toksitesinin Cd > Cu > Zn > Pb şeklinde değiştiğini, bu değişiklikte metallerin toksitesi üzerinde abiyotik faktörlerin olduğunu, özellikle de topraktaki organik madde içeriğinden kaynaklanan etkilerin olabileceğini belirlemiştir.

(Bardgett ve ark. 1994), orman topraklarında Cu, Cr ve As konsantrasyonlarının (50-1300 Cr mg/kg) toprak mikrocanlılarına etkileri toprağın ilk 5 cm'sinde incelemişlerdir. Cu, Cr ve As tarafından kirletilmiş toprakta; kirletilmemiş topraklara oranla mikrobiyal C ve N içeriğinde azalmalara, toplam organik C ile mikrobiyal C oranında kayda değer azalmalara, toprak solunumunda ve P-substrat alımında azalmalara neden olmuştur. Prokaryot canlılarda besin alımı üzerinde önemli etki görülmezken, ökaryot canlılarda önemli derecede azalmalara sebep olmuştur. Ayrıca bitki nematod ilişkisi içinde nematod populasyonunda söz konusu ağır metaller azalmaya neden olmuştur. Kirletilmemiş veya daha az

kirletilmiş topraklarda bitki paraziti nematodlar predominanttır. Oysaki bakteriyel beslenen veya predatör beslenen nematodların ağır şekilde kirletilmiş topraklarda dominant olduğu belirlenmiştir.

(Aoyoma ve ark. 1997), düşük pH değerlerinde Cu, topraktaki mikrobiyal aktivite üzerinde önemli bir etki göstermezken, pH yükseldikçe Cu toksitesi görüldüğünü bildirmektedir. Cu'ın topraktaki mikrobiyal aktiviteye elverişsiz etkisinin toprak pH'sına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Cd ve Cu alkali ortamlarda, Ni ise asidik ortamlarda daha büyük bir toksiteye neden olmaktadır. Konu çevre açısından düşünüldüğünde herhangi bir ağır metalin bulunduğu ortamdaki canlılara verebileceği zararın, o ortamın reaksiyonu ile yakından ilgili olduğu söylenebilir

(Liao ve ark. 1987), kirletilmiş ve kirli olmayan topraklardaki ağır metallerin toksik seviyesinin bulunabilmesi için Azotobacter sp. kullanmışlardır. Ağır metallerle kirlenmiş toprakların belirlenmesinde toprağın mikrobiyal populasyonu ve aktivitesinin güvenilir bir indikatör olduğu bildirilmektedir (Brookes 1995).

2.1.5.5. Ağır metallerin yaşayan canlı ve insan sağlığı üzerine etkisi

Ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunurlar. Bunların hepsi suda yaşayan canlılar için toksiktir. Çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür. Ağır metallerin toksik etkileri Çizelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Tayini yapılan ağır metal iyonlarının insan sağlığına olan etkileri (Yıldız 2004)

Li	Nörolojik yan etkiler, yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon güçlüğü entelektüel yetersizlik
Ba	Ba en çok kemiklerde, beyin ve böbreklerde yoğunlaşır. Barsakların iç zarını tahriş eder kalbin durmasına neden olur.
Pb	Diş eti mavileşmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu, beyin kazanması, sinir sistemi hastalıkları
Cu	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu, akyuvar çoğalması
Se	Aşırı dozda solunum artar. Ölüm nefes kesilmesi ile olur. Kan zehirleri grubundadır.
Mn	Akut zehirlenmelerde sindirim, böbrek ve kalpte bozukluklar belirir.akciğer ve beyinde depolanır.
B	Boru'un 8 gr'ı bulantı ve bel ağrısı yapar, 20 gr'ı düşük yapar.
Cd	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri
Fe	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksisitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.
As	Arsenik solunum sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Co	Kobalt toksitliği çok nadir görülen bir olaydır. Kobalt düzeyinin 3000 katı kobalt konsantrasyonlarında ortaya çıkar.
Zn	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir.
Cr	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları,solunum yolları zedelenmesi
Ni	Aşırı dozları kansere sebep olabilmektedir.

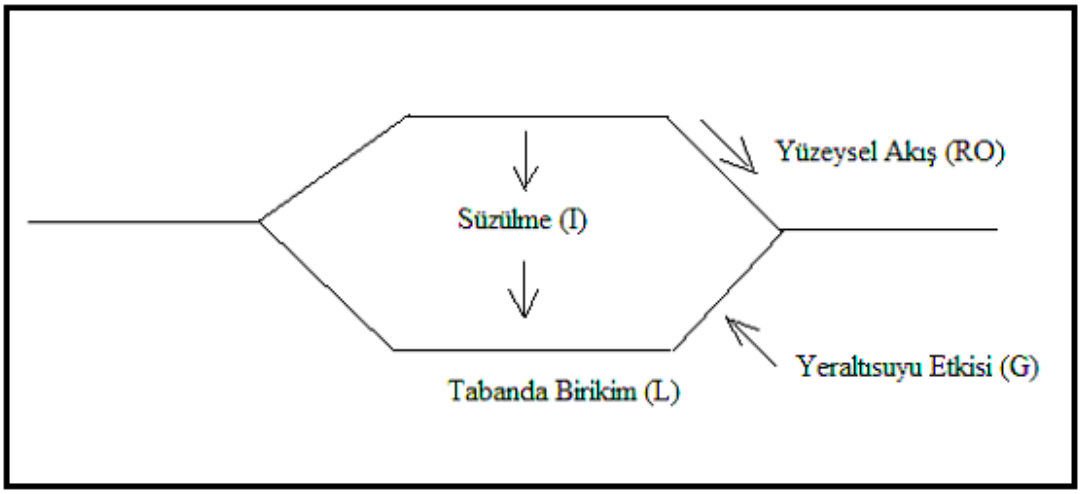
Vücuttaki toplam ağırlığı 4 g'dan az olduğu halde eser elementler insanın biolojik fonksiyonları için çok gerekli olan metallerdir. Bu elementlerin büyük bir çoğunluğu kimyasal reaktivite gösterir ve periyodik tablonun geçiş elementleri bölümünde bulunurlar. Bununla beraber her gün vücudumuzda olagelen sayısız enzimatik reaksiyonlardaki enzimlerin en az yarısının kofaktörüdürler. Metaller, bu görevleri aktive ederek görürler. Metal enzime spesifik olarak bağlanırsa metalle enzim kompleksi oluşur (Alişan 1995).

Çeşitli katalitik özellikler olduğu için eser elementler, sanayide yaygınca kullanılırlar. Eser elementler, dokularda sellüler ve sobsellüler fonksiyonlarda görev alırlar. Bu görevleri; sırasında hümoral ve sellüler mekanizmalarla immunoregülasyon, sinir iletimi, kas kasılması, zar potansiyeli regülasyonu ve mitekondrial aktivitenin sağlanması sayılabilir (Alişan 1995).

Eser elementler, genellikle bağırsakta iyonik halde bulunmazlar. Diğer besinlerle birlikte kompleks haldedirler. Bir metalin diğer besinlerle olan etkileşimi absorpsiyon yeteneğini tayin eder. Metal ve karboksilik asitlerin suda çözünür kompleksleri çok daha iyi bir intraliminal difüzyon sağlar ve metal kısım absorpsiyon bölgeleri ile daha kolay etkileşir. Genetik bozukluk sonucu hedef dokulara çok aşırı miktar eser element ulaşması olabilir. Bu durumun en çok rastlanan örnekleri Wilson hastalığı ve hemokromatosistir. Çok aşırı alıma yol açabilecek sebepler arasında aşırı dietsel alışkanlık, endüstriyel etki veya uygulanan tedavinin yan etkisi sayılabilir. Teorik olasılıklar arasında atılım bozukluğu da söylenebilir (Alişan 1995).

2.2. Sızıntı Suları

Yağmurların yağması, karların erimesiyle oluşan suların ve atığın kendi bünyesindeki nemin deponi tabanına doğru sızmasıyla oluşan, atıklardaki kirleticileri bünyesine alarak kirletici özellik kazanan sular sızıntı suyu olarak tanımlanır ve Şekil 2.1'de Sızıntı suyunun oluşumu gösterilmektedir (Farquar 1988).



Şekil 2.1. Katı atık depolama sahalarında sızıntı suyu oluşumu

Deponi sahalarına gelen yağışların bir kısmı yüzeysel akışlarla uzaklaşacaktır. Yağışın geriye kalan kısmı örtü tabakası tarafından tutulur ve sıcaklığın etkisiyle buharlaşıp ortamdan uzaklaşır. Örtü tabakasının nem tutma kapasitesini aşan su, atık yığınları arasından tabana doğru harekete geçer ve deponi tabanına ulaşır. Deponi sahalarının tabanında yer altı suyu bulunması halinde, su tablası zaman zaman atık tabanına kadar yükselerek sızıntı suyu miktarını artırabilmektedir.

Avrupa'daki çeşitli ülkelerde kaydedilen sızıntı suyu miktarı Çizelge 2.9'de verilmiştir.

Çizelge 2.9. Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suyu miktarları

Ülke Adı	**Sızıntı Suyu Miktarları**
İsveç	Ülke ortalaması 250-300 mm/yıl. Nihai örtü tabakası olarak kil ile kaplı olan yerlerde 10-40 mm/yıl'dır.
Danimarka	İşletme sırasında 350 mm/yıl Nihai örtü tabakasının teşkilinden sonra 75mm/yıl olmuştur.
Almanya	Yıllık yağış yüksekliği 510-1160 mm'dir.Oluşan sızıntı suyu yıllık yağışın %4-35'idir.
İspanya	7 mm/yıl
İtalya	82 mm/yıl
Yunanistan	40-60 mm/yıl
İngiltere	Yıllık yağış yüksekliği 650-1110 mm/yıl. Yıllık yağışın %24-60'ıdır.

Bunlara ilave olarak, deponi sahasındaki rüzgar durumu, bitki örtüsü, deponi sahasının büyüklüğü ve yaşı da sızıntı suyunun oluşumunda etkili olan diğer faktörlerdir (U.S. EPA 1988).

2.2.1. Sızıntı suyu karakteristiği

Atıkların arasından sızan su, tabana doğru hareket ederken, kirletici maddeleri çözerek ve aynı zamanda süspanse ederek hareketli hale dönüştürür. Sızıntı suyunun karakteristiği oldukça değişkendir ve bir çok endüstriyel atıksuya göre daha geniş aralıkta kirlilik yüküne sahiptir. Sızıntı suyunun kimyasal bileşimi, depolanan atığın türüne, depolama yaşına ve atığın redoks potansiyeline bağlı olarak değişmektedir (Öztürk ve ark. 1998).

Depolanan atığın türü sızıntı suyuna geçecek olan organik ve inorganik kirleticiler bakımından önemlidir. Kanada ve A.B.D'de yapılan araştırmalar sonucunda sızıntı suyunun kimyasal bileşimine etki eden parçalanabilme ve çözünebilme özelliğine göre sınıflandırılmıştır. Yapılan Çizelge 2.10'da verilmiştir (Rovers, Farquar, 1973; McGinley, Kmet 1984).

Çizelge 2.10. Sızıntı suyunun bileşimine etki eden atık sınıf ve türleri

Atık Sınıfı	**Atık Türü**
A	Yiyecek ve bahçe atıkları
B	Kağıt,Plastik,Tahta,Diğer organikler
C	Demir ve diğer metaller
D	Cam ve diğer inorganikler

A sınıfında bulunan yiyecek ve bahçe atıkları mikroorganizmalar tarafından kolayca parçalanarak, BOİ, TOK ile ifade edilen organik maddeleri sızıntı suyunda yüksek konsantrasyonlarda bulunmasına sebep olmaktadırlar.

B sınıfındaki kağıt, plastik ve tahta gibi maddeler A sınıfındaki maddelerle karşılaştırıldığında biyolojik olarak daha zor parçalanırlar. Bundan dolayı kısa vadede düşünüldüğünde A sınıfındaki maddelere göre sızıntı suyuna daha az organik madde vermektedirler.

C sınıfındaki maddeler çoğunlukla demir, alüminyum, çinkodan oluşan metallerdir. Sızıntı suyunda metal iyonlarının bulunması, pH ve atığın redoks potansiyeline bağlıdır. Cam ve toprak gibi inorganik maddeler D sınıfındaki atıkları oluşturmaktadır. Çözünürlükleri yüksek olan inorganik maddeler depolanmalarından kısa bir süre sonra sızıntı suyunda yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, çözünürlükleri düşük olanlar daha uzun sürede konsantrasyonlarda sızıntı suyuna geçmektedir.

Sızıntı suyu karakteristiğini etkileyen bir diğer önemli faktör de deponi sahasının yaşıdır. Deponiye boşaltılan atıkların ayrışması beş aşamada oluşmaktadır. Bunlar:

I- Alışma,
II- Geçiş,
III- Asidifikasyon,
IV- Gazifikasyon ve
V- Olgunlaşma aşamalarıdır (Tor 2000).

2.2.2. Sızıntı suyunda bulunan kirleticiler ve özellikleri

Sızıntı suyunda bulunan kirleticiler iki farklı yönteme göre sınıflandırılabilmektedirler. Bu yöntemlerden ilkine göre kirleticiler üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

I- Tehlikeli kimyasal özelliğe sahip kirleticiler,
II- Konvansiyonel kirleticiler ve
III- Konvansiyonel olmayan kirleticiler'dir.

Konvansiyonel kirleticiler; BOİ, KOİ, CI, SO4, bulanıklık ve sertlik gibi parametrelerle ifade edilmektedir. İnsanlar tarafından değişik amaçlar için kullanılan ve deponilere ulaşan kimyasal maddelerin sayısının 60.000'den fazla olduğu, ancak bunun 200 tanesinin sızıntı suyunda tespit edilebildiği kaydedilmiştir. Konvansiyonel olmayan kirleticilerin büyük bir kısmını tanımlanmamış organik maddelerin oluşturduğu düşünülmektedir. Bu maddelerin tanımlanabilen kısımları ise organik öncelikli kirleticiler olarak adlandırılmaktadır. Organik öncelikli kirleticiler toplam organik maddelerin çok küçük bir kısmını oluştururlar ve günümüzde ancak gaz veya sıvı kromatografisi ile tespit edilebilirler (Gintautas 1992).

Sızıntı suyundaki kirleticileri sınıflandırmada yaygın olarak kullanılan diğer metod ise kirleticilerin organik ve inorganik yapıda olmasına göre yapılan sınıflandırmadır.

2.2.3. Sızıntı suyunun toksisitesi

Bir maddenin toksisitesi, o maddeye maruz kalan canlıların %50'sini öldüren konsantrasyon (LC50) ile ifade edilmektedir.

Yapılan araştırmalar deponilerde oluşan sızıntı suyunun canlılarda akut ve kronik toksisiteye bağlı olarak teratojenik, mutajenik ve karsinojenik etkilere sebep olduğunu göstermiştir. Sızıntı suyu toksisitesi araştırılırken, sonucun kısa sürede elde edilebilmesi ve doğruluğundan emin olunabilmesi için bakteri testi fitotoksisite testine tercih edilmektedir. Sızıntı suyunda bulunan kirletici maddelerin canlılarda oluşturacağı olumsuz etkiler Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Sızıntı suyunda bulunan kirleticiler ve canlılardaki olumsuz etkileri (Devare ve ark. 1994)

Kirletici Adı	**Canlılardaki Olumsuz Etkileri**
Pb	Teratojendir.Kan hücrelerinin bozulmasına sebep olur.
Cr	Mutajendir.Beyin ve böbrek rahatsızlıklarına sebep olur.
Ni	Kansinojen ve teratojendir.Göz ve derilerde rahatsızlıklara sebep olur.
Cd	Teratojendir.Merkezi sinir sistemine ve böbreklere zarar verir.
Ar	Karsinojen ve potansiyel teratojendir.Sinir sistemine ve böbreklere zarar verir.
PAH	Karsinojendir.Özellikle benzopyren kanser oluşumuna öncülük eden PAH'dır.
Fenol	Karsinojendir.Sinir sistemini tahrip eder, sindirim ve dolaşım sistemi bozukluklarına sebep olur.

Çizelge 2.11 Devamı

Kirletici Adı	**Canlılardaki Olumsuz Etkileri**
Benzen	Karsinojen, mutajen ve teratojendir.Merkezi sinir sistemine ve bağışıklık sistemine zarar verir.Vücutta alerjilere sebep olur.
1,1 Dikloretan	Teratojendir.Sinir sistemi ve böbreklerde tahrişe sebep olur.

2.3. Ağır Metallerin Giderilmesi

Ağır metallerin büyük bir kısmı, geri kazanma prosesleri ve su arıtma prosesleri ile atık sistemlerinden uzaklaştırılabilirler. Bu uzaklaştırma prosesleri arasında kimyasal çöktürme, sedimentasyon, solvent ekstraksiyonu, ters osmoz ve iyon değiştirme sayılabilir (Dean ve ark 1972).

Son yıllarda endüstriyel faaliyetler sonucunda su ve toprak kirlenmesi birçok endüstriyel faaliyetler sonucu su ve toprak kirlenmesi birçok memleket için büyük tehlikeler göstermektedir. Özellikle yiyecek ve içecek üretimi, tekstil, dericilik, kimya ve petrokimya, döküm, kaplama ve metal bitirme, mühendislik çalışmaları, termal enerji üretimi ve madencilik gibi endüstriyel kuruluşlar, evsel ve ticari atıklar çevre kirliliğine neden olan temel nokta kaynaklar olarak gösterilmektedir (Rijtema 1987).

Hızlı sanayileşme ve nüfus artışı, yeterli artık arıtım tesisinin bulunmayışı sonucu oluşan çevre kirliliği dünyada olduğu gibi gün geçtikçe artan boyutları ile ülkemizde de önemi hissedilmektedir.

Pek çok endüstri atıksuları suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için çok zehirli ve tehlikeli olan kurşun, bakır, civa, arsenik, demir ve krom gibi ağır metalleri içerir. Ağır metallerin zehirleyici özelliklerinden dolayı ekosistemi kirletme etkileri insan sağlığını da tehlikeye sokmaktadır. Buna rağmen bu elementler endüstride kullanılmakta ve endüstriyel atıklardan belli bir miktar besin zincirine girmektedir. Bu nedenle kirlilik kaynaklarından oluşan atıksular çevreye verilmeden önce arıtılarak çeşitli su standartlarına göre izin verilen kirlilik değerlerlerinin altına düşürülmelidir (Özer ve ark. 1997, Keskinler ve ark. 1994).

Toksik özelliklerine rağmen taşıdıkları teknolojik önem nedeniyle, ağır metaller endüstride geniş ölçüde kullanılmakta ve endüstriyel atıksulardan belli miktarda besin zincirine girmektedir (Sağ ve ark. 1995). Ağır metal içeren atıksuların arıtımı temeli kimyasal olarak metal iyonunun çökebilen bir şekline dönüştürülmesi ilkesine dayanır. Daha ileri arıtmalar için aktif karbon adsorpsiyonu, iyon değişimi, ters osmoz gibi farklı kimyasal yöntemler kullanılır (Patterson 1977).

Metal kirliliğinin giderilmesinde kullanılan bu klasik yöntemler, gerek tesis, gerek ekipman, gerekse malzeme açısından pratik ve ekonomik olmaktan uzak, ayrıca metal kirliliği yönünden de arıtmanın çok verimli olduğu söylenemez. Ağır metal içeren atıksuların kirlilik dereceleri, kullanım amacına göre istenilen düzeye indirilmeli ya da alt yapı tesislerine bırakılmasında öngörülen standartlar gözetilerek gerekli arıtım gerçekleştirilmelidir (Erdoğan 1989).

2.4. Ağır Metaller Hakkında Yapılmış Literatür Çalışmaları

Ülkemizde ve dünyada ağır metaller üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda önemli düzeyde fazla olup, bu çalışmalar ağır metallerin özellikle bitkiler ile olan

etkileşimleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bitki ve ağır metal etkileşimi üzerine yapılan araştırmalarda;

Bayçu (1992), yılında yaptığı çalışmasında, Bu araştırmanın ilk bölümünde, otoyol kenarlarında yetişen Allannthus altissima (kokarağaç) yaprakları ile aynı bölgedeki toprak örneklerinde Cd ve Pb konsantrasyonları belirlendi. 10 araştırma bölgesinden elde ettiğimiz sonuçlara göre, yaprak ve toprak örneklerindeki Cd ve Pb konsantrasyonları otoyol ve endüstriyel alanlara yaklaştıkça artış göstermektedir. Yapraklarda ölçülen Cd, topraktaki Cd miktarından, topraktaki Pb ise yapraklardaki Pb miktarından daha fazla belirlenmiştir. Araştırmanın 2. bölümünde, 7 hafta süreyle kum kültürlerinde ve iklim odası şartlarında yetiştirilen A. Altissima bitkisinin organlarındaki Cd konsantrasyonu saptanmış ve toksik etkileri incelenmiştir. 0.1, 0.25, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 30, 40 ve 50 ppm gibi farklı Cd konsantrasyonlara tabi tutulan bitkiler, farklı birikim düzeyleri ve toksik semptomlar göstermiştir. Ortamdaki Cd'un büyük bölümünün köklerde ve sırasıyla gövde ve yapraklarda biriktiği belirlenmiştir. Ortamın yükselen Cd konsantrasyonu ile organlarda biriken Cd artmış, ancak bu ağır metalin transfer faktörü azalmıştır. Bitkilerin taze ve kuru ağırlığı, gövde büyümesi ve klorofil miktarı özellikle 10-50 ppm Cd konsantrasyonlarında olumsuz etkilenmiştir. Aynı konsantrasyonlarda yapraklarda kloroz ve köklerde sararma ile kısalma göze çarpmıştır. 0.1-5 ppm Cd uygulamasında ise bu semptomlar belirgin değildir. A.altissima bitkisinin 50 ppm gibi toksik bir Cd konsantrasyonunda hafif belirtiler dışında yaşamını sürdürüyor olması, bu bitkinin otoyol ve endüstriyel alanlar çevresindeki ağır metal kirliliğinde bir filtre görevi yapabileceğini düşündürmektedir.

Çelik (1993), yılında yaptığı çalışmasında, İzmir'in Aliağa ilçesi Yei Foça yolu üzerinde kurulu bir demir-çelik fabrikasının çevresinde yetişen karayosunu, ot, *Quercus coccifera* ve *Finus brutia*'da bazı ağır metallerin (Fe, Mn, Cr, Pb, Zn, Cd) birikimi araştırmıştır.

Şanda (1993), yılında yaptığı çalışmasında, Bu çalışmada, Konya ili merkezindeki bazı park ve yol ağaçları ile Konya-Afyon çevre yolunda yaygın iki

step bitkisinde Kurşun (Pb) birikimi araştırdı. Şehir merkezinde *Eraxinus excelsior L.*, *Cedrus libani A. Richard*, *Platanus orientalis L.*, *Thuia orientalis L.* ve *Aesculus hippocastanum L.* ağaçlarının yaprak, meyve, dal ve kabuklarında Pb birikimi araştırıldı. Konya-Afyon çevre yolunda ise *Centaurea virgata Lam*. Ve *Alhagi pseudoalhagi (Bieb.) Desv*.'de yoldan uzaklığa bağlı olarak Pb birikimi araştırdı. Kurşun birikimi bakımından trafik yoğunluğu değerleri bilinen iki istasyonda ve çevre yolunda yola yakınlık ile orantılı olarak artış gözlendi.

Alişan (1995), yılında yaptığı çalışmasında, Lamium purpureum L. bitkisinde dış etkenlerle toplanan ağır metallerin mevcudiyeti ve miktarı araştırmıştır. Bitki değişik ortamlardan özellikle ekzos gazının ve şehir hava kirliliğinin yoğun olduğu İstanbul / TEM Otoyolu Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Anadolu yakası, E-5 Karayolu Boğaziçi Köprüsü Anadolu Yakası, Bakırköy, Emirgan Koruluğu yola yakın bölge; bir de hava kirliliğinin az olduğu düşünülen Fenerbahçe ve Yıldız Parkı, Atatürk ve Belgrad ormanlarından Nisan-1995'de toplandı. Bitki İ.Ü. Orman Fakültesi Botanik Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Asuman Efe tarafından teşhis edilip aynı fakültenin Herbaryumunda ISTO – 741 numarası ile kayıt edildi. Lamium purpureum L. uygun şartlarda kurutulup öğütüldü. Bitkide bulunabilecek demir, mangan, kurşun, bakır, krom, nikel ve kadmiyum gibi ağır metaller seçilen uygun bir yöntemle çözeltiye alındı. Çözeltideki ağır metallerin miktarı, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile asetilen-hava alevinde 217.0 – 357.9 nm. Dalga boyu aralığında çalışılarak saptandı. Alınan sonuçlar grafik ve tablolar halinde gösterildi.

Kızılgöz (1995), yılında yaptığı çalışmasında, Şanlıurfa İli Karakoyun Deresi Bölgesinde kanalizasyon sularıyla sulanan sebze bahçelerindeki toprak ve bitkide ağır metal birikmesinin saptanması amacıyla gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda, kanalizasyon suyu uygulamasının topraktaki ağır metal miktarını önemli düzeyde artırdığı, bu topraklardan beslenen nane, marul, maydanoz ve soğan bitkilerinde ise toksik etki yaratacak düzeye ulaşmadığı tespit edilmiştir.

Tonguç (1995), yılında yaptığı çalışmasında, 1993 – 1995 yılları arasında Muğla ve civarının karayosunu florası ve bu bitkilerdeki ağır metal birikim miktarı çalışmıştır. Çalışma alanında 137 takson saptanmış olup; Henderson (1961) kareleme sistemine göre bunlarda 83 tanesi C11, 13 tanesi de Türkiye için yeni kayıt olarak verilmiştir. Akrokarp ve Pleukarp karayosunları arasında ağır metal birikim miktarları farklılık göstermiştir.

Demir (1998), yılında yaptığı çalışmasında, Ergani – Maden Etibank Bakır İşletmesi atıkları ile kirlenen Dicle Nehri ve bu atıklar ile kirlenmeyen Kabaklı Göleti ile sulanan İki farklı alandaki karpuz *(Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum and Nakai cv.* Dicle*)* bitkisinin farklı kısımlarında ve toprakta biriken Fe, Zn, Pb, Cu, Mn ve Ni miktarlarını tayin etmiştir. Elde edilen bulgulara göre Dicle Nehri ile sulanan bitki kısımlarındaki ve topraktaki Fe, Zn, Pb ve Cu miktarları Kabaklı Göleti suyu ile sulananlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Yaşar (1998), yılında yaptığı çalışmasında, Ispanak bitkisinin yoğun bir şekilde yetiştiriciliğinin yapıldığı Menemen, Bulgurca ve Torbalı yörelerinde yapmıştır. Ispanak bitkisinin yaprağı tüketilen bir bitki olması, gerek ağır metaller ve gerekse, nitrat, nitrit birikimi yönünden önem taşıdığı ve topraklarımızın da ağır metaller ve nitrat, nitrit açısından bir tehlike oluşturmaya başlamasından dolayı bu bölgelerin ıspanak topraklarından bitki ve toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde Cu, Cd, Cr, Co, Pb, Ni, Zn, NO_3 ve NO_2 belirlemeleri yanında makro ve mikro besin elementi analizleri de yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin ağır metal ve nitrat, nitrit içerikleri normal seviyelerde bulunmuş fakat ağır metallerden sadece Ni'in, toprak örneklerinin %71.4'ünde yüksek çıktığı görülmüştür. Bitki örneklerinin bazılarında Pb, Cd, Co, Cr, Ni gibi ağı metallerinin yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca bitki örneklerinde ağır metallerin yapraklarda saplardan daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu ve sadece Ni konsantrasyonunun saplarda yapraklardan daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Nitrat konsantrasyonun da saplarda daha yüksek çıktığı ortaya çıkmıştır.

Şahin (2001), yılında yaptığı çalışmasında, Doğal sulardaki bazı eser metal iyonlarının zenginleştirilmesi ve tayini için çözücü olarak MIBK ve şelatlaştırıcı reaktif olarak NaDDTC kullanılarak solvent ekstraksiyonu ile optimum şartlar tayin edildi. İncelenen elementler Pb, Cd, Cu, Ni ve Zn olup, solvent ekstraksiyonuyla organik faza alınan metal iyonları geri ekstraksiyonla asit fazına alınıp, alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ile tayin edildi. İlk olarak solvent ekstraksiyonu yöntemi; pH, örnek hacmi gibi bazı analitik değişkenler için optimize edildi. Ayrıca örnek çözeltideki $NaNO_3$, $Mg(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$ ve $Ca(NO_3)_2$ derişimlerinin geri kazanma değerlerine etkileri de incelendi. Sonuç olarak optimum şartlar altında Zn hariç Pb, Cd, Cu ve Ni'in NaDDTC ve çözücü olarak MIBK kullanarak kantitatif olarak birbiri yanında tayin edilebileceği belirlendi. Bu çalışmada, sadece su örneklerinde serbest bulunan metal iyonlarının derişimleri belirlendi. Yöntemin bağıl standart sapması %2.3 ile %4.7 arasındadır. Optimize edilen yöntem kantitatif geri kazanma ile doğal su ve atık su analizine uygulandı. Bu yöntem, Kızılırmak Nehri'nin Beton Travers Fabrikası (SİVAS) civarındaki farklı iki noktasından alınan su örneklerine ağır metallerin kirlilik düzeylerini tayin etmek için uygulandı.

Pırlak (2002), yılında yaptığı çalışmasında, Niğde İlinde patates üretimi yapılan topraklardaki toplam ve ekstrakte edilebilir Cd, Ni, Pb, Zn, Cu içeriklerinin saptanması ve her iki bölgedeki ele alınan ağır metaller yönünden toprak kirliliği sorununun ortaya konulması amaçlanmıştır. Toprak örnekleri Kasım 2000 tarihinde ve 0-20 cm derinlikten; Misli ovasından 25, Altınhisar'dan 20 noktadan alınmıştır. Her iki bölgedeki örnekleme yerlerinden alınan toprak örnekleri fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, tuz, kireç, fosfor, organik madde ve bünye) belirlenmiştir. Toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriğinin belirlenmesinde kral suyu (3 HCI : 1 HNO_3) yöntemi, alınabilir (ekstrakte edilebilir) ağır metal içeriğinin belirlenmesinde de çift asit (HCI – H_2SO_4) yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda; toplam ağır metal içeriği yönünden, Cd ve Cu'ın Misli Ovasında daha yüksek içeriğe sahip olduğu, toplam Zn ve Pb'un her iki bölgede birbirine yakın değerlerde olduğu, Altınhisar topraklarındaki toplam Ni'in hem Misli Ovasındaki Ni miktarından hem de sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Alınabilir (ekstrakta edilebilir) ağır metaller yönünden Ni ve Zn içerikleri Altınhisar'da Misli Ovasından yüksek

miktarda belirlenmiştir. Her iki bölgede alınabilir Cu içeriği eser düzeyde belirlenmiştir.

Evirgen (2003), yılında yaptığı çalışmasında, Ankara-Gölbaşı Moğan gölünden seçilen 5 istasyondan alınan *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Stend örneklerinde kök, gövde ve yapraklarda Cd, Cu, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonları araştırmıştır. Bitkinin kök, gövde ve yapraklarındaki ağır metal birikiminin kökte en fazla, daha sonra gövde de ve en az yaprakta olduğu saptanmıştır. Seçilen alanlarda en yüksek ağır metal kirliliğini 1 numaralı istasyonda en düşük ağır metal kirliliğinin ise 4 nolu istasyonda olduğu saptanmıştır.

Çelik (2004), yılında yaptığı çalışmasında, Sanayi atıklarının verildiği noktadan(BUSKİ) bir ve atık etkisindeki bölgenin üç farklı (Cilimboz sonrası, Buttim, Büyük Balıklı) yerinden örneklik alanlar seçildi. Nilüfer çayında meydana gelen kirlenmenin ekolojik sistemdeki etkilerini gözlemlemek için çay kenarında yayılış gösteren *Rumex obtusifolius* L. Subsp *subalpinus*(Schur.) Celak ve *Polygonum lapathifolium* L. Bireyleri ve bulundukları alandan toprak (0-15 cm) örnekleri toplandı. Toprak örneklerinde bitkilerce alınabilir element içerikleri amonyum asetat (pH:7.33) tamponunda tayin edildi. Bitki örnekleri toprakaltı (kök ve gövde), topraküstü gövde ve yaprak kısımlarına ayrıldı. Bitki materyalleri 6 ml HNO3 ve 4 ml HCI karışımda mikrodalga fırınında ergitildi. Toprak ve bitkide element düzeyleri (Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Zn) Tubitak BUTAL'da ICP-MS Agilent@ 7500 Series cihazında analiz edildi. Araştırılan türlerden *Rumex obtusifolius* Fe, Ni ve Cr elementlerini yüksek deriştirme kapasitesine ve Zn ve Cu için deredeki kirlilik düzeyini yansıtıcı özelliğe sahip olduğu; *Polygonum lapathifolium* türünün ise araştırılan tüm elementler için deriştirme özelliğine sahip olduğu belirlenirken yansıtıcılık özelliği sadece Zn için saptandı. Ayrıca, *Polygonum lapathifolium* türünde Fe, Ni, Cr, Cu köklerde, Mn ve Zn yapraklarda daha yüksek düzeyde biriktirildiği saptandı. Bu çalışmada, araştırılan metallerin birikim düzeylerinin türe göre değiştiği ve bitki içerisindeki dağılımın metale özgü bir model oluşturduğu saptandı.

Karataş (2004), yılında yaptığı çalışmasında, Konya Ana Tahliye Kanalı suları ile sulanan arazilerdeki toprak ve bitkide ağır metal birikmesinin tespiti amacı ile yapılmıştır. Altı aylık süre ile su, toprak numunesi ve üç aylık süre ile de bitki numunesi alınarak ağır metal konsantrasyonu analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, topraktaki ağır metal konsantrasyonu, kanal suyuna göre daha fazla olduğu, buğday bitkisindeki ağır metal konsantrasyonu ise toksik etkide yapacak seviyeye ulaşmadığı tespit edilmiştir.

Yıldız (2004), yılında yaptığı çalışmasında, Konya ana Tahliye Kanalı ağır metal kirliliğini tespit etmek için ilk önce, numune alınacak üç farklı istasyon tespit etmiştir. Bu istasyonlar; 1 nolu pompa, 2 nolu pompa ve Gölyazı Köprüsü Tuz Gölü Girişi olarak belirlenmiştir. Bu istasyonlardan belirli zaman aralıklarında su ve sediment numuneleri alınmıştır. Bunun yanısıra ağır metal kirliliğini tespit etmek için Tuz Gölü'nden de su ve tuz numuneleri alınarak analiz edilmiştir. Sediment numunelerindeki toplam ağır metal miktarını belirlemek amacıyla, numunelerin parçalanmasında, HNO_3, HCI ve HF karışımı ve mikrodalga tekniği kullanılmıştır. Atıksu, tuz ve sediment numunelerindeki toplam ağır metal oranları ICP-AES cihazı kullanılarak tespit edilmiştir**.**

Gökdemir (2006), yılında yaptığı çalışmasında, Trakya Bölgesi'nde bulunan Ergene Nehri'nin endüstriyel atıklar sonucunda oluşan, özellikle ağır metalce kirliliğinin tespit edilmesi amaçlamıştır. Bu amaçla dört kritik noktadan belirli periyotlarla numuneler alınmış ve numuneler için çeşitli parametreler tayin edilmiştir. Deneysel çalışmalar Ekim 2005 –Mart 2006 dönemini kapsamaktadır. Araştırmalar için numuneler, Ergene Nehri'nin geçtiği Ulaş Mevkii, Aşağı Sevindikli Köyü, İnanlı Köyü ve Lüleburgaz istasyonlarından olmak üzere altı ay boyunca su ve çamur örnekleri alınarak çeşitli kimyasal işlemler sonrası atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ağır metal analiz tayinleri yapılmış ve zaman içindeki değişim gözlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda Ergene Nehri'nde ağır metal kirliliği tespit edilmiş ve bir an önce kirletici kaynaklara ilişkin gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durumda, insan ve çevre sağlığı açısından tehlike arz ettiği göz önüne alınarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Gültakti (2006), yılında yaptığı çalışmasında, Van Gölü havzasında bulunan merkezlerde (Van, Edremit, Gevaş, Tatvan, Ahlat, Adilcevaz, Erciş, Muradiye) yetiştirilen tahıl ve baklagillerden (arpa, buğday, fasulye, mercimek, mısır ve nohut) numuneler, hasat zamanında topladı. Ayrıca karşılaştırma yapmak amacıyla Van'a bölge dışından getirilen ve Van piyasasında satılan tahıl ve baklagil numuneleri alındı. Toplanan numuneler uygun yöntemlerle çözelti haline getirilip Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (FAAS) metodu ile incelendi. Bu incelemede Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Cr, Cd, Pb ve Ca konsantrasyonları belirlendi. Elde edilen sonuçlar bölgelere ve numune cinslerine göre değerlendirildi. Değerlendirme sonuçlarına göre bölgede yetiştirilen tahıl ve baklagillerdeki metal içeriklerinin hangi düzeyde olduğu tespit edildi.

Tanak (2006), yılında yaptığı çalışmasında, Ağır metal kirliliğine neden olarak düşünülen etkenlerin minimum seviyede bulunduğu kırsal ve maksimum seviyede bulunduğu yoğun trafik ve endüstriyel etkinliklerin olduğu yerleşim bölgelerindeki bazı sebzelerde (marul, maydanoz, kara lahana ve kırçan) bulunan ağır metal miktarlarının tayin edilmesini amaçlamıştır. İncelenen sebzeler yıkanıp kurutulup küçük parçalar haline getirildikten sonra, HNO_3, $HclO_4$ eklenerek yaş yakma yöntemi uygulanmış ve ağır metal miktarları belirlenmiştir. Analizler sonucunda bitkilerde bulunan Cu, Mn, Ni, Zn ve derişimleri her bir yeşil bitkiden üçer numune alınarak AAAS ile Pb ise Voltametri ile saptanmıştır. Buna göre kırsal bölgeden alınan maruldaki Cu, Mn, Ni, Zn derişimleri sırasıyla 11,17±1,62; 10,17±3,55; 10,17±2,85; 200,37±18,59; 6,13±0,66 mg/kg, endüstriyel bölgeden alınan maruldaki Cu, Mn, Ni, Zn ve Pb derişimleri sırasıyla 17,32±3,2; 25,43±4,47; 23,82±3,43; 356,22±101,13; 17,57±1.82 mg/kg olarak bulunmuştur. Kırsal bölgeden alınan maydanozda aynı metallerin derişimleri sırasıyla 7,81±1,42; 7,27±3,15; 1,57± 0,31, 83,61±23,58; 6,69±0,34 mg/kg, endüstriyel bölgeden alınan maydanozdaki metal derişimleri ise 15,72±3,93; 15,71±6,54; 7,57±1,66; 252,61±101,44; 13,39±2,33 mg/kg olarak bulunmuştur. Kırsal bölgeden alınan yaprak lahanadaki Cu, Mn, Ni, Zn ve Pb derişimleri sırasıyla 4,17±1,4; 8,85±1,55; 2,37±0,56; 83,63±24,53, 3,45±0,83 mg/kg, endüstriyel bölgeden alınan yaprak lahanadaki Cu, Mn, Ni, Zn ve

Pb derişimleri sırasıyla 10,11±0,3; 15,23±2,32; 5,65±1,45; 293,25±14,75; 5,46±0,75 mg/kg olarak bulunmuştur. Kırsal bölgeden alınan kırçandaki Cu, Mn, Ni, Zn ve Pb derişimleri sırasıyla 12,27±4,4; 9,01±2,16; 1,77±0,89; 92,61±11,81; 0,37±0,029 mg/kg, endüstriyel bölgeden alınan kırçandaki Cu, Mn, Ni, Zn ve Pb derişimleri sırasıyla 20,13±1,66; 22,01±9,53; 8,47±1,68; 168,02±56,6; 2,95±1,15 mg/kg olarak belirlenmiştir. Yöntemin doğruluğunu belirlemek amacıyla çalışmada kullanılan yaş yakma yöntemi sertifika edilmiş referans oryantal tütün yaprağı (CTA-OTL-1) numunesine uygulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak, endüstriyel bölgelerin çevreye ağır metal saldıkları ancak çalışılan bitkilerdeki ağır metal miktarlarının literatür ve resmi değerleri genellikle aşmadığı bulunmuştur.

Akgüç (2007), yılında yaptığı çalışmasında, Muğla İli merkezinde ağır metal kirliliğinin boyutlarını ortaya koymak ve *Pyracantha coccinea Roem.* (Ateş dikeni) bitkisinin biyomonitör ve fitoremediasyon amaçlı olarak kullanıp kullanılamayacağını da saptamak amacıyla yapılmıştır. *Pyracantha coccinea* örnekleri Muğla'da dört farklı mevkide bulunan toplam 34 lokaliteden 2006 vejetasyon periyodunda toplanmıştır. Yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri ve dal örneklerinde Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni değerleri ICP-OES ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, ortalama kurşun değeri en fazla sanayi bölgesi mevkinden alınan, dal örneklerinde saptanmıştır, en düşük değer ise, yine sanayi bölgesi mevkinden alınan, yıkanmış yaprak örneklerindedir. Bu değerler sırasıyla 14,929 ± 1,227 μgg^{-1}dw ve 5,602 ± 1,471 μgg^{-1}dw'dır. Kadmiyum birikiminin, en yüksek değere çevre yolu mevkinden toplanan, yıkanmamış yaprak örneklerinde ulaştığı tespit edilmiştir. Bu değer 0,359 ± 0,0598 μgg^{-1}dw'dır. En düşük ortalama değer ise, sanayi bölgesi mevkinden alınan, yıkanmış yaprak örneklerinde 0,163 ± 0,0418 μgg^{-1}dw olarak tespit edilmiştir. Bakır birikiminin ortalama en yüksek miktarı, çevre yolu mevkinden alınan, dal örneklerinde 5,887 ± 0,039 μgg^{-1}dw olarak tespit edilmiştir. En düşük değer ise yine çevre yolu mevkinden toplanan, yıkanmış yaprak örneklerinde 5,199 ± 0,032 μgg^{-1}dw olarak ölçülmüştür. Çinko miktarı, en fazla şehir içi mevkinden toplanan, dal örneklerinde en düşük ise, yine şehir içi mevkinden toplanan, yıkanmış yaprak örneklerinde saptanmıştır. Bu değerler sırasıyla 15,568±1,660 μgg^{-1}dw ve 8,9954 ± 1,318 μgg^{-1}dw'dır. Demir değeri en

yüksek sanayi bölgesi mevkinden toplanan, yıkanmamış yaprak örneklerinde tespit edilmiş olup, bu değer; 9,532 ± 1,679 $\mu g g^{-1}$dw; en düşük ise çevre yolu mevkinden toplanan, dal örneklerinde saptanmıştır ve 1,725 ± 0,538 $\mu g g^{-1}$dw değerindedir. Mangan birikimi, en yüksek çevre yolu mevkinde ve burada bulunan lokalitelerden toplanan yıkanmamış yaprak örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük değer ise, şehir içi mevkinden alınan dal örneklerinde tespit edilmiştir. Değerler sırasıyla 0,999 ± 0,156 $\mu g g^{-1}$dw, 0,397 ± 0,139 $\mu g g^{-1}$dw'dır. Nikel miktarı en fazla sanayi bölgesi mevkinden alınan, yıkanmamış yaprak örneklerinde; en düşük miktar ise, şehir içi mevkinden toplanan, dal örneklerinde bulunmuştur. Değerler sırasıyla, 14,340 ± 1,586 $\mu g g^{-1}$dw ve 4,0457 ± 0,509 $\mu g g^{-1}$dw'dır. *Pyracantha coccinea*'nın Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni için biyomonitör özellik gösterdiği ayrıca, ağır metal arıtımı için, fitoremediasyon amaçlı olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

2.5. Yeşil Islah (Fitoremediasyon)

Çevre kirliliği; düzensiz kentleşme, bilinçsiz sanayileşme ve bilinçsiz uygulamalar sonucunda, insanlarla içinde yaşadığı doğal çevre arasındaki dengenin bozulmasıdır. Çevrenin temel unsurları olan toprak ve su kaynaklarının çeşitli nedenlerle kirlenmiş veya kirletilmiş olması, doğal dengeyi ve insan sağlığını ciddi bir şekilde etkilemektedir. Çağımızda artan sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte girdi kullanımındaki hızlı artış, her geçen gün çevre kirliliği sorununu daha da artırmaktadır.

Tarımsal üretimin miktar ve kalitesini artırmak amacıyla kimyasal gübrelerin kullanımı, pestisitler ve hormonların kullanılması, katı ve sıvı atıkların deşarjı, atık çamur uygulamaları, kirli suların tarımsal sulamada kullanılması, atmosferik çökelmeler ve radyoaktif serpintiler sonucunda toprak ve su kaynakları kirlenmektedir.

Çevre kirliliği sorununun giderilmesi için en uygun yol kirlenmeyi önlemektir. Ancak gerek doğal ve gerekse insan kaynaklı kirlenmenin önüne geçilememektedir. Bu nedenle kirli alanların temizlenme zorunluluğu vardır. Günümüzde kirli alanların temizlenmesi için değişik yöntemler uygulanmaktadır. Bugün için tüm dünyada yaygın olarak kullanılan geleneksel yöntem (mekanik yöntemler) adını verebileceğimiz temizleme yöntemleri çok pahalı yöntemlerdir.

Yakın zamanlarda kirli alanların temizlenmesi için alternatif bir yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem solar enerji kullanan, estetik ve pasif bir teknoloji olup "fitoremediasyon" olarak adlandırılmaktadır.

Fitoremediasyon (***Phytoremediation***); (***phyto***= bitki, ***remediation***=temizleme) bitkilerin ve onlarla ilişkili rizosfer mikro organizmalarının, toprakta, yer altı ve yerüstü sularda, sedimentlerde ve hatta atmosferdeki kimyasal kirleticileri kaldırmak, bozmak veya kontrol altına almak amacıyla kullanılmasıdır. Bu yöntem solar enerji kullanan, estetik ve pasif bir teknoloji olup, az ve orta seviyede kirli alanları temizlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Fitoremediasyon özellikle diğer temizleme metotlarının pratik olmadığı ve yüksek maliyetler gerektiren çok büyük alanlarda uygundur. Bu teknik bazı durumlarda geleneksel temizleme yöntemleri ile birlikte kullanılabilmektedir (Anonymous 1998).

Bu yöntem ile poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), mühimmat türü atıklar (TNT, RDX), metaller (kurşun, kadmiyum, çinko, arsenik, krom, selenyum), pestisit türü atıklar (atrazine, cyanazine, alachlor), radyoaktif elementler (sezyum-137, uranyum, stronsiyum-90), besin elementi atıkları (amonyum, fosfat, nitrat) gibi kirleticiler ortamdan kaldırılmakta, kimyasal olarak bozulmakta veya stabilize edilmektedir (Schnoor ve Dee 1997).

Çevresel temizleme için bitkilerin kullanılabileceği temel fikri çok eskilere dayanmakla birlikte geçmişte belirli bir disiplin temeline oturmuş bir fikir değildir.

Ancak bilimsel gelişmeler sonucunda metallerin özellikleri, toprakta ve bitkideki davranışları, bitkilerin metallere olan toleranslarının iyice anlaşılmasından sonra fitoremediasyon bir yöntem olarak uygulanmaya ve hızla gelişmeye başlamıştır (Anonymous 2001).

Fitoremediasyonda esas, toprakta ve suda bulunan ve çevresel bir tehdit oluşturacak seviyedeki kirleticilerin zararlı etkilerinin en aza indirilmesi veya kaldırılmasıdır. Çeşitli kaynaklarla beslenen toprak ve sudaki kirletici konsantrasyonu zamanla bitkiler, hayvanlar ve insanlar için zararlı olabilecek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Bu durumda kirli alan terk edilmekte veya bazı mekanik temizleme yöntemleri ile temizlenmektedir. Ancak bu geleneksel temizleme yöntemleri yüksek maliyetleri ve çevreye verdiği zarar nedeniyle pek çok olumsuz etkilere sahiptirler. Bu durumda gerek maliyetlerinin düşük olması gerekse kullanım kolaylığı ve çevreye olan zararlı etkilerinin en az olduğu bitki temelli temizleme yöntemi olan fitoremediasyon umut verici bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Bazı bitkiler kimyasalların yüksek konsantrasyonlarına toksik etki olmaksızın dayanabilme kabiliyetine sahiptirler. Bu bitkiler bazı durumlarda organik kimyasalları alabilmekte ve süratle onları daha az toksik metabolitlere çevirebilmekte veya inorganik kimyasalları bitki dokularında çok yüksek konsantrasyonlarda biriktirebilmektedir. Ayrıca, bitkiler kök salgıları ile rizosferdeki organik kimyasalların bozulmasını teşvik ederler. Bitkiler bazı durumlarda ise kimyasalları toprakta stabilize ederek onların rüzgarla taşınmasını ve yer altı sularına yıkanmasını engellerler. Bitkilerin sayılan bu özellikleri, amaçlanan temizleme yöntemi için temel bir anahtar olmaktadır. Kirleticinin türü ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerin yukarıda sayılan bir veya daha fazla özelliğinden yararlanılarak fitoremediasyon yöntemine karar verilir.

Fitoremediasyon için fitoekstraksiyon, fitodegradasyon, rizodegradasyon, rizofiltrasyon, fitostabilizasyon ve fitovotaliasyon olmak üzere 6 ayrı yöntem uygulanmaktadır.

2.5.1. Bitkisel özümleme (fitoekstraksiyon)

Bazı bitkilerin topraktaki organik veya inorganik kirlilik etmenlerini kök veya sürgünlerine almasından yola çıkılarak oluşturulmuş bir teknik olup, genelde ağır metallerle kirli toprakların ıslahı amacıyla kullanılmaktadır. Dağınık olarak kirli alanların iyileştirilmesi için çok geçerli bir yöntem olup, bulaşık alana dikilen accumulator bitkinin budanması veya sökülmesi ile kirlilik etmenleri alandan uzaklaştırılır. Biçilen veya budanan bu kısımların yeniden kullanılabilmesi önemli bir avantajdır. Çünkü bu bitkiler diğer bitkilere oranla üyelerinde 100 kata kadar daha fazla kirlilik etmeni biriktirebilir. Hasat edilen kısımlar gübre olarak kullanılabildiği gibi, içindeki ağır metaller yeniden elde edilebilir. Bitkisel madencilik (phytomining) denilen bu yöntem; islenerek çıkarılması ekonomik olmayan maden cevherlerinin elde edilebilmesi yolunu açmaktadır. ABD'de bu yolla altın ve nikel gibi elementler geri kazanılmaktadır (EPA 2000; Pivetz 2001; Sutherson 1999). Bu yöntem için uygun ve çoğu *Brassicacea*, *Euphorbiacea,Asteraceae, Lamiaceae ve Scrophulariaceae*, familyalarından olmak üzere bünyesinde ağır metal biriktirebilen 400 kadar tür saptanmıştır. Bunlar arasında *Alyssum wulfenianum*, *Brassica juncea*, *Eichornia crassipes*, *Helianthus, Hibiscum cannabinus, Medicago sativa, Morus rubra, Nicotiana tabacum, Oryza sativa, hibrit Populus'lar, Salix nigra, Streptanthus polygaloides* 'Gray', *Taxodium distichum* bazı *Thalapsi* türleri, *Typha*, *Festuca arundinacea* gibi bazı çim türleri ve algler bulunur. Bitkilerin kirli topraklarda yetişebilmesi için toprak pH'sının ayarlanması gibi bazı önlemlerin alınması da gerekebilir. Kirlilik taban suyuna geçmişse bitki köklerinin ulaşabileceği derinlik dikkate alınmalıdır (EPA 2000; Garbisu ve Alkorta 1997; Hossner ve ark. 1998; Jhee ve ark. 1999;Pivetz 2001).

2.5.2. Bitkisel bozunum (fitodegradasyon)

Phytotransformation olarak da bilinen phytodegradation kirletici etmenlerin bitki bünyesine alınarak metabolizma işlemleri sırasında değiştirilmesidir. Bozunma işlemi bitkinin dışarıya bıraktığı bileşiklerle bitki dışında da olabilir. *Phytodegradation* işleminde bitkinin kirletici etmeni bünyesine alması gerekir. Bu işlem genellikle kök bölgesi ile hatta en uç kök kısımları ile sınırlıdır. Organik bileşiklerin bitki bünyesine alınabilmesi eriyebilirliği, bitki tipi, kirlilik etmeninin toprakta kalma süresi veya eskiliği ile toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına bağlıdır. Hemen eriyebilen bileşiklerin bitki tarafından alınması zordur. *Phytodegradation* toprak, sediment, çamur ve yer altı sularında uygulanabilir. Yer altı suları pompalarla yüzeye de alınabilir. Yöntemin en önemli avantajı indirgenme veya bozulmanın fizyolojik olaylar doğrultusunda bitki içinde olması ve mikroorganizmalara bağlı olmamasıdır. Yöntemin dezavantajı ise bozulma sırasında zehirli ara ve son ürünler oluşabilmesi ve bunların çok zor tespitidir. Örneğin kavak derin kökleri ile taban suyundaki azotu (nitrat) almakta, bitkide azot proteinlere veya azot içeren bileşiklerin yapısına girmekte ve bir kısmı da gaz olarak atmosfere bırakılmaktadır (Pivetz 2001). Nellessen ve Flatcher (1993) yaptıkları çalışmada 70 organik bileşiği bünyesine alarak onların bozulmasını sağlayan 88 bitki türü saptamışlardır (EPA 2000). Bu yöntemde kullanılan türler arasında kavak hibritleri, *Populus deltoides x nigra DN34* (klorlu çözücüler, atrazine, savaş gereçleri), *Myriophyllum spicatum* ve *Nitella* (savaş gereçleri), *Salix nigra*, *Liriodendron tulipifera, Taxodium distichum, Betula nigra* ve *Quercus virginia* türleri (*herbisit-bentazon*) ile bazı algler ve eğreltiler de bulunur (EPA 2000; Pivetz 2001).

2.5.3. Köklerle bozunum (rizodegradasyon)

Rhizodegradation, kök çevresindeki mikroorganizmaların zenginleştirilerek organik kirleticilerin toprakta bozulması işlemidir. Kök çevresinde mikrobiyal aktiviteleri etkileyen ve köklerden bırakılan seker, aminoasit, organik asit, yağ asitleri, sterol, büyüme etmenleri, nükleotid, flavanon ve enzimler bulunur. Kirlilik yaratan organik bileşikler de bu çevrededir. Kökle bozunumun en önemli yararı kirleticilerin doğal ortamda yok olmasıdır. Ancak bunlar bitki veya atmosfere az da olsa taşınır. *Phytodegradation* petrol artıkları, polcyclic aromatik hidrokarbonlar, benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, pestisitler, klorlu çözücüler, pentachlorofenol, polychlorinated bifenüler, surfactanlar gibi kirlilik etmenlerine karşı uygulanabilir. *Morus rubra, Malus fusca, ve Maclora pomifera* fenolik bileşiklerin bozulmasında etkilidir. Bu amaçla ayrıca *Andropogan gerardi, Agropyron desertorum (pentachlorofeno), Agropyron smithii, Boutelouacurtipendula* ve *B. Gracilis* (polcyclic aromatik hidrokarbonlar), *Elymus canadensis,Festuca arundinacea, F. Ovina var. Duriuscula, F. Rubra* (polcyclic aromatik hidrokarbonlar ve *pentachlorofenol*), *Glycine max* (klorlu çözücüler), *Kochia sp*. (herbisitler), tek yıllık *Lolium* (petrol artıgı hidrokarbonlar), *Lespedeza curnata*, *Maclura pomifera ve Malus fusca* (fenolik bilesikler), *Medicago sativa, Mentha spicata* (fenolik bilesikler), *Morus rubra* (fenolik bileşikler), *Oryza sativa* (propanit), *Panicum virgatum, Panicum miliaceaum (flavonoid ve komarinler* gibi bileşikler), Phaseolus *vulgaris cv. Tender Green' {parathion ve diazinon* gibi insektisitler), *Pinus taeda, Populus deltoides x nigra DN-34*, *Populus x canadensis* {benzene, toluene, ethylbenzene, xylene), *Schizachyrium scoparius, Sorghastrum nutans, Sorghum vulgare, Stenotaphrum secundatum* (petrol artığı hidrokarbonlar) ve *Thypa latifolia (surfactanlar*) başarıyla kullanılmıştır. Bu bitkiler kök çevrelerinde uygun bakteri gelişimini sağlayarak da bozunmayı etkiler (EPA 2000; Pivetz 2001; Sutherson 1999).

2.5.4. Köklerle süzme (rizofiltrasyon)

Rhizofiltration biyotik ve abiyotik işlemlere bağlı olarak kirleticilerin köklerin içine alınması veya bitki köklerin üzerinde (adsorpsiyon) yapışıp kalmasıdır. Bu işlemlerin olusu sırasında kirleticiler bitkiye alınabilir ve taşınabilir. Burada temel olan kirleticilerin bitki üzerinde veya içinde hareketsizliğinin sağlanmasıdır. Kirleticiler daha sonra çeşitli yollarla bitkiden alınabilir. Bu yöntem yer altı suları, yüzey suları ve atık sularda uygulanmaktadır. Karasal ve sucul bitkilerin kullanılmasına olanak tanıması sistemin avantajıdır. Ayrıca sistem doğal ortamlarda uygulanabilirliğinin yanı sıra havuz, tank, gölet gibi yapay alanlarda da uygulanabilir. Yani kirlilik kaynağında veya uzakta bertaraf edilebilir. Kirli suyun kirleticilerin bitki taralından alımına olanak tanıyacak pH düzeyine getirilmesi, su akış hızının kontrol altına alınması ve bitkilerin belirli aralıklarla yenilenmesi için iyi bir mühendislik sistemi gerektirir. Kirleticiler bazı bitkilerce basarıyla alınarak su arındırılmaktadır. Örneğin, *Brassica juncea* (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Cs, Sr), *Myriophyllum spicatum* (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn) ve *Helianthus annuus* (U, Co, Cs, Sr,Cr, Mn, Cd, Ni, Cu, Pb, Zn), *Eichornia crassipes*, *Hydrocotyle umbellata* ve *Lemna minör* türleri birçok kirlilik etmenine karsı kısa sürede başarılı olmuştur (EPA 2000). Bu teknolojide karasal bitkilerin kullanılabilmesi ince bir tabakasının olduğu yüzen platformlar gerekir (Henry 2000). Çernobil yakınlarında oluşturulan bir küçük havuzdaki platformlarda yetiştirilen Helianthus annuus dört ve sekiz haftada bünyesinde çok fazla miktarda Cs 137 ve Sr 90 biriktirmiştir (Pivetz 2001).

2.5.5. Köklerle sabitleme (fitostabilizasyon)

Bu yöntem doğal ortamda toprağın stabil hale getirilmesi için uygulanır. Burada bitkinin yetiştiği toprağın içindeki kirlilik etmenlerinin kökler çevresinde veya içinde biriktirilmesi ya da tutulmasının yanı sıra kirleticilerin rüzgâr, su erozyonu, yıkanma ve toprak dağılması ile taşınmasının engellenmesidir. Bitkinin kök çevresi mikrobiyolojisi ve kimyası ile yakından ilişkili olan sistemde bitki kirletici etmenin yapısını suda eriyemez-taşınamaz şekilde değiştirebilir. Köklerle sabitleme toprak, sediment ve çamurda uygulanabilir. Toprak taşınmasını gerektirmemesi önemli bir avantajdır. Ayrıca alan bitkilendirildiği için ekosistemdeki restorasyon zenginleştirilir. En önemli dezavantajı kirlilik etmenlerinin alanda kalarak uzun zaman içindeki değişikliklerle taşınabilmesi veya yıkanarak taban suyuna karışabilmesidir. Sistemde gübreleme ve toprak ıslahı çalışmalarına maksimum stabilizasyon etkisini sağlamak için gerek vardır. Kök derinliği sistemin etkinliği bakımından çok önemlidir, örneğin kavak kökleri 150–300 cm derinlikler için düşünülebilir. Stabilizasyon bitkiye bağımlı olup, bu amaçla *Populus* (As, Cd, Ca, Zn), *Brassica juncea* (Cr, Pb), *Aropogon gerardii*, *Festuca arundinacea* ve *Glycine max* kullanılmaktadır (EPA 2000). Hibrit bir kavak Güney Dakota (ABD)'deki bir çalışmada ilk yıl 12 m büyüme kaydederek bünyesinde tahmin edilenden çok daha yüksek miktarlarda As ve Cd biriktirmiştir (Pivetz 2001; Sutherson 1999). *Agrostis tenuis cv*. Goginan (asidik Pb ve Zn), *Agrostis tenuis cv*. Parys (Cu) ve *Festuca rubra cv*. Merlin (kalkerli Pb ve Zn) çeşitleri, İngiltere'de (Liverpool) da yapılan bir alan çalışmasından sonra ticari ölçekte uygun olarak saptanmıştır (Henry 2000).

2.5.6. Bitkisel buharlaştırma (fitovotaliasyon)

Phytovolatilization organik (klorlu çözücüler) ve inorganik (Hg, Se) kirletici etmenlerin bitki bünyesine alınarak, yapısının atmosfere verilecek şekilde değiştirilmesi ve atmosfere verilmesidir. Bozulma işlemi phytovolatilization işlemi sırasında meydana gelir. Yöntemin en emli avantajı çok zehirli bileşiklerin (örneğin civalı bileşikler) daha az zehirli formlara dönüşmesidir. Ancak çok zararlı-zehirli materyallerin atmosfere bırakılabilmesi de bir dezavantajdır. Bu sistemde kök derinliği çok önemlidir. Yer altı suları konu ise bitki köklerinin derin olması gerekir. Kirli yer altı suları pompalarla yüzeye çıkarılarak suyun daha sığ bitki köklerince alınması da sağlanabilir. Kullanılan bitkiler arasında hibrit kavak (klorlu çözücüler), *Medicago sativa-alfalfa* (klorlu çözücüler), *Brassica juncea ve B. Napus* (Se), *Hmscus cannabinus cv. Indian* (Se), *Festuca arundinacea* (Se) ve *Arabidopsis thaliana* (Hg) sayılabilir (Ekmekçi 2007).

2.5.7. Toprağın bitkiler yardımıyla ağır metallerden arındırılması

İnsan sağlığına zarar veren başlıca çevre problemi toprak ve sularda teknolojiden kaynaklanan toksik metal kirlenmesidir. Yalnız ABD de sadece toksik metaller ile kontamine olmuş toprakların temizliği için 300 milyar$ harcanmıştır (Mulligan ve ark. 2001).

Metallerin düşük maliyetli fitoremediasyon teknolojisi ile arıtılabilmesi bitkilerin seçici özelliğine bağlı olmaktadır. Çevreden partikül elementlerin konsantrasyonlarının azaltılabilmesinde en önemli faktör, bitki gelişimi için çok etkili olan güneş enerjisidir. Diğer bir ifadeyle, fitoremediasyon ancak belirli şartlar

altında gerçekleştirilebilmektedir. Çünkü başarının temeli ve uygulamalı araştırmaların çoğu bitki biyokimyası, moleküler biyokimya, toprak kimyası ve çevre mühendisliğinin disiplinli yönetimi ile gerçekleşmektedir. Arıtımı amaçlanan ağır metaller (kadmiyum, krom, arsenik vb.) ve muhtemelen radyoaktif atıkların arıtımı için fitoremediasyon bir yol gösterici olmaktadır. Hasat edilen bitki dokusu ağır metalleri ve diğer kirleticileri bünyelerinde toplamaktadır (Mulligan ve ark. 2001).

Fitoremediasyon çalışması, genellikle topraklar ve sudaki kirleticilerin giderilmesinde bitkilerin kullanıldığı temizleme ya da ıslah metotlarından biridir. Diğer ifadeyle bitkilerin ağır metal kirleticilerini filtre ederek ya da kendi üzerlerinde tutarak indirgemesidir. Metaller genellikle gövde üst kısmı yapıları olan yapraklar da depo edilerek ortamdan uzaklaştırılmış olurlar (Mortvedt ve Beaton 2004).

2.5.8. Fitoremediasyon çalışmaları

Fitoremediasyon poliaromatik hidrokarbonlar, ham petrol, pestisitler ve ağır metaller gibi kirleticilerin topraktan uzaklaştırılmasında temiz ve ucuz bir metot olarak bilinmektedir. Kirlenmiş arazide uygun bitkilerin yetiştirilerek ağır metaller bitki bünyesine alınması ve bu bitkilerin belirli periyotlarda hasat edilmesi ile ortamdan uzaklaştırılmış olmaktadır. Fitoremediasyon birkaç aşamada gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı fitoremediasyon uygulamaları mekanik metotlardan çok yavaştır, daha uzun zaman almaktadır (Ünlü 1998).

Genellikle fitoremediasyon yer altı suları, nehirler ve toprak yüzeyindeki kirleticilerin konsantrasyonlarının uygun değerlere çekilmesi için kullanılmıştır. Araştırmalarda ufak bitkiler kullanımıyla ağır metallerin düşük oranda arıtılması sağlanmıştır. Kökleri çok küçük dahi olsa ağır metal veya organik atıkları bünyelerine alabilmektedirler. Bu teknoloji yer altı sularındaki kontaminantların çok

küçük oranlarda dahi olsa bitkiler kullanılarak arıtımı şekline doğru ilerlemektedir. Fitoremediasyon çalışmalarında, genellikle kökler yardımıyla yüksek oranda ağır metal sömürebilen, sık sık hasat edilebilen hızlı büyüyen küçük yapılı tek ve çok yıllık bitkiler tercih edilmiştir (Gür 2002).

Ancak son zamanlarda fitoremediasyon kullanımı ve daha sonra hasat edilen bitkileri yiyen böcek ve küçük kemirgen hayvanlar aracılığıyla söz konusu ağır metallerin yiyecek zincirine girip girmediği konusundaki sorulara da cevap bulunmaya çalışılmaktadır (Erkek 2004).

2.5.9. Fitoremediasyonda kullanılan bitkiler ve yapılan örnek çalışmalar

Fitoremediasyonun pek çok uygulama testlerinde beklenen başarı sağlanmıştır. Maryland'da (ABD) hibrit kacak ağaçları birkaç toksik maddenin ve organik kirleticilerin yer aldığı arazide söz konusu kirleticilerin giderimi için kullanılmıştır. Kavak ağaçlarının kökleri yardımıyla yakın çevredeki kirleticilerin yer altı sularına yayılması önlenmiştir. Hidrolik kontrol şartları altında bazı bitkilerin fitoremediasyon verileri Çizelge 2.12'de gösterilmiştir (http://clu-org/products/citguide/phyto2.htm).

Alpina pennycress (Thlaspi caerulescens) (kuşekmeği, çobandağarcığı) bitkisi ile yapılan araştırmalarda, bu bitki bazı elementlerin normalden çok daha fazla bulunduğu ortamda yetiştirilmiş, besin alımı incelenmiş ve bitkinin önemli düzeyde bu elementleri bünyesinde biriktirdiği saptanmıştır. Bu bitkinin topraktan özellikle çinko ve kadmiyumu uzaklaştırmada oldukça iyi olduğu tespit edilerek, bitkideki etkili gen belirlenip tanımlanmış ve gen transferi için bu bitkinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır (http://clu-org/products/citguide/phyto2.htm).

Michael P. Russelle Minnesota-St Paul'da toprak ve suda çok fazla miktarda azotu nitrat formunda hızlı bir şekilde absorbe eden bir yonca çeşidi geliştirmiştir. Bu bitkiyi Kuzey Dakota ve çevresinin temizlenmesinde başarı ile kullanmıştır (http://clu-org/products/citguide/phyto2.htm).

Çizelge 2.12. Bazı bitkilerin fitoremediasyon verileri

Yer	**Uygulama**	**Kirleticiler**	**Ortam**	**Bitki**
Edgewood, MD	Fitovotaliasyon Rizofiltrasyon	Klorlu Çözücüler	Yer altı suyu Toprak	Hibrit Kavak
Fort Worth	Phytodegration Phytovolatization Rhizodegradation	Klorlu Çözücüler	Yer altı suyu	Pamuk Bitkisi
Ogden	Fitoekstraksiyon Rizodeğrasyon	Ağır metaller Hidrokarbonlar	Toprak Yer altı suyu	Ardıç,Festuca Alfalfa, Kavak
Portsmouth	Fitoekstraksiyon Rizodeğrasyon	Ağır metal Petrol	Toprak	Yonca,Çim
Portland	Fitodegrasyon	PCP Pahs	Toprak	Çim
Trenton	Fitoekstraksiyon	Ağır metal	Toprak	Hint hardalı
Anderson	Fitostabilizasyon	Ağır metal	Toprak	Yonca
Ashtabula	Rizofiltrasyon	Radyoaktif	Yer altı suyu	Ayçiçeği
Upton	Fitoekraksiyon	Radyoaktif Ağır metal	Yer altı suyu Toprak	Ispanak Lahana

Çizelge 2.12 devamı

Yer	Uygulama	Kirleticiler	Ortam	Bitki
Beaverton	Doğal vejetasyon	Metaller Azot	Toprak	Çim
Texas	Doğal vejetasyon Rizodegrasyon	Pahs	Toprak	Çim,Yonca Dut
Amana	Fitodegrasyon	Azot	Toprak Yer altı suyu	Hibrit kavak

Bitkilerin topraktaki kirlilik unsurlarını tolere etmedeki kabiliyetlerinin ortaya çıkarılması ve bu özellikleri ile ilgili genlerin bulunup araştırılması bazı araştrıcıların dikkatini çekmiştir. Kalifoniya'da kahverengi hint hardalı (*Brassica juncea*) üzerinde çalışmış ve *Schizosaccharomyces pompe* geni bulmuştur, kopyalanmış ve bu amaç için denemişlerdir. Başka bir bitki modelinde, farekulağı tere (*Arabidopsis thaliana*) üzerinde daha fazla detayları için araştırmalarını sürdürmüşlerdir. Bu çalışmalardan bazı genler içeren bitkilerin toprakta fazla konsantrasyoda bulunan ağır metalleri bünyelerine aldıkları ortaya çıkarılmıştır (Ralinda 1996).

Banuelos adlı bir araştırıcı son 12 yıldır Kaliforniya merkezinde, toprakları çok fazla miktarda selenyum ve bor ile kirlenmiş topraklarda çiftçilerle birlikte çalışarak onlara, turpgiller ailesinden, selenyum ile kirlenmiş su ve toprakta iyi gelişebilen hardal ve kanola gibi bitkileri ekmelerini önermiştir. Daha sonraları aynı çiftçilere genellikle üretimi fazla düşünülmeyen brokoli bitkisini önerilmiştir. Brokoli bitkisi, selenyuma toleranslı olmasının yanında sağlık içinde son derece faydalı bir bitki olarak bilinmektedir (http://clu-org/products/citguide/phyto2.htm).

Fitoremediasyon basitleştirilmiş bir yöntem gibi gözükse de aslında oldukça yavaş, karmaşık ve zahmetli bir işlemdir. Ancak bu yöntem, kirlenmiş toprakların

arıtılması için kullanılan bir hayli pahalı ve yıkıcı proseslerle karşılaştırıldığında yine de önerilebilecek en uygun alternatif metot olarak önemini korumaktadır (Verloo 1996).

Bu yöntemle topraklar, fazla bir ekipman ve eğitim olmadan çok ucuza ***yeşil teknolojiyle*** temizlenmiş olacak ve kirlilik unsurları elemine edilebilecektir. Ayrıca, kirleticiler bitkiler aracılığı ile ayrılacak ve böylece çevrede birikmeyecek, depolanmayacak veya bir yerden bir yere nakledilmeyerek çevre kirliliği için risk oluşturmayacaktır (Mulligan ve ark. 2001).

2.6. Fitoremediasyon ve Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması

Toprakların ağır metallerle kirlenmesinin önlenmesi amacıyla günümüzde birçok kontrol yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan en yaygın olarak kullanılanları;

1. Kirleticiye müdahalede bulunmayarak, kirlenmiş alanın kullanımını yasaklamak,

2. Kirleticiyi bölge içerisinde immobilize etmek ve bölgeyi kontrol altına almak,

3. Kirlenmiş toprağı nihai bertaraf sahasına taşıyarak depolamak,

4. Toprağı yerinde(in-situ) veya bölge dışında(ex-situ) arıtmak şeklindedir.

Kirlenmiş toprakların arıtımı amacıyla kullanılan ve fiziksel, kimyasal, termal ve biyolojik prosesleri içeren birçok metot bulunmaktadır. Bu metotlar;

• İzolasyon ve immobilizasyon teknolojileri,

• Mekanik ayırma teknolojileri,

• Pirometalurjik teknolojiler,

• Elektrokinetik teknolojiler,

• Biyokimyasal teknolojiler,

• Toprağı su / sıvı ile yerinde(in-situ) temizleme teknolojileri,

• Toprak yıkama (kimyasal sızma) teknolojileri ile,

• Fitoremediasyon teknolojileri olarak sıralanabilmektedir.

Bu çalışmada, bitkiler vasıtasıyla kirlenmiş toprakların arıtımı konusu (Fitoremediasyon) ele alınacaktır. Toprak kirliliğinin kontrolünde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemleri, uygulama kolaylığı ve uygulama süresinin kısalığı gibi bazı avantajlara sahip olmasına rağmen, gerek arıtma masrafının yüksek olması, gerekse arıtma sonucunda ortaya çıkan diğer kirletici formlarının nihai gideriminin zorlukları nedeniyle çevresel açıdan fazla tercih edilmemektedir. Kimyasal arıtmaya alternatif olarak kullanılan ve kısaca bitkiler kullanılarak topraktan yerinde (in-situ) organik ve metal kirleticilerin giderimi olarak tarif edilen fitoremediasyon yöntemi, yeni ortaya konmuş, ekonomik ve ekolojik olması ile özel donanım gerektirmemesi ve uygulanan bölgenin yeniden kullanılabilmesine imkan vermesi gibi avantajlara sahip olması nedeniyle günümüzde tercih edilen bir yöntem haline gelmektedir.

2.7. Bitki Seçimi

Fitoremediasyonun başarısı için uygun bitki seçimi esastır. Uygun bitki türlerinin seçimi için iyi bir başlangıç noktası ise kirli alanlardaki doğal olarak yetişen vejetasyonun kullanılmasıdır. Bu yerlerdeki bitkiler kirli çevrede büyüme ve yaşama yeteneğine sahiptirler.

Bitkiler, kirleticilerin özelliğine ve uygulama ihtiyaçlarına bağlı olarak seçilir. Organiklerin fitotransformasyonu söz konusu olduğunda hızlı büyüme özelliğine sahip, dayanıklı, bakımı kolay; eğer yer altı suyu kirliliği sorun ise evapotransprasyonla yüksek miktarda su kaldırma yeteneğinde olan, ilgili kirleticiyi toksik olmayan veya daha az toksik ürünlere dönüştüren bitkiler tercih edilmektedir. Ilıman iklimlerde kavak (*Populus spp*) ve söğüt (*Salix spp*) gibi taban suyu bitkileri hızlı büyümesi, daha derinlere köklerinin inmesi, yüksek transpransyon oranları ve yöresel adaptasyonlarının yüksek olması nedeniyle tercih edilmektedir. Petrokimya alanlarının temizlenmesinde ise dut (*Morus spp*), elma (*Malus spp*) ve narenciye (*Citrus spp*) gibi diğer ağaçlar *phenolics* ve *flavonoid'leri* serbestleme yetenekleri dolayısıyla özellikle PCB ve PAH degredasyonu ile ilgili olduğu için tercih edilmektedir (Schnoor ve Dee 1997).

Çimler yüzey toprakta çok fazla kök miktarı oluşturduğu için TPH, BTEX ve PAH gibi kirleticilerin transformasyonunda etkilidirler. Çimler ağaçlar arasında toprak stabilizasyonu sağlama ve toz halinde rüzgarla kirleticilerin kirli alanlar dışına taşınmasını önlemektedir. Yonca (*Medicago spp*), üçgül (*Trifolium spp*) ve bezelye (*Pisum spp*) gibi baklagiller zayıf topraklara azot sağlamak için kullanılmaktadır. Koyun yumağı (*Festuca spp*) ve çavdar (*Secale cereale*) gibi bitkiler özellikle petrokimyasal atıklarla kirli yerlerin temizlenmesinde başarıyla kullanılmaktadır (Schnoor ve Dee 1997).

Metallerin fitoremediasyonu için bitkilerin seçimi uygulamaya bağlıdır. Fitoekstraksiyon temizlemelerinde bugüne kadar kullanılan bitkiler kurşun için örnek olarak ayçiçeği (*Helianthus annuus*), *Brassica juncea*; çinko, kadmiyum ve nikel için *Thlaspi spp*.; radyoaktif elementler için ayçiçeği (*Helianthus annuus*) ve sucul bitkiler (*Typha spp, Lemna spp, Maranta spp, ve Potamogeton spp*) sayılabilir (Schnoor ve Dee 1997).

2.8. Fitoremediasyon Hakkında Yapılmış Literatür Çalışmalar

Dünyada ağır metaller üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda önemli düzeyde artış göstermiş olup, bu çalışmalar ağır metallerin özellikle bitkiler ile olan etkileşimleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bitki ve ağır metal etkileşimi üzerine yapılan araştırmalarda;

Balkan (1993), yılında yaptığı çalışmasında, Yetişme ortamında artan Pb konsantrasyonunun *Helianthus annuus*'un gelişmesi üzerine olan etkisini inceledi. Bu araştırmanın diğer bir amacı da *H. Annuus*'un değişik organlarında Pb'un dağılımını saptamaktı. *Helianthus annuus* fideleri kum kültürlerinde yetiştirildi. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1. 1, 5, 10, 20, 40, 80, 100, 250, 500 ve 1000 ppm Pb uygulanarak yapılan çimlenme deneyinde kontrole göre belirgin bir fark bulunamamıştır. Buna karşın çimlenmeden sonra kurşunun toksik etkileri köklerde ve kotiledonlarda belirgindir.
2. Kurşun miktarı arttıkça Pb'un alımı ve birikimi bütün bitki kısımlarında artmaktadır. Bitki organları arasında en fazla Pb köklerde bulunmuştur.

3. Aynı miktardaki Pb uygulamasında, köklerdeki Pb değerleri 11 günün sonunda 35'den 166 ppm'e, 30 günün sonunda ise 155'den 455 ppm'e, gövdelerde 3.4'den 15 ppm'e yine 36'dan 196 ppm'e, yapraklarda ise 0.6'dan 9.7 ppm'e, aynı şekilde 4.2'den 65.4 ppm'e kadar yükselmiştir.
4. Bütün bitkinin ve tek tek organların biyomas prodüksiyonu yetişme ortamındaki farklı Pb miktarıyla ilişkili olarak etkilenmiştir. 500 ppm'den itibaren yaprak yüzeyi ve yaprakların kuru ağırlığı 76 günlük bitkilerde kontrol bitkilerine göre %50 oranında azalmıştır.
5. *Helianthus annus* bitkisinin yapraklarında ilk Pb uygulamasından sonra 10 gün içinde 100 ppm'den itibaren yaprak klorozu ve yaprak nekrozu olarak olumsuz semptomlar belirmeye başlamıştır. Bu semptomlar ve jetasyon periyodu süresince daha belirgin olmuştur.

Erol (1997), yılında yaptığı çalışmada, Yüzen bitki olarak bir su mercimeği türü olan *Lemna minor*'un kullanıldığı yüzen akuatik bitki sistemi ile evsel atıksuda azot formlarının gideriminin gözlenmesidir. Bu amaç için öncelikle akuatik sistemler ve bu amaç için kullanılan bitki türleri tanıtılmış, bu sistemlerin tasarım parametreleri ve bazı örnek çalışmalar anlatıldıktan sonra, akuatik sistemlerdeki azot döngüsü ve özellikle nitrifikasyon anlatılmıştır. Bu sistemlerde evsel atıksu arıtımında azot giderimi incelenmesini içeren deneysel giderim çalışmaları 175 gün sürmüştür. Bu çalışma kapsamında, bir su mercimeği türü olan Lemna minor içeren iki akuatik bitki arıtma havuzu kullanılmıştır. Bu iki havuz, 10 × 10 cm^2'lik sekiz karesel bölmeden ibaret olup her birini yüzey alanı 800 cm^2'dir. Havuzlar farklı su derinliklerinde işletilmiştir. 'A' Havuzu olarak isimlendirilen ilk havuzun etkili hacmi 9.6 L ve 'B' havuzu olarak nitelendirilen İkinci havuzun etkili hacmi 6.4 L'dir. Her iki havuz da 0.4 L/gün, 0.576 L/gün, 0.720 L/gün, 1.1 L/gün, 0.95 L/gün ve 1.98 L/gün'lük debilerde; beş ayrı hidrolik bekletme süresinde işletilmiştir. Hidrolik bekletme süreleri 3.3 günden 23 gün arasında değişmektedir. Reaktörlerdeki sıcaklık, çevrelerindeki içi su dolu bir havuz ve kış aylarındaki bir ısıtıcı ve yaz aylarında da su devri daimi ile 20-25 ^0C civarında tutulmuştur. Her iki reaktörde de bütün hidrolik bekletme sürelerinde TKN, NH_3-N ve NO_3-N parametreleri ölçülmüş ve çalışmanın ikinci döneminde giriş noktasının

başlangıcından itibaren farklı noktalarda aynı parametreler ölçülmüştür. Su mercimeği bitkisi, iklimsel koşullara ve atıksu karakterizasyonundaki değişimlere karşı oldukça yüksek bir tolerans kapasitesine sahiptir. Bununla birlikte, bu bitkilerin ya da mikroorganizmaların arıtma prosesinde ne derece rol oynadığı saptanamamıştır. Sistemlerin tasarımında, hidrolik yükleme oranının, hidrolik bekletme süresine göre daha anlamlı bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır. Arıtımın büyük bir kısmı, sistemlerin ilk gözlerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, daha yüksek verim elde edebilmek için sisteme ardışık girişler gerçekleştirilmesi önerilir. Bu sistemlerde, sık hasat koşullarında, yüksek oranda azot gideriminin gerçekleştiği gözlenmiştir.

Karagöz (1998), yılında yaptığı çalışmasında, Sızıntı suyu arıtımında biyolojik arıtmanın şart olduğu ve sonrasında su kalitesini iyileştirmek için doğal arıtma sistemlerinin uygulanması gerektiği düşünülmüştür. Bu şekilde bir çalışma diğer yöntemlere göre oldukça ucuz olmaktadır. Bu tezde doğal arıtma sistemlerinden bitkilerle oluşturulmuş sistemler üzerinde durulmuştur. Bitkiler yüzen, köklü ve batık su bitkileri olmak üzere üç grupta incelenebilirler. Literatür bilgileri ışığında köklü bitkilerin sızıntı suyuna daha iyi adapte olabildikleri söylenebilmektedir. Yapılan sekiz aylık çalışma süresince anaerobik-biyolojik arıtmadan geçirilmiş çöp sızıntı suları bitkilerle oluşturulan sistemlere verilmiştir. Burada bitkilerin bu sulara uyum sağlamaları ve bu suları arıtmaları gözlenmiştir. Çalışma boyunca dört farlık sistem incelenmiştir. Bu sitemlerin üçünde su mercimeği türü olan *Lemna minor* kullanılmıştır. Birinci sistem 9,6 L hacminde içinde su mercimeği bulunan havuzdan ibarettir. Bu havuza ortalama olarak KOI'si 535 mg/L ve TKN'si 151 mg/L olan çöp sızıntı suyu verilmiştir. Sonuç olarak bitkilerin 33 gün sonra sarardığı ve 40 gün sonra öldüğü gözlenmiştir. Ortalama olarak %61 KOI giderim verimine ve %27 TKN giderim verimine ulaşılmıştır. İkinci sistem birinci sistemin önüne 10-20 mm çaplı çakılların doldurduğu bir havuz eklenmiştir. Bu havuzun boşluk hacmi 4,4 L'dir. Bu sistemle yapılan çalışmalar 69 gün sürmüştür. Besleme suyu TKN'si 141 mg/L ve KOI'si 513 mg/L'dir. Bu çalışmada besleme suyu KOI'si anaerobik çıkıştaki organik maddenin artması nedeniyle bazen 1200 mg/L mertebelerine çıkmıştır. Dolasıyla bu sistemde şok yükleme sonucu

ölümler gözlenmiştir. %70 KOI giderim verimine ve %40 TKN giderim verimine ulaşılmıştır. Üçüncü sistem çakıl dolu havuzla, bitkili havuzun arasına 1,4 L hacminde havalandırma beheri ilave edilerek yapılmıştır. Bu sistem 362 mg/L KOI'li ve 165 mg/L TKN'li suyla beslenmiştir. Sonuç olarak %30 KOI giderim verimine ve %81 TKN giderim verimine ulaşılmıştır. Bu sistemdeki bitkiler de 64 gün sonra ölmüşlerdir. Dördüncü sitem 1-3 mm çakılla doldurulmuş havuza köklü bitki ekilerek oluşturulmuştur. Bu sisteme KOI'si 492 mg/L, TKN'si 225 mg/L ve TP'si 4 mg/L olan sızıntı suyu verilmiştir. Deneyler yağmurun sık yağmasından dolayı arazi şartlarında çalışan sistemin tam olarak performansı belirlemeye yetmemiştir. Ama %46 KOI giderim verimine, %36 TKN giderim verimine ve %66 TP giderim verimine ulaşılmıştır. İzlenen aralık sonunda bitkilerin oldukça sağlıklı olduğu görülmüştür. Literatürden ve çalışmadan elde edilen bilgilere göre sızıntı sularının arıtımında köklü bitkiler daha sıklıkla kullanılmaktadır. Yüzen bitkiler fazla uyum sağlayamamaktadır. Eğer yüzen bitkilerle çalışma yapılmak isteniyorsa koşuların kontrol edilmesi gerekmektedir.

Hız (2000), yılında yaptığı çalışmasında, beş farklı bitki grubu (*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg), *Acer negundo* (Akçaağaç), *Typhaceae angustifolia L.*(Su Kamışı), *Lycopersicum esculentum Miller* (Domates) ve *Cynedon L. pers* (Ayrık otu)) incelenmiştir. Bu bitkiler, dere kenarında yetişen bitkiler olup, tamamen dere suyu ile sulanmaktadır. Bitkilerde dört farklı ağır metal (Cu, Fe, Cd ve Pb) incelenmiştir. Numuneler, beş aylık bir süre boyunca, ayda bir kez alınmıştır. Her bitki türü, bitki yoğunluğuna bağlı olarak ayrı bir noktadan alınmıştır. Yapılan analiz çalışmalarında, bütün bitkilerin en fazla kadmiyum absorbladığı görülmüştür. Kadmiyumdan sonra en çok absorblanan metal demir olmuştur. Bazı bitki türlerinde absorblama miktarı çok fazla olurken, diğer bitkilerde çok düşük olabildiği görülmüştür. Genellikle *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) numuneleri, incelenen tüm bitkiler içinde metallerin en fazla absorblandığı bitki türü olmuştur. Bitkiler içinde *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta kadmiyum en fazla absorblanan metal olmuştur. *Typhaceae angustifolia L.* (Su Kamışı) ve *Cynedon L. pers* (Ayrık Otu) numunelerinden elde elden sonuçlar, birbiri ile paralellik göstermişlerdir.

Zengin (2002), yılında yaptığı çalışmasında, Fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi ile protein, pigment, hormon(absisik asit, sitokinin) ve vitamin (A,E,C) miktarları üzerine civa, bakır, kadmiyum ve kurşunun etkilerini araştırmıştır. Her dört ağır metal fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellemiştir. Ağır metal tuzunun konsantrasyonundaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik görülmüştür. Yapraklarda yapılan pigment analizlerinde civa, bakır, kadmiyum ve kurşunun klorofil a, klorofil b, total pigment I ve total pigment II miktarlarını azalttığı, buna karşılık karotenoid miktarını artırdığı tespit edilmiştir. Ağır metal tuzu içeren solüsyonlarda yetiştirilen fidelerin total protein miktarı kontrol bitkilerine göre daha düşük çıkmıştır. Ağır metal uygulaması fidelerin hormon düzeylerinde de önemli değişiklikler yapmıştır. HPLC'de yapılan analizlerde absisik asit miktarının ağır metal uygulaması ile arttığı belirlenmiştir. Ağır metallerin, fidelerin turp kotiledonu genişleme testi ile belirlenen sitokinin aktivitelerini azalttığı görülmüştür. Son olarak, fidelerin yapraklarından HPLC ile tespit edilen A, E ve C vitaminlerinin miktarları ağır metal etkisiyle artmıştır. Çalışılan parametreler üzerinde, genel olarak, en fazla toksik etkiyi civa göstermiş, civayı sırayla kadmiyum, bakır ve kurşun izlemiştir. Sonuçlar istatistik açıdan $p < 0.05$ ve $p < 0.01$ düzeylerinde önemli bulunmuştur.

Sarıalioğlu (2003), yılında yaptığı bu tez kapsamında, ülkemizde yeterince incelememiş olan doğal arıtım sistemlerinin, evsel atıksuların arıtımında gösterdikleri performans değişimleri, arazi şartlarında incelenmiştir. Bu amaçla, arazi şartlarında kurulan doğal arıtım sistemi, bir evsel atıksu arıtma tesisinin ön çökeltme havuzunun çıkış suyu ile beslenmiştir. Çalışma, iki dönem halinde yürütülmüş ve sistemin KOİ, AKM ve besi maddesi giderme kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, değişik çaplardaki dolgu malzemelerinden oluşmuş 33.6 L boşluk hacmine sahip bir reaktör ve buna seri olarak bağlı, içerisinde *L.minor* ekilmiş olan, 40 cm su derinliği, 57.6 L hacme sahip ikinci bir reaktörden oluşturulmuş bir sistem kullanılmıştır. Atıksu sisteme, iki adet debi ayarlı peristaltik pompa yardımıyla verilmiştir. Çalışmada kullanılan atıksu, Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi'nin ön çöktürme havuzunun çıkışından periyodik olarak alınmıştır. Çalışma süresince iki farklı HBS (hidrolik bekletme süresi) kullanılmıştır. Birinci aşamada, 1. ve 2. reaktörler için

sırasıyla 6,67 günlük ve 11,4 günlük bekletme süreleri kullanılmıştır. İkinci aşamada bu değerler sırasıyla, 3,33 ve 5,7 gün olmuştur. Çalışmanın her iki döneminde, sistemin değişik noktalarından alınan numunelerde AKM, KOİ, NH_3-N, TKN, TP analizleri gerçekleştirilmiş ve bu veriler literatürde verilen bilgilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, birinci reaktörde %85,3 AKM ve %78 KOİ, ikinci reaktörde %52,2 AKM, %44,9 KOİ, %80,2 TKN ve %12,2 TP giderim verimleri elde edilmiştir. Sonuç olarak, doğal arıtım sistemlerinin, evsel atıksuların ikincil ve ileri arıtımı için geniş bir ölçekte uygulanabilir olduğu, fakat arıtım mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan çalışmaların sayısının artması gerektiği görülmüştür.

Erdoğan (2004), yılında yaptığı çalışmada, Akdeniz Bölgesindeki Katı Atık Depolama Alanlarında biyolojik yaşamın geliştirilmesi için yapılabilecek bitkilendirme çalışmalarının Adana-Sofulu Çöp Depolama Alanı örneğinde denenmesini amaçlamıştır. Çalışmada Akdeniz Doğal Bitki örtüsü içinden seçilen *Althea rosea*, *Cynodon dactylon*, *Inula viscosa*, *Melilotus officinalis* ve *Thymbra spicata* var. Spicata bitkilerinin çöp depolama alanındaki büyüme ve gelişme durumları, temiz su ile çöp sızıntı suyu ile sulanmaları durumunda gösterecekleri performans araştırılmış ve çöp depolama alanının ıslahına katkıları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre *Althea rosea*, *Cynodon dactylon*, *Melilotus officinalis*'in Akdeniz Bölgesi iklimi, olumsuz toprak koşullarında ve kurak geçen aylarda çöp sızıntı suyu ile sulanarak çöp depo alanı üzerinde yetişmesinin mümkün olduğu ve bu tür alanların iyileştirilmesi için kullanılabileceği, *Inula viscosa* ve *Thymbra spicata*'nın biyolojik onarım açısından diğer materyaller kadar başarılı olamadığı sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak araştırma bitkileri ile alanda kendiliğinden gelişen yabancı bitki türleri belirlenmiş bitkilerin toprak kalitesi üzerine katkıları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu durumda yabancı bitkilere gelişim şansı verdikleri için *Inula viscosa* ve *Thymbra spicata*'nın da alanın bitkilendirilmesinde kullanılabileceğini iki yıl süren bu çalışma kapsamında söylemek mümkündür.

Erkek (2004), yılında yaptığı çalışmasında, Krom ile kirletilmiş toprakların bitkiler ile temizlenmesi, yani bitkiler tarafından topraktaki ağır metallerin arıtılması (fitoremediasyon) amaçlanmıştır. Suni olarak hazırlanan dört farklı dozda krom tatbik edilen toprak ile kontrol toprağına *korungo*, yonca, darı, *festuca*, *colinprene,* ıspanak, dereotu ve poa çim tohumları ekilmiştir. Kontrol bitkisine en yakın sonucu veren bitkinin tespiti amacıyla çimlenme süreleri, çimlenme oranları ve bitki boy değerleri tespit edilmiştir. Buna göre en iyi arıtım gerçekleştiren bitki tespit edilmiştir. En iyi arıtım verimi, kontrol bitkisine kıyasla *festuca* çim bitkisinde elde edilmiştir. *Festuca* bitkisinin arıtım değerini rakamsal olarak tespit etmek için *festuca* çim tohumunda krom tayinleri gerçekleştirilerek arıtım oranı belirlenmiştir.

Uysal (2004), ortamdaki Pb(II) ve Cd(II) iyonlarının Su Mercimeği *Lemna minor L.*'nin üremesine etkisini araştırmıştır. Araştırmada, farklı derişimlerde (0,1-100,00 mg/L) metal iyonlarını ayrı ayrı ve birlikte içeren kültür ortamlarında bitkiler yetiştirilerek, ortamın değişen başlangıç pH'ı, sıcaklığı ve metal iyonları derişimlerinde, zamanla bitkinin frondları sayılmış, bitkideki ve yetişme ortamındaki iyon değişimi AAS ve ICP-AES'de analiz edilmiştir. Frond sayısının zamanla artışından bitki üreme kinetiği çıkarılmış, kinetik modelin frond sayısına bağlı birinci dereceden kinetik modele uyduğu saptanmış ve her ortam için büyüme hız sabitleri bulunmuştur. Sonuçlar, her iki metal iyonlarının özellikle kadmiyumun, bitkiye toksik olduğu ve büyüme hız sabitlerininin düştüğü görülmüştür. Ortamdan metal iyonu gideriminde Pb(II) için pH 5,0 ve 30°C; Cd(II) pH 5,5 ve 25°C; olduğu bulunmuştur. Ortamdaki metal iyonu derişimleri artmıştır. 50,0 mgPb / L ve 100 mgPb / L bulunan ortamda üreyen bitkideki Pb(II) derişimlerinin sırayla 15,10 ve 14,72 mgPb(II) / g; 10,0 mgCd / L ve 20,0 mgCd / L bulunan ve ortamdaki bitkide sırayla, 33,33 mgCd / g ve 37,70 mgCd / g olduğu bulunmuştur ve ortamdaki iyon derişim 50,0 mgPb / L ve 10,0 mgCd / L üzerinde bitkideki derişimlerin değişmediği saptanmıştır. Ayrıca ortamda iki metal iyonunu bir arada iken, tek metal iyonu bulunan ortama göre bitkilerdeki metal iyonu derişimlerinin arttığı saptanmıştır. Su Mercimeği'nin Pb(II) ve Cd(II) iyonlarını düşük derişimlerde içeren asidik (pH 5,0) atıksularda yetişebileceği, söz konusu iyonların kısmen geri kazanılmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yılmaz (2004), yılında yaptığı çalışmasında, Yüzen su bitkilerinden su mercimeğinin (*Lemna minor L.*) S.Ü. Kampus Alanı atıksularının arıtılmasındaki etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla laboratuar ölçekli bir düzenek oluşturulmuş ve sadece su mercimeğinin bu ortamda gelişebilmesi sebebiyle bu bitkinin arıtımındaki rolü, özellikle azot, fosfor giderimindeki etkinliği belirlenmiştir. S.Ü. Kampus atıksuyunun karakteristiğini belirlemek amacıyla, atıksu toplama kanalından aylık kompozit numuneler alınarak analizleri yapılmıştır. Atıksu arıtımının gerçekleştirildiği 50×50×40 cm boyutlarındaki tanklar ışık, sıcaklık ve nemin kontrol altında tutulduğu bir iklim odasına yerleştirilmiştir. Tanklara atıksu beslemesi alınan kompozit numuneler ile yapılmıştır. Arıtım çalışmaları kesikli ve sürekli olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiş ve tankların giriş-çıkış sularında pH, AKM, Bulanıklık, Çözünmüş Oksijen, Organik Madde, KOI, Nitrat-N, Amonyak-N ve Toplam P parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Bitkinin arıtımındaki etkinliğini belirlemek amacıyla, bitki bulunmayan kontrol tankları da diğerlerine paralel olarak çalıştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, orta derecede kirli bir evsel atıksu niteliğindeki Kampus atıksuyunun su mercimeğiyle oluşturulan sistemle başarılı bir şekilde arıtılabileceğini özellikle de azot ve fosfor gideriminde oldukça etkili olduklarını göstermektedir. Bitkiler nihai arıtım verimine yaklaşık yedi günlük bekleme süresinde ve 4.5 g/gün büyüme hızında ulaşabilmektedir. Bütün parametrelerin verimleri birlikte değerlendirildiğinde Kesikli sistemle %65-90, sürekli sitemde ise %72-95 oranında arıtım verimine ulaşılmıştır.

Durak (2005), yılında yaptığı çalışmasında, *Juncus acutus* bitkisi ile çöp deponi alanlarından oluşan sızıntı suyu ve arıtma tesislerinden oluşan arıtma çamurlarının içerisindeki ağır metallerin giderim performanslarını araştırmıştır. Çalışmasında çöp sızıntı suyu bitkilere sulama suyu olarak uygulanırken arıtma çamuru da yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda Juncus acutus bitkisinin kobalt, demir, nikel ve bakır analizleri kök, gövde, yapraklarında ve toprakta yapılmıştır. Sonuç olarak bitkinin anılan ağır metalleri özellikle köklerinde biriktirdiği ve bitkilerin yoğun kirlilik koşullarında bile canlılıklarını sürdürebildikleri belirlenmiştir.

Esringü (2005), yılında yaptığı çalışmasında, Toprak kirliliğine sebep olan doğal ve insan aktivitelerine bağlı olarak topraklara karışan hareket kabiliyeti sınırlı olan ağır metallerin kimyasal kleyt oluşturucu maddelerle topraktaki hareket kabiliyetlerini artırarak, kanola ve hardal bitkisi gibi hiperakümülatör bitkiler yardımıyla uzaklaştırılmasını sağlama amacıyla yapmıştır. Deneme kontrollü büyütme kabininde, 20 cm çapında plastik saksılara 2000 g toprak/saksı olacak şekilde yerleştirilmiş ve Tam Şansa bağlı deneme desesine göre; 2 bitki (kanola ve hardal), 4 şelat dozu (0, 3, 6, 12 mmol/kg EDTA), 3 tekerrür ve her bir tekerrür için 30 saksı olmak üzere toplam 240 saksıda yürütülmüştür. Her bir saksıya 50 mg/kg Cd($CdCI_2$), 50 mg/kg Zn($ZnSO_4$), 50 mg/kg Cu($CuSO_4$) ve 50 mg/kg Pb($NO_3)_2$ toprak kirletici ağır metaller saf suda çözündürülerek tarla kapasitesinin %100 kadar olacak şekilde her bir saksıya saf su ile uygulanmıştır. Saksılara ilave edilen ağır metallerin toprak tarafından absorbsiyonu için; gece sıcaklığı 10-12 ^{0}C, gündüz sıcaklığı 25-30 ^{0}C, 12 saat aydınlatma, 12 saat karanlık peryotta ve %30-40 neme sahip büyütme kabininde 1 ay süreyle; inkübasyona bırakılmıştır. Toprakta bulunan ağır metallerin bitki tarafından alımını kolaylaştırmak amacıyla uygulanan EDTA kleyti 0, 3, 6, 12 mmol/kg dozlarında tohum ekiminden bir hafta önce ve 30 gün sonra olmak üzere 2 kademede saksılara uygulanmıştır. Bitkiler 96 günlük büyüme periyodu sonucunda hasat edilerek kök ve gövde aksamında kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bir dekarlık araziden 0-20 cm toprak derinliğindeki Zn, Cu, Pb ve Cd kirliliğini normal kültür bitkilerinin yetişebileceği toksitite sınırları altına düşürebilmek içi 6 mmol/kg EDTA ve 5000 adet bitki/da kanola veya hardal bitkilerinin yardımıyla 2-3 yıl sürenin gerekli olduğu belirlenmiştir. Ancak topraktaki toplam miktarlar dikkate alındığında ise kanola bitkisi ile Zn, Cu, Pb ve Cd uzaklaştırmak için sırasıyla yaklaşık 4, 7, 19 ve 15 yıllık bir sürenin gerektiği, hardal bitkisinde ise 6, 15, 28 ve 22 yıllık süreye ihtiyaç duyulacağı ve bu sonuçlara göre, kanola bitkisi ile uzaklaştırmanın hardal bitkisine oranla çok daha etkili olabileceği ortaya konmuştur.

Ingwersen ve Strect (2005), atık su ile sulanan topraklarda ürünlerin Cd alımını ve basit bir proses modeli oluşturarak topraktaki Cd seviyesini istenilen düzeyde tutarak yapmış oldukları araştırmada, 40 yıldır atık su ile sulanan topraklarda 2 yıl boyunca patates, şeker pancarı ve buğday yetiştirmişler ve topraktaki Cd konsantrasyonlarında doğrusal bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca havanın durumuna göre Cd alımında değişmeler olduğunu ve Cd alımında terlemenin önemli bir rolü olduğunu belirtmişlerdir.

Güder (2005), yılında yaptığı çalışmasında, Farklı dozlarda arıtma çamuru uygulaması ile Zn konsantrasyonu artırılmış toprakta yetiştirilen Kolza (*Brassica napus L.*) bitkisinin bitkisel ekstraksiyon yöntemi ile topraktan Zn' yu toprak üstü aksamlarında ne kadar biriktirdiğini belirlemiştir. Denemede kullanılan toprak ve arıtma çamuru örnekleri A.Ü.Z.F. Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nden ve Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi' nden alınmıştır. Serada yürütülen bu çalışmada topraklara bitki ekiminden 5 farklı dozda (0, 20, 40, 80 ve 160 ton/ha) arıtma çamuru uygulanarak toprak kirletilmiştir. Arıtma çamuru ilave edilen topraklar 3 ay inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon periyodu sonrasında aynı saksılara *Brassica napus L.* bitkisi ekilmiş ve 3,5 ay sonrasında hasat edilmiştir. Deneme sonunda her saksıdan aynı zamanda toprak ve bitki örneklemesi yapılmış ve toprak ve bitki ekstraktında Zn konsantrasyonu ICP-AES ile belirlenmiştir. Toprağa uygulanan arıtma çamuru, doz artışlarına göre toprak da ve bitkide Zn konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. *Brassica napus L.*' nin yüksek dozda Zn konsantrasyonundan etkilenmediği ve kontrole göre topraktan Zn' yu daha fazla kaldırdığı saptanmıştır. *Brassica napus L.* bitkisinin topraktan Zn' yu kaldırması üzerine toprağın pH' sı organik maddesi, fosforu, EC' si ve kirecin de önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur.

Kurca (2005), yılında yaptığı çalışmada, Konya çevre yollarında doğal olarak yetişen ve halk tarafından besin olarak tüketilen *Cichorium inthybus (C.i)*, *Lactuca serriola (L.s)*, *Chondrilla juncea* var. *Acantholepis (C.j)*, *Scorzonera cana* var. *Jacquiniana (S.c)* bitkilerinin yenen kısımlarındaki ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal (Pb, Cd, Ni, Cu, Mn, Al, Cr, Zn, As, Se) içerikleri ICP-AES cihazında

belirlenmiştir. Bitkilerdeki en yüksek Pb (1.96 mg/kg), Cd (0.11 mg/kg), Ni (7.39 mg/kg), Cu (17.36 mg/kg), Mn (392.84 mg/kg), Al (861.37 mg/kg), Zn (108.93 mg/kg) ve Se (1.75 mg/kg) konsantrasyonları *Chondrilla juncea* var. *Acantholepis* bitkisinde; en yüksek Cr (13.86 mg/kg) ve As (13.76 mg/kg) konsantrasyonları *Cichorium inhtybus* bitkisinde belirlenmiştir. Bitkilerin topraklarındaki en yüksek Pb (2258.46 mg/kg) konsantrasyonu *Chondrilla juncea* var. *Acantholepis* toprağında, en yüksek Cd (1.21 mg/kg), Cu (553.82 mg/kg), Mn (1701.03 mg/kg), Cr (4.75 mg/kg) ve Zn (2181.3 mg/kg) konsantrasyonları *Cichorium inhtybus* toprağında, en yüksek Ni (213.85 mg/kg), Al (11.8 mg/kg), As (17.76 mg/kg) ve Se (5.39 mg/kg) konsantrasyonları *Lactuca serriola* toprağında belirlenmiştir. Bu bitkilerden ortalama günlük tüketimle alınan ağır metal miktarları WHO standartları ile karşılaştırıldı. Alınan miktarların tolere edilebilir alımlara katkıları As'in %99, Mn'ın %72, Cr'un %50, Al'un %13, Ni'in %11, Pb'un %8.4, Se'un %4, Cd ve Zn'nun %1.6 ve Cu'ın %0.5'tir. Yıkanmış ve yıkanmamış bitkilerden vücuda alınan As, Cr ve Mn miktarları ile yıkanmamış bitkilerden alınan Pb, Ni, Al ve Se miktarları metal toksisitesi açısından riskli; yıkanmış ve yıkanmamış örneklerden alınan Cd, Cu ve Zn miktarları ise metal toksisitesi açısından risksiz bulunmuştur.

Arlı (2006), yılında yaptığı bu tez çalışmasında, İçerisinde yüksek konsantrasyonlarda ağır metal bulunduran arıtma çamurları gübreleme ve toprak iyileştirme için kullanılır. Deney arıtma çamuru serili alanda doğal yetişen bitkilerin ağır metalleri kaldırıp dışarıya taşımasını araştırır. Arıtma çamuru orta düzeyde Pb, Cr, Ni, Cu, Zn ihtiva eder fakat Cd bulundurmaz bu nedenle T.S.E'ne göre çamur tarım için kullanılabilir haldedir. Deney aşamasında arıtma çamuru analiz edilmiş ve içindeki pH, organik madde, potasyum ve fosfor konsantrasyonları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda en yüksek bakır konsantrasyonu *Echinochloa crus-galli* bitkisinin kök dokusunda 345 mg/kg değerinde bulunmuştur ve metal transför faktörü 1'den yüksektir. Brassica juncea bitkisi ise 193 mg/kg değerinde Zn biriktirmiştir ve metal transfer faktörü 1 den düşüktür. En yüksek Cu konsantrasyonu *Datura stramonium* bitkisinde 45 mg/kg bulunmuştur fakat transför faktörü 1'in

altındadır. Pb, Cr, Ni ve Cu konsantrasyonları bitki dokularında ihmal edilebilir ya da Cd gibi yok sayılabilir.

Dirim (2006), yılında yaptığı çalışmasında, ekolojik yapısı diğer bölgelerle kıyaslandığında fazla bozulmamış Aşağı Kelkit Havzası ekosisteminde bulunan doğal sulak alanların ve bu ekosistemdeki hakim su bitkilerinin sulak alana gelen kirletici yüklerin giderimindeki etkinliklerini, özellikle sudaki fosfor giderimlerini belirlemiştir. Doğal sulak alana gelen suyun içerisindeki kirletici parametrelerden turbidite, ortofosfat, elektriksel iletkenlik (EC), pH ve çözünmüş oksijen seviyesi incelenmiştir. Çıkış suyunda turbidite % 48, ortofosfat % 48 ve EC'de % 0,07'lik giderim sağlanmıştır. Sulak alana gelen ve çıkan suda çözünmüş oksijen miktarı 9 mg/L'nin üzerinde tespit edilmiştir. Bu değer göl suları için normal değerdir. Laboratuar çalışmasında denenen bitki türlerinden en fazla fosfor giderimi %84 ile *Lemna minor*, % 75 ile *Ceratophyllum demersum* türlerinde tespit edilmiş diğer türler % 50 civarında fosfor gidermiştir. *Typha angustifolia* ise % 18 ile diğer türlerden daha düşük performans göstermiştir.

Güzel (2006), yılında yaptığı çalışmasında, Farklı kil minerali tiplerine sahip üç toprakta ve ağır metallerin adsorpsiyonu ve sera koşullarında ağır metallerin hıyar bitkisi (*Cucumis sativus L. cu. Beith Alpha*) tarafından alımını araştırdı. Incelenen topraklar smektit, illit ve kaolinit kil mineralleri olup incelenen ağır metaller Cu, Zn, Cd, Ni ve Pb'dir. Toprak ve kil fraksiyonunun Cu ve Pb adsorpsiyonunun *Freundlich* Adsorpsiyon izotermine uygun olduğu görülmüş, bu uyguluk Cu ve Pb elementlerinin birden daha fazla bir molekül sıraları halinde kil minerallerinin tabakaları arasına girdiği şeklinde değerlendirilmiştir. Zn, Cd ve Ni adsorpsiyonlarının *Langmuir* adsorpsiyon izotermine uygun olduğu görülmüş, bu durum Zn, Cd, ve Ni ağır metallerinin tek molekül sırası halinde kil minerallerinin tabakaları arasına girdiği şeklinde yorumlanmıştır. Smektit toprakların illitik ve kaolinitik topraklardan daha yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu görülmüş, bu smektitin yüzey alanının yüksek olduğu ile ilişkilendirilmiştir. Kil minerolojisinin ağır metal adsorpsiyonunda pH'dan daha önemli olduğu görülmüştür. Yüzey alanının azalması ve pH'nın artması ile ağır metal adsorpsiyonunun azaldığı bulunmuştur.

İspirli Gökrem (2006), yılında yaptığı çalışmasında, Tokat-Turhal Yeniceler Köyünde ve Tokat-Turhal Kat Kasabasında evsel atıksuyu arıtmak üzere kurmuştur. İçinde *Typha latifola L.* bitkisi bulunan iki adet yapay sulakalan üzerinde 2005–2006 sezonunda yürütmüştür. Bu sulakalanların kirlilik giderim verimi ve çıkış sularının tarımsal sulama suyu olarak değerlendirilmesi olasılığını araştırmıştır. Her iki yapay sulakalanda evsel atıksuyun alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayıp sağlamadığının kontrolü amacıyla pH, BOI, KOI, AKM, TN, TP, NH_3 –N kirlilik parametrelerinin giderim verimi ve çıkış suyunun tarımsal sulama suyu kriterlerine uygunluğunun belirlenmesi amacıyla EC, %Na, SAR, Cl, SO_4 , B, K, Ca+Mg, RSC parametreleri incelenmiştir. Sekiz aylık araştırma çalışmaları sonucunda Tokat-Turhal Yeniceler Köyü Yapay Sulakalanı ve Turhal Kat Kasabası Yapay Sulakalanında ortalama kirlilik giderim verimlilikleri sırasıyla BOI % 62,7-% 66,3, KOI % 60,2-% 49,3, AKM % 81,5-% 58,9, TN % 25,2-% 25,5, TP % 34,1-% 36,8, NH3 –N % 33-% 30,2 bulunmuştur. Her iki sulakalanın ortalama arıtma verimlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Her iki yapay sulakalan çıkış sularının sulama suyu kriterlerine uygunluğunun incelenmesi sonucunda bu sular ile tarımsal sulama yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak atıksuyun evsel nitelikli olması nedeniyle sulakalana girişte de sulama suyu kriterlerine uygun olduğu görülmüş, sulakalanın sulama suyu kalitesini daha da arttırdığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre *T. Latifolia* bitkisinin yapay sulakalanlarda evsel atıksuların kirlilik gideriminde ve tarımsal sulama suyu kalitesinin arttırılmasında önemli rol oynadığı kanaatine varılmıştır.

Özen (2006), yılında yaptığı çalışmasında, *Miscanthus X Giganteus* bitkisinin yapraklarından elde edilen adsorban maddenin ağır metal adsorplayabildiği gözlenmiş, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu, Fe ve AI metallerinden AI en yüksek kapasitede (0.268 meq / g) adsorplanırken, Pb en düşük kapasitede adsorplanmıştır. (0.0128 meq / g). Metallerin sıvı ortamda bir arada bulunmaları durumunda aralarındaki rekabetli adsorplanma sıralamasını biraz değiştirmiş ve AI>Cr>Fe>Ni>Cu>Zn>Pb sırasında AI'un en başarılı (0.388 meq / g) adsorpsiyonu

sağlamıştır. *Freundlich* izoterminin *Miscanthus X Giganteus*'un metal adsorpsiyonunu karaterize ettiği görülmüştür.

Köseoğlu (2007), yılında yaptığı çalışmasında, *Aptenia Cordifolia*, *Carpobrotus Edulis* ve *B. Delagoensis Tubiflorum* bitkileri ile Adana Batı Atıksu Arıtma Tesisi'nden alınan arıtma çamurunun ağır metal içeriğinin düşürülmesi ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmada bitkilerin gelişimi için üç ayrı yaşam ortamı sağlanmıştır. Bunlar: 1-Toprak 2- Diatomit + stabilize arıtma çamuru 3- Bazaltik tüfle + stabilize arıtma çamuru kullanılmıştır. Çalışma 90 gün devam etmiş ve sulama C1S1 sınıfı suyla yapılmıştır. Çalışma sonucunda ortamda ve, kök ve yaprak/gövde olarak, bitkilerin bünyesinde kalan ağır metal miktarı belirlenmiştir. Diatomit ile hazırlanan yetiştirme ortamında Cr, Fe, Ni ve Mn için en yüksek verimi sırasıyla % 91,13, % 80,55, % 88,01 ve % 62,27 oranlarında *B. Tubiflorum* bitkisi sağlanmıştır. Aynı ortamda Cu ve Pb için en yüksek verimi sırasıyla % 45,19, % 73,41 oranlarında *C. Edulis* bitkisi sağlamıştır. Bazaltik tüfle hazırlanan ortamda ise Cr, Cu, Pb, Fe ve Ni için en yüksek verimi sırasıyla % 82,01, % 48,71, % 51,89, % 66,16 ve % 72,58 oranlarında *A. Cordifolia* bitkisi sağlanmıştır. Aynı sette Mn için en yüksek verimi % 59,33 oranında *C. Edulis* bitkisi sağlamıştır. Bu çalışmada stabilize arıtma çamurunun tüfle karıştırılmasının süs bitkileri yetiştiriciliğinde *Aptenia Cordifolia*, *Carpobrotus Edulis* ve *B.Delagoensis Tubiflorum* bitkilerinin büyümesine sağlayabildiğinden atık çamurun süs bitkileri yetiştiriciliği sektöründe bitki yetiştirme ortamı olarak kullanım olanağına dikkat çekilmiştir. Aynı zamanda hazırlanan bitki yetiştirme ortamlarına Türkiye'de çokça bulunana diatomitin eklenmesinin de bitkilerin ağır metal alımlarına katkı sağlandığı belirlenmiştir.

Şahin (2007), yılında yaptığı çalışmasında, Kimyasal olarak artırılmış bitkisel ekstraksiyon, yüksek biyokütleli bitkilerin kullanımı vasıtasıyla kirlenmiş topraktan ağır metallerin kaldırılması için etkili bir yöntem olarak ileri sürmüştür. Bu çalışma; artan konsantrasyonlarda (0, 0.5, 1.5 mmol EDTA/kg) uygulanan EDTA' nın, kursun (Pb) ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen Mısır (*Zea Mays L.*) ve Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea Schreb.*) bitkilerinin bitkisel ekstraksiyonu üzerine etkisini

belirlemek amacıyla yapılmıştır. Denemede kullanılan toprak Samsun Azot Sanayi (TÜGSAS) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) çevresinden alınmıştır. Bitkiler kontrollü sera koşullarında 7 hafta yetiştirilmiş ve hasattan 1 hafta önce EDTA uygulaması yapılmıştır. Araştırma toprağının ve bitkilerinin Pb kapsamını belirlemek amacıyla toprağın toplam ve ekstrakte edilebilir ve bitkideki Pb konsantrasyonları belirlenmiştir. Toplam Pb içeriği 600.675 mg/kg olan kirli bir toprağa EDTA uygulamaları sonucu, *Zea mays* ve *Festuca arundinacea* bitkilerinin gövde Pb konsantrasyonları artış göstermiştir. Bu bitkilerde Pb birikimindeki artısın nedeninin, toprağa EDTA ilave edildikten sonra toprak çözeltisindeki Pb konsantrasyonunun artması ile ilgili olduğu saptanmıştır. *Zea mays* ve *Festuca arundinacea* bitkilerinin yüksek Pb konsantrasyonundan etkilenmediği saptanmıştır. Bitkilerin topraktan Pb' u kaldırması ve topraktaki alınabilir Pb mikarına, toprak pH' sının ve EDTA' nın önemli etkilerinin olduğu bulunmuştur.

Vanlı (2007), yılında yaptığı çalışmada, Pb, Cd ve B elementleri ile kirlenmiş toprakların fitoremediasyon yöntemi ile temizlenmesini araştırmıştır. Bu amaçla Pb, Cd ve B elementleri eklenmiş topraklara, mısır, ayçiçeği ve kanola bitkileri kullanılarak, fitoremediasyonları incelenmiştir. Ayrıca topraklara fitoremediasyon kapasitesini artırmak üzere çeşitli dozlarda kompleks yapıcı şelat ilave edilerek, bitkilerin element giderim performanslarındaki degişimler gözlenmiştir. Deneysel çalışmalar kapsamında, toprağa $Pb(NO_3)_2$, $CdCl_2$ ve H_3BO_3 eklenmesinden sonra ayçiçeği, mısır ve kanola biki tohumlarının ekimleri yapılmış olup, ihtiyaç duyulan uygun aralıklarla sulamaları yapılarak gelişimleri gözlenmiştir. Bitki hasadından 7 gün önce toprağa EDTA eklenmiş ve daha sonra bitkiler hasat edilmiştir. Bitkinin kök ve toprak üstü organlarının aldıkları elementlerin belirlenmesi amacıyla saksılarda tek tek kesilerek çözünürleştirilmeleri yapılmış olup AAS ve ICP cihazları ile element içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında bitkilerin kg kuru ağırlıkları başına aldıkları element miktarları tesbit edilmiştir.

Ekmekçi (2007), yılında yaptığı çalışmasında, *Typha latifolia* bitkisi ile Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından alınan çöp sızıntı suyunda

bulunan kirletici parametrelerin bitkisel yolla iyileştirilmesini araştırmıştır. Sistemde bitkinin yetiştirme ortamı olarak bazaltik tüf kullanılmıştır. Sistemin hidrolik bekletme süreleri iki tekerrürlü olmak üzere 5, 10 ve 15 gündür. Sistemde çöp sızıntı suyu bitkiye sulama suyu olarak verilmiş ve bitkinin ihtiyacı olan su, bu çöp sızıntı suyu ile karşılanmaya çalışılmıştır. Bu döngü ile çöplükten kaynaklanan çöp sızıntı suyunun bitkiler tarafından çevreye verebileceği olumsuz etkilerin en aza indirilmesi ve giderilmesi hedeflenmiştir. Araştırmada hidrolik bekletme sürelerine göre ortalama BO5, KOİ, AKM, TKN ve TP konsantrasyonları giderim verimleri incelenmiş ve anılan parametreler sırayla % 68.49, % 64.54, % 82.58, % 93.79 ve %61.99 bulunmuştur. Bünyesindeki başlangıç ağır metal miktarı bilinen bitkilerin deneme sonu kök ve yaprak/gövdede olarak bünyesindeki ağır metal birikimleri (mg/kg (kuru)) belirlenmiştir. Bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılan bazaltik tüfün başlangıç ve deneme sonucu ağır metal içerikleri bulunmuştur. *Typha latifolia* bitkisi ile Cr, Cu, Pb, Fe, Ni, Mn içeren çöp sızıntı suyundan sırasıyla % 10.50, % 94.00, % 86.45, % 61.85, % 68.91 ve % 72.20 oranlarında metal giderimi sağlanmıştır. Bu pilot çalışma ülkemiz koşullarında her tür çöp depolama alanlarından kaynaklanan sızıntı suyu kirleticilerinin giderimi için örnek teşkil edebilir.

Yıldız (2008), yılında yaptığı çalışmada, *Typha latifolia* bitkisi ile Amylum Nişasta Sanayi ve Tic. A.Ş.'den alınan ön arıtmaya tabi tutulmuş organik içeriği yüksek nişasta atık sularının yeşil ıslahı sırasında mikorizal simbiyozun davranışları araştırılmış ve atıksuyun ileri arıtılmasına bir alternatif olarak sunmuştur. *Typha latifolia* bitkisinin Arbüsküler Mikorizal Mantarla (AMF) enfeksiyonunun sağlanması amacıyla, *Glamus etinucatum* cinsi mikorizal mantar kullanılmıştır. Çalışmada üçer tekerrürden oluşan iki farklı ortam kullanılmıştır. Her iki ortamda da atıksu ile sulanan deney düzeneği ve içme suyu ile sulanan kontrol düzeneği oluşturulmuş ve ortamlar mikorizal simbiyozlu (+M) ve simbiyozsuz (-M) olarak ikiye ayrılmıştır. Bitkilerin mikorizal simbiyozu ve yeni ortamlarına adaptasyonu sağlandıktan sonra atıksuyla sulama işlemine geçilmiştir. Belirli bir periyottan sonra bitki örneklerinin kök ve gövde+yaprak olarak bünyelerindeki ağır metal birikimleri ve mikorizal enfeksiyon oranları belirlenmiştir. Çalışma sırasında yapılan fenolojik gözlemler sonucunda mikorizal simbiyoza sahip olan düzeneklerdeki biyokütle

artışının, mikorizal simbiyoz olmayan düzeneklere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan Cr, Cu, Fe ve Zn analizlerine göre bitki bünyesindeki birikim mg/kg (kuru) cinsinden en çok kök bölgesinde sonra gövde+yapraklarda olacak şekilde belirlenmiştir. Bitki bünyesine alınan ağır metallerin dokulardaki birikim sıralaması Fe>Zn>Cu>Cr şeklinde olmuştur. Analiz sonuçlarına göre mikorizal simbiyoz, bitkilerde simbiyoza sahip olmayanlara göre kök ağır metal birikimini Cr için %12, Cu için %52, Zn için %90, Fe için %70 düşürmüştür.

2.9. Fitoremediasyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Fitoremediasyon yönteminin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir (Schnoor ve Dee 1997, Anonymous 1999)

Avantajları;

1. Pasif bir teknolojidir ve solar enerji kullanır.
2. Maliyeti mekanik yöntemlerin % 10 – 20'si kadardır.
3. Yüksek seviyede kabul görür.
4. Daha az ikinci derecede atık üretir.
5. Toprak yerinde kalır ve kullanıma elverişlidir.
6. Doğal organizmaları kullandığı için çevreye daha az zarar verir.
7. Uygun bitki büyümesi sağlamak için kolayca izlenebilir.

Dezavantajları;

1. Kirlilik konsantrasyonu az veya orta seviyede olan yerlerde uygulanabilir,

2. Yavaş büyüme hızı ve daha az yeşil kütle meydana getirmesi nedeniyle mekanik yöntemlere göre daha yavaş olması ve etkisinin iklime bağımlı oluşu,
3. Bozulma ürünlerinin toksikliğinin tam olarak bilinmemesi,
4. Karışık kirleticilerle kirli alanların birden fazla fitoremediasyon teknolojisine ihtiyaç duyması,
5. Kirleticilerin yer altı suyuna bulaşma riskinin olması,
6. Hayvanların tüketimleri sonucu gıda zinciri içerisine kirleticinin girme tehlikesi,
7. Bitki köklerinin ulaşabildiği alanla sınırlı olması.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez çalışmasının ilk aşaması, 31.05.2009 tarihi itibariyle başlamıştır. Aslım Mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının döküldüğü yerdeki drenaj kanalı yatağındaki yetişen baskın bitki türleri belirlenmiştir. Bu bitki örnekleri ve bu bölgedeki sızıntı suyu numunesi ve bu bitkinin bulunduğu ortamdaki toprak numunelerinden örnekler alınmıştır. Aynı bitki türlerinin temiz ortamdaki, Konya çöp depolama sahasına takribi 10 km uzaklıktaki, Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nün yaptırmış olduğu yağmur suyu kurutma kanalı olan drenaj kanalından alınan bitki örnekleri ve bu bölgedeki kuyu suyu örnekleri ve toprak numuneleri laboratuar ortamına ağır metal analizleri için getirilerek ağır metal analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın son ve ikinci aşamasında; birinci aşamadaki ağır metal analiz sonuçlarından, bitkiler için en fazla toksik özellik gösteren ve çalışmada kullanılacak bitki türlerinin tümünde görülen krom ağır metali seçilerek, tüm çalışma krom ağır metali üzerine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir.

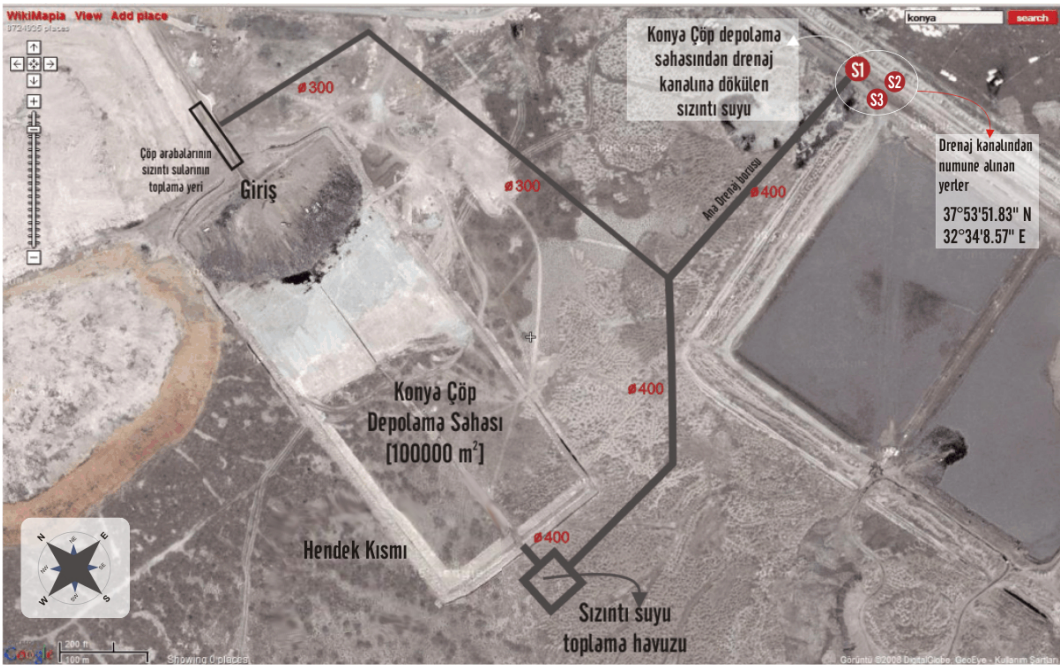
Seçilen bitki türlerinden, birinci aşamada kullanılan Tere otu (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi ve Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisine ilave olarak, ayrıca seçilen Gındıra otu / Hasır otu (*Juncus acutus)* bitkisi ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkileri, önce açık arazide daha sonra sera koşullarında kontrollü bir şekilde yetiştirilmiş ve ağır metal alımı güçlü olan bu bitki türleri; krom+3 ağır metal içeren suni hazırlanmış

sulu çözeltisiyle, sulanarak bu bitkilerin maksimum derecede krom ağır metal alımı kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

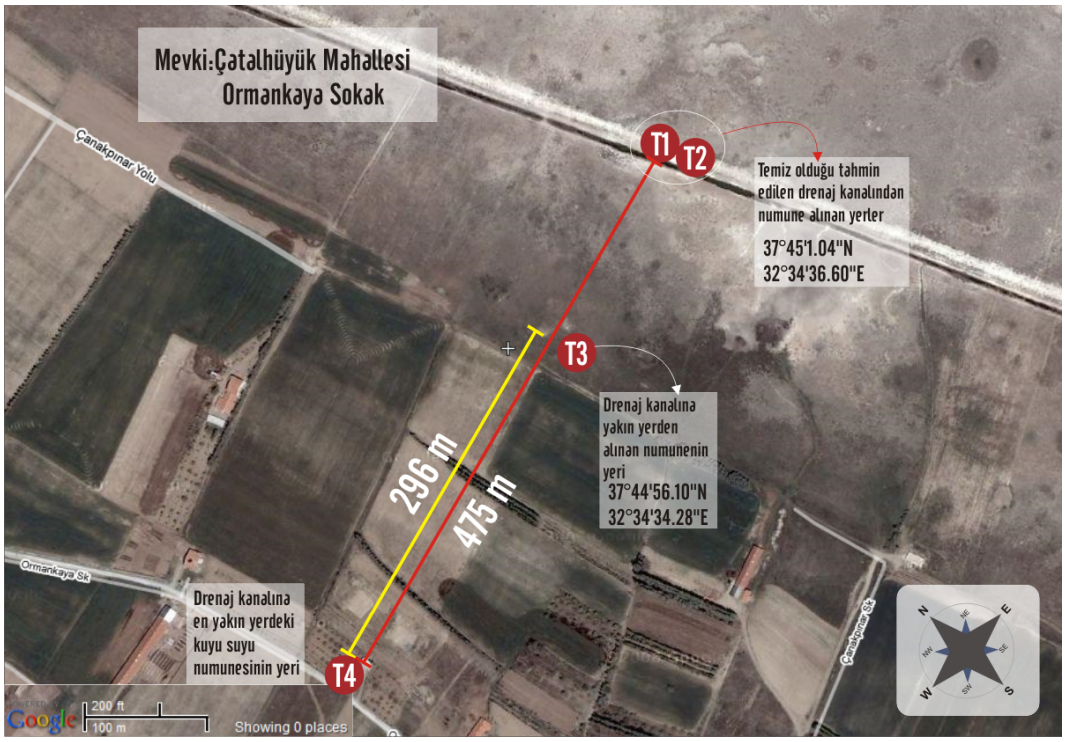
3.1.1. Birinci aşama materyal

3.1.1.1. Araştırma yeri

Sızıntı suyu, toprak ve bitki örnekleri; Konya İli Merkez Karatay İlçesi Aslım Mevkiinde Konya Büyükşehir Belediyesi dâhilinde olan Konya Çöp Depolama Sahası (Şekil 3.1) ve Konya İli Merkez Karatay İlçesi Çatalhüyük Mahallesi Kaş Mevkiinde DSİ Bölge Müdürlüğü dahilinde olan Drenaj Kanalı'ndan (Şekil 3.2) alınmıştır.



Şekil 3.1. Kirlenmiş ortam (Aslım mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yer) numune alma yeri uydu görüntüsü



Şekil 3.2. Temiz ortam (Konya merkez çatalhüyük mah. kaş mevkii DSİ drenaj kanalı) numune alma yeri uydu görüntüsü

Aşağıda, sırasıyla kirlenmiş (Şekil.3.3) ve temiz ortamlardan (Şekil.3.4) bitki numunelerinin alınması işlemi görülmektedir.



Şekil 3.3. Kirlenmiş ortam bitki numunesi alma yeri (Aslım mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı suları drenaj kanalı)



Şekil 3.4. Temiz ortam (Konya merkez çatalhüyük mah. kaş mevkii DSİ drenaj kanalı) bitki numunesi alma yeri

3.1.1.2. Kullanılan bitkiler

Kirlenmiş ortam olarak, Aslım Mevkii Konya Çöp Depolama Sahası sızıntı sularının döküldüğü drenaj kanalından alınan baskın bitki türleri Kursalık (*Suaeda carnosissima* Post) bitkisi ve Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisi ve Tere (*Lepidium Latifolium* L.) bitkisinden oluşmaktadır. Aynı bitkilerin temiz ortamda yetişenleri ise; Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii'nde DSİ Drenaj Kanalından alınmıştır.

3.1.1.2.1.Kursalık (s*uaeda carnosissima Post*) bitkisi

Chenopodiaceae (Sirkengiller) familyasından 30 cm boylanabilen tek yıllık otsu bir bitki türüdür. Yapraklar 1-2 cm boyunda yarı silindirik ve etlidir. Başlangıçta yeşil olan bu yapraklar sonbaharda kırmızıya dönüşür. Çiçekler küçük ve gösterişsizdir. Çiçeklenme Mayıs-Ağustos aylarıdır. Tuzlu toprakların yarı batak alanlarında sık dokulu gruplar oluşturan bu tür güzel bir yer örtücüdür. Bazı kuşların barınmalarına imkân verdiği gibi zor durumlarda küçükbaş hayvanlar tarafından da az da olsa otlanmaktadır Şekil 3.5'te Aslım Mevkii Konya Çöp Depolama Sahası Sızıntı Sularının Drenaj Kanalına Döküldüğü Yerden Alınan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) Bitkisi görülmektedir.



Şekil 3.5. Aslım Mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yerden, kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitki numunesi alınırken

Türün yaygın olduğu yerler, Eskişehir- Çifteler-Çayırdemi; Ankara-Şereflikoçhisar; Konya Cihanbeyli ve Tuz gölü çevresi; Niğde-Ereğli-Ulukışla; Kayseri-İncesu-Develi Suriye Çölü'dür.

3.1.1.2.2. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisi

Sirken (*C.album L.*), *Chenopodiaceae* familyasına ait tek yıllık, tohumla üreyen bir bitkidir. Sirken, tüysüz yapıda, yeşil veya grimsi yeşil renkte, 30-80 cm boylanan, dik gelişip, dallanan bir bitkidir. Yaprakları uzun saplı 2.5-5 cm uzunlukta,

üç loblu veya değişik şekillerde olabilir. Yapraklar koyu grimsi yeşil olup, uca doğru dişlidir. Şekli oval veya lanseolat yapıdadır (Şekil 3.6). Çiçekler çok evcikli, küçük yeşilimsi, petalsiz, sapsız ve uca doğru daralan demet halinde spika (başak) panikula (salkım) veya kimöz(talkım) durumunda bir yapıdadır. Her çiçekte, bir tohum oluşur. Tohumlar siyah, yuvarlak (0.7-1.5 mm) olup üstü desenlidir. Her bitkide, ortalama 3000-20.000 tohum oluşur (Uygur ve ark., 1986). Tohumlar 0.5-3 cm'lik bir derinlikte veya iyi havalandırılmış topraklarda 8 cm derinlikte çıkış yapabilir ve uzun yıllar toprakta dormant halde kalabilir. Esas çimlenme periyodu, Nisan-Mayıs aylarıdır. Ancak, daha sonraki aylarda da çimlenip çıkış yapabilir.

Sirken bitkisinin tarımda ürün yetiştirmede zararı, bitki besin elementi, su ve yer için, nohut ile rekabet ederek ürün kaybına neden olmasıdır.



Şekil 3.6. Sirken (*chenopodium album L.*) bitkisi

3.1.1.2.3. Tere (*lepidium latifolium L.*) bitkisi

Brassicaceae (Hardalgiller) familyasına ait bir bitkidir (Tatlı, 1998; Öztürk ve Özçelik, 1991; Güvenç ve Kaya, 1996). Aşağıda Şekil 3.7'de temiz ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii DSİ Drenaj Kanalı etrafında yetişen *Lepidium Latifolium L.* bitkisi görülmektedir.



Şekil 3.7. Konya merkez çatalhüyük mah. kaş mevkii DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisi

3.1.1.3. Kullanılan Sızıntı Suyu Numunesi

Bu çalışmada numunesi alınan sızıntı suyu Aslım Mevkii Konya Çöp Deponi Sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yerden alınmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Konya çöp depolama sahası sızıntı suyu numunesi alınırken

3.1.1.3.1. Sızıntı suyunun sağlandığı alanın genel özellikleri

Katı atıklar Büyükşehir Belediyesi tarafından Ereğli yolu civarında şehir merkezine 7 km mesafede bulunan Aslım mevkiinde yaklaşık 35 yıldan beri depolanmaktadır. Konya kentinde toplanan katı atık miktarı yaz ayları için ortalama 925 ton/gün, kış ayları için ortalama 1.075 ton/gün olmak üzere yıllık ortalama katı atık miktarı 365.000 tondur (Konya Büyükşehir Belediyesi 2008).

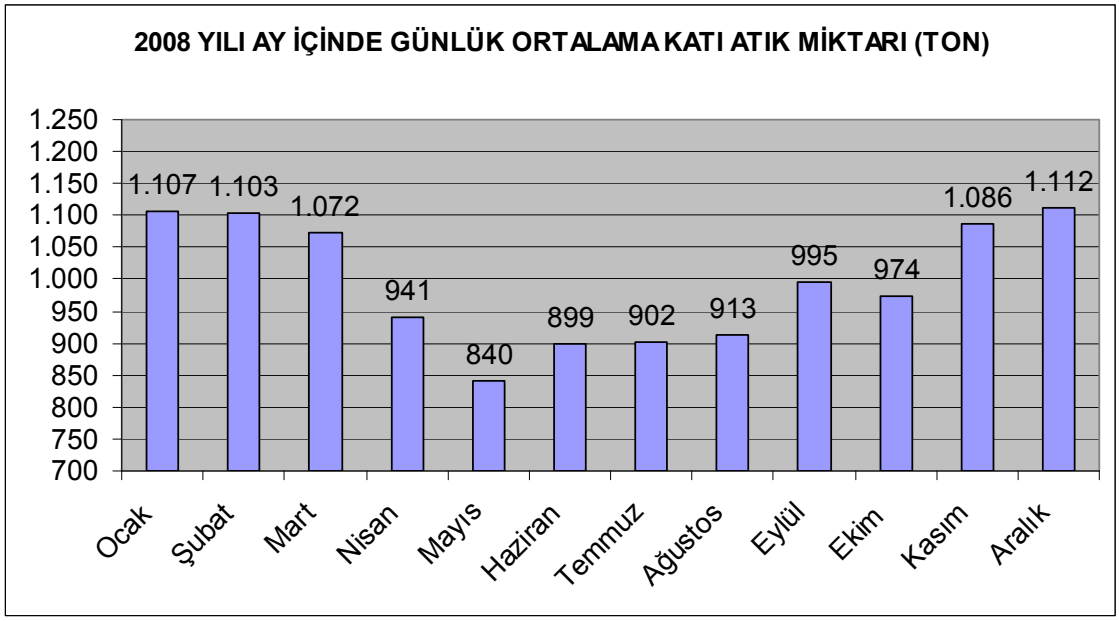
1970'li yıllardan bu yana kullanılan düzensiz depolama sahasının oluşturduğu çevresel problemler nedeniyle rehabilitasyonunun yapılmasına karar verilerek, 1999 yılında rehabilitasyon projesi hazırlanmıştır. Katı atık Depolama Sahası Rehabilitasyonuna Şubat 2000'de başlanmış ve kısımlar halinde devam ederek Mart 2004'te tamamlanmıştır (Konya Büyükşehir Belediyesi 2008).

Rehabilitasyon kapsamında,

- Dağınık olan yaklaşık 3 milyon m^3 çöp ana çöp kütlesine taşınmış ve sahanın gövdesi üzerinde düzenleme çalışmaları yapılmıştır.
- Şevlerin ve gövdenin üzeri, yaklaşık 490.000 m^3 toprak malzeme ile örtülmüştür.
- Sahada 32 adet gaz tahliye bacası oluşturulmuş ve bu bacalar çakılla doldurulmuştur.
- Sahaya giriş-çıkış yolunun bakımı yapılmış, sahanın çevresinde görüntü ve çevre kirliliğine yol açan maddeler Belediyemiz Çevre Temizlik ekipleri tarafından toplanarak, saha görsel olarak yeni bir çehreye kavuşturulmuştur.

Bu iş kapsamında yaklaşık 7 m yüksekliğinde ve 35 hektarlık bir alanın rehabilitasyonu yapılarak katı atık depo sahasındaki çevre ve toplum sağlığı açısından olumsuzluklar asgariye indirilmiş, etrafı tel çit ile çevrilmiş ve ağaçlandırma yapılarak saha çevresinde bir yeşil kuşak oluşturulmuştur.

2005 yılında 325.000 ton, 2006 yılında 345.000 ton, 2007 yılında 355.000 ton, 2008 yılında 365.000 ton katı atık depolanmıştır Şekil 3.9'da 2008 yılı günlük ortalama katı atık miktarları verilmiştir. Sahada katı atık depolama çalışmaları devam etmektedir (Konya Büyükşehir Belediyesi 2008).



Şekil. 3.9. 2008 yılı günlük ortalama katı atık miktarları

Bu iş kapsamında katı atıklar bir plan ve projeye göre altyapısı hazırlanmış bir alanda tekniğine uygun ve sağlıklı bir şekilde depolanmaktadır. Katı atık işletme sahasında sosyal tesis, bekçi kulübesi, kantar, tekerlek yıkama ünitesi, çöp araçları haznesinde biriken çöp suyu boşaltma ünitesi, sızıntı suyu drenaj şebekesi, çöp sızıntı suyu toplama havuzu ve metan gazı çıkış bacaları bulunmaktadır. Sahada elektrik, su ve aydınlatma altyapısı vardır. Çöp araçlarının depolama sahası üzerine rahat çıkabilmesi için % 10 eğimli 5 m yüksekliğinde 10 m genişliğinde rampa oluşturulmuştur. Çöp tabakası üzerinde çöp araçlarının manevra yapabileceği vasıfta ve genişlikte 30 cm kalınlığında stabilize yollar oluşturulmaktadır. Depo tesisinde toz, koku, kağıt gibi çevreyi olumsuz yönde etkileyecek tesirlere karşı tedbir alınmaktadır. Depo sahasında evcil ve yabani hayvanların girişlerinin engellenmesi amacıyla etrafı tel çit ile çevrilerek, haşere ve sinek üremesini önleyecek tedbirler alınmaktadır (Konya Büyükşehir Belediyesi 2008).

Rehabilitasyonu yapılarak, toprakla kapatılmış sahanın genel görünüşü ve tabaka kesiti Şekil 3.10'da ve Şekil 3.11'de verilmiştir.

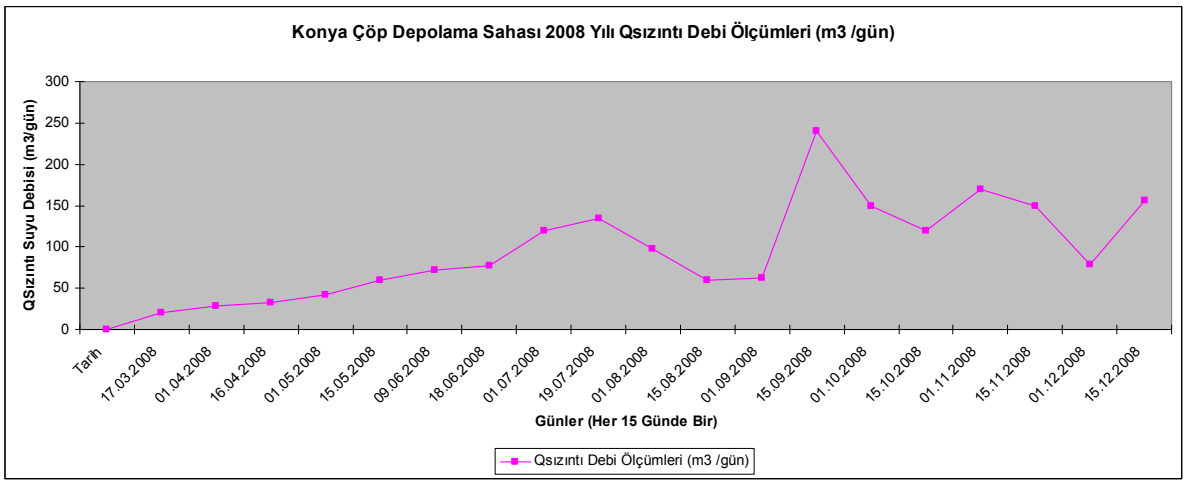


Şekil 3.10. Toprakla kapatılmış Konya çöp deponi sahası genel görüntüsü (sahadan gaz çıkışı)



Şekil 3.11. Toprakla kapatılmış Konya çöp deponi sahası tabaka kesitinden ve sızıntı suyunun kaçak yaptığı hendek kısmından bir görünüş

Sızıntı Suyu miktarı her ayın 1'inde ve 15'inde ölçülmektedir. Sızıntı Suyu Debisi ise aylara ve mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir. Aşağıdaki Şekil 3.12'de sızıntı suyu debi ölçümleri verilmektedir.



Şekil.3.12. Konya çöp depolama sahası 2008 yılı günlere göre sızıntı suyu debi değişimi

Konya il sınırları içerisinde katı atıkların karakterizasyonu, Çevre ve Orman Bakanlığı 15.10.2007 tarih ve 16970 sayılı (2007/10) Genelgesine ve "Katı Atık Karakterizasyonu Analiz Metodu (Madde Grupları Analizi) kitapçığına uygun olarak 4 farklı bölgeden (gelir seviyesi yüksek, orta, düşük ve çarşı) numuneler alınarak kış ve yaz dönemlerini temsil edecek şekilde, 2008 yılı Mart ve Temmuz aylarında yapılmıştır. Konya kenti geri kazanılabilir atık oranı aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Konya katı atık depolama sahasının katı atık bileşenleri

KATI ATIK BİLEŞENLERİ	Kış Dönemi İçin Ortalama Yüzde (%)	Yaz Dönemi İçin Ortalama Yüzde (%)	Yıllık Ortalama Yüzde (%)
Organik Atıklar (Mutfak Atıkları, Park ve Bahçe Atıkları)	39,08	61,30	**50,19**
Ambalaj Atıkları (Kağıt, Karton, Plastik, Cam, Metal)	30,05	25,28	**27,67**
Tehlikeli Atık (Pil, İlaç)	0,20	0,13	**0,17**
Diğer Yanmayan Atıklar (Taş, Kum, Toz, Seramik)	10,67	4,98	**7,83**
Diğer Yanabilen Atıklar (Kumaş, Çocuk bezi, Ayakkabı, Terlik, Yastık, Halı, Kilim, Çanta)	7,73	8,31	**8,02**
Diğerleri (Yukarıdaki gruplar hariç)	4,53	-	**2,26**
Kül	7,74	-	**3,87**
TOPLAM	**100,00**	**100,00**	**100,00**

3.1.1.3.2. Kullanılacak sızıntı suyunun özellikleri

03.06.2009 tarihinde numunesi alınan Aslım Mevkii Konya Çöp Depolama Sahasında oluşan sızıntı suyunun karakterizasyonu, Konya Büyükşehir Belediyesi

KOSKİ İçme Suyu Arıtma Tesisleri laboratuarında analizleri yapılmıştır. Kullanılan sızıntı suyunun analiz sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Konya çöp depolama sahası sızıntı suyunun karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon
pH	7.39
İletkenlik(Mikromhos / cm)	39100
Kalsiyum (Ca^{++}) (mg / L)	81
Magnezyum (Mg^{++}) (mg / L)	1686
Nitrit (NO_2) (mg / L)	1.22
Amonyak (NH_3) (mg / L)	3.01
Nitrat (NO_3) (mg / L)	44.1
Sülfat (SO_4) (mg / L)	257
Alüminyum (AI) (µg / L)	227.1
Kadmiyum (Cd) (µg / L)	19.94
Krom (Cr) (µg / L)	115.78
Bakır (Cu) (mg / L)	0.25
Potasyum (K) (mg / L)	2480
Mangan (Mn) (µg / L)	26.30
Sodyum (Na) (mg / L)	5358
Nikel (Ni) (µg / L)	132.14
Kurşun (Pb) (µg / L)	Rastlanmadı
Çinko (Zn) (mg / L)	0.15
Demir (Fe) (mg / L)	1.98
KOİ (mg / L)	8840
$BOİ_5$	4050

3.1.1.4. Kullanılan toprak örnekleri

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri, Aslım Mevkisi'ndeki Konya Çöp Depolama Sahası sızıntı sularının drenaj kanalına döküldüğü yerdeki bitki numunelerinin tabanındaki 20 cm. üst kısmından ve aynı bitkilerin temiz ortam olan Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkiinde DSİ Drenaj Kanalından da bitki numunelerinin tabanındaki 20 cm. üst kısmından alınmıştır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının Konya Toprak ve Su Kayakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne bağlı laboratuarda toprak örneklerinin analizleri yapılmıştır.

Kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin analiz sonuçlarında, hem Aslım Mevkisi'ndeki Konya Çöp Depolama Sahası sızıntı sularının drenaj kanalından alınan toprak örneğinin hem Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkisi'ndeki dreanj kanalından alınan toprak örneğinin hafif alkali, kireçli, tuzlu, yarayışlılık açısından potasyumun ve fosforun yeterli, bünye sınıfının killi tınlı tekstüre sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.3. Deneylerde 1. aşamasında kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametreler	Değerler-Aslım mevki	Değerler-Çatalhüyük Kaş mevki
Su ile doym.topr. pH	7.20	7.60
EC. 10^{-3} mmhos/cm	6.19	3.88
Toplam Tuz (%)	0.261	0.164
Fosfor P_2O_5 (kg/da)	9.86	18.24
Potasyum K_2O (kg/da)	332.87	180.66
Organik Madde (%)	2.68	4.21
Kireç $CaCO_3$ (%)	64.07	46.28
Su ile Doymuşluk (%)	66	67
Kum (%)	Kireç Oranı ve Tuz Miktarı Çok Yüksek Olduğundan Bouyokus Metoduna Göre Bünye (Tekstür) Tayini Yapılamamıştır.	
Kil (%)		
Silt (%)		
Bünye Sınıfı	Killi tınlı	Killi tınlı

3.1.2. İkinci aşama materyal

Çalışmada hazırlanan deney düzeneği için materyal olarak organik humus toprak, Gındıra otu / Hasır otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere otu (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi ve krom +3 çözeltisi kullanılmıştır.

3.1.2.1. Araştırma yeri

19 Temmuz 2009 tarihi itibariyle, deney düzeneği Konya Merkez'de Müstahsil Fidancılık'ta kurulmuştur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Bitkiyle krom ağır metal alımı işleminin yapıldığı fidanlık

3.1.2.2. Kullanılan bitkiler

3.1.2.2.1. Hasır otu / gındıra otu (*juncus acutus*) bitkisi

Juncus acutus bitkisi tek ve çok yıllık olmak üzere 160 adet otsu türü içermektedir. Kıyılarda ıslak alanlarda ya da bir kısmı toprakta bir kısmı suda ve büyük bir kısmında suyun dışında yaşayan bu türlerin bir çoğunda rizom şeklinde gelişen toprak altı bölgeleri bulunur. Bitkiler kümeli olarak gelişirler, gövde tüysüz, genellikle silindirik olup nadiren düzleşmiş veya çimlere benzer şeklindedir.

Gövde tabanındaki yapraklar tabanda bölünmüştür ve gövdeyi bir kın gibi sarar. Dik formlu olan bitkinin yaprakları ince uzun, şeritler şeklindedir. Çiçekleri, bir başakta çok sayıda, sık veya dallanmış salkımlar üzerinde yer alır. Çiçekler ya pulsu yaprakçıklar ve yalın takımsı çiçek kümelerinde bulunur (çoğunlukla başçıklarda toplanmış) ya da dış bölümünde bir adet iki yarıklı pulsu yaprak iç bölünüde iki adet yarım pulsu yapraktan oluşan tabansal bir pulsu gülcük içinde, tek tek olarak bulunur. Çiçek tozları dörtlü kümeler biçimindedir. Yeşilimsi veya kahverengimsi renktedir. Toprak altı gövdesinin bölünmesi ile çoğaltılabilir (Söğüt 1996).

Çok yaygın olan Juncusların Türkiye'de 34 türü doğal olarak yetişmektedir. Juncus'ların çok azı dekoratif olarak öneme sahiptir. Bunlarda su kenarlarındaki bataklık yerlerde ve sığ sular içerisinde su kuşlarını koruma amaçlı kullanılmıştır.

Bitki 45 cm'den daha derin sularda yaşayamaz. Juncus'ların dik ve kümeli formlu diğer bitkilerle benzer şekilde kullanılabilirler. Tüm türleri düzenlemelerde kullanılabilecek özelliklere sahip olmamasına rağmen uygun sularda kıyı çizgisini kapatmak, hareketlendirmek gibi amaçlarla kullanılabilirler. Kullanımları ile alana doğallık kazandırırlar. Formal düzenlemelerde ve küçük alanlardaki çalışmalarda bu

bitkinin kullanımı sıkıntı oluşturabilir. Büyük ve düz alanlarda kullanımı daha yaygındır (Söğüt 1996).

Aşağıda Şekil 3.14'de Temiz Ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. DSİ Drenaj Kanalı Etrafında Yetişen Gındıra Otu (*Juncus acutus)* bitkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen gındıra otu (*juncus acutus)* bitkisi

3.1.2.2.2. Tere (*Lepidium latifolium L.*) bitkisi

Aşağıda Şekil 3.15'de Temiz Ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. DSİ Drenaj Kanalı Etrafında Yetişen *Lepidium Latifolium L.* bitkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen *lepidium latifolium L.* bitkisi

3.1.2.2.3. Sirken (c*henopodium album L.)* bitkisi

Aşağıda Şekil 3.16'da Temiz Ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. DSİ Drenaj Kanalı Etrafında Yetişen Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Konya merkez çatalhüyük mah. DSİ drenaj kanalı etrafında yetişen sirken (c*henopodium album L.)* bitkisi

3.1.2.2.4. Kursalık (s*uaeda carnosissima Post*) bitkisi

Aşağıda Şekil 3.17'de Temiz Ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. DSİ Drenaj Kanalı Etrafında Yetişen Kursalık (S*uaeda carnosissima Post*) bitkisi gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Kursalık (s*uaeda carnosissima Post*) bitkisi

3.1.2.2.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisi

Cyperaceae familyasındandır. 500'ün üzerinde türü vardır. Doğal olarak Madagaskar'da yaşar. Saksı yetiştiriciliğinde önemli türü *C. Alternifolius'tur*. 60-75 cm uzunluğundaki sap üzerinde şemsiye şeklinde yapraklara sahiptir. Yaprakları ince ve 10-15 cm uzunluktadır. Herdem yeşil dekoratif bitkilerdir.

Yayvan tepeli, şemsiye şeklinde çiçekleri olan, dar otsu yaprakları olan bir bitkidir. Saplar üçgen şeklindedir. Birçok türünden biri olan alaca yapraklı bir bitkidir. Saplar üçgen şeklindedir. Birçok türünden biri olan alaca yapraklı formu çok dekoratiftir. Çiçeklenme mevsimi yaz sonları olup, boyu 30-90 cm'dir. Bir saksı bitkisi olarak çok sığ bir su içinde tutulur. Subtropikal ülkelerde bataklık içlerinde ve çeşme havuzcuğu gibi yerlerde kullanılır. Güneş veya hafif gölge ister. Dış mekan bitkisi olarak kullanıldığından kışın dona hassastır. Balçık, biraz turba ilave edilmiş kumlu topraklar uygundur. Devamlı sulama ister. Kök ayırma metoduyla üretilir Şekil 3.18'de Japon şemsiyesi (*Cyperus alternifolius L.*) bitkisinden bir görünüm görülmektedir).



Şekil 3.18. Japon şemsiyesi (C*yperus alternifolius L.*) bitkisi

3.1.2.3. Organik toprak

Denemede kullanılan organik içerikli humus toprağın bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneylerde 2. aşamada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametreler	Değerler	Metot	Yorum
pH (1:2.5, Toprak:Su)	6,82	1:2.5	Nötr
EC (Tuz) (1:5, Toprak:Su) µS / cm	3230	1:5	Tuzlu
$CaCO_3$ (Kireç) (%)	18,75	Kalsimetre	Fazla Kireçli
Organik Madde (%)	17,00	W. Black	Çok Humuslu
Fosfor (P_2O_5) (mg / kg)	73,81	$NaHCO_3$ eks.	Zengin
Potasyum (K) (mg / kg)	1759,2	A. Ac eks.	Çok Zengin
Kalsiyum (Ca) (mg / kg)	13380	A. Ac eks.	Zengin
Magnezyum (Mg) (mg / kg)	1267	A. Ac eks.	İyi
Sodyum (Na) (mg / kg)	267,5	A. Ac eks.	
Fe (%)	1,71	NMKL 161	
Zn (mg / kg)	283,3	NMKL 161	
Cu (mg / kg)	61,12	NMKL 161	
Cr (mg / kg)	77,07	NMKL 161	
Mn (mg / kg)	219,0	NMKL 161	

Denemede kullanılan toprak örneklerinin analiz sonuçlarında, nötr, fazla kireçli, tuzlu, yarayışlılık açısından potasyumun ve fosforun yüksek, organik açısından çok humuslu yapıya sahip olduğu görülmüştür.

3.1.2.4. Krom +3 çözeltisi

Konya Krom Magnezit Fabrikasından temin edilen krom içeriği %99 saflıktaki Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesinden elde edilen krom +3 sulu çözeltisi kullanılmıştır Şekil 3.19'da temin edilen Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesi gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesi

3.2. Metot

3.2.1. Birinci aşama metot

3.2.1.1. Analizlerin hazırlanması ve yapılması

Aslım Mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının döküldüğü drenaj kanalı yatağındaki yetişen baskın bitki türleri, bu bölgedeki sızıntı suyu numunesi ve bu bitkinin bulunduğu ortamdaki toprak numunelerinden örnekler alınmıştır. Aynı bitki türlerinin temiz ortamdaki Konya çöp depolama sahasına takribi 10 km uzaklıktaki Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nün yaptırmış olduğu yağmur suyu kurutma kanalı olan drenaj kanalından alınan bitki örnekleri ve bu bölgedeki kuyu suyu örnekleri ve toprak numuneleri laboratuar ortamına ağır metal analizleri için getirildi.

Bitkiler sökülerek kök, gövde ve yapraklarına ayrılmıştır. Daha sonra hassas terazide bu örneklerin yaş ağırlıkları alınmıştır.

Bitkinin kökü, gövdesi ve yaprağının tümü ve topraktan bir miktar örnek alınarak krozelere yerleştirilmiştir (Şekil 3.20'de numunelerin krozelere yerleştirilmesi gösterilmektedir). Daha sonra bu krozeler kurutulmak üzere 70 C° 'de ayarlanmış etüve konulmak suretiyle 2 gün boyunca kurutulmuş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. (Şekil 3.21'de krozelerdeki numunelerin etüve yerleştirilmesi gösterilmektedir). Bu kurutulmuş bitki örnekleri; öğütülmüş ve sonrasında elekten geçirilerek aynı boyutta olmaları sağlanmıştır. Bu öğütülen numuneler numaralarına göre isimlendirilerek özel nem geçirmez poşetlere konulmuştur.



Şekil 3.20. Krozeye konmuş numuneler



Şekil 3.21. Numunelerin kurutulmak üzere etüve konması

Hazırlanmış bitki aksanları ve toprak numunelerin bünyelerinde bulunduğu ağır metallerin tespiti için Konya Ticaret Borsası Laboratuar Bölümünde numuneler, Perkin Elmer marka Optima 2200 DV ICP-OES (*Optical Emission Spectrometer*) cihazı ile ağır metal analizlerine hazırlanmak için TSE'nin yaş yakma metoduna uyularak ön işleme tabi tutulmuştur. Numunelerden 0,5 g tartılarak mikrodalga yakma ünitesinin kaplarına konulmuştur, üzerine % 37 saflıkta 5 ml Hidrojen klorür (*HCI*), % 65 saflıkta 5 ml Nitrik Asit (HNO_3), % 30 saflıkta 3 ml Hidrojen Peroksit (H_2O_2) eklenmiş ve parçalanmaya bırakılmıştır. Parçalanan numuneler etiketlenmiş şişelere konulmuştur. Numunelerin içerisinde kalan inorganik maddelerden uzaklaştırmak için süzme işlemi yapılmıştır. Süzme işlemi için *Whatman* GF/C 45 mm filtre kâğıdı kullanılmıştır. Süzülen numuneler saf su eklenerek 100 ml'ye tamamlanmıştır. NMKL 161:1998 Metoduna göre Perkin Elmer Optima 2200 DV

ICP-OES (*Optical Emission Spectrometer*) Cihazıyla ağır metal analizleri ölçülmüştür.

Aslım Mevkii'sindeki Konya Çöp Depolama Sahası sızıntı sularının döküldüğü drenaj kanalından alınan baskın bitki türleri olan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi ve Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi ve Tere (*Lepidium Latifolium L*.) bitkisinin kök, gövde ve yaprak aksanlarında ve yetiştiği toprak kısımlarında ağır metallere bakılmıştır. Aynı işlem aynı bitkilerin temiz ortam Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkiinde DSİ Drenaj Kanalından alınan örneklerine de uygulanmıştır. Böylece iki ayrı drenaj kanalında yetişen 3 farklı ***baskın*** bu bitki türünün Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Demir (Fe), Nikel (Ni), Mangan (Mn) ve Çinko (Zn) olmak üzere 8 ağır metal elementine bakılmıştır (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da Analizi edilen numaralandırılmış numunelerin ağır metal analiz sonuçları ve elementlerin dalga boyları verilmiştir).

Çizelge 3.5. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 cihazıyla ölçülen Aslım Mevkisi'nden Alınan örneklerin ağır metal sonuçları ve elementlerin dalga boyları

ASLIM MEVKİSİNDEN ALINAN NUMUNELERİN NMKL 161.1998 METHOD İLE ICP-OES PERKİN ELMER OPTİMA 2200 DV CİHAZI İLE AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI				
S. No	**Element**	**Dalga Boyu (mm)**	**Sonuç – (mg / kg)**	**Numune Adı**
21	Fe	238.204	409,40	Sirken-Yaprak
21	Zn	206.203	85,09	Sirken-Yaprak
21	Cu	327.393	6,52	Sirken-Yaprak
21	Mn	257.61	21,74	Sirken-Yaprak
21	Cd	228.805	0,00	Sirken-Yaprak

Çizelge 3.5. Devamı

S. No	Element	Dalga Boyu (mm)	Sonuç - (mg / kg)	Numune Adı
21	Pb	220.356	0,00	Sirken-Yaprak
21	Cr	267.716	1,91	Sirken-Yaprak
21	Ni	231.606	4,22	Sirken-Yaprak
20	Fe	238.204	48,68	Sirken-Gövde
20	Zn	206.203	26,78	Sirken-Gövde
20	Cu	327.393	2,58	Sirken-Gövde
20	Mn	257.61	4,49	Sirken-Gövde
20	Cd	228.805	0,00	Sirken-Gövde
20	Pb	220.356	0,00	Sirken-Gövde
20	Cr	267.716	0,44	Sirken-Gövde
20	Ni	231.606	0,53	Sirken-Gövde
19	Cd	228.805	0,28	Sirken-Kök
19	Pb	220.356	3,26	Sirken-Kök
19	Cr	267.716	7,30	Sirken-Kök
19	Ni	231.606	14,77	Sirken-Kök
19	Cu	327.393	6,18	Sirken-Kök
19	Fe	238.204	2.150,00	Sirken-Kök
19	Mn	257.61	48,94	Sirken-Kök
19	Zn	206.203	59,18	Sirken-Kök
14	Fe	238.204	152,40	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Zn	206.203	37,23	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Cu	327.393	3,73	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Mn	257.61	11,59	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Cd	228.805	0,00	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Pb	220.356	0,00	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Cr	267.716	0,93	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
14	Ni	231.606	2,29	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
13	Fe	238.204	220,10	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Zn	206.203	47,29	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Cu	327.393	2,75	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Mn	257.61	5,47	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Cd	228.805	0,00	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Pb	220.356	0,31	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Cr	267.716	0,47	Lepidium Latifolium L.-Gövde
13	Ni	231.606	0,00	Lepidium Latifolium L.-Gövde
12	Cd	228.805	0,03	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Pb	220.356	0,00	Lepidium Latifolium L.-Kök

Çizelge 3.5. Devamı

S. No	Element	Dalga Boyu (mm)	Sonuç - (mg / kg)	Numune Adı
12	Cr	267.716	7,05	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Ni	231.606	6,90	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Cu	327.393	8,58	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Fe	238.204	702,60	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Mn	257.61	30,42	Lepidium Latifolium L.-Kök
12	Zn	206.203	49,09	Lepidium Latifolium L.-Kök
23	Fe	238.204	600,80	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Zn	206.203	97,86	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Cu	327.393	11,90	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Mn	257.61	32,50	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Cd	228.805	0,00	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Pb	220.356	0,00	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Cr	267.716	1,22	Suaeda- Gövde / Yaprak
23	Ni	231.606	3,98	Suaeda- Gövde / Yaprak
22	Cu	327.393	2,98	Suaeda-Kök
22	Cd	228.805	0,00	Suaeda-Kök
22	Pb	220.356	2,59	Suaeda-Kök
22	Cr	267.716	8,69	Suaeda-Kök
22	Ni	231.606	15,32	Suaeda-Kök
22	Fe	238.204	2.686,00	Suaeda-Kök
22	Mn	257.61	78,82	Suaeda-Kök
22	Zn	206.203	69,73	Suaeda-Kök
24	Fe	238.204	12.460,00	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Zn	206.203	30,37	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Cu	327.393	6,56	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Mn	257.61	259,00	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Cd	228.805	0,22	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Pb	220.356	5,28	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Cr	267.716	34,39	Aslım Drenaj Kanal Toprak
24	Ni	231.606	40,37	Aslım Drenaj Kanal Toprak

Çizelge 3.6. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 cihazıyla ölçülen Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkisi'nden Alınan örneklerin ağır metal sonuçları ve elementlerin dalga boyları

ÇATALHÜYÜK MAH. KAŞ MEVKİSİNDEN ALINAN NUMUNELERİN NMKL 161.1998 METHOD İLE ICP-OES PERKİN ELMER OPTİMA 2200 DV CİHAZI İLE AĞIR METAL ANALİZ SONUÇLARI				
S. No	**Element**	**Dalga Boyu (mm)**	**Sonuç - (mg / kg)**	**Numune Adı**
9	Fe	238.204	97,80	Sirken-Yaprak
9	Zn	206.203	11,71	Sirken-Yaprak
9	Cu	327.393	6,04	Sirken-Yaprak
9	Mn	257.61	35,76	Sirken-Yaprak
9	Cd	228.805	0,00	Sirken-Yaprak
9	Pb	220.356	0,00	Sirken-Yaprak
9	Cr	267.716	1,40	Sirken-Yaprak
9	Ni	231.606	1,75	Sirken-Yaprak
8	Fe	238.204	56,35	Sirken-Gövde
8	Zn	206.203	18,28	Sirken-Gövde
8	Cu	327.393	13,22	Sirken-Gövde
8	Mn	257.61	28,78	Sirken-Gövde
8	Cd	228.805	0,00	Sirken-Gövde
8	Pb	220.356	0,00	Sirken-Gövde
8	Cr	267.716	0,66	Sirken-Gövde
8	Ni	231.606	2,23	Sirken-Gövde
7	Fe	238.204	556,20	Sirken-Kök
7	Zn	206.203	10,19	Sirken-Kök
7	Cu	327.393	3,05	Sirken-Kök
7	Mn	257.61	21,10	Sirken-Kök
7	Cd	228.805	0,00	Sirken-Kök
7	Pb	220.356	0,00	Sirken-Kök
7	Cr	267.716	4,09	Sirken-Kök
7	Ni	231.606	8,12	Sirken-Kök
3	Fe	238.204	226,50	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Zn	206.203	80,40	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Cu	327.393	4,52	Lepidium Latifolium L.-Yaprak

Çizelge 3.6. Devamı

S. No	Element	Dalga Boyu (mm)	Sonuç - (mg / kg)	Numune Adı
3	Mn	257.61	88,15	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Cd	228.805	0,00	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Pb	220.356	0,75	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Cr	267.716	1,09	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
3	Ni	231.606	2,76	Lepidium Latifolium L.-Yaprak
2	Fe	238.204	31,81	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Zn	206.203	78,38	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Cu	327.393	2,30	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Mn	257.61	28,05	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Cd	228.805	0,00	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Pb	220.356	0,00	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Cr	267.716	0,60	Lepidium Latifolium L.-Gövde
2	Ni	231.606	1,53	Lepidium Latifolium L.-Gövde
1	Fe	238.204	810,80	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Zn	206.203	39,43	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Cu	327.393	5,02	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Mn	257.61	70,95	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Cd	228.805	0,00	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Pb	220.356	0,00	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Cr	267.716	2,31	Lepidium Latifolium L.-Kök
1	Ni	231.606	7,91	Lepidium Latifolium L.-Kök
5	Fe	238.204	104,70	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Zn	206.203	6,59	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Cu	327.393	2,15	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Mn	257.61	22,74	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Cd	228.805	0,00	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Pb	220.356	0,00	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Cr	267.716	0,80	Suaeda- Gövde / Yaprak
5	Ni	231.606	1,58	Suaeda- Gövde / Yaprak
6	Fe	238.204	1.267,00	Suaeda-Kök
6	Zn	206.203	12,17	Suaeda-Kök
6	Cu	327.393	7,86	Suaeda-Kök
6	Mn	257.61	42,51	Suaeda-Kök
6	Cd	228.805	0,00	Suaeda-Kök
6	Pb	220.356	0,00	Suaeda-Kök
6	Cr	267.716	4,53	Suaeda-Kök
6	Ni	231.606	7,19	Suaeda-Kök

Çizelge 3.6. Devamı

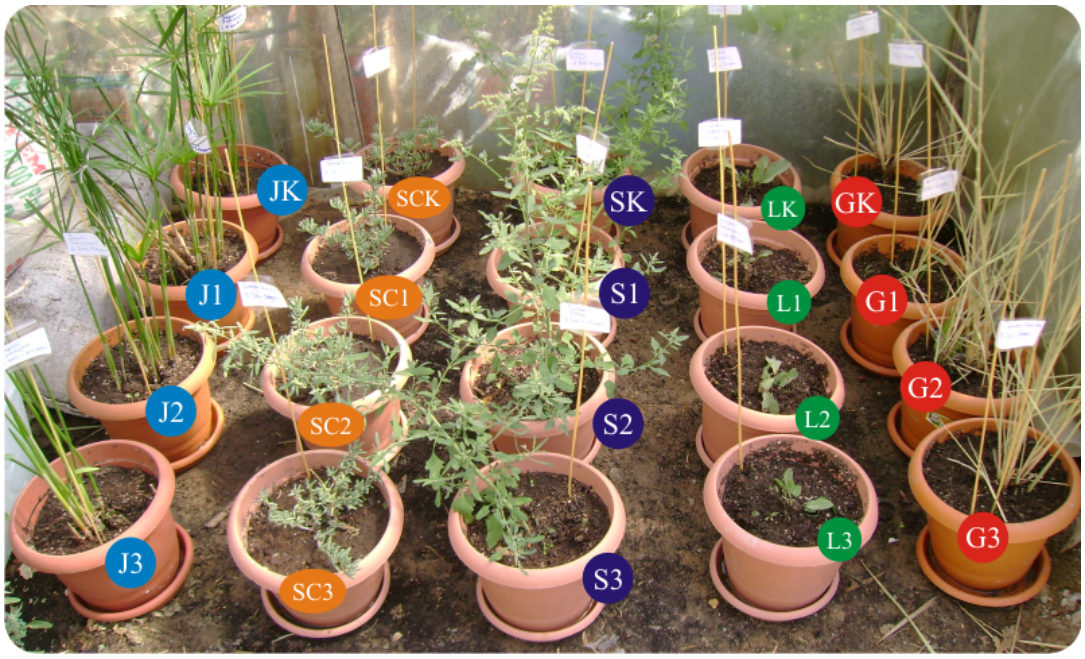
S. No	Element	Dalga Boyu (mm)	Sonuç - (mg / kg)	Numune Adı
A	Fe	238.204	11.280,00	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Zn	206.203	28,68	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Cu	327.393	7,57	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Mn	257.61	228,10	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Cd	228.805	0,28	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Pb	220.356	3,50	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Cr	267.716	29,23	Suaeda/Sirken Toprak*
A	Ni	231.606	42,42	Suaeda/Sirken Toprak*
B	Fe	238.204	9.940,00	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Zn	206.203	21,10	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Cu	327.393	3,55	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Mn	257.61	259,10	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Cd	228.805	0,16	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Pb	220.356	4,14	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Cr	267.716	41,05	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
B	Ni	231.606	67,19	Lepidium Latifolium L.-Toprak**
* KAŞ MEVKİ DRENAJ KANAL TOPRAK				
** KAŞ MEVKİ DRENAJ KANALI ETRAFINDAKİ TOPRAK				

3.2.2. İkinci aşama metot

3.2.2.1. Deneyin hazırlanması ve yapılması

19.07.2009 tarihi itibariyle deneysel çalışmalara başlanmıştır. Çalışmada çapları 20 cm olan saksılar kullanılmıştır. Deney düzeneğinin kuruluşunda yetişme ortamı olarak organik içerikli humus toprağı, sulama suyu olarak da çeşme suyu ve krom içeriği %99 saflıktaki Cr_2O_3 (yeşil krom) numunesinden elde edilen krom +3

sulu çözeltisi kullanılmıştır. 6 tekerrürden oluşmak üzere düzenek oluşturulmuştur (Şekil 3.22'de gösterilmiştir).



Şekil 3.22. Seçkin bitki türlerinin saksılara ekildikten sonraki görüntüsü

Bitkilerin kendini toparlayabilmesi ve yeni ortamına adapte olabilmesi için ilk birinci hafta açık alanda her gün 500 mL çeşme suyu (can suyu) verildi. Bazı bitkilerde aşırı sulama ve sıcaklıktan dolayı kuruma belirtileri görüldü. İkinci hafta sera ortamında gün aşırı 200 mL çeşme suyu (can suyu) verildi. Adaptasyon dönemi toplam 13 gün devam etti (Durak, 2005). Adaptasyon dönemi sonrası 1.Tekerrür'de bitkiler sırasıyla kontrol, 1.doz, 2. doz ve 3.doz olmak üzere çeşme suyu ve 20, 50, 100 ppm'lik dozlarda Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı. 2.Tekerrür'de dozaj miktarları artırılarak 50, 100, 200 ppm Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı. 3.Tekerrür'de dozaj miktarları artırılarak 100, 200, 500 ppm Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı.

4.Tekerrür'de dozaj miktarları artırılarak 200, 500, 1000 ppm Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı. 4. Tekerrürden sonra bitkilerin bulunduğu ortamdaki topraktan ağır metallerin maksimum derecede alımının sağlanması için sulamaya 14 gün süreyle ara verildi. Sulamanın yapılmadığı bu dönemde özellikle Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisi, *lepidium latifolium L.* Bitkilerinde ve kısmen Japon şemsiyesi (*Cyperus alternifolius* L.) bitkisinde, sararmalar ve kurumalar olduğu görülürken; Gındıra otu / hasır otu (*Juncus acutus*), Kursalık (*Suaeda carnosissima Post)* bitkisindeyse tazeliğini ve canlılığını koruduğu gözlenmiştir. 14 günlük aradan sonra sulamaya tekrar devam edildi. 5.Tekerrür'de dozaj miktarları artırılarak 500, 1000, 2000 ppm Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı. 6.Tekerrür'de dozaj miktarları artırılarak 1000, 2000, 5000 ppm Cr +3 çözeltisiyle 12 gün boyunca gün aşırı sulaması yapıldı. Buna göre 99 günlük çalışma boyunca değişen dozajlarda sulama miktarları aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 3.7). Bitkilerdeki değişmeleri takip etmek için belli aralıklarla fotoğrafları çekilmiş (Şekil 3.23) ve boylarındaki uzamaların ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.7. Bitkilerin sulama miktarları

Ortam	Günler	Sulama Oranları
Açık Hava	6 gün (her gün)	Çeşme suyu (can suyu verilmesi) (500 mL)
Sera Koşulları	7 gün (gün aşırı)	Çeşme suyu (can suyu verilmesi) (200 mL)
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	1.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 20, 50, 100 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	2.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 50, 100, 200 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)

Çizelge 3.7. Devamı

Ortam	Günler	Sulama Oranları
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	3.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 100, 200, 500 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	4.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 200, 500, 1000 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)
Sera Koşulları	14 gün	Sulama yapılmadı.
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	5.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 500, 1000, 2000 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)
Sera Koşulları	12 gün (gün aşırı)	6.Tekerrür: Sırasıyla Çeşme suyu, 1000, 2000, 5000 ppm Cr +3 çözeltisi ile sulama (200 mL)

Çizelge 3.8. Bitkilerin boylarındaki uzamaların ölçümleri

BİTKİLERİN ADAPTASYON DÖNEMİ VE KROM (III) AĞIR METAL ALIMI İŞLEMİ BOYUNCA GÜNLERE GÖRE BOYLARINDAKİ (CM) UZAMA DURUMLARI																							
BİTKİ KODU / GÜN	**19.07.09**	**31.07.09**	**02.08.09**	**04.08.09**	**06.08.09**	**08.08.09**	**10.08.09**	**12.08.09**	**14.08.09**	**16.08.09**	**18.08.09**	**20.08.09**	**22.08.09**	**24.08.09**	**26.08.09**	**28.08.09**	**30.08.09**	**01.09.09**	**03.09.09**	**05.09.09**	**07.09.09**	**09.09.09**	**11.09.09**
GK	50,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	13,00	21,00	35,00	44,50	47,50	49,50	55,10	59,50	62,50	65,20	69,50	71,40	73,50	75,50	79,00
G1	47,00	0,00	0,00	3,00	17,50	22,70	29,50	36,00	44,00	50,00	56,00	64,00	65,00	68,50	69,50	69,50	74,00	74,80	75,00	75,20	75,50	75,80	76,00
G2	62,50	0,00	0,00	0,00	3,50	11,00	22,50	33,00	41,00	49,50	58,50	63,00	64,50	68,00	70,20	75,30	77,00	79,50	82,00	82,00	82,20	82,20	82,40
G3	50,50	0,00	0,00	3,00	12,00	25,00	45,20	55,00	71,00	75,50	84,50	96,00	100,00	101,50	102,00	104,20	106,70	109,00	109,50	111,20	113,00	114,50	118,00
LK	20,50	8,50	9,00	13,00	15,50	18,00	19,50	21,20	25,20	28,50	32,50	34,50	36,00	36,50	37,50	37,80	38,00	38,20	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50
L1	22,50	4,00	4,50	5,50	5,80	6,00	6,50	7,00	9,30	10,00	13,50	18,50	20,50	20,50	21,00	24,00	24,50	24,80	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
L2	21,50	5,50	7,50	9,00	11,00	12,50	15,50	17,50	22,20	25,00	28,50	29,00	30,00	30,80	31,00	30,80	31,00	31,20	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
L3	19,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	9,30	10,50	13,00	17,50	20,50	21,20	22,50	23,20	24,00	24,00	24,50	24,80	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
SK	56,00	61,00	63,00	64,50	65,50	66,70	69,80	71,50	72,20	73,40	75,00	76,00	77,00	80,00	80,50	80,50	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00
S1	61,00	65,00	66,70	68,50	69,00	69,50	70,00	72,00	73,00	75,00	76,00	78,00	82,00	88,50	89,00	90,00	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50
S2	57,00	63,00	66,00	69,70	73,50	76,00	79,50	83,20	87,60	90,20	93,00	94,00	94,50	95,50	96,00	96,00	96,40	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50
S3	54,50	58,50	61,00	62,30	64,50	67,00	69,90	73,00	74,50	76,00	77,00	78,50	79,00	80,00	80,00	81,20	81,50	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
SCK	18,00	20,80	21,00	22,00	22,50	23,20	23,50	24,00	25,00	25,50	26,00	26,50	26,50	27,00	27,00	27,00	28,00	28,50	28,50	29,00	29,00	30,00	30,00
SC1	18,50	20,00	20,20	20,50	20,80	21,00	21,20	21,50	22,00	22,30	22,50	23,70	24,00	25,50	25,50	26,00	26,00	26,00	26,00	26,50	26,50	26,50	26,50
SC2	18,00	19,80	20,00	20,30	20,50	20,60	20,80	21,00	21,50	21,70	22,00	23,00	23,50	24,00	24,50	24,50	25,00	25,40	25,50	26,00	26,00	26,20	26,50
SC3	15,00	15,60	15,60	15,80	16,00	16,00	16,20	16,20	16,30	16,50	16,50	16,50	16,50	17,00	17,50	18,50	19,00	19,20	19,60	20,00	20,00	20,50	20,50
JŞK		75,00	75,00	75,00	75,70	76,00	76,20	76,20	76,50	76,50	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00	78,50	78,50	79,80	81,50	81,50	81,50	81,50	81,50
JŞ1		60,00	60,00	60,50	60,50	61,20	61,40	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50
JŞ2		76,50	76,60	77,00	77,00	77,00	77,50	77,50	78,00	78,00	78,00	78,00	79,00	79,20	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50
JŞ3		91,00	91,00	91,50	91,50	91,80	92,00	92,00	93,00	93,00	93,00	93,00	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50

Çizelge 3.8. Devamı

BİTKİLERİN ADAPTASYON DÖNEMİ VE KROM (III) AĞIR METAL ALIMI İŞLEMİ BOYUNCA GÜNLERE GÖRE BOYLARINDAKİ (CM) UZAMA DURUMLARI																						
BİTKİ KODU / GÜN	**13.09.09**	**15.09.09**	**17.09.09**	**19.09.09**	**21.09.09**	**23.09.09**	**25.09.09**	**27.09.09**	**29.09.09**	**01.10.09**	**03.10.09**	**05.10.09**	**07.10.09**	**09.10.09**	**11.10.09**	**13.10.09**	**15.10.09**	**17.10.09**	**19.10.09**	**21.10.09**	**23.10.09**	**25.10.09**
GK	80,00	81,50	82,00	82,50	83,20	84,00	84,50	85,00	85,00	85,50	85,80	86,20	86,50	86,50	87,00	87,00	87,00	87,50	87,50	88,30	88,50	88,50
G1	76,00	76,00	76,20	76,50	76,50	76,50	77,00	77,00	77,00	77,30	77,30	77,50	77,50	77,50	77,50	78,00	78,00	78,00	78,00	78,50	78,50	78,50
G2	82,40	82,40	82,40	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,50	82,80	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,50	83,50	83,50
G3	120,00	123,00	124,50	125,00	125,00	126,00	126,50	127,00	127,00	127,50	127,50	128,00	128,00	128,00	128,00	128,50	128,50	128,50	128,50	129,00	129,00	129,00
LK	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50	38,50
L1	25,50	25,50	25,50	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
L2	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
L3	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
SK	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00
S1	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50	90,50
S2	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50	96,50
S3	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
SCK	30,50	31,00	31,00	31,50	31,50	31,80	32,00	32,50	33,00	33,50	34,00	34,20	34,50	34,80	35,00	35,50	35,50	36,00	36,00	36,20	36,50	36,80
SC1	27,00	28,00	28,50	29,50	30,00	31,00	31,70	32,50	33,00	33,60	33,80	34,00	34,50	34,50	34,50	35,00	35,00	35,50	35,50	35,80	36,00	36,00
SC2	26,70	26,90	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,30	27,50	27,50	27,50	27,50	28,00	28,00	28,00	28,50	28,50	28,50	28,80	29,00	29,00	29,50
SC3	21,00	21,80	22,00	22,50	22,50	23,00	23,00	23,00	23,50	23,50	24,00	24,00	24,00	24,00	24,50	24,50	24,50	25,00	25,00	25,00	25,50	25,50
JŞK	82,00	82,00	82,50	84,00	84,00	84,00	84,00	84,50	84,50	84,50	84,50	85,00	85,00	85,00	85,00	85,50	85,50	85,50	86,00	86,00	86,00	86,00
JŞ1	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50	62,50
JŞ2	79,50	79,50	79,50	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
JŞ3	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50



Şekil 3.23. Bitkilerin tekerrür sürelerine göre değişimleri

3.2.2.2. Analizlerin hazırlanması ve yapılması

Bu tez çalışmasının ikinci ve son aşaması olan krom +3 çözeltisiyle sulanan seçkin 5 bitki türüyle krom alımı işlemi 6 Tekerrür ile 99 gün devam etmiştir. Saksıdaki bitkiler sökülüp, kök, gövde ve yapraklarına ayrılmıştır. Daha sonra hassas terazide bu örneklerin yaş ağırlıkları alınmıştır. Bitki ile krom ağır metal alımı işlemi, bitkilerin ölümünün gerçekleşmesiyle maksimum kapasitede ne kadar ağır metal alıp almadığı tespit edilmiştir. Daha sonra bitkinin kök, gövde, yaprak aksanlarında ve topraktaki biriken krom ağır metal oranları analizle belirlenmiştir.

Bitkiler sökülerek kök, gövde ve yapraklarına ayrılmıştır. Daha sonra hassas terazide bu örneklerin yaş ağırlıkları alınmıştır. Bitkinin kökü, gövdesi ve yaprağının tümü ve topraktan bir miktar örnek alınarak krozelere yerleştirilmiştir. Daha sonra bu krozeler kurutulmak üzere 70 C° ‘de ayarlanmış etüve konulmak suretiyle 2 gün boyunca kurutulmuş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. (Şekil 3.24’de krozelerdeki numunelerin etüve yerleştirilmesi gösterilmektedir). Bu kurutulmuş bitki numuneler numaralarına göre isimlendirilerek özel nem geçirmez poşetlere konulmuştur (Şekil 3.25). Deneyde krom +3 çözeltisiyle sulanan bitkilerden japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius* L.) bitkisindeki yıkama ve parçalama işlemi öncesi bünyesine aldığı yeşil krom alımı Şekil 3.26’da belirgin olarak görülmektedir.



Şekil 3.24. Numunelerin kurutulmak üzere etüve konulması



Şekil 3.25. Kurutulmuş numuneler



Şekil 3.26. Yıkama-parçalama işlemi öncesi japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisindeki köklerde krom alımı belirtisi

Hazırlanmış bitki aksanları ve toprak numunelerin bünyelerinde bulunduğu ağır metallerin tespiti için Konya Ticaret Borsası Laboratuar Bölümünde numuneler, Perkin Elmer marka Optima 2200 DV ICP-OES (*Optical Emission Spectrometer*) cihazı ile ağır metal analizlerine hazırlanmak için TSE'nin yaş yakma metoduna uyularak ön işleme tabi tutulmuştur. Numunelerden 0,5 g tartılarak mikrodalga yakma ünitesinin kaplarına konulmuştur, üzerine % 37 saflıkta 5 ml Hidrojen klorür

(*HCI*), % 65 saflıkta 5 ml Nitrik Asit (HNO_3), % 30 saflıkta 3 ml Hidrojen Peroksit (H_2O_2) eklenmiş ve parçalanmaya bırakılmıştır. Parçalanan numuneler etiketlenmiş şişelere konulmuştur. Numunelerin içerisinde kalan inorganik maddelerden uzaklaştırmak için süzme işlemi yapılmıştır. Süzme işlemi için *Whatman* GF/C 45 mm filtre kâğıdı kullanılmıştır. Süzülen numuneler saf su eklenerek 100 ml'ye tamamlanmıştır. NMKL 161:1998 Metoduna göre Perkin Elmer Optima 2200 DV ICP-OES (*Optical Emission Spectrometer*) Cihazıyla bitki ve toprak numuneleri içindeki krom ağır metal muhtevası, Cr 267.716 mm dalga boyunda ölçülmüştür (Çizelge 3.9'de Analizi edilen numaralandırılmış numunelerin ağır metal analiz sonuçları verilmiştir).

Çizelge 3.9. NMKL 161.1998 metoduna göre ICP-OES Perkin Elmer Optima 2200 DV cihazıyla ölçülen örneklerin ağır metal sonuçları

S.No	Bitki Kısımları	Kod	Krom (Cr mg / kg)
1	Gındıra Kontrol Yaprak	GK-Y	1,47
2	Gındıra Kontrol Gövde	GK-G	1,06
3	Gındıra Kontrol Kök	GK-K	5,24
4	Gındıra Kontrol Toprak	GK-T	38,87
5	Gındıra 1 Yaprak	G1-Y	0,87
6	Gındıra 1 Gövde	G1-G	1,43
7	Gındıra 1 Kök	G1-K	4,45
8	Gındıra 1 Toprak	G1-T	94,67
9	Gındıra 2 Yaprak	G2-Y	7,69
10	Gındıra 2 Gövde	G2-G	2,40
11	Gındıra 2 Kök	G2-K	16,20
12	Gındıra 2 Toprak	G2-T	319,50
16	Gındıra 3 Yaprak	G3-Y	1,56
15	Gındıra 3 Gövde	G3-G	0,96
14	Gındıra 3 Kök	G3-K	14,82
13	Gındıra 3 Toprak	G3-T	106,50
18	Lepıdıum L. Kontrol Yaprak	L. K-Y	5,34
21	Lepıdıum L. Kontrol Kök	L. K-K	1,48
20	Lepıdıum L. Kontrol Toprak	L. K-T	92,42
23	Lepıdıum L. 1 Yaprak	L. 1-Y	4,83
22	Lepıdıum L. 1 Kök	L. 1-K	0,38

Çizelge 3.9. Devamı

S.No	Bitki Kısımları	Kod	Krom (Cr mg / kg)
19	Lepıdıum L. 1 Toprak	L. 1-T	78,85
26	Lepıdıum L. 2 Yaprak	L. 2-Y	8,40
27	Lepıdıum L. 2 Kök	L. 2-K	5,62
31	Lepıdıum L. 2 Toprak	L. 2-T	58,33
28	Lepıdıum L. 3 Yaprak	L. 3-Y	30,93
29	Lepıdıum L. 3 Kök	L. 3-K	1,40
32	Lepıdıum L. 3 Toprak	L. 3-T	59,37
A23	Sirken Kontrol Yaprak	SİRKEN K-Y	3,08
24	Sirken Kontrol Gövde	SİRKEN K-G	1,96
25	Sirken Kontrol Kök	SİRKEN K-K	2,24
30	Sirken Kontrol Toprak	SİRKEN K-T	79,62
35	Sirken 1 Yaprak	SİRKEN 1-Y	3,45
34	Sirken 1 Gövde	SİRKEN 1-G	5,51
36	Sirken 1 Kök	SİRKEN 1-K	7,06
33	Sirken 1 Toprak	SİRKEN 1-T	98,94
49	Sirken 2 Yaprak	SİRKEN 2-Y	0,66
48	Sirken 2 Gövde	SİRKEN 2-G	0,00
47	Sirken 2 Kök	SİRKEN 2-K	3,23
45	Sirken 2 Toprak	SİRKEN 2-T	69,87
60	Sirken 3 Yaprak	SİRKEN 3-Y	1,06
58	Sirken 3 Gövde	SİRKEN 3-G	2,29
59	Sirken 3 Kök	SİRKEN 3-K	2,32
46	Sirken 3 Toprak	SİRKEN 3-T	105,00
66	Suaeda Kontrol Yaprak	SUAEDA K-Y	0,04
65	Suaeda Kontrol Gövde	SUAEDA K-G	0,00
56	Suaeda Kontrol Kök	SUAEDA K-K	25,80
42	Suaeda Kontrol Toprak	SUAEDA K-T	68,67
50	Suaeda 1 Yaprak	SUAEDA 1-Y	0,00
53	Suaeda 1 Gövde	SUAEDA 1-G	15,51
52	Suaeda 1 Kök	SUAEDA 1-K	2,22
44	Suaeda 1 Toprak	SUAEDA 1-T	87,41
68	Suaeda 2 Yaprak	SUAEDA 2-Y	0,75
67	Suaeda 2 Gövde	SUAEDA 2-G	5,94
55	Suaeda 2 Kök	SUAEDA 2-K	57,46
41	Suaeda 2 Toprak	SUAEDA 2-T	92,36
73	Suaeda 3 Yaprak	SUAEDA 3-Y	6,76
74	Suaeda 3 Gövde	SUAEDA 3-G	4,81
51	Suaeda 3 Kök	SUAEDA 3-K	10,70
40	Suaeda 3 Toprak	SUAEDA 3-T	87,40
70	Japon Şemsiyesi Kontrol Yaprak	J.Ş.K-Y	0,74
69	Japon Şemsiyesi Kontrol Gövde	J.Ş.K-G	0,24
76	Japon Şemsiyesi Kontrol Kök	J.Ş.K-K	7,30
39	Japon Şemsiyesi Kontrol Toprak	J.Ş.K-T	51,69
62	Japon Şemsiyesi 1 Yaprak	J.Ş.1-Y	0,42
61	Japon Şemsiyesi 1 Gövde	J.Ş.1-G	0,00
54	Japon Şemsiyesi 1 Kök	J.Ş.1-K	4,52
38	Japon Şemsiyesi 1 Toprak	J.Ş.1-T	39,09

Çizelge 3.9. Devamı

S.No	Bitki Kısımları	Kod	Krom (Cr mg / kg)
75	Japon Şemsiyesi 2 Yaprak	J.Ş.2-Y	4,16
71	Japon Şemsiyesi 2 Gövde	J.Ş.2-G	1,09
72	Japon Şemsiyesi 2 Kök	J.Ş.2-K	11,29
43	Japon Şemsiyesi 2 Toprak	J.Ş.2-T	63,47
63	Japon Şemsiyesi 3 Yaprak	J.Ş.3-Y	0,39
64	Japon Şemsiyesi 3 Gövde	J.Ş.3-G	0,00
57	Japon Şemsiyesi 3 Kök	J.Ş.3-K	8,12
37	Japon Şemsiyesi 3 Toprak	J.Ş.3-T	56,47

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Birinci Aşama Bulgular ve Tartışma

Çalışma, Bitkisel verimlilik ve bitkilerin ağır metal analizi açısından olmak üzere iki yönden değerlendirmesi yapılacaktır.

4.1.1. Bitkisel verimlilik

03 Haziran 2009 günü, bitkilerin ağır metal analizleri yapılmadan önce bitkiler yaprak, gövde, kök kısımlarına ayrıldı ve etüvde kurutulmadan önce yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Bitkilerin yetiştirildiği toprak ortamları da etüve konulmadan önce yaş ağırlığı alınmıştır. Etüvde kurutma işleminden sonra Çatalhüyük Mah. Kaş mevkii drenaj kanalından alınan numunelerin ve Aslım mevkii çöp deponi sahası drenaj kanalından alınan numunelerin ölçüm değerleri ve kuru ağırlıkları sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çatalhüyük kaş mevkisi drenaj kanalından alınan numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)

ÇATALHÜYÜK KAŞ MEVKİSİ DRENAJ KANALINDAN ALINAN NUMUNELERİN YAŞ VE KURU AĞIRLIKLARI			
Numunenin Adlandırılışı		**Numunenin yaş ağırlığı (g)**	**Numunenin kuru ağırlığı (g)**
B	Toprak Numune	7,1104	6,8547
A	Toprak Numune	3,1024	2,7775
5	Suaeda Gövde/Yaprak	4,8379	0,6131
7	Sirken Kök	2,5792	0,9810
1	Lepıdıum L. Kök	9,6967	4,5772
2	Lepıdıum L. Gövde	4,2368	1,4493
8	Sirken Gövde	5,6146	1,2649
6	Suaeda Kök	3,6147	1,3164
3	Lepıdıum L. Yaprak	4,1094	1,1670
9	Sirken Yaprak	3,4350	0,5847

Çizelge 4.2. Aslım mevkisi drenaj kanalından alınan numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)

ASLIM MEVKİSİ DRENAJ KANALINDAN ALINAN NUMUNELERİN YAŞ VE KURU AĞIRLIKLARI			
Numunenin Adlandırılışı		**Numunenin Yaş Ağırlığı (g)**	**Numunenin Kuru Ağırlığı(g)**
12	Lepıdıum L. Kök	11,4786	3,8913
13	Lepıdıum L. Gövde	5,0115	1,4044
14	Lepıdıum L. Yaprak	5,5721	1,0709
15	Toprak Numune	7,2904	5,5491
16	Suaeda Kök-9m	4,4037	1,1199
17	Suaeda Gövde/Yaprak-9m*	4,4457	0,5171
18	Toprak Numune-9m*	6,6300	5,0073
19	Sirken Kök	3,0389	1,2158
20	Sirken Gövde	2,7580	0,5864
21	Sirken Yaprak	2,7353	0,4374
22	Suaeda Kök-3m	2,9513	0,8947
23	Suaeda Gövde/Yaprak-3m**	6,9320	0,8411
24	Toprak Numune-3m**	6,5590	5,3831
*Aslım drenaj kanalında sızıntı suyunun döküldüğü yere uzaklık 9m			
**Aslım drenaj kanalında sızıntı suyunun döküldüğü yere uzaklık 3m			

4.1.2. Ağır metal analizleri

Aslım Mevkii Konya çöp depolama sahası sızıntı sularının döküldüğü yerdeki drenaj kanalı yatağındaki yetişen baskın bitki türleri, bu bitkinin bulunduğu ortamdaki toprak numunelerindeki ağır metaller ile aynı bitki türlerinin temiz

ortamdaki, Konya çöp depolama sahasına takribi 10 km uzaklıktaki, Konya Merkez Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii DSİ 4. Bölge Müdürlüğü'nün yaptırmış olduğu yağmur suyu kurutma kanalı olan drenaj kanalından alınan bitki türleri, bu bitkilerin bulunduğu ortamdaki toprak numunelerindeki ağır metal analizleri karşılaştırılmıştır. Her iki ortamda yetişen bitki türleri ve yetiştiği ortamdaki toprak numunelerinde kıyasında Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn olmak üzere 8 ağır metal elementine bakılmıştır. Aslım mevkii Konya Çöp Depolama Sahası sızıntı sularının döküldüğü drenaj kanalından alınan örnekler kirli ortam; Konya Merkez Karatay İlçesi Çatalhüyük mah. Kaş mevkii drenaj kanalından alınan örnekler temiz ortam olarak adlandırılmıştır. Her iki ortamda yetişen aynı bitki türlerinin ağır metal elementleri bakımından karşılaştırılması sırasıyla Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Suaeda carnosissima Post bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması

SUAEDA CARNOSISSIMA POST BİTKİSİ - KİRLİ ORTAM					
KÖK		GÖVDE/YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	-	Cd	-	Cd	0,22
Cr	8,69	Cr	1,22	Cr	34,39
Cu	2,98	Cu	11,90	Cu	6,56
Fe	2.686,00	Fe	600,80	Fe	12.460,00
Mn	78,82	Mn	32,50	Mn	259,00
Ni	15,32	Ni	3,98	Ni	40,37
Pb	2,59	Pb	-	Pb	5,28
Zn	69,73	Zn	97,86	Zn	30,37
SUAEDA CARNOSISSIMA POST BİTKİSİ -TEMİZ ORTAM					
KÖK		GÖVDE/YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	-	Cd	-	Cd	0,28
Cr	4,53	Cr	0,80	Cr	29,23
Cu	7,86	Cu	2,15	Cu	7,57
Fe	1.267,00	Fe	104,70	Fe	11.280,00
Mn	42,51	Mn	22,74	Mn	228,10
Ni	7,19	Ni	1,58	Ni	42,42
Pb	-	Pb	-	Pb	3,50
Zn	12,17	Zn	6,59	Zn	28,68

Çizelge 4.4. Sirken (chenopodium album L.) bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması

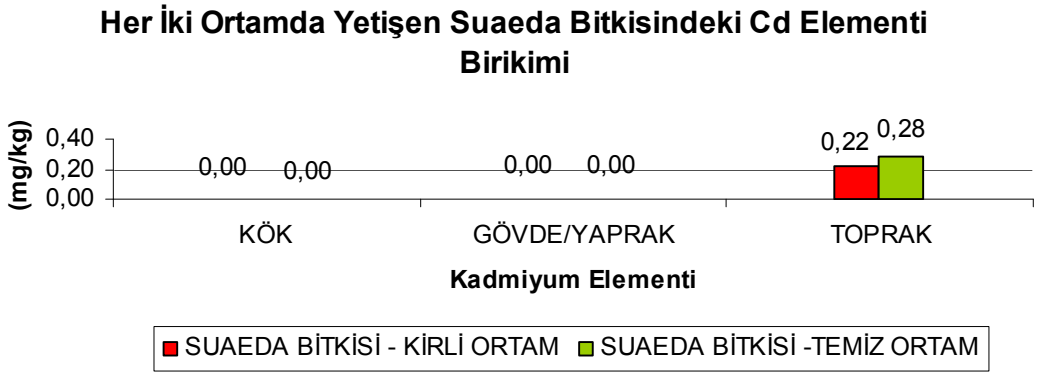
SİRKEN (CHENOPODIUM ALBUM L.) BİTKİSİ - KİRLİ ORTAM							
KÖK		GÖVDE		YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	0,28	Cd	-	Cd	-	Cd	0,22
Cr	7,30	Cr	0,44	Cr	1,91	Cr	34,39
Cu	6,18	Cu	2,58	Cu	6,52	Cu	6,56
Fe	2.150,00	Fe	48,68	Fe	409,40	Fe	12.460,00
Mn	48,94	Mn	4,49	Mn	21,74	Mn	259,00
Ni	14,77	Ni	0,53	Ni	4,22	Ni	40,37
Pb	3,26	Pb	-	Pb	-	Pb	5,28
Zn	59,18	Zn	26,78	Zn	85,09	Zn	30,37
SİRKEN (CHENOPODIUM ALBUM L.) BİTKİSİ - TEMİZ ORTAM							
KÖK		GÖVDE		YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	-	Cd	-	Cd	-	Cd	0,28
Cr	4,09	Cr	0,66	Cr	1,40	Cr	29,23
Cu	3,05	Cu	13,22	Cu	6,04	Cu	7,57
Fe	556,20	Fe	56,35	Fe	97,80	Fe	11.280,00
Mn	21,10	Mn	28,78	Mn	35,76	Mn	228,10
Ni	8,12	Ni	2,23	Ni	1,75	Ni	42,42
Pb	-	Pb	-	Pb	-	Pb	3,50
Zn	10,19	Zn	18,28	Zn	11,71	Zn	28,68

Çizelge 4.5. Lepidium latifolium L. bitkisinin her iki ortamda yetişen türlerinde ağır metal elementlerinin karşılaştırılması

LEPIDIUM LATIFOLIUM L. BİTKİSİ - KİRLİ ORTAM							
KÖK		GÖVDE		YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	0,03	Cd	-	Cd	-	Cd	0,22
Cr	7,05	Cr	0,47	Cr	0,93	Cr	34,39
Cu	8,58	Cu	2,75	Cu	3,73	Cu	6,56
Fe	702,60	Fe	220,10	Fe	152,40	Fe	12.460,00
Mn	30,42	Mn	5,47	Mn	11,59	Mn	259,00
Ni	6,90	Ni	-	Ni	2,29	Ni	40,37
Pb	-	Pb	0,31	Pb	-	Pb	5,28
Zn	49,09	Zn	47,29	Zn	37,23	Zn	30,37
LEPIDIUM LATIFOLIUM L. BİTKİSİ - TEMİZ ORTAM							
KÖK		GÖVDE		YAPRAK		TOPRAK	
element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)	element	mg / kg (ppm)
Cd	-	Cd	-	Cd	-	Cd	0,16
Cr	2,31	Cr	0,60	Cr	1,09	Cr	41,05
Cu	5,02	Cu	2,30	Cu	4,52	Cu	3,55
Fe	810,80	Fe	31,81	Fe	226,50	Fe	9.940,00
Mn	70,95	Mn	28,05	Mn	88,15	Mn	259,10
Ni	7,91	Ni	1,53	Ni	2,76	Ni	67,19
Pb	-	Pb	-	Pb	0,75	Pb	4,14
Zn	39,43	Zn	78,38	Zn	80,40	Zn	21,10

4.1.2.1. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki kadmiyum birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bu bitkinin kök, gövde / yapraktaki toplam Cd (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.1'de verilmiştir.



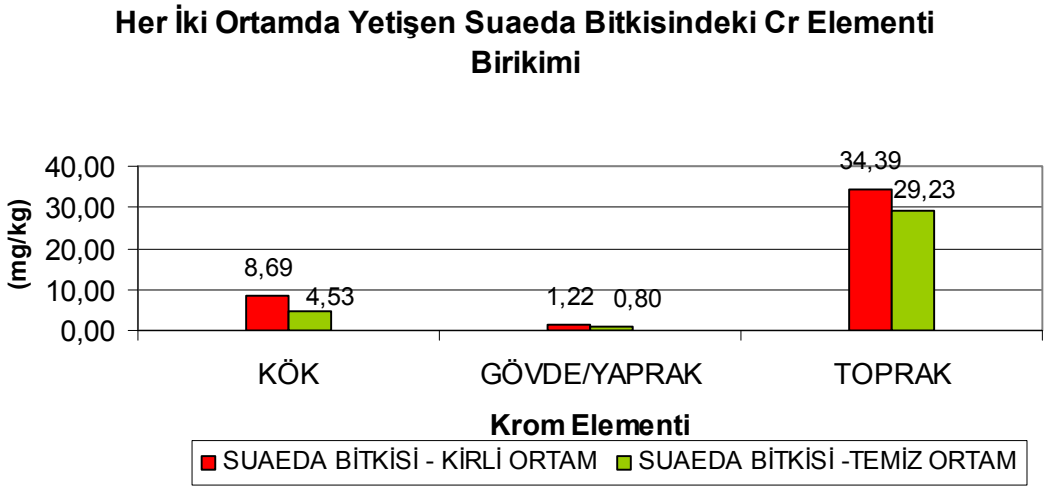
Şekil 4.1. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki kadmiyum birikimi

Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kadmiyum elementine bitkide rastlanmamıştır. Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cd 0,28 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cd 0,22 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki kadmiyum (Cd) 3,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.2. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki krom birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bu bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki krom birikimi

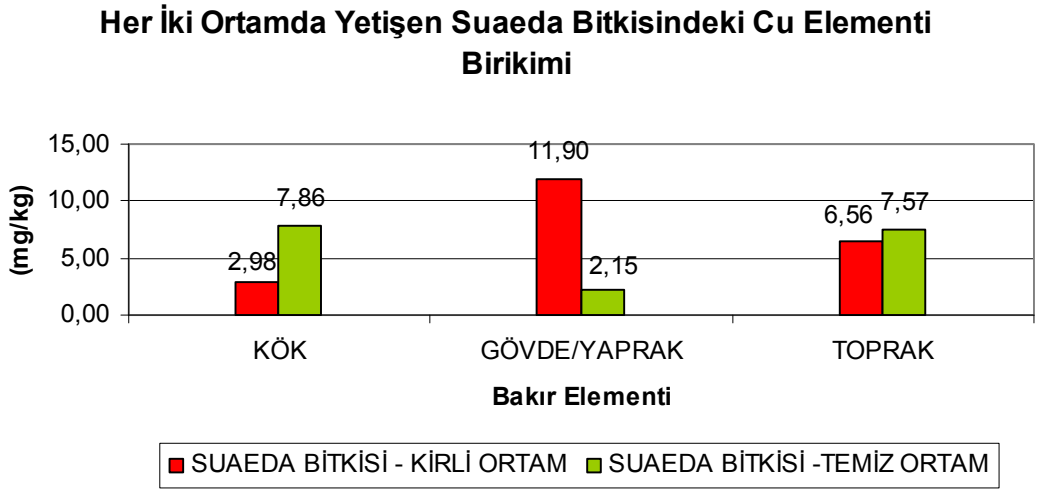
Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde krom elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cr 4,53 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 8,69 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında krom elementi köklere nazaran az olduğu gözlenmiştir.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cr 29,23 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 34,39 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki krom (Cr) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.3. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki bakır birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Cu (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki bakır birikimi

Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde bakır elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cu 7,86 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 2,98 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında bakır elementi temiz ortamda Cu 2,15 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 11,90 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Kirli ortamdaki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisinin Cu ağır metalinde daha çok topraktan gövde / yaprağa doğru hareketini görüyoruz ve sıralanışı yönünden ise, gövde / yaprak (Cu) > toprak (Cu) > kök (Cu) olarak olduğu belirlenmiştir. Aynı bitkinin temiz ortamındaki bitkideyse daha çok kök ve toprakta ağır metalini tuttuğu ve yaprak / gövde kısımlarında daha az olduğunu görüyoruz.

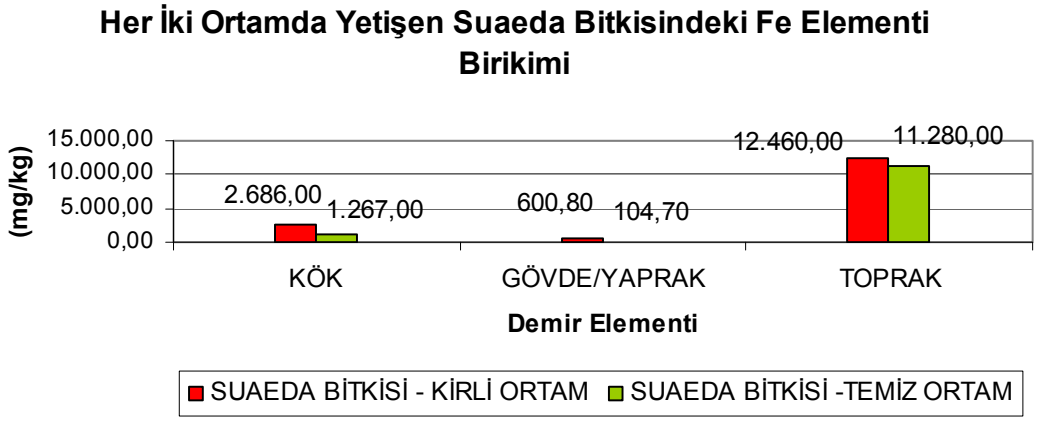
Cu elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 2-5 aralığı için noksanlık; 5-10 aralığı için yeterli; 20-50 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994). İtalyan Alplerinde bulunan madencilik endüstrisinin civarındaki topraklarda anormal düzeyde Pb, Zn, Cd, Cu içeriği belirlenmiştir (sırasıyla, Pb için 5900 ppm, Zn için 16000 ppm, Cd için 41 ppm ve Cu için 52 ppm). Bu alanlarda yetişen bitkilerde zengin ağır metal içeriği görülebilir (Leita ve ark. 1988).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cu 7,57 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 6,56 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki bakır (Cu) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.4. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki demir birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Fe (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki demir birikimi

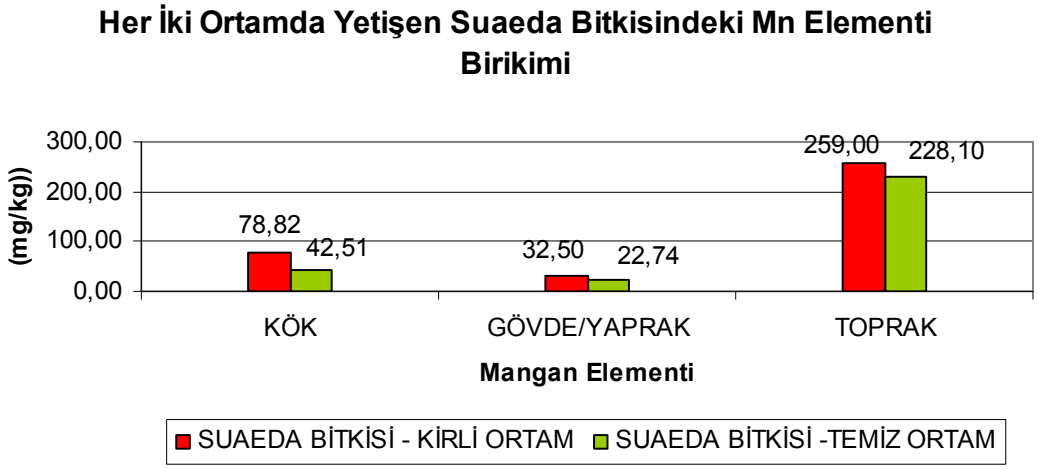
Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde demir elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Fe 1267 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 2686 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında demir elementi temiz ortamda Fe 104,70 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 600,80 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için köklerinde Fe elementini gövde / yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Fe elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak < 50 aralığı için noksanlık; 100-500 aralığı için yeterli; > 500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Fe 11280 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 12460 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.5. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki mangan birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Mn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki mangan birikimi

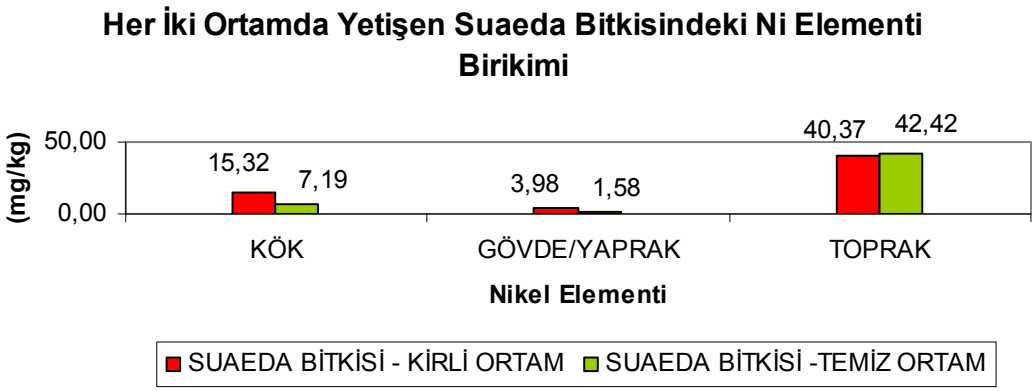
Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde mangan elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Mn 42,51 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 78,82 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında mangan elementi temiz ortamda Mn 22,74 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 32,50 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için köklerinde Mn elementini gövde / yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Mn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 15-25 aralığı için noksanlık; 20-300 aralığı için yeterli; 300-500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Mn 228,10 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 259 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.6. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki nikel birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Ni (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki nikel birikimi

Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde nikel elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Ni 15,32 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 7,19 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında nikel elementi temiz ortamda Ni 1,58 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 3,98 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin Mn olduğu gibi her iki ortam için köklerinde Ni elementini gövde / yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

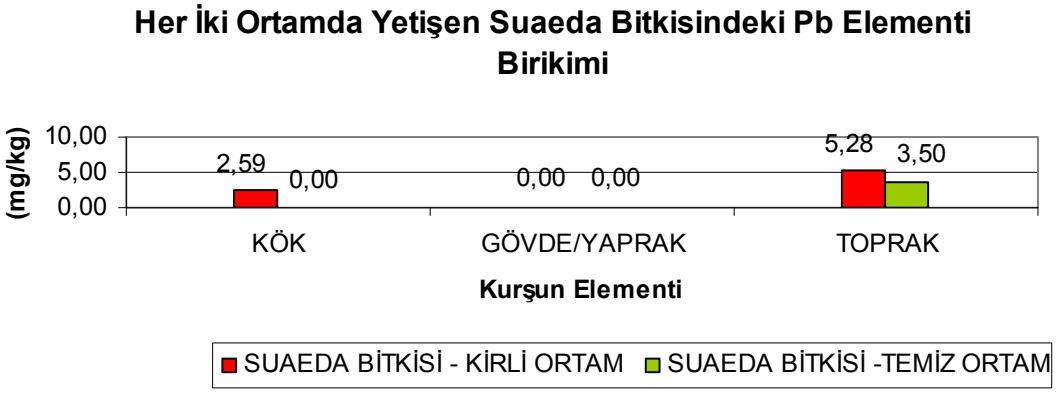
(Eid ve ark. 1997) yaptıkları çalışmada, topraklarda bulunan çeşitli toksik metallerin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilerini araştırmışlardır. Zn, Cu, Ni atıklarının eklendiği topraklarda Vicia faba'nın gelişiminin yavaşladığını belirlemişlerdir. Zn'un 160 ppm, Cu'ın 80 ppm ve Ni'in 20 ppm'lik konsantrasyonlarının Vibia faba'nın sürgülerinde küçülmeye ve sürgünlerde gelişim noksanlığına yol açtığını bildirmektedirler.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Ni 42,42 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 40,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki nikel (Ni) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.7. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki kurşun birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Pb (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki kurşun birikimi

Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kurşun elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda bulunmadığı, kirli ortamda Pb 2,59 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında kurşun elementi her iki ortamda bulunmamıştır.

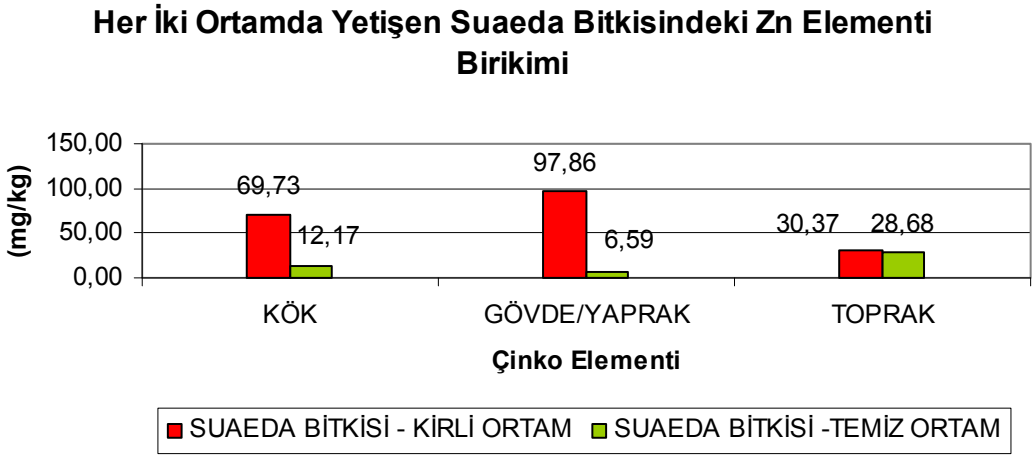
Güneybatı Polonya'da Bakır madeni işletmeciliğinin bulunduğu bu bölgenin 1 km^2'lik alan içerisinde kalan kısmında; bakır için 250-10.000 mg/kg, kurşun için 90-18.000 mg/kg, kadmiyum için 0,3-10,9 mg/kg, Çinko için 55-4.000 mg/kg değerleri bulunmuştur (Tok 1997; Kabala ve ark. 2001; McGowen ve ark. 2001).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Pb 3,50 mg / kg (kuru), kirli ortamda Pb 5,28 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki (Pb) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.8. Her iki ortamda yetişen *suaeda carnosissima* Post bitkisindeki çinko birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök / gövde, yapraktaki toplam Zn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Her iki ortamda yetişen *Suaeda Carnosissima* Post bitkisindeki çinko değerleri

Suaeda Carnosissima Post bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde çinko elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Zn 12,17 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 69,73 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde / yaprak kısımlarında çinko elementi temiz ortamda Zn 6,59 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 97,86 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için gövde ve yapraklarında Zn elementini köklerine nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir. Kirli ortamdaki *Suaeda Carnosissima* Post bitkisinde, gövde / yaprak kısmındaki çinko (Zn), kökteki ve topraktaki Çinko (Zn) miktarından fazla olduğu ve sıralaması ise, gövde / Yaprak (Zn) > Kök (Zn) > Toprak (Zn) olarak tespit edilmiştir.

Arlı (2006), yılında yaptığı çalışmasında, yapılan analizler sonucunda en yüksek bakır konsantrasyonu *Echinochloa crus-galli* bitkisinin kök dokusunda Cu 345 mg/kg değerinde bulunmuştur ve Brassica juncea bitkisi ise Zn 193 mg/kg değerinde biriktirmiştir.

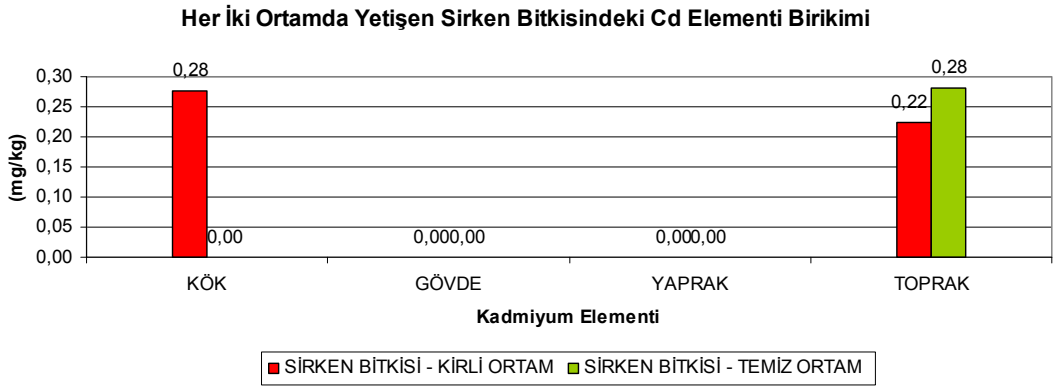
Zn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 10-20 aralığı için noksanlık; 27-150 aralığı için yeterli; 100-400 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Zn 28,68 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 30,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki çinko (Zn) 300,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.9. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki kadmiyum birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cd (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki kadmiyum birikimi

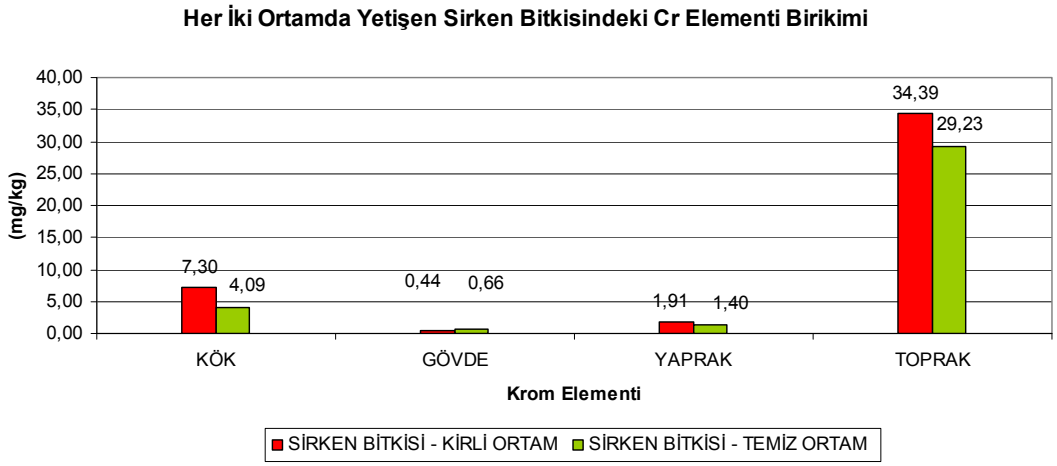
Sirken (c*henopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kadmiyum elementine baktığımızda bitkinin gövde ve yaprak kısımlarında var olmadığını görüyoruz. Kirli ortamında yetişen sirken (*chenopodium album L.*) bitkisinin kökteki yapısında Cd 0,28 mg / kg olarak bulunmuştur ve topraktaki Cd 0,22 mg / kg değerinden fazla olduğu görülmektedir.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cd 0,28 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cd 0,22 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki kadmiyum (Cd) 3,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.10. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki krom birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.10'da verilmiştir.



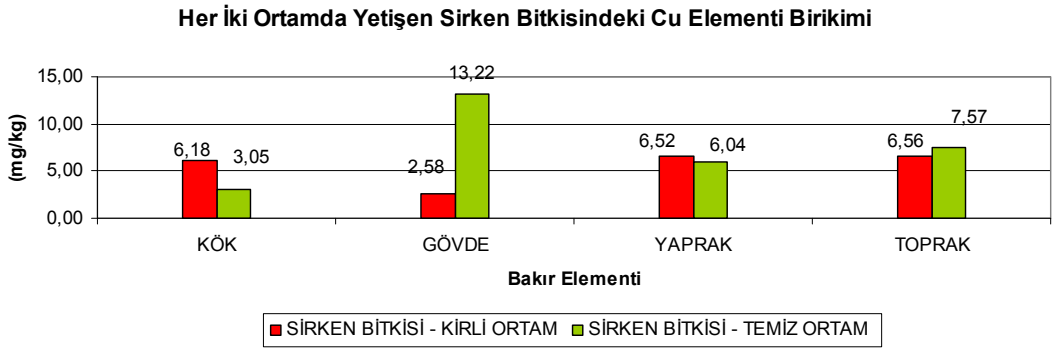
Şekil 4.10. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki krom birikimi

Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde krom elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cr 4,09 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 7,30 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Her iki ortamdaki bitkinin gövde ve yaprak kısımlarında krom elementi köklere nazaran az olduğu gözlenmiştir. Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cr 29,23 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 34,39 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki krom (Cr) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.11. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki bakır birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cu (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki bakır birikimi

Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde bakır elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cu 3,05 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 6,10 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısımlarında bakır elementi temiz ortamda Cu 13,22 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 2,58 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısımlarında bakır elementi temiz ortamda Cu 6,04 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 6,52 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Kirli ortamdaki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin Cu

ağır metalinde daha çok topraktan yaprağa doğru hareketini görüyoruz ve sıralanışı yönünden ise, toprak (Cu) > yaprak (Cu) > kök (Cu) > gövde (Cu) olarak olduğu belirlenmiştir. Aynı bitkinin temiz ortamdaki bitkisinde Cu ağır metalinde daha çok topraktan gövde ve yaprağa doğru hareketini görüyoruz ve sıralanışı yönünden ise, gövde (Cu) > toprak (Cu) > yaprak (Cu) > kök (Cu) olarak olduğu görülmektedir.

Cu elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 2-5 aralığı için noksanlık; 5-10 aralığı için yeterli; 20-50 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

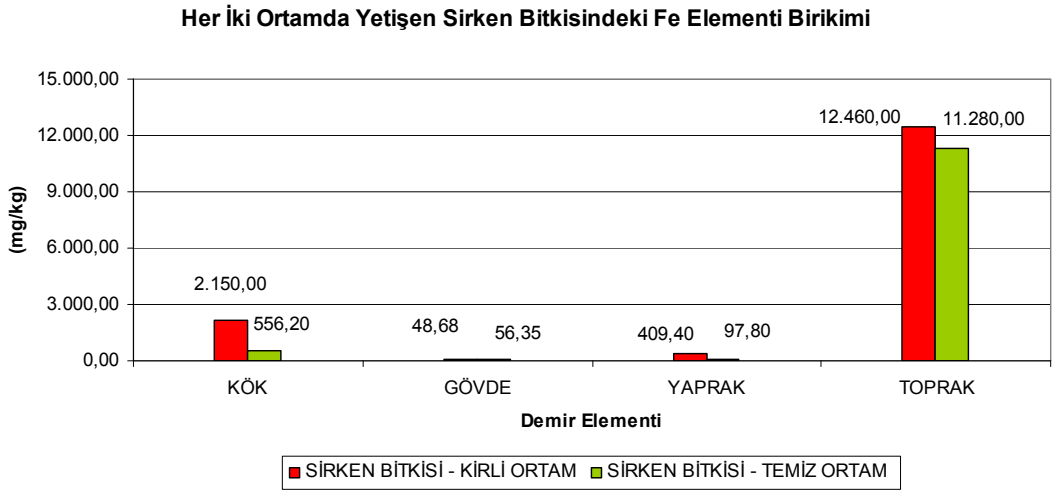
Cu, Zn ve Cd'un yulafın kök ve sürgün gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Kök gelişimindeki azalmaya sırasıyla Cu<Cd<Zn neden olmaktadır. Sürgün gelişiminde azalmaya neden olan ağır metaller ise Cu<Zn<Cd şeklinde sıralanmaktadır. 100 ppm Cu, 20 ppm Zn ve 4 ppm Cd kök uzunluğunu önemli derecede azaltan ağır metal konsantrasyonları olduğu bildirilmektedir (Dinev 1998).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cu 7,57 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 6,56 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki bakır (Cu) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.12. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki demir birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Fe (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki demir birikimi

Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde demir elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Fe 556,2 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 2150 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında demir elementi temiz ortamda Fe 56,35 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 48,68 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında demir elementi temiz ortamda Fe 97,80 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 409,40 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

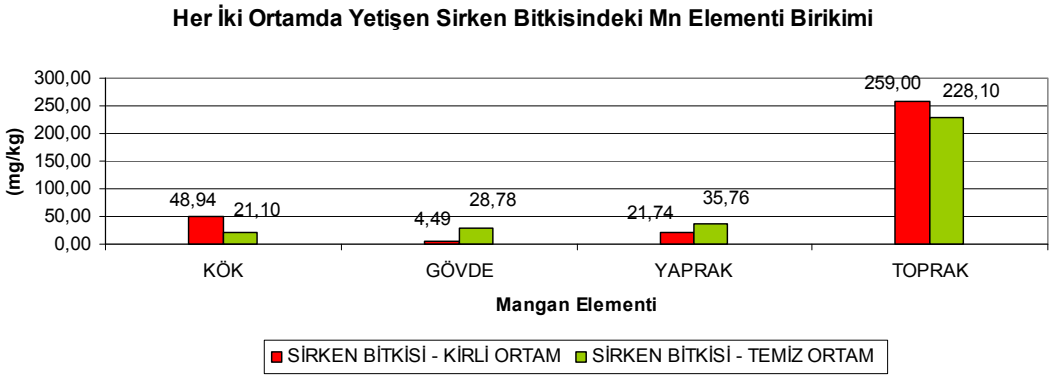
Bitkinin her iki ortam için köklerinde Fe elementini gövde ve yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Fe elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak < 50 aralığı için noksanlık; 100-500 aralığı için yeterli; > 500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Fe 11280 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 12460 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.13. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki mangan birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Mn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki mangan birikimi

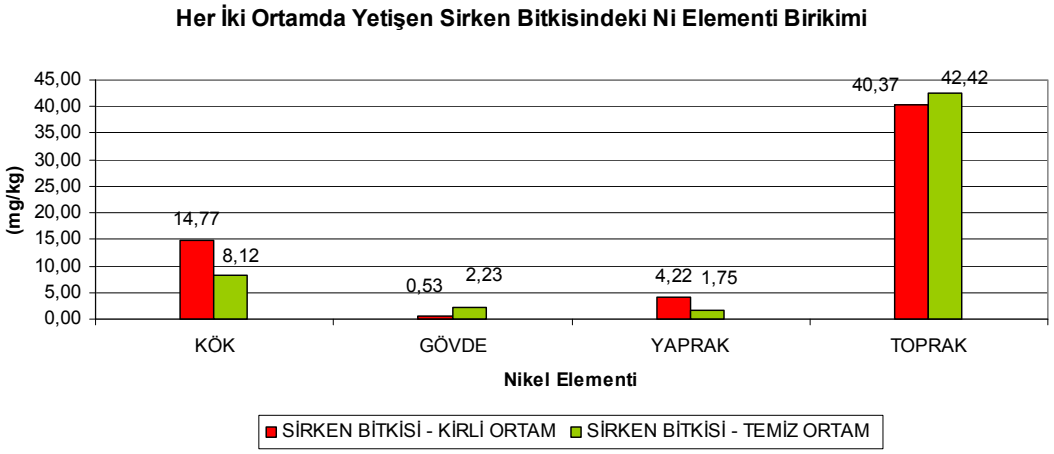
Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde mangan elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Mn 21,10 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 48,94 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında mangan elementi temiz ortamda Mn 28,78 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 4,49 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında mangan elementi temiz ortamda Mn 35,76 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 21,74 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Temiz ortamdaki sirken (*chenopodium album* L.) bitkisinde Mn elementi, topraktan yaprağa ve gövdeye doğru hareket ettiği görülmektedir ve sıralanışı yönünden ise, toprak (Mn) > yaprak (Mn) > gövde (Mn) > kök (Mn) olarak olduğu görülmektedir. Kirli ortamdaki sirken (*chenopodium album* L.) bitkisinde Mn elementi, yaprak ve gövdeden ziyade köklerde birikmektedir ve sıralanışı yönünden ise, toprak (Mn) > kök (Mn) > yaprak (Mn) > gövde (Mn) olarak olduğu görülmektedir.

Mn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 15-25 aralığı için noksanlık; 20-300 aralığı için yeterli; 300-500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Mn 228,10 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 259 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.14. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki nikel birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Ni (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki nikel birikimi

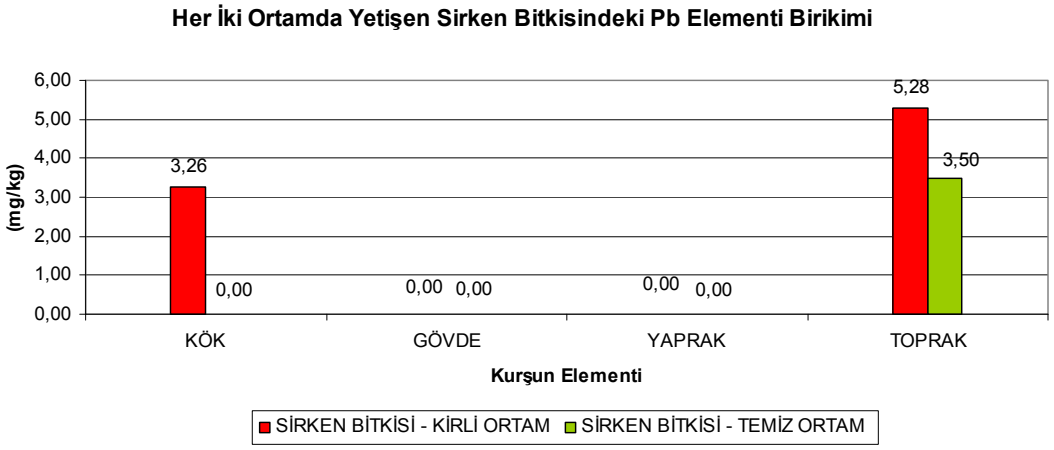
Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde nikel elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Ni 8,12 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 14,77 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında nikel elementi temiz ortamda Ni 2,23 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 0,53 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında nikel elementi temiz ortamda Ni 1,75 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 4,22 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için köklerinde Ni elementini gövde ve yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Ni 42,42 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 40,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki nikel (Ni) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.15. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki kurşun birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Pb (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki kurşun birikimi

Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kurşun elementine baktığımızda bitkinin gövde ve yaprak kısımlarında Pb elementine rastlanmadığı görülmüştür. Bitkinin kök yapısı açısından bakıldığında temiz ortamda Pb ağır metali bulunmadığı, kirli ortamda Pb 3,26 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

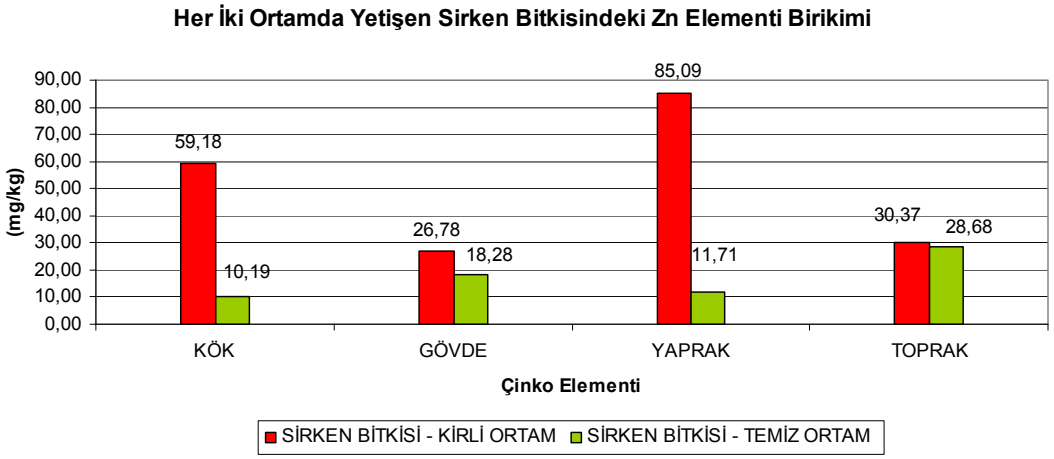
Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Pb 3,50 mg / kg (kuru), kirli ortamda Pb 5,28 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Güneybatı Polonya'da Bakır madeni işletmeciliğinin bulunduğu bu bölgenin 1 km^2'lik alan içerisinde kalan kısmında; bakır için 250-10.000 mg/kg, kurşun için 90-18.000 mg/kg, kadmiyum için 0,3-10,9 mg/kg, Çinko için 55-4.000 mg/kg değerleri bulunmuştur (Tok 1997; Kabala ve ark. 2001; McGowen ve ark. 2001).

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki (Pb) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.16. Her iki ortamda yetişen sirken (*chenopodium album* L.) bitkisindeki çinko birikimi

Her iki ortamda yetişen iki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Zn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Her iki ortamda yetişen sirken (c*henopodium album* L.) bitkisindeki çinko birikimi

Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde çinko elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Zn 10,19 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 59,18 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında çinko elementi temiz ortamda Zn 18,28 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 26,78 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında çinko elementi temiz ortamda Zn 11,71 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 85,09 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Kirli ortamdaki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinde Zn ağır metalinin topraktan köke hatta yapraklara doğru yürüdüğü görülmektedir ve sıralaması ise, Yaprak (Zn) > Kök (Zn) > Toprak (Zn) > Gövde (Zn) olarak tespit edilmiştir. Temiz ortamdaki Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisinde Zn ağır metalinin kökte birikmesinden ziyade gövde ve yapraklarda olduğu görülmektedir ve sıralaması ise, Toprak (Zn) > Gövde (Zn) > Yaprak (Zn) > Kök (Zn) olarak tespit edilmiştir.

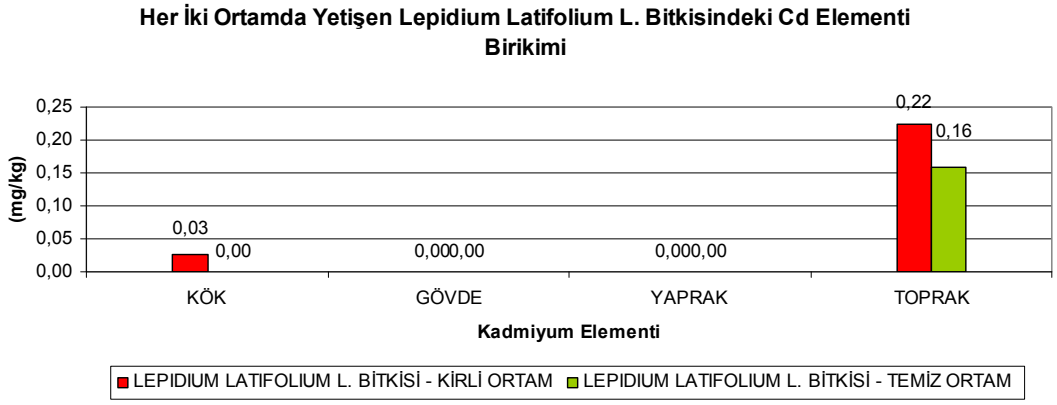
Zn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 10-20 aralığı için noksanlık; 27-150 aralığı için yeterli; 100-400 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Zn 28,68 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 30,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki çinko (Zn) 300,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.17. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki kadmiyum birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cd (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki kadmiyum birikimi

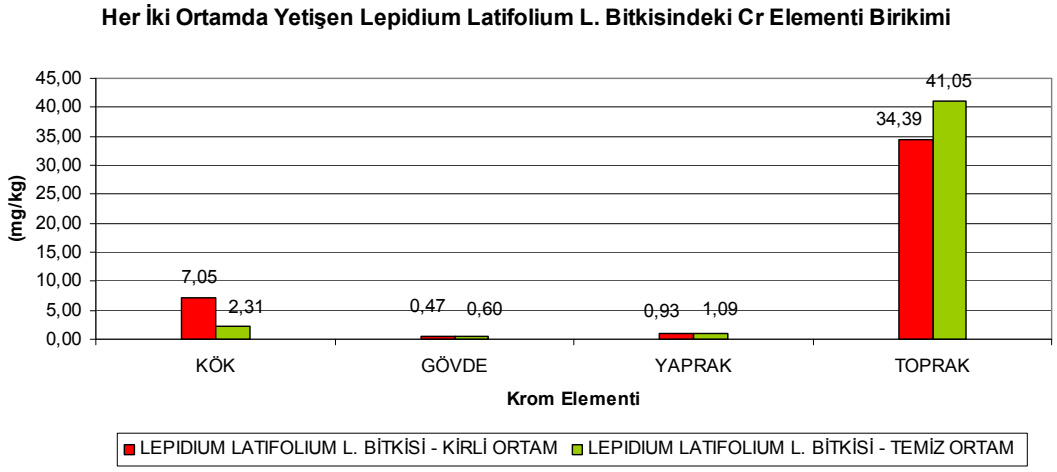
Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kadmiyum elementine baktığımızda bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında var olmadığını görüyoruz. Kirli ortamında yetişen *Lepidium latifolium* L. Bitkisinin kökteki yapısında Cd 0,03 mg / kg olarak bulunmuştur.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cd 0,16 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cd 0,22 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki kadmiyum (Cd) 3,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.18. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki krom birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.18'de verilmiştir.



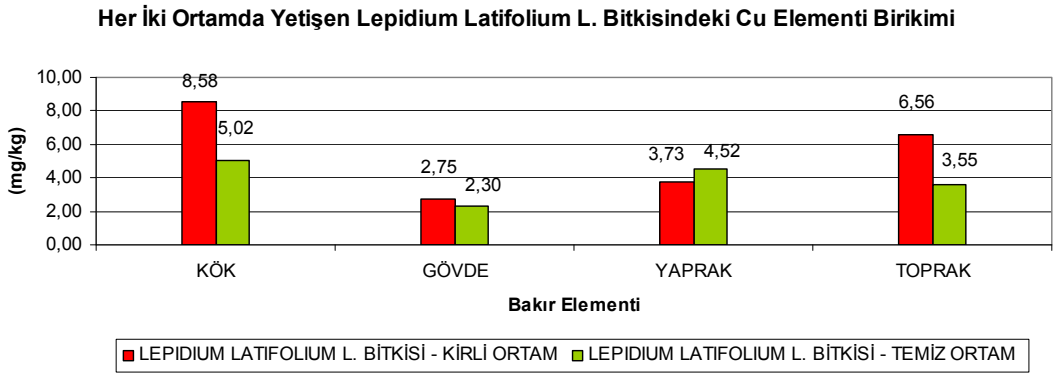
Şekil 4.18. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki krom birikimi

Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde krom elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cr 2,31 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 7,05 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Her iki ortamdaki bitkinin gövde ve yaprak kısımlarında krom elementi köklere nazaran az olduğu gözlenmiştir. Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cr 41,05 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cr 34,39 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki krom (Cr) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.19. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki bakır birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cu (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki bakır birikimi

Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde bakır elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Cu 5,02 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 8,58 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısımlarında bakır elementi temiz ortamda Cu 2,30 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 2,75 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısımlarında bakır elementi temiz ortamda Cu 4,52 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 3,73 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Kirli ortamdaki *Lepidium latifolium* L. Bitkisinin Cu ağır metali birikimi daha çok topraktan ziyade köklerinde

olduğunu görüyoruz ve sıralanışı yönünden ise, kök (Cu) > toprak (Cu) > yaprak (Cu) > gövde (Cu) olarak olduğu belirlenmiştir. Aynı bitkinin temiz ortamdaki bitkisinde Cu ağır metalinde daha çok topraktan köke ve yaprağa doğru hareketini görüyoruz ve sıralanışı yönünden ise, kök (Cu) > yaprak (Cu) > toprak (Cu) > gövde (Cu) olarak olduğu görülmektedir.

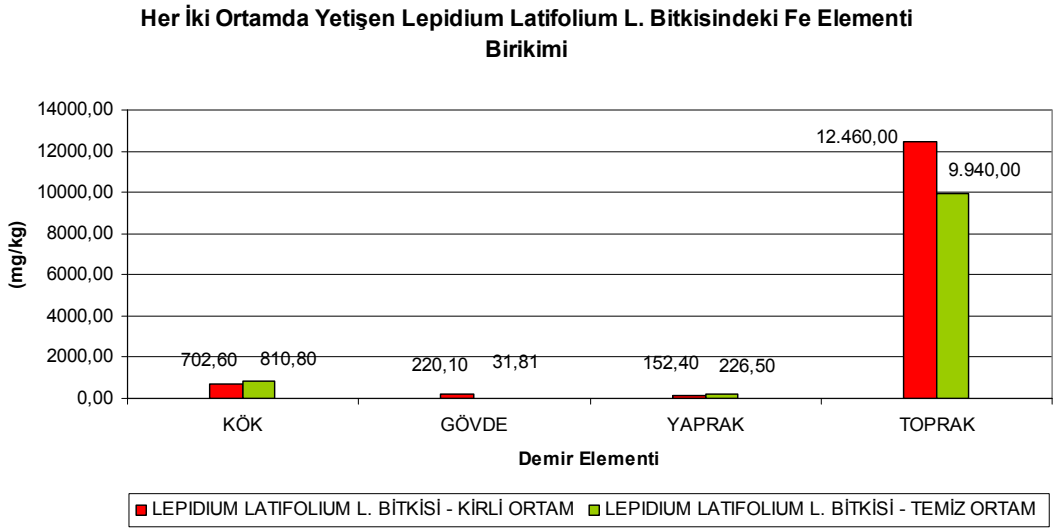
Cu elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 2-5 aralığı için noksanlık; 5-10 aralığı için yeterli; 20-50 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Cu 3,55 mg / kg (kuru), kirli ortamda Cu 6,56 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki bakır (Cu) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.20. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki demir birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Fe (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki demir birikimi

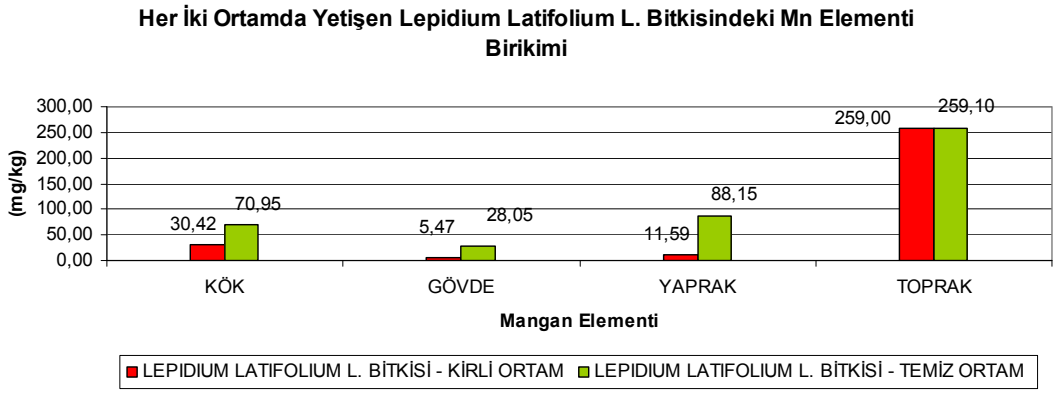
Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde demir elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Fe 810,80 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 702,60 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında demir elementi temiz ortamda Fe 31,81 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 220,10 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında demir elementi temiz ortamda Fe 226,50 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 152,40 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için köklerinde Fe elementini gövde ve yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Fe elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak < 50 aralığı için noksanlık; 100-500 aralığı için yeterli; > 500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Fe 9940 mg / kg (kuru), kirli ortamda Fe 12460 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.21. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki mangan birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Mn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki mangan birikimi

Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde mangan elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Mn 70,95 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 30,42 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında mangan elementi temiz ortamda Mn 28,05 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 5,47 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin yaprak kısmında mangan elementi temiz ortamda Mn 88,15 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 11,58 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Temiz ortamdaki *Lepidium latifolium* L. Bitkisinde Mn elementi, topraktan yaprağa doğru hareket ettiği görülmektedir ve sıralanışı yönünden ise,

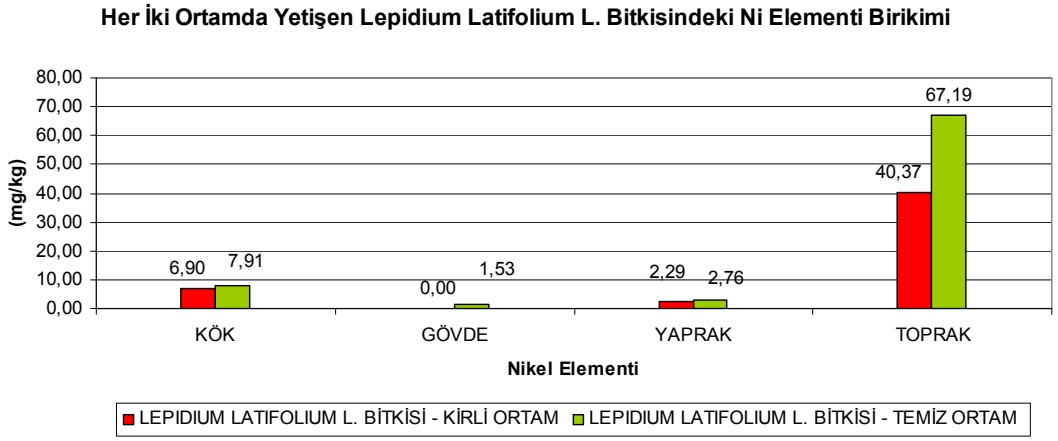
toprak (Mn) > yaprak (Mn) > kök (Mn) > gövde (Mn) olarak olduğu görülmektedir. Kirli ortamdaki *Lepidium latifolium* L. Bitkisinde Mn elementi, yaprak ve gövdeden ziyade köklerde birikmektedir ve sıralanışı yönünden ise, toprak (Mn) > kök (Mn) > yaprak (Mn) > gövde (Mn) olarak olduğu görülmektedir.

Mn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 15-25 aralığı için noksanlık; 20-300 aralığı için yeterli; 300-500 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Mn 259,10 mg / kg (kuru), kirli ortamda Mn 259 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

4.1.2.22. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki nikel birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Ni (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki nikel birikimi

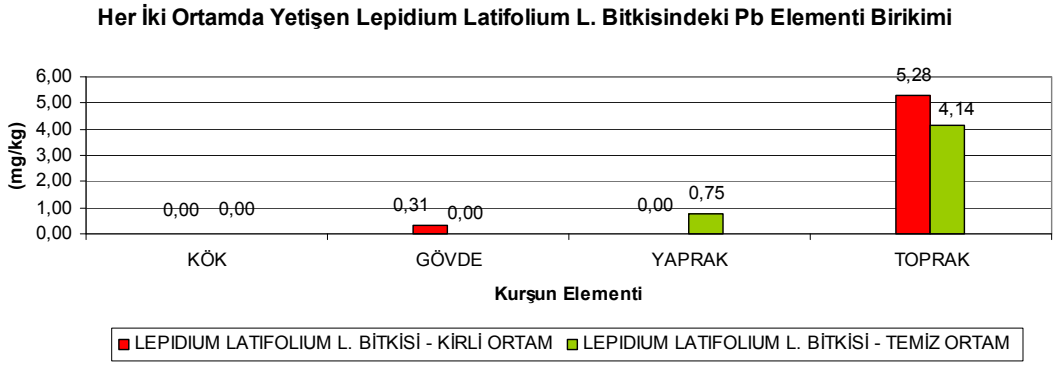
Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde nikel elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Ni 7,91 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 6,90 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında nikel elementi temiz ortamda Ni 1,53 mg / kg (kuru) bulunmuştur, kirli ortamında Ni olmadığı ortaya çıkmıştır. Bitkinin yaprak kısmında nikel elementi temiz ortamda Ni 2,76 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 2,29 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin her iki ortam için köklerinde Ni elementini gövde ve yapraklarına nazaran daha fazla biriktirdiği görülmektedir.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Ni 67,19 mg / kg (kuru), kirli ortamda Ni 40,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki nikel (Ni) 50,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.23. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki kurşun birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Pb (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.23'de verilmiştir.



Şekil 4.23. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki kurşun birikimi

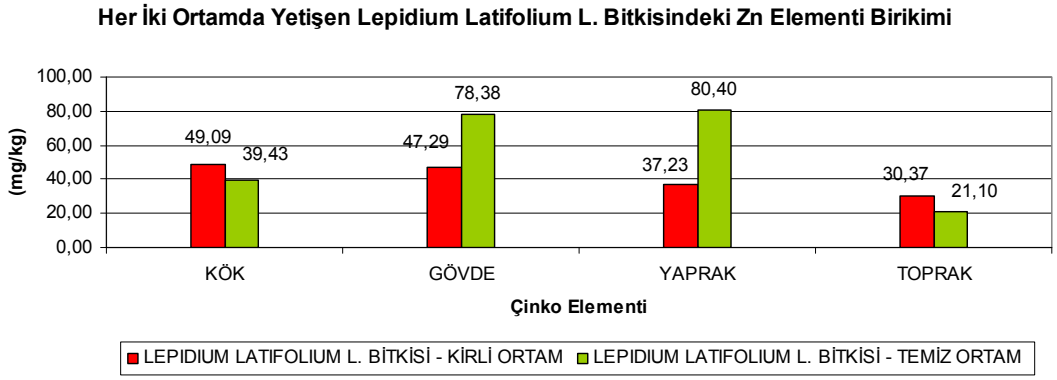
Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde kurşun elementine baktığımızda bitkinin kök kısmında Pb ağır metaline rastlanmadığı görülmüştür. Bitkinin yapraklarına bakıldığında temiz ortamda Pb 0,75 mg / kg (kuru) rastlanırken, kirli ortamda Pb ağır metaline rastlanmamıştır. Bitkinin gövdesine bakıldığında temiz ortamda Pb ağır metali bulunmamışken kirli ortamda Pb 0,31 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Pb 4,14 mg / kg (kuru), kirli ortamda Pb 5,28 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki (Pb) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.1.2.24. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki çinko birikimi

Her iki ortamda yetişen iki *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki yetiştiği toprağın ve bitkinin kök, gövde, yapraktaki toplam Zn (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.24'de verilmiştir.



Şekil 4.24. Her iki ortamda yetişen *lepidium latifolium* L. Bitkisindeki çinko birikimi

Lepidium latifolium L. Bitkisinin kirli ortamlarda ve temiz ortamlarda yetişen numunelerinde çinko elementine baktığımızda bitkinin kök yapısında sırasıyla temiz ortamda Zn 39,43 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 49,09 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Bitkinin gövde kısmında çinko elementi temiz ortamda Zn 78,38 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 47,29 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Bitkinin yaprak kısmında çinko elementi temiz ortamda Zn 80,40 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 37,23 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Kirli ortamdaki *Lepidium latifolium* L. Bitkisinde Zn ağır metalinin topraktan köke hatta gövde ve yapraklara doğru yürüdüğü görülmektedir ve sıralaması ise, Kök (Zn) > Gövde (Zn) > Yaprak (Zn) > Toprak (Zn) olarak tespit edilmiştir. Temiz ortamdaki *Lepidium latifolium* L. Bitkisinde Zn ağır metalinin topraktan yaprak ve gövdeye doğru yöneldiği görülmektedir ve sıralaması ise, Yaprak (Zn) > Gövde (Zn) > Kök (Zn) > Toprak (Zn) olarak tespit edilmiştir.

Zn elementinin bitkilerdeki kritik konsantrasyonu (mg / kg (kuru) olarak 10-20 aralığı için noksanlık; 27-150 aralığı için yeterli; 100-400 aralığında aşırı veya toksik olarak ifade etmişlerdir (Brohi ve ark., 1994).

Her iki ortamın topraklarında sırasıyla, temiz ortamda Zn 21,10 mg / kg (kuru), kirli ortamda Zn 30,37 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki çinko (Zn) 300,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

4.2. İkinci Aşama Bulgular ve Tartışma

Çalışma, bitkisel verimlilik, iklimsel şartlar, boy uzama ölçümleri ve bitkilerin ağır metal alımları açısından olmak üzere dört yönden değerlendirmesi yapılacaktır.

4.2.1. Bitkisel verimlilik

29 Ekim 2009 günü, bitkilerin ağır metal analizleri yapılmadan önce bitkiler yaprak, gövde, kök kısımlarına ayrıldı ve etüvde kurutulmadan önce yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Bitkilerin yetiştirildiği toprak ortamları da etüve konulmadan önce yaş ağırlığı alınmıştır. Krom +3 sulu çözeltiyle sulanan bitkilerin parçalama işlemi sonrası numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Krom +3 sulu çözeltiyle sulanan bitkilerin parçalama işlemi sonrası numunelerin yaş ve kuru ağırlıkları (g)

KROM +3 SULU ÇÖZELTİYLE SULANAN BİTKİLERİN PARÇALAMA İŞLEMİ SONRASI NUMUNELERİN YAŞ VE KURU AĞIRLIKLARI			
S.No.	**Bitkinin Kısımları**	**Kuru Ağır. (g)**	**Yaş Ağır. (g)**
2	Gındıra Kontrol Gövde	1,1754	3,6200
3	Gındıra Kontrol Kök	2,1058	7,5726
4	Gındıra Kontrol Toprak	12,1806	21,7912
5	Gındıra 1 Yaprak	1,4562	4,6099
6	Gındıra 1 Gövde	2,2098	6,3341
7	Gındıra 1 Kök	1,9621	7,1475
8	Gındıra 1 Toprak	4,6289	9,5499
9	Gındıra 2 Yaprak	0,8501	2,3970
10	Gındıra 2 Gövde	3,0856	8,9964
11	Gındıra 2 Kök	1,9172	8,3126
12	Gındıra 2 Toprak	7,5193	13,1125
16	Gındıra 3 Yaprak	1,1040	2,8397
15	Gındıra 3 Gövde	1,0976	3,2272
14	Gındıra 3 Kök	1,6686	6,2387
13	Gındıra 3 Toprak	6,3421	11,9007
18	Lepıdıum L. Kontrol Yaprak	1,5724	4,6505

Çizelge 4.6. Devamı

S.No.	Bitkinin Kısımları	Kuru Ağır. (g)	Yaş Ağır. (g)
21	Lepıdıum L. Kontrol Kök	2,5506	6,8123
20	Lepıdıum L. Kontrol Toprak	6,2197	15,7612
23	Lepıdıum L. 1 Yaprak	1,1007	5,3209
22	Lepıdıum L. 1 Kök	2,7679	8,2018
19	Lepıdıum L. 1 Toprak	5,1757	11,2952
26	Lepıdıum L. 2 Yaprak	2,8173	7,1718
27	Lepıdıum L. 2 Kök	3,4336	9,2085
31	Lepıdıum L. 2 Toprak	7,9172	15,0701
28	Lepıdıum L. 3 Yaprak	1,9303	5,4459
29	Lepıdıum L. 3 Kök	3,1340	9,1441
32	Lepıdıum L. 3 Toprak	6,9535	13,6323
A23	Sirken Kontrol Yaprak	4,0158	7,1648
24	Sirken Kontrol Gövde	1,3131	2,1132
25	Sirken Kontrol Kök	1,9403	6,3582
30	Sirken Kontrol Toprak	8,1125	18,2417
35	Sirken 1 Yaprak	5,8277	10,0261
34	Sirken 1 Gövde	2,0282	3,0446
36	Sirken 1 Kök	1,4566	4,9137
33	Sirken 1 Toprak	3,8941	8,8555
49	Sirken 2 Yaprak	9,8078	15,3506
48	Sirken 2 Gövde	4,0262	6,1439
47	Sirken 2 Kök	1,1305	3,8536
45	Sirken 2 Toprak	20,3769	38,6993
60	Sirken 3 Yaprak	7,7262	25,0245
58	Sirken 3 Gövde	3,2716	9,9238
59	Sirken 3 Kök	1,8817	6,1509
46	Sirken 3 Toprak	21,2521	42,4534
66	Suaeda Kontrol Yaprak	2,6612	33,2801
65	Suaeda Kontrol Gövde	3,8065	21,3016
56	Suaeda Kontrol Kök	3,6041	14,3515
42	Suaeda Kontrol Toprak	19,6050	35,6241
50	Suaeda 1 Yaprak	1,9419	21,2716
53	Suaeda 1 Gövde	3,6746	18,7444
52	Suaeda 1 Kök	3,2928	11,2202
44	Suaeda 1 Toprak	21,1173	39,0184
68	Suaeda 2 Yaprak	4,5194	43,2817
67	Suaeda 2 Gövde	3,0748	11,6860
55	Suaeda 2 Kök	3,0200	11,0193
41	Suaeda 2 Toprak	19,3456	36,3811
73	Suaeda 3 Yaprak	3,5806	39,9666

Çizelge 4.6. Devamı

S.No.	Bitkinin Kısımları	Kuru Ağır. (g)	Yaş Ağır. (g)
74	Suaeda 3 Gövde	3,7776	17,6370
51	Suaeda 3 Kök	3,4187	12,5633
40	Suaeda 3 Toprak	22,1885	40,2847
70	Japon Şemsiyesi Kontrol Yaprak	5,5510	15,7541
69	Japon Şemsiyesi Kontrol Gövde	4,9971	23,2615
76	Japon Şemsiyesi Kontrol Kök	4,8729	25,3069
39	Japon Şemsiyesi Kontrol Toprak	23,0343	38,5769
62	Japon Şemsiyesi 1 Yaprak	5,3347	13,7533
61	Japon Şemsiyesi 1 Gövde	3,8494	17,5875
54	Japon Şemsiyesi 1 Kök	3,0023	15,5126
38	Japon Şemsiyesi 1 Toprak	23,9679	37,9309
75	Japon Şemsiyesi 2 Yaprak	3,4476	9,9788
71	Japon Şemsiyesi 2 Gövde	3,7257	17,0628
72	Japon Şemsiyesi 2 Kök	5,2126	30,6262
43	Japon Şemsiyesi 2 Toprak	24,2351	38,5461
63	Japon Şemsiyesi 3 Yaprak	6,4925	16,7267
64	Japon Şemsiyesi 3 Gövde	5,4436	21,3513
57	Japon Şemsiyesi 3 Kök	5,2620	29,1809
37	Japon Şemsiyesi 3 Toprak	22,5048	37,7842

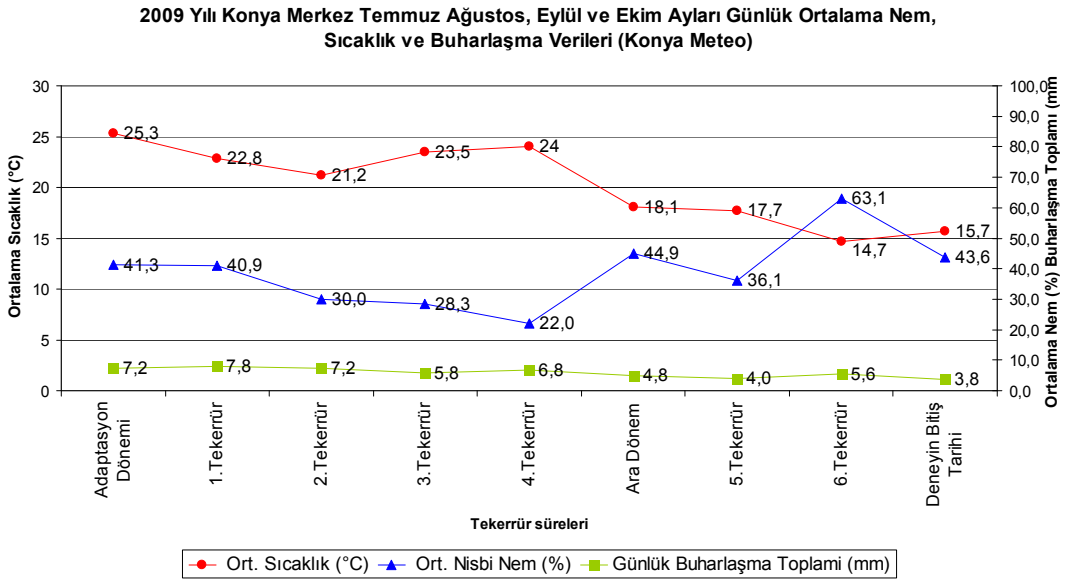
4.2.2. İklimsel şartlar

Konya Ovasında seçilen meteoroloji istasyonlarının verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 11. 0°C ile 11.8°C arasında; yıllık ortalama yağış miktarı ise 281.4 mm ile 329.2 mm arasında değişir. Yağış değerleri arasında bu derece fark olmasında, yer şekilleri ve hava kütlelerinin etkileri söz konusudur. Konya Ovası yıllık ortalama 310.3 mm yağış miktarı ile Türkiye'nin en az yağış alan bölümüdür. Konya'da yağışlar, İlkbahar mevsiminde konveksiyonel yağışlar şeklindedir. İlkbaharda karasal kutbi (cP) hava kütleleri doğuya çekilmekte, böylece batı yönlü depresyonların aktivitesi ile Konya ve çevresi yağış almaktadır. Hatta havada ısınma ani ve hızlı olursa halk arasında kırkikindi yağmurları olarak bilinen konvektif

yağışlar oluşmaktadır. Yaz mevsiminde ise, kutbi hava kütlelerinin kuzeye kayması sonucu sahada tropikal hava kütleleri hakim olmaktadır. Bu hava kütlelerinin etkisi ile yaz mevsimi sıcak ve kurak geçmektedir. Sonbahar mevsiminde Balkanlar üzerinden gelen gezici hava kütleleri yağış getirmektedir. Kış mevsiminde ise, kuzeyden Türkiye'ye sokulan soğuk hava kütleleri, Konya ve çevresinde soğuk ve kar yağışlı günlere sebep olmaktadır.

Sonuç olarak Konya ovası ve çevresinde, yarı kurak birinci dereceden mezotermal su eksiği yaz mevsiminde ve çok kuvvetli, nispeten deniz etkisine yaklaşan karasal iklim etkili olmaktadır (Bozyiğit 2000).

Şekil 4.25'de Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus*) bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium* L.) bitkisi, Sirken (*Chenopodium album* L.) bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima* Post) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius* L.) bitkisi olmak üzere bu seçkin 5 bitkiyle krom ağır metal elementinin alımı çalışmasının yapıldığı aylarda tekerrürlerine göre ortalama nem, sıcaklık ve evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.



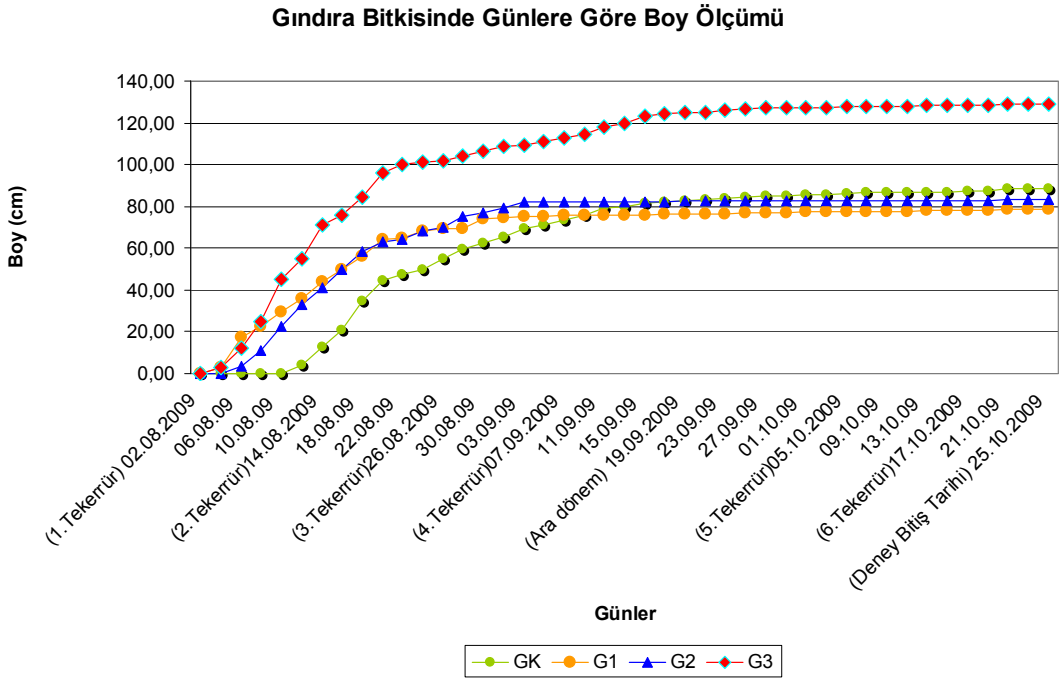
Şekil 4.25. 2009 yılı Konya merkez temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları günlük ortalama sıcaklık, nem ve tekerrür sürelerine göre buharlaşma toplamı verileri (Konya meteoroloji 2009)

4.2.3. Boy uzama ölçümleri

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi olmak üzere bu seçkin 5 bitkiyle krom ağır metal elementinin alımı çalışmasının yapıldığı aylarda boylarındaki uzama değerleri verilmiştir.

4.2.3.1. Gındıra / hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisinde boy uzama ölçümü

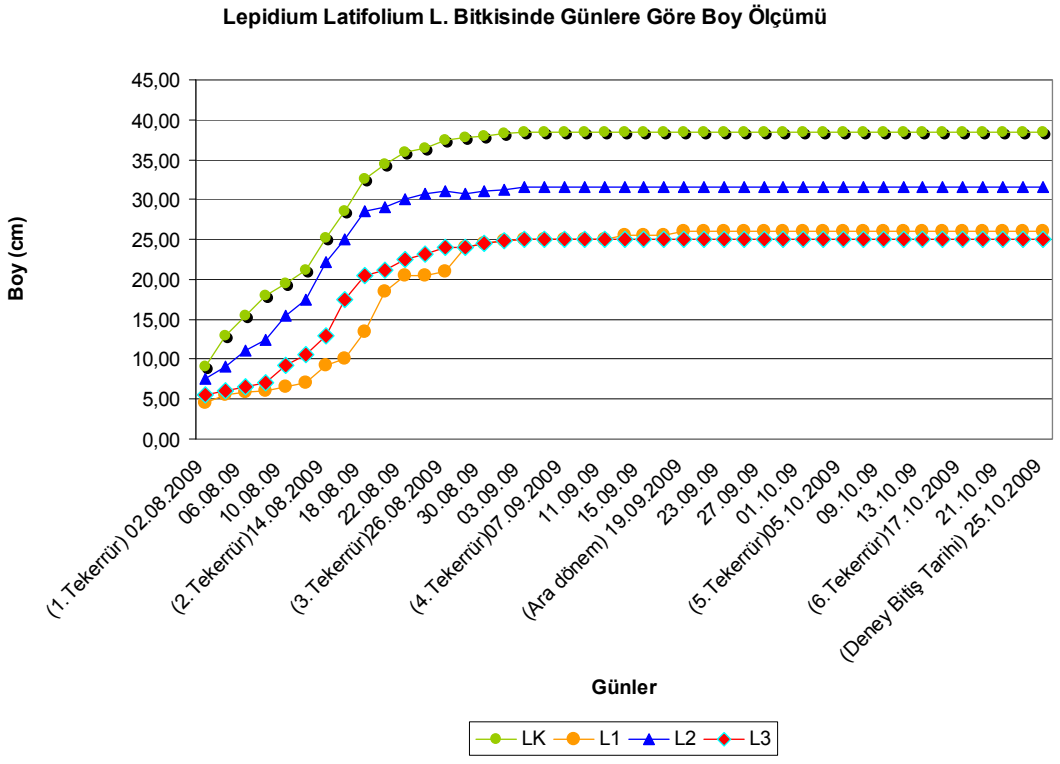
Deney süresince krom ağır metali alımı için kullanılan Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi krom ağır metalle sulama yapılmadan önce ortama hazırlık için diğer bitkilerde olduğu gibi 13 günlük adaptasyon döneminde devamlı olarak çeşme suyla sulamaları yapılmıştı. Bu esnada gındıra (*Juncus acutus)* bitkilerde kurumalar oldu. Bitkiler tekrar tabandan yeni filizler vermeye başladı. 1. Tekerürle birlikte bitkilerin boylarındaki uzamalar artmaya başladı. Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisindeki boy miktarındaki artış diğer tekerürlerde devam etmiştir. GK, G1, G2 ve G3 gındıra *(Juncus acutus)* bitkilerindeki boy uzamasının azalarak artan bir grafik izlediği görülmektedir (Şekil 4.26'da gındıra / hasır otu (*juncus acutus*) bitkisinde boy ölçümleri verilmiştir).



Şekil 4.26. Gındıra / hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisinde günlere göre boy ölçümü

4.2.3.2. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinde boy uzama ölçümü

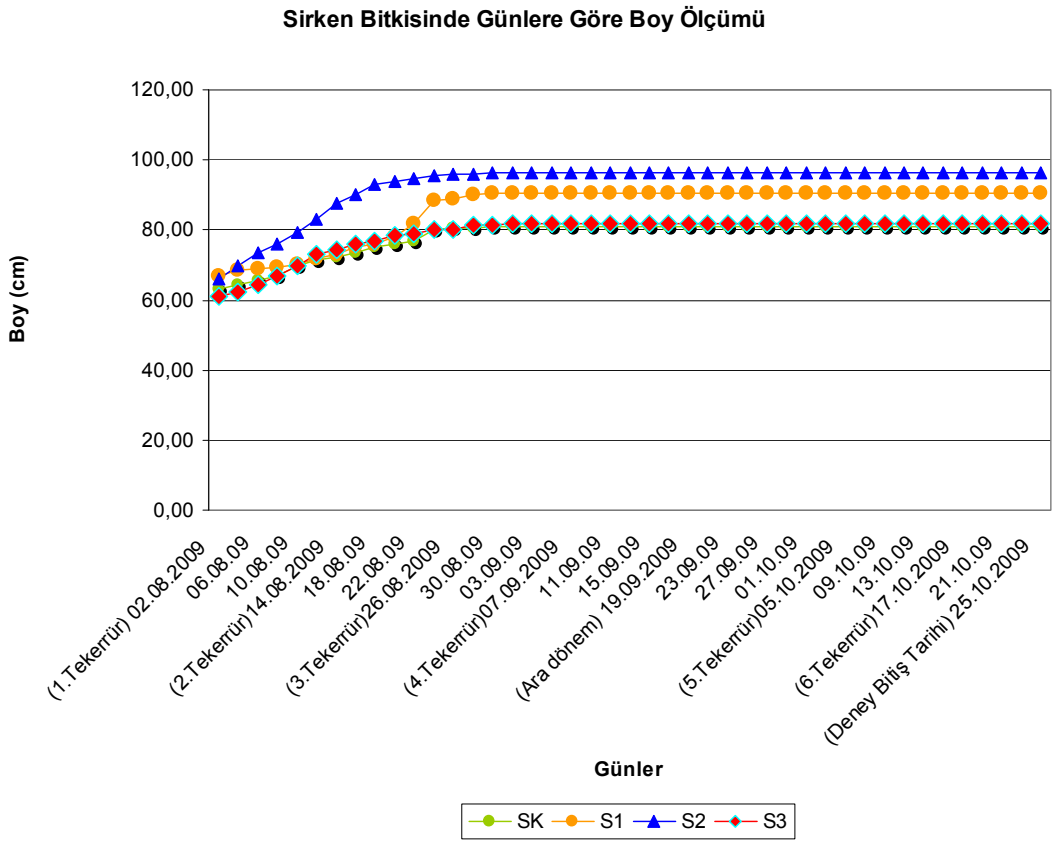
Deney süresince krom ağır metali alımı için kullanılan Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi krom ağır metalle sulama yapılmadan önce ortama hazırlık için diğer bitkilerde olduğu gibi 13 günlük adaptasyon döneminde devamlı olarak çeşme suyla sulamaları yapılmıştı. Bu esnada gındıra (*Juncus acutus)* bitkisinde olduğu gibi Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisinde kurumalar oldu. Bitkiler tekrar tabandan yeni filizler vermeye başladı. 1. Tekerürle birlikte bitkilerin boylarındaki uzamalar artmaya başladı. Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisindeki boy miktarındaki artış 4. Tekerrüre kadar devam etmiştir. 4. Tekerürden sonra bitkilerin ölümünün gerçekleşmesiyle boylarındaki uzamalar durmuştur (Şekil 4.27'de tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinde boy ölçümleri verilmiştir).



Şekil 4.27. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinde günlere göre boy ölçümü

4.2.3.3. Sirken (*chenopodium album L.*) bitkisinde boy uzama ölçümü

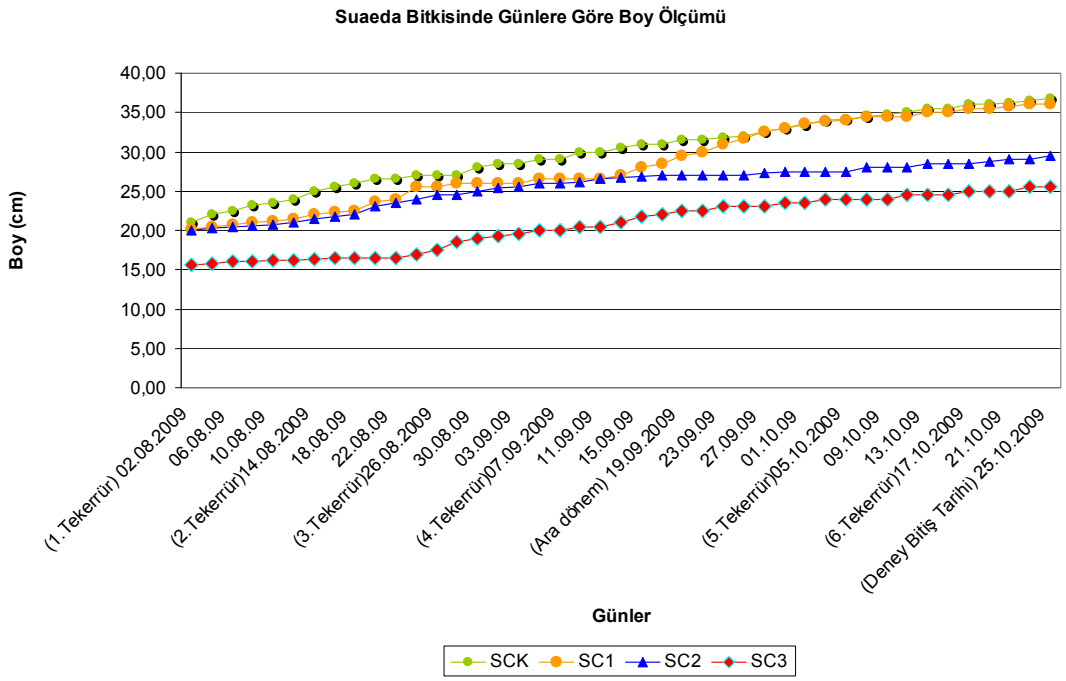
Deney süresince krom ağır metali alımı için kullanılan Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi krom ağır metalle sulama yapılmadan önce ortama hazırlık için diğer bitkilerde olduğu gibi 13 günlük adaptasyon döneminde ve sonrası devam eden tekerürlerde bitkilerin boylarındaki uzamalar artmaya başladı. Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisindeki boy miktarındaki artış 3. Tekerrüre sonuna kadar devam etmiştir ve bitkilerin ölümünün gerçekleşmesiyle boylarındaki uzamalar durmuştur (Şekil 4.28'de sirken (*chenopodium album L.)* bitkisindeki boy ölçümleri verilmiştir).



Şekil 4.28. Sirken (*chenopodium album L.*) bitkisinde günlere göre boy ölçümü

4.2.3.4. *Suaeda carnosissima* Post bitkisinde boy uzama ölçümü

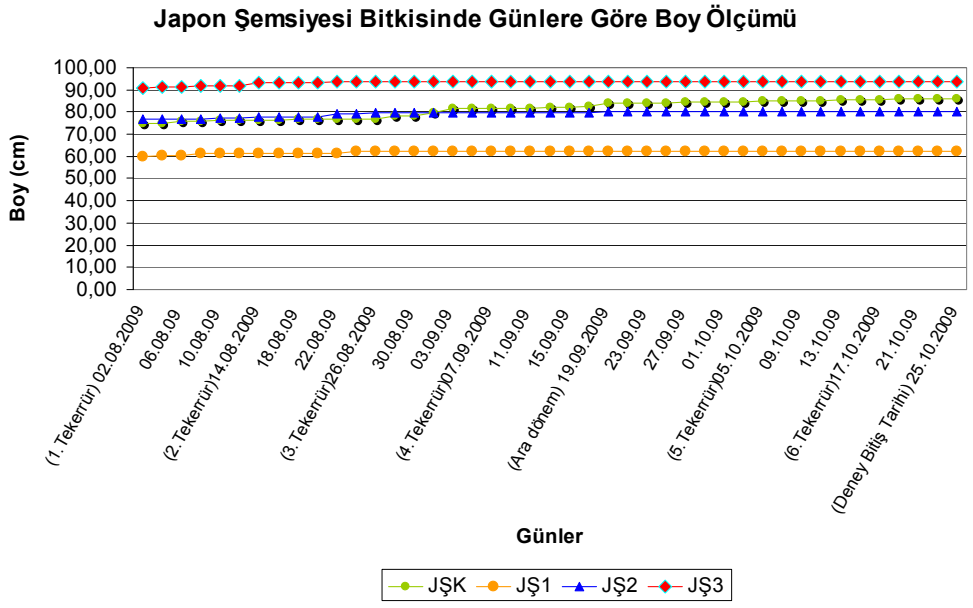
Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, deney süresince 13 günlük adaptasyon döneminde ve krom ağır metali ile sulamanın yapıldığı tekerürlerde bitkilerin boylarındaki uzamalar artmaya devam etmiştir. SCK, SC1, SC2 ve SC3 Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisindeki boy uzamasının artan bir grafik izlediği görülmektedir (Şekil 4.29'de kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisinin boy ölçümleri verilmiştir).



Şekil 4.29. *Suaeda carnosissima Post* bitkisinde günlere göre boy ölçümü

4.2.3.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius* L.) bitkisinde boy uzama ölçümü

Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisinin, deney süresince 13 günlük adaptasyon döneminde ve krom ağır metali ile sulamanın yapıldığı tekerürlerde boylarındaki uzamalar sabit devam etmiştir (Şekil 4.30'de japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisinin boy ölçümleri verilmiştir).



Şekil 4.30. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius* L.) bitkisinde günlere göre boy ölçümü

4.2.4. Ağır metal alımları

Araştırma süresince 99 gün boyunca aynı toprak türü ve aynı bitki türleri gün aşırı şekilde belirli zaman aralıklarında farklı doz oranlarında krom+3 sulu çözeltisiyle sulamaları yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi olmak üzere bu seçkin 5 bitki türünde krom ağır metal elementinin alımı, bitkilerde hangi oranlarda gerçekleşmiş olduğu aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

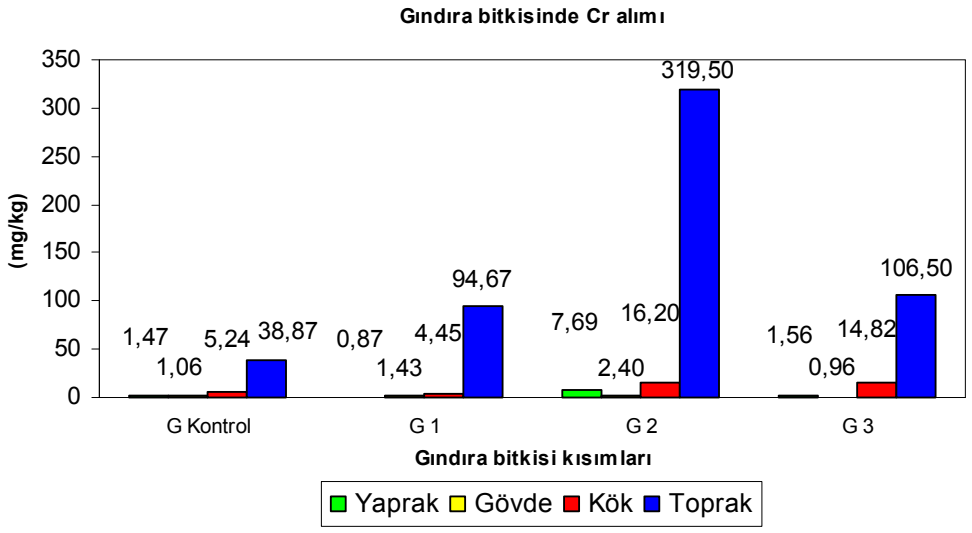
4.2.4.1. Gındıra otu / hasır otu (*juncus acutus)* bitkisinin bünyesine aldığı krom alımı

Araştırmada elde edilen toplam Cr (mg / kg) (kuru), kontrol numune ve 3 ayrı kap için ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir saksıda yetişme ortamı olarak kullanılan toprağın ve gındıra otu / hasır otu (*Juncus acutus)* bitkisinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.31'de verilmiştir.

Gındıra otu / Hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisinde G Kontrol, G1, G2 ve G3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür.

Toprakta kabul edilebilir kirlilik sınır değerleri açısından topraktaki krom (Cr) 100,0 mg / kg olarak düşünülmüştür (Kantarcı 1992).

Bunun yanında G2 ve G3'de bitkinin kök yapısında krom alımı gözükmektedir. Gındıra otu / Hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı G2 bitki türüdür.



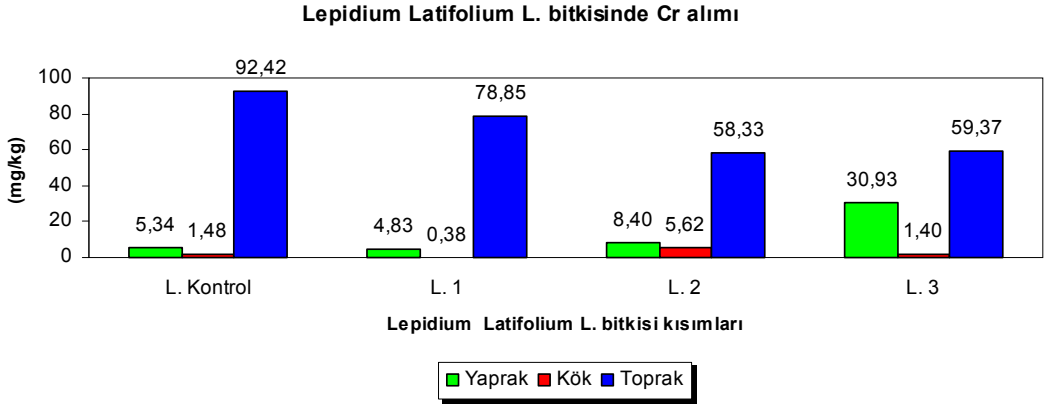
Şekil 4.31. Gındıra otu / hasır otu (*juncus acutus)* bitkisinin krom alımı

4.2.4.2. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinin bünyesine aldığı krom alımı

Araştırmada elde edilen toplam Cr (mg / kg) (kuru), kontrol numune ve 3 ayrı kap için ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir saksıda yetişme ortamı olarak kullanılan toprağın ve tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.32'de verilmiştir.

Tere (*Lepidium Latifolium L.)* Bitkisinde L Kontrol, L1, L2 ve L3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bitkideyse krom ağır metalin topraktan yapraklara doğru yürüdüğü, yapraktaysa gövde kısımlarına göre

daha fazla krom ağır metal birikmiştir. L3 bitkisinde yaprakta krom alımı Cr 30,93 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 3.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı L3 bitki türüdür.

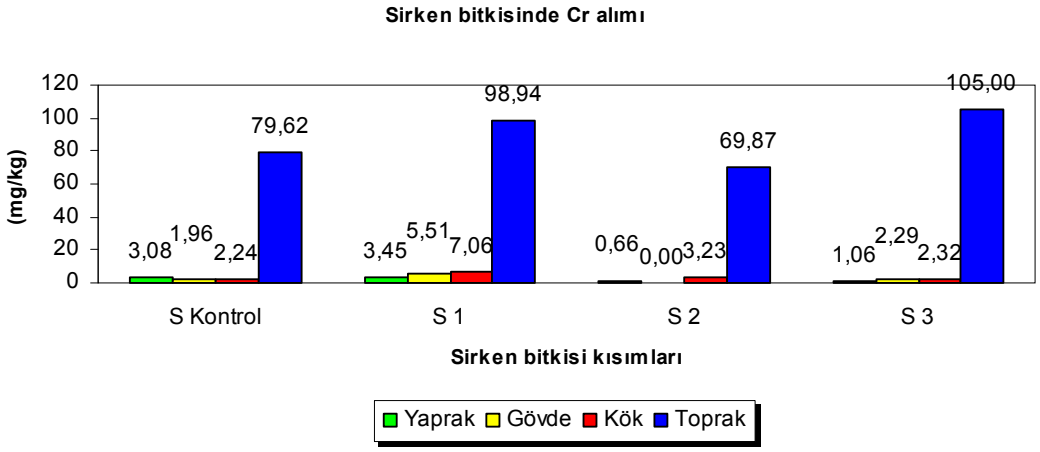


Şekil 4.32. Tere (*lepidium latifolium L.)* bitkisinin krom alımı

4.2.4.3. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisinin bünyesine aldığı krom alımı

Araştırmada elde edilen toplam Cr (mg / kg) (kuru), kontrol numune ve 3 ayrı kap için ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir saksıda yetişme ortamı olarak kullanılan toprağın ve Sirken (*Chenopodium album* L.*)* bitkisinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.33'de verilmiştir.

Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisinde S Kontrol, S1, S2 ve S3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bunun yanında Sirken 1'de bitkinin kök yapısında krom alımı gözükmektedir. Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 1.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı S1 bitki türüdür.



Şekil 4.33. Sirken (*chenopodium album L.)* bitkisinin krom giderimi

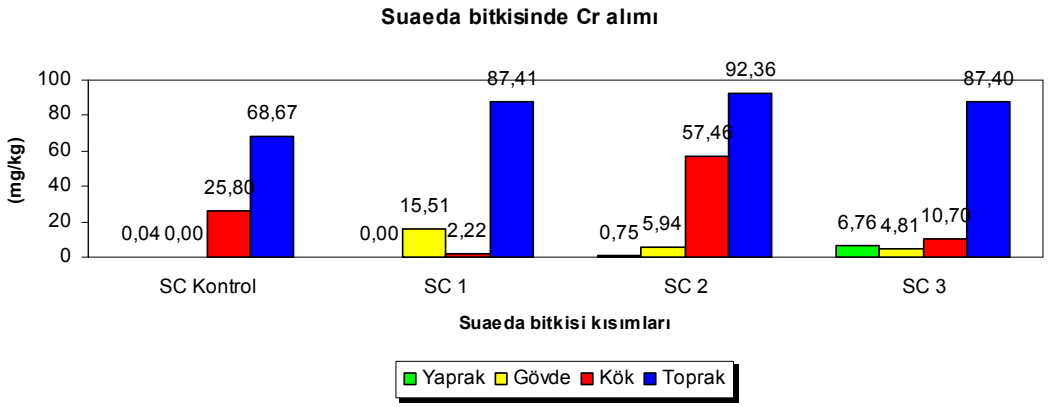
4.2.4.4. Kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisinin bünyesine aldığı krom alımı

Araştırmada elde edilen toplam Cr (mg / kg) (kuru), kontrol numune ve 3 ayrı kap için ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir saksıda yetişme ortamı olarak kullanılan toprağın ve Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.34'de verilmiştir.

Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde SC Kontrol, SC 1, SC 2 ve SC 3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bu bitki türü içinde gövdede ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek SC 1'de bitki gövdesinde Cr 15,51 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Ancak SC Kontrol, SC 2 ve SC 3'de krom ağır metalin bitkide kökte tuttuğu görülmektedir. SC 2 bitkisinin kök yapısında Cr 57,46 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Kursalık (*Suaeda carnosissima*

Post) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı SC 2 bitki türüdür.

Kurca (2005), yılında yaptığı çalışmada, Konya çevre yollarında doğal olarak yetişen ve halk tarafından besin olarak tüketilen *Cichorium inthybus (C.i)*, *Lactuca serriola (L.s)*, *Chondrilla juncea* var. *Acantholepis (C.j)*, *Scorzonera cana* var. *Jacquiniana (S.c)* bitkilerinin yenen kısımlarındaki ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal (Pb, Cd, Ni, Cu, Mn, Al, Cr, Zn, As, Se) içerikleri ICP-AES cihazında belirlemiştir. Bitkilerde en yüksek *Cichorium inthybus* bitkisinde; Cr (13.86 mg/kg) konsantrasyonu belirlemiştir. Bitkilerin toprak kısımlarında en yüksek *Cichorium inthybus* toprağında, Cr (4.75 mg/kg) konsantrasyonu belirlemiştir.

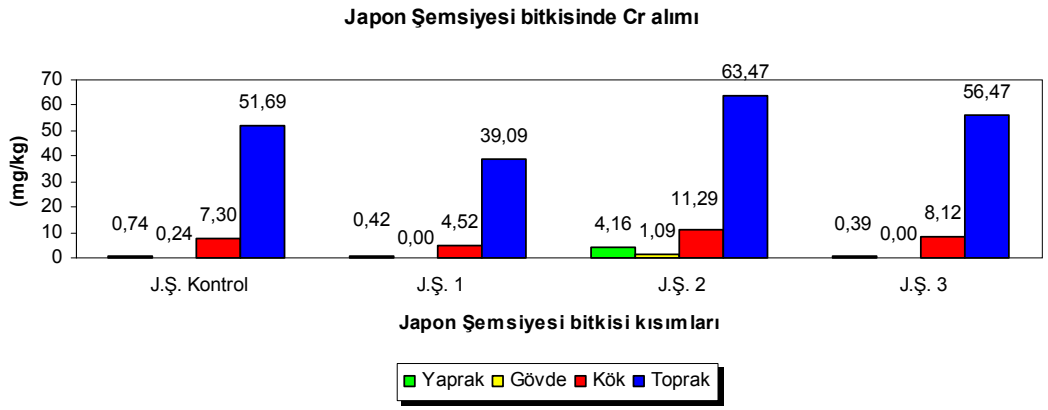


Şekil 4.34. Kursalık (*suaeda carnosissima Post*) bitkisinin krom alımı

4.2.4.5. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisinin bünyesine aldığı krom alımı

Araştırmada elde edilen toplam Cr (mg / kg) (kuru), kontrol numune ve 3 ayrı kap için ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir saksıda yetişme ortamı olarak kullanılan toprağın ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisinin kök, gövde, yapraktaki toplam Cr (mg / kg) (kuru) cinsinden Şekil 4.35'de verilmiştir.

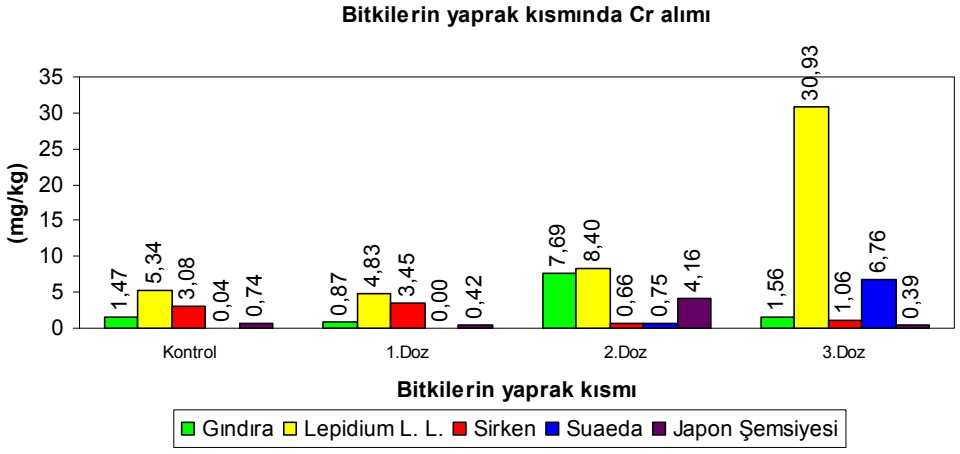
Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisinde, J.Ş. Kontrol, J.Ş. 1, J.Ş. 2 ve J.Ş. 3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bu bitki türü içinde yaprak ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek J.Ş. 2'de bitki gövdesinde Cr 4,16 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Ancak J.Ş. Kontrol, J.Ş. 1, J.Ş. 2 ve J.Ş. 3'de krom ağır metalini bitkide kökte tuttuğu görülmektedir. J.Ş. 2 bitkisinin kök yapısında Cr 11,29 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı J.Ş. 2 bitki türüdür.



Şekil 4.35. Japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius L.*) bitkisinin krom alımı

4.2.4.6. Bitkilerin yaprak kısmındaki krom ağır metal alımı

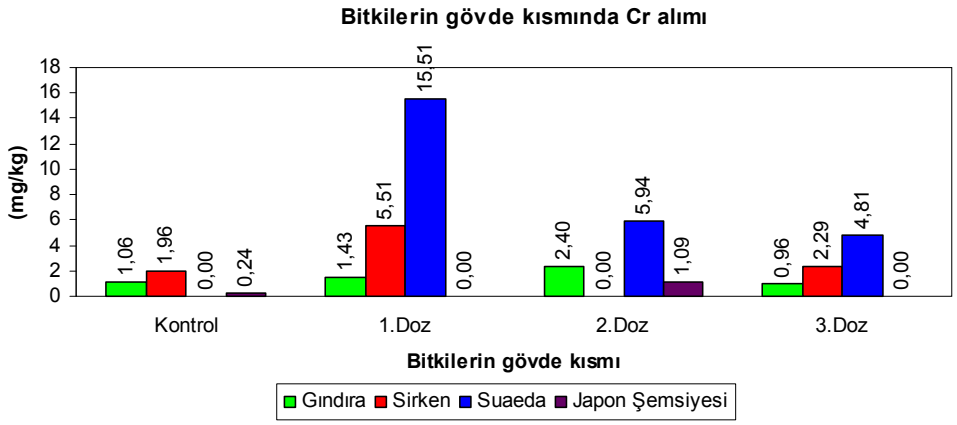
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin yaprak kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek, 3. Doz krom ağır metalle sulanan *Lepidium Latifolium* L. bitkisinde Cr 30,93 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır (Şekil 4.36'da bitkilerin yaprak kısımlarındaki krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.36. Bitkilerin yaprak kısımlarındaki krom alımı

4.2.4.7. Bitkilerin gövde kısmındaki krom ağır metal alımı

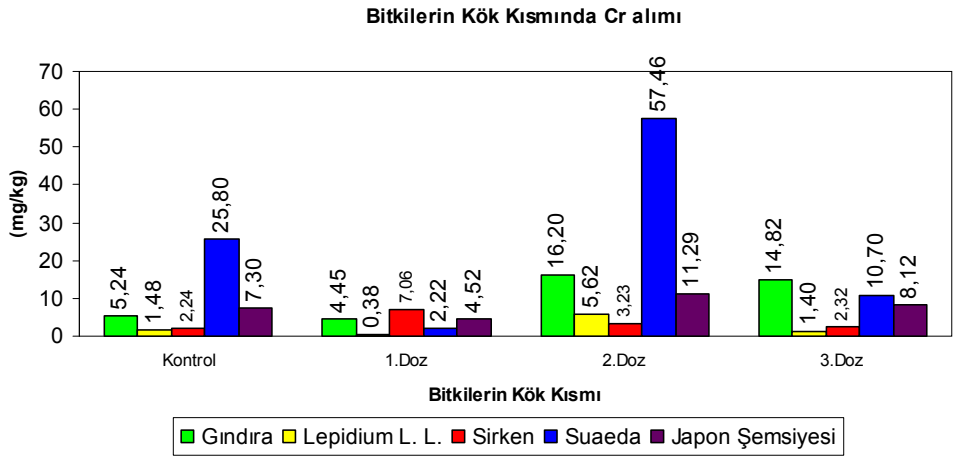
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin gövde kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek 1. Doz krom ağır metalle sulanan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde Cr 15,51 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır (Şekil 4.37'de bitkilerin gövde kısımlarındaki krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.37. Bitkilerin gövde kısımlarındaki krom alımı

4.2.4.8. Bitkilerin kök kısmındaki krom ağır metal alımı

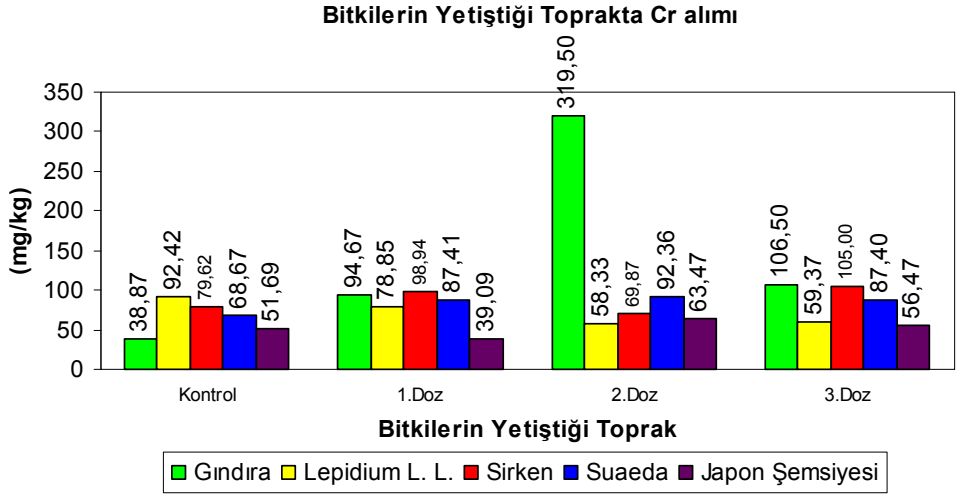
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin kök kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek 2. Doz krom ağır metalle sulanan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde Cr 57,46 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Bunun yanında krom ağır metalle sulamanın yapıldığı 2.Doz ve 3.Doz ağır metal sulamalarındaysa, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinde sırasıyla Cr 16,20 mg /kg (kuru) ve Cr 14,82 mg /kg (kuru) alımı gözlenmiştir (Şekil 4.38'de bitkilerin kök kısımlarındaki krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.38. Bitkilerin kök kısımlarındaki krom alımı

4.2.4.9. Bitkilerin yetiştiği toprak kısmındaki krom ağır metal alımı

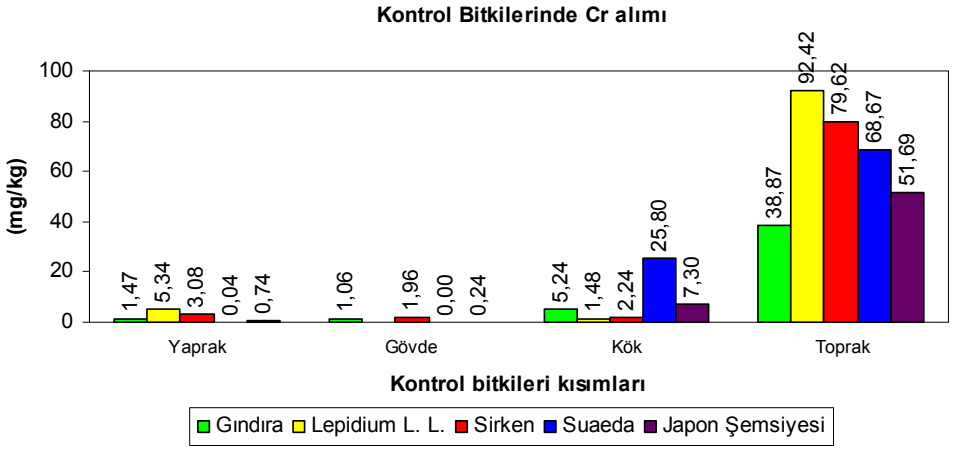
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin yetiştiği toprak ortamlarında krom ağır metal muhtevası açısından bakıldığında en yüksek 2. Doz krom ağır metalle sulamanın yapıldığı, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinin yetiştiği toprak ortamında, Cr 319,50 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Bunun yanında toprak ortamında krom ağır metal muhtevası bakımından bakıldığında, 3. Doz krom ağır metal sulamanın yapıldığı, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi toprak ortamında Cr 106,50 mg /kg (kuru) ve Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi toprak ortamında Cr 105,00 mg /kg (kuru) alımı gözlenmiştir (Şekil 4.39'da bitkilerin yetiştiği toprak ortamındaki krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.39. Bitkilerin yetiştiği toprak ortamındaki krom alımı

4.2.4.10. Çeşme suyu ile sulanan kontrol bitkilerdeki krom ağır metal alımı

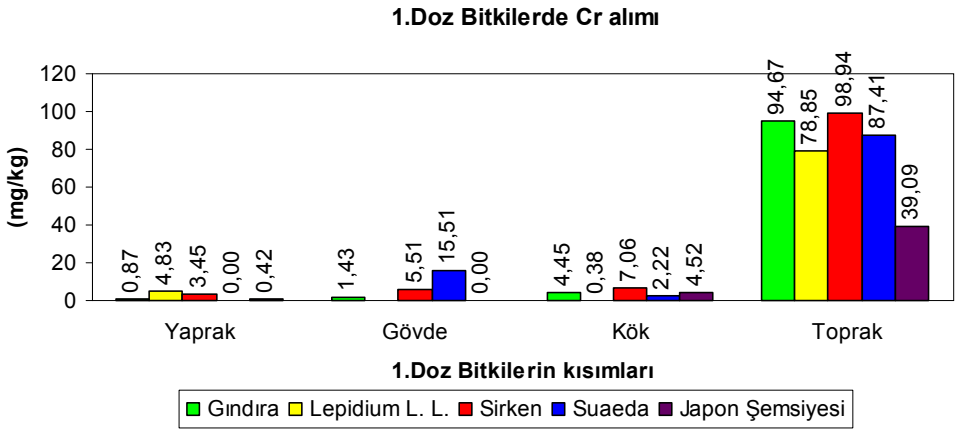
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin kontrol numunesi olarak sadece çeşme suyla sulanan bitkilerdeki krom ağır metalin toprakta mevcut olduğu görülmektedir. Bu sonuç, deneyde kullanılan organik toprağın muhtevasındaki krom miktarının başlangıçta, ort. Cr 77,07 mg / kg (kuru) olarak bulunmasından ileri gelmektedir (Şekil 4.40'da çeşme suyu ile sulanan kontrol bitkilerinde krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.40. Çeşme suyu ile sulanan kontrol bitkilerinde krom ağır metal alımı

4.2.4.11. 1.Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metal alımı

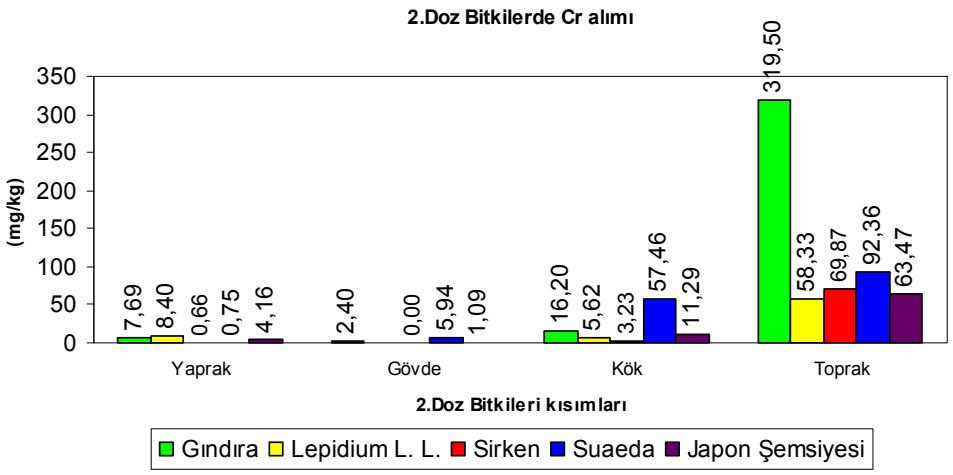
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin 1.Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metalin yetiştiği toprakta mevcut olduğu görülmektedir. Bu sonuç, deneyde kullanılan organik toprağın muhtevasındaki krom miktarının başlangıçta, ort. Cr 77,07 mg / kg (kuru) olarak bulunmasından ileri gelmektedir 1. Dozda krom ağır metalle sulamanın yapıldığı Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinin gövde kısmında, Cr 15,51 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır (Şekil 4.41'de 1.doz ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.41. 1. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom ağır metal alımı

4.2.4.12. 2. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metal alımı

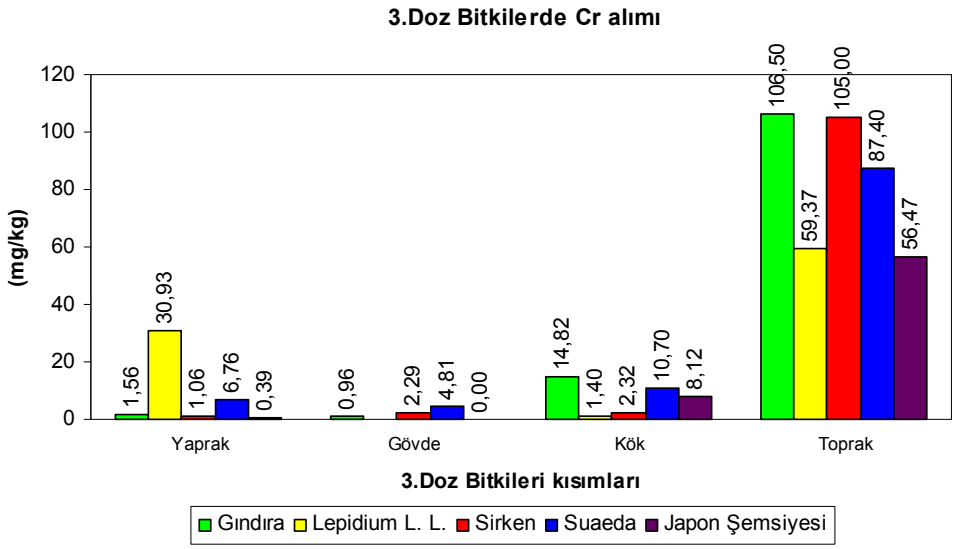
Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin 2. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metalin yetiştiği toprakta mevcut olduğu görülmektedir. 2. Dozda krom ağır metalle sulamanın yapıldığı Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinin yetiştiği toprak kısmında, Cr 319,50 mg / kg (kuru), kök kısmında Cr 16,20 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. 2. Dozda krom ağır metalle sulamanın yapıldığı Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkilerinin köklerinde sırasıyla, Cr 57,46 mg / kg (kuru) ve Cr 11,29 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur (Şekil 4.42'de 2.doz ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.42. 2. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom ağır metal alımı

4.2.4.13. 3. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metal alımı

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin 3. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerdeki krom ağır metalin yetiştiği toprakta mevcut olduğu görülmektedir. 3. Dozda krom ağır metalle sulamanın yapıldığı Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisinin yapraklarında, Cr 30,93 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. 3. Dozda krom ağır metalle sulamanın yapıldığı Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) ve Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkilerinin köklerinde sırasıyla, Cr 14,82 mg / kg (kuru) ve Cr 10,70 mg / kg (kuru) ve Cr 8,12 mg / kg (kuru) olarak bulunmuştur. Ayrıca Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) ve Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkilerinin topraklarında sırasıyla Cr 59,37 mg / kg ve Cr 56,47 mg / kg miktarının, deneyde kullanılan organik toprağın muhtevasındaki krom miktarının ort. Cr 77,07 mg / kg (kuru) değerinden düşük olması bu iki bitkinin Cr ağır metalini bünyelerine aldıkları gözlenmektedir (Şekil 4.43'de 3.doz ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom alımı verilmiştir).



Şekil 4.43. 3. Doz krom ağır metal sulu çözeltisiyle sulanan bitkilerde krom ağır metal alımı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeraltı sularına karışan sızıntı suları etrafa çeşitli kirlilik oluşturmaktadır. Kontamine olan toksik ağır metaller besin zinciri yoluyla hayvanlara, bitkilere ordan insanlara yayılıp çevresel kirlilikler oluşturmakta bu yüzden insanlarda hastalıklar hatta ölümler görülmektedir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada Konya Ovası Havzasında kirlilik unsuru olan Konya Çöp Deponi Sahasındaki sızıntı sularının bitki ile arıtımı amaçlanmakta ve bu şekilde havza suyunun ve toprağının temizlenmesi düşünülmektedir.

Bu sızıntı sularının arıtımında kullanılan ileri arıtım teknolojilerinin maliyetinin yüksek olmasından dolayı daha kolay ve maliyet oranı düşük olan "***yeşil ıslah***" diye adlandırılan "***bitki ile temizleme***" yöntemiyle sızıntı sularının arıtımı hatta atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarının da arıtımı amaçlanmaktadır. Bu maksatla Çöp Deponi Sahalarının iyileştirilmesinde, düzenlenmesinde bitki ile temizleme (***fitoremediasyon***) büyük önem arz etmektedir. Yalnız ABD'de toksik ve radyoaktif elementlerle kirli alanların temizlenmesi için gerekli maliyet 300 milyar $ olarak tahmin edilmektedir (Anonymous 2001). Bu yüzden maliyet oranın çok düşük olmasından ötürü toprakların ve suların hatta havanın temizlenmesinde kullanılan "*fito-remediasyon*" yani "bitki ile temizleme" alternatif bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ve ülkemizde bu alternatif yöntem çok tartışılmaktadır ve üzerinde ARGE çalışmaları yürütülmektedir.

Bu çerçevede bu tez çalışmasında, Konya çöp depolama sahasında yetişen baskın bitki türleri ile çöp sızıntı suyundaki ağır metallerin giderilmesi çalışmasında, ön çalışma olarak 1. aşamasında Konya Çöp depolama sahası etrafında yetişen

baskın bitki türleri tespit edilmiştir. Bu bitki türlerin doğal ortamlarda temiz olan yerlerinden örnekleri de alınmıştır. Her iki ortamdan alınan bitki türlerinde ve topraklarında ve sularında Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn ve Zn olmak üzere 8 ağır metal elementin analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde her bitkinin bünyesine aldığı ağır metaller farklı çıkmıştır. Baskın türlerdeki sirken (*chenopodium album L.*), s*uaeda carnosissima* Post, tere (*lepidium latifolium* L.) bitkilerinde ortak olarak krom (Cr) ağır metalinin bünyelerinde biriktiği gözlenmiştir. Çalışmanın 2. aşamasında bu baskın türlerdeki bitkilerle bu ortamda yetişmeyip de ancak yüksek ağır metal tutma kapasitesine sahip olduğu düşünülen Gındıra / hasır otu (*Juncus acutus*) ve japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius* L.) kamış türü bitkileri de çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu 2. aşamada bitkiler vasıtasıyla krom ağır metal giderimi için, sirken (*chenopodium album L.*), s*uaeda carnosissima* Post, tere (*lepidium latifolium* L.), gındıra / hasır otu (*juncus acutus*) ve japon şemsiyesi (*cyperus alternifolius* L.) bitkileriyle Cr +3 sulu çözeltisiyle sulamaları yapılarak krom ağır metali alımı çalışması yapılmıştır. 99 günlük deneysel çalışmanın sonucunda sirken (*chenopodium album L.*), tere (*lepidium latifolium* L.), bitkilerinde ölümler gerçekleşmiştir ve kısmen Japon şemsiyesi bitkisinde kurumalar olmuştur. s*uaeda carnosissima* Post ve gındıra / hasır otu (*juncus acutus*) bitkileri yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Bu süre sonunda topraktaki ve bitkideki biriken Cr +3 ağır metali tespit edilmiştir. 1. ve 2. aşamaların değerlendirmesinden çıkan sonuçlar iki aşamalı olarak sunulmuştur.

5.1. Birinci Aşama Sonuç ve Öneriler

Yapılan ağır metal analizlerine göre Aslım mevkisi Konya Çöp depolama sahası etrafındaki drenaj kanalından alınan sızıntı sularında Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn konsantrasyonları 1 mg / L'den düşük konsantrasyonlarda, Fe elementi 1,98 mg / L olduğu, Pb ağır metalinin olmadığı görülmüştür. Temiz ortam Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii'nde civarında alınan kuyu sularında Cu, Mn, Ni, Zn, konsantrasyonları 1 µg / L'e yakın konsantrasyonlarda, Fe konsantrasyonları 226,28 µg / L konsantrasyonlarda olduğu, Cd, Cr ve Pb ağır metallerinin olmadığı anlaşılmıştır.

Toprak ve bitki örneklerinin ağır metal analizlerinde, hem Aslım mevkisi Konya Çöp depolama sahası etrafındaki drenaj kanalından alınan bitkilerde ve topraklarda hem Temiz ortam Çatalhüyük Mah. Kaş Mevkii drenaj kanalı ve etrafından alınan bitkilerde ve topraklarda ağır metallerin karşılaştırılmasında sırasıyla şu sonuçlara varılmıştır.

Her iki ortamdaki *suaeda carnosissima Post* bitkisinde, Cd elementine rastlanmamıştır. Cr elementi temiz ortamda 4,53 ppm iken kirli ortamda 8,69 ppm çıkmış, yani 2 kat artış, Cu elementi temiz ortamda 7,86 ppm iken kirli ortamda 2,98 ppm çıkmış, yani tersi 2,5 kat artış, Mn elementi temiz ortamda 42,51 ppm iken kirli ortamda 78,82 ppm çıkmış, yani 2 kat artış, Ni elementi temiz ortamda 7,19 ppm iken kirli ortamda 15,32 ppm çıkmış, yani 2 kat artış, Pb elementi temiz ortamda mevcut değilken kirli ortamda 2,59 ppm çıkmış, yani 2,5 kat artış, Zn elementi temiz ortamda 12,17 ppm iken kirli ortamda 69,73 ppm çıkmış, yani 5,5 kat artış sergilemiştir. Dolasıyla, Cr, yaklaşık 2 kat artış ; Cu, ters yönde 2 kat fazla artış; Mn, yaklaşık 2 kat artış; Ni, yaklaşık 2 kat artış; Pb, yaklaşık 2,5 kat artış; Zn, yaklaşık 5,5 kat artış göstermiştir.

Her iki ortamdaki *Sirken (chenopodium Album L.)* bitkisinde, Cd elementi temiz ortamda mevcut değilken, kirli ortamda 0,28 ppm çıkmıştır, Cr elementi temiz ortamda 4,09 ppm iken kirli ortamda 7,30 ppm çıkmış, yani takribi 2 kat artış, Cu elementi temiz ortamda 3,05 ppm iken kirli ortamda 6,18 ppm çıkmış, yani 2 kat artış, Mn elementi temiz ortamda 21,10 ppm iken kirli ortamda 48,94 ppm çıkmış, yani 2 kat artış, Ni elementi temiz ortamda 8,12 ppm iken kirli ortamda 14,77 ppm çıkmış, yani takribi 2 kat artış, Pb elementi temiz ortamda mevcut değilken, kirli ortamda 3,26 ppm çıkmış,yani takribi 3 kat artış, Zn elementi temiz ortamda 10,19 ppm iken kirli ortamda 59,18 ppm çıkmış, yani yaklaşık 6 kat artış sergilemiştir. Dolasıyla, Cd, yaklaşık 0,25 kat artış; Cr, yaklaşık 2 kat artış ; Cu, 2 kat fazla artış; Mn, yaklaşık 2 kat artış; Ni, yaklaşık 2 kat artış; Pb, yaklaşık 3 kat artış; Zn, yaklaşık 6 kat artış göstermiştir.

Her iki ortamdaki Lepidium Latifolium L. bitkisinde, Cd elementi her iki ortamdaki bitkilerde mevcut değildir, Cr elementi temiz ortamda 2,31 ppm iken kirli ortamda 7,05 ppm çıkmış, yani 2 kat fazla artış, Cu elementi temiz ortamda 5,02 ppm iken kirli ortamda 8,58 ppm çıkmış, yani yaklaşık 2 kat artış, Mn elementi temiz ortamda 70,95 ppm iken kirli ortamda 30,42 ppm çıkmış, yani tersi 2 kat artış, Ni elementi temiz ortamda 7,91 ppm iken kirli ortamda 6,90 ppm çıkmış, yani hemen hemen aynı artış olmuştur. Pb elementi her iki ortamdaki bitkilerde mevcut değildir. Zn elementi temiz ortamda 39,43 ppm iken kirli ortamda 49,09 ppm çıkmış, yani az bir artış sergilemiştir. Dolasıyla, Cr, yaklaşık 2 kat artış ; Cu, 2 kat fazla artış; Mn, yaklaşık 2 kat artış göstermiştir.

Bryan (1976)'e göre; elementlerin zehirliliği sırasıyla; Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni ve Co şeklindedir. Bu diziliş kesin olmayıp farklılık gösterebilmektedir. Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonda potansiyel olarak zehirlidir.

Cd, Pb toksik elementler grubundadır. Cr, Cu, Fe, Mn, Zn gerekli elementler, Ni gerekli olabilen elementler grubundadır. Bu baskın üç bitki türünde toksiklik

açısından ve ortak olarak artış gösteren ağır metal olarak Cr ve Cu elementleri olduğu görülmektedir. Bu iki element arasından Cr seçilmiştir.

Cr seçilmesinin nedeni, özellikle kurşun, civa, krom ve kadmiyum gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyesinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için bünyede birikir ve belirli sınır konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda suda yaşayan canlılar ölebilir ve besin zinciri yoluyla bünyelerinde ağır metal bulunan su ürünleriyle beslenen insanların sağlığı ve hayatı da tehlikeye girebilir (Şengül ve ark. 1986). Ayriyeten içme sularında ve kıta içi sularında müsaade edilen limit değerler açısından irdelendiğinde krom elementi bakır elementine göre daha toksik özellikler göstermektedir (Uslu ve Türkman 1987).

İkinci aşamada bitkilerin ağır metal alımında deneysel çalışmada bitkilerin krom ağır metal alımı çalışması yapılmıştır. Dolayısıyla birinci aşamanın sonucu ikinci aşamanın başlangıcını teşkil etmiştir.

5.2. İkinci Aşama Sonuç ve Öneriler

Bu aşamada değerlendirme bitkilerin kendi arasında ve bitkilerin diğer bitkilerle kıyaslanması olmak üzere iki grupta yapılacaktır.

5.2.1. Birinci.grupta bitkilerin kendi arasında kıyaslanması

Gındıra otu / Hasır otu (*Juncus acutus*) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı G2 bitki türüdür.

Tere (*Lepidium Latifolium L.)* Bitkisinde L Kontrol, L1, L2 ve L3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bitkideyse krom ağır metalin topraktan yapraklara doğru yürüdüğü, yapraktaysa gövde kısımlarına göre daha fazla krom ağır metal birikmiştir. L3 bitkisinde yaprakta krom alımı Cr 30,93 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 3.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı L3 bitki türüdür.

Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisinde S Kontrol, S1, S2 ve S3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bunun yanında Sirken 1'de bitkinin kök yapısında krom alımı gözükmektedir. Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 1.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı S1 bitki türüdür.

Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde SC Kontrol, SC 1, SC 2 ve SC 3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bu bitki türü içinde gövdede ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek SC 1'de bitki gövdesinde Cr 15,51 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Ancak SC Kontrol, SC 2 ve SC 3'de krom ağır metalin bitkide kökte tuttuğu görülmektedir. SC 2 bitkisinin kök yapısında Cr 57,46 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı SC 2 bitki türüdür.

Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisinde, J.Ş. Kontrol, J.Ş. 1, J.Ş. 2 ve J.Ş. 3'de krom ağır metal alımı daha çok toprakta biriktiği görülmüştür. Bu bitki türü içinde yaprak ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek J.Ş. 2'de bitki gövdesinde Cr 4,16 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Ancak J.Ş. Kontrol, J.Ş. 1, J.Ş. 2 ve J.Ş. 3'de krom ağır metalini bitkide kökte tuttuğu görülmektedir. J.Ş. 2 bitkisinin kök yapısında Cr 11,29 mg / kg (kuru) alımı saptanmıştır. Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türünün çalıştığı optimum aralık olarak, 2.Doz krom ağır metal çözeltisiyle sulamanın yapıldığı J.Ş. 2 bitki türüdür.

5.2.2. İkinci grupta bitkilerin diğer bitkilerle kıyaslanması

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin yaprak kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek, 3. Doz krom ağır metalle sulanan *Lepidium Latifolium* L. bitkisinde Cr 30,93 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır.

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin gövde kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek 1. Doz krom ağır metalle sulanan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde Cr 15,51 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır.

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin kök kısımlarında krom ağır metal tutma açısından bakıldığında en yüksek 2. Doz krom ağır metalle sulanan Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinde Cr 57,46 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Bunun yanında krom ağır metalle sulamanın yapıldığı 2.Doz ve 3.Doz ağır metal sulamalarındaysa, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinde sırasıyla Cr 16,20 mg /kg (kuru) ve Cr 14,82 mg /kg (kuru) alımı gözlenmiştir.

Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi, Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi, Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) bitkisi türlerinin yetiştiği toprak ortamlarında krom ağır metal muhtevası açısından bakıldığında en yüksek 2. Doz krom ağır metalle sulamanın yapıldığı, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinin yetiştiği toprak ortamında, Cr 319,50 mg / kg (kuru) olarak saptanmıştır. Bunun yanında toprak ortamında krom ağır metal muhtevası bakımından bakıldığında, 3. Doz krom ağır metal sulamanın yapıldığı, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisi toprak ortamında Cr 106,50 mg /kg (kuru) ve Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi toprak ortamında Cr 105,00 mg /kg (kuru) alımı gözlenmiştir. 2. ve 3. Doz krom ağır metalle sulamanın yapıldığı, Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkilerinin yetiştiği topraklardaki ve 3. Doz krom ağır metal sulamanın yapıldığı, Sirken (*Chenopodium album L.)* bitkisi toprak ortamında krom, topraklarda kabul edilebilir kirlilik sınır değeri olan 100 mg / kg değerinden yüksek olduğu görülmüştür.

Bitkiler tarafından krom ağır metal alımı çalışması yapılan ikinci aşamada deneyde kullanılan başlangıçtaki organik toprağın muhtevasındaki krom miktarının ort. Cr 77,07 mg / kg (kuru) değerinde olması bitkilerin Cr ağır metali alımını sağlıklı bir şekilde değerlendirmesini güçleştirmiştir. Kullanılan bu organik içerikli toprağın yerine içerisinde krom ağır metal muhtevası içermeyen bir kültür toprağı hatta onunla birlikte topraktaki ve bitkideki ağır metal alımını kolaylaştırmasını sağlayacak bazaltik tüf, diatomit veya yanmış kömür kullanılabilirdi. Ayrıca kullandığımız humus içerikli organik toprağın su tutma kapasitesi yüksek olmasına rağmen sonuçlardan anlaşılacağı üzere suladığımız Cr +3 sulu çözeltisinin saksı dibinden uzaklaşıp tabana yani toprağa sızdığı görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda bu konuda çalışma yapacak arkadaşların bu durumu dikkate almasında fayda vardır.

Bütün bu sonuçların ışığında, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisinin ve Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinin krom ağır metalle kirlenmiş toksik toprakta bile krom alımını sürdürdüğü ve deneysel çalışma boyunca boydaki uzamasını artırdığı ve 99 günlük deneysel çalışmanın bitiminde bile yaşamlarını sürdürdüğü görülmüştür. Bu çalışma neticesinde, kromla kontamine olmuş alanların ıslahında hipekümülatör bir bitki olarak Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi ve Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* bitkisinin tercih edilebileceği görülmüştür. Bunun yanı sıra Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi yapraklarında yüksek miktarda Cr alımı sergilenmiştir. Ancak bu bitki türleri deney çalışmasının 4. tekerrürü ve sonrası kurumalar ve ölümler gerçekleşmiştir. Japon şemsiyesi (c*yperus alternifolius L.*) ve sirken (c*henopodium album L.)* bitkileri diğer bitkilere nazaran krom alımında düşük performans göstermişlerdir. Bitkilerin kendi aralarında krom ağır metal alımı yönünden sıralanışı ise, Kursalık (*Suaeda carnosissima Post*) bitkisi > Gındıra Otu / Hasır Otu (*Juncus acutus)* > Tere (*Lepidium Latifolium L.)* bitkisi > Japon Şemsiyesi (*Cyperus Alternifolius L.*) > Sirken (*Chenopodium album L.)* olarak belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Akgüç, N. 2007. Muğla İli'nde Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti İçin *Pyracantha Coccinea Roem. (Rosaceae)*'nin Biyomonitör Olarak Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Alişan, H. B. 1995. *Lamıum Purpureum L.* Bitkisinde Ağır Metal Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Andrade Couce, M. L., Bao Iglesias, M., Guition Ojea, F. 1985. Application Sewage Sludges to an Acid Rain Soil: Effect on the Total Concent, Availability and Absorbtion by the Crop of Zn, Pb, Cr and Cd. Analas de Edafologia y Agrobiologia. 44: 7-8, 1141-1156.
- Anonim, 2003. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametrelerinin Sınır Değerleri, Madde 6 EK I-A, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2007. Manisa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. http://www.manisacevreorman.gov.tr/su.htm.
- Anonim, 2009. 2009 yılı Konya Merkez Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları günlük ortalama sıcaklık, nem ve tekerrür sürelerine göre buharlaşma toplamı verileri, Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Konya.
- Anonymous, 1998. A Citizen's Guide To Phytoremediation, United States Environmental Protection Agency (EPA), USA.
- Anonymous, 1999. Phytoremediation- A Cost-Effective Remediation Method, UNEP-ITEC, International Environmental Technology Centre (IETC)

- Anonymous, 2001. Phytoremediation. Using Plants To Remove Pollutants, American Society From The Environment Plant Physiologists, Plant Research Briefing Paper
- Aoyama, M., Nagumo T., 1997. Effects of Heavy Metal Accumulation in Apple Orchard Soils on Microbial Biomass and Microbial Activites. Soil Science and Plant Nutrition. 43/3, 600-612.
- Arlı, S. 2006. Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya.
- Baath, E. 1989. Effects of Heavy Metals in Soil on Microbial Processes and Populations. Water, Air and Soil Pollution. 47/3-4, 335-379
- Balkan, S. 1993. *Helianthus Annuus* L. (Edirne-87)'un Farklı Organlarında Kurşun Birikimi ve Kurşunun Bitki Gelişmesine Etkisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bardgett, R.D., Speir, T.W., Ross, D.J., Yeates, G.W., Kettles, H.A., 1994. Biology and Fertility of Soils. 18/1, 71-79.
- Bayçu, G. 1992. *Allannthus Altissima'*da Kadmiyum, Kurşun Birikimi ve Kadmiyumun Bitki Gelişmesine Etkisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bozyiğit, R. 2000. Fethiye ve Konya'nın Kuraklık Yönünden Karşılaştırılması, Sel. Ün. Eğitim Fak. Derg. Sayı: 9, s.10-33. Konya.
- Brohi, A. R., Aydeniz, A., Karaman M. R., Erşahin, S. 1994. Bitki Besleme. GOP Üniversitesi, Ziraat Fak., Yayınları: 4, Kitaplar serisi:4, Tokat.
- Brookes, P. C. 1995. The Use of Microbial Parameters in Monitoring Soil Pollution by Heavy Metals. Biology and Fertility of Soils. 19/4, 269-279.
- Bryan, G. 1976. Heavy Metal Contamination in the Sea in: R. Johnston (Ed.) Mar. Poll. Academic Pres Inc., 185-302. Londan.
- Canli, M., Furness, R. 1995. Mercury and Cadmium Uptake From Seawate and From Food by The Norway Lobster Nephrops Norvegicus, Environ. Toxicol. Chem., 14, 819-828.

- Çelik, C. 2004. Bursa Büyükşehir Sınırları İçinde Kalan Derelerde Ağır Metal Kirliliğinin Bitkilerle İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Üzerine Araştırmalar, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Bursa.
- Çelik, Ü. 1993. İzmir, Aliağa Yeni Foça Yolu Üzerindeki Demir Çelik Endüstrisi Çevresinde Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesinin Araştırılması, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Davies, M. S., Atkinson, D. 1991. Effects of Toxic Concentrations of Metals on Root Growth and Development. Plant-Root-Growth: -an Ecologial-Pespective. British Ecologial Society Special Publication. 10, 211-227.
- Dean, J. G., Bosqui, E. L., Lanouette, K. H. 1972. Removal Heavy Metals From Wastewater, Environmental Science and Tech., Vol. 6, No. 6, 518-520 P.
- Demir, R. 1998. Dicle Nehri Yöresinde Yetiştirilen Karpuzlarda [*Citrullus Lanatus (Thunb.) Matsum And Nakai Ev.* Dicle] Ağır Element Tayinleri, Ekoloji ve Çevre Dergisi, Ocak-Şubat-Mart 1998, Sayı 26, sa: 18-20.
- Demirel, S. 2002. Antep Fıstığı Kabuğu İle Kurşun (II)'nin Adsorplanma Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.
- Devare, M., Bahadir, A. M. 1994. "Biological Monitoring of Landfill Leachate Using Plants and Luminiscent Bacteria", Chemosphere, Vol 28, pp 261-271.
- Dinev, N. 1998. Effects of Heavy Metals (Cu, Zn, Cd) on the Growth of Oat Plants. Jubilee Scientific Conference "50 years Institute for Soil Science in Bulgaria" Session II. "Soil Contamination and Soil Degradation". Pochvoznanie, Agrokhimiya, Ekologia. 33:4, 3-5.
- Dirim, S. 2006. Aşağı Kelkit Havzası Doğal Sulak Alanında Bitkilerle Fosfor Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya.
- Durak, Z. 2005. Adana Sofulu Düzensiz Depolama Alanında Oluşan Çöp Sızıntı Sularının Bitki Yetiştirilmesinde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.

- Eid, M. A., Metwally, A. A. 1997. Effect of Sludge on the Availability of Heavy Metals in Sandy Soil. 2. Plant Uptake in Relation to Extracted Soil Zn, Cu and Ni Fractions. Arab Univ., J., of Agricultural Sciences. 5:2, 449-466.
- Ekmekçi, F. 2007. Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından Alınan Çöp Sızıntı Sularının Laboratuvar Ölçekli Ortamda Bitkisel Yolla Azot-Fosfor Ve Ağır Metal Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
- EPA, 2000. (Environmental Protection Agency), "Introduction To Phytoremediation", EPA/600/R-99/107, Cincinati, Ohio, U.S.A, p 72, Http://www.clu-in.org
- Erdoğan, İ. 1989. Atıksu Arıtma Sistemleri, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, Ed. G. Kocasoy, İstanbul, 47.
- Erdoğan Küçük, R. 2004. Katı Atıkların Depolanması Sonrasında Bitkisel Gelişim ve Adana-Sofulu Çöplüğü Üzerinde Bir Araştırma, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Adana.
- Erkek, H. F. 2004. Krom İle Kirletilmiş Toprakların Bitkiler Aracılığıyla Arıtımı (Fitoremediasyon), Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Erol, B. 1997. Yüzen Auatik Bitki Sistemlerinde Azot Giderim Prensipleri, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Esringü, A. 2005. Toprakta Kirliliğe Neden Olan Bazı Ağır Metallerin Kanola (*Brassica nopus*) ve Hardal (*Brassica juncea*) Bitkileri İle Uzaklaştırılması, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Evirgen, E. 2003. Gölbaşı-Mogan Gölü'nde Yetişen *Phragmites Australis* Bitkisinde Ağır Metal Tayini, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Farquar, G. J. 1988. "Leachate: Production and Characterization", Department of Civil Engineering, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Fodor, L. 1998. Effect of Heavy Metals on Wheat and Maize Crop on Brown Forest Soil. Agrokemia es Talajtan. 47:1-4, 197-206.

- Förstner, G., Wittmann, T. 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Berlin Heidelberg, Newyork Springer Verlag, 3, 21, 271-318.
- Garbısu, C., Alkorta, I. (1997). "Bioremediation: Principles And Future." J Clean Technol. Environ. Toxicol. & Occup. Med. 6, 351-366.
- Gintautas, P., Daniel, S., Macalady, D. 1992. "Phenoxyalkanoic Acid Herbicides in Municipal Landfill Leachates", Environmental Science & Technology, Vol 26, pp 517-521.
- Gökdemir, Y. 2006. Ergene Nehrindeki Ağır Metallerin Ekstraksiyon Metodu İle Tayini, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Edirne.
- Güder, N. 2005. Çinko İle Kirlenmiş Toprakların Bitkisel Ekstraksiyon Yöntemi İle Biyolojik İyileştirilmesi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Gültakti, Y. 2006. Van Gölü Havzasında Yetiştirilen Bazı Tahıl ve Baklagillerin Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması, Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Van.
- Gür, K. 2002. Toprak Kirliliği ve Kontrolü Lisans Ders Notları, S.Ü. Müh. Mim. Fak., Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Güvenç, İ., Kaya, Y. 1996. Erzurum'da Sebze Olarak Değerlendirilen Yöresel Bazı Bitkiler. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (3): 369-374.
- Güzel, U. E. 2006. Ağır Metallerin Kil Mineralleri Tarafından Tutulması ve Bitkilerce Alımı, K.S.İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Kahraman Maraş.
- Hammer, M. J. 1986. Materials Science and Metallurgy, 4th. Ed., A Reston Book, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Harrison, R. M., Laxen, D. P. H., Wilson, S. J. 1981. Chemical Associations of Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Street Dusts and Roadside Soils. Environ., Sci., Technol. 15, 1378-1383
- Hasar, H., Cuci, Y. 2000. Removal of Cr(VI), Cd(II) and Cu(II) By Activated Carbon Prepared From Almond Husk, Environmental Technology, Vol. 21, No. 12, 1337-1342 P.

- Henry, J. May-Aug. 2000.,"An Overview Of The Phytoremediation Of Lead And Mercury". U.S. Epa, Office Of Solid Waste And Emergency Response Technology Innovation Office. Report 51 P.
- Hız, H. 2000. G.Y.T.Ü. Endüstriyel Atıksulardaki Ağır Metallerin Değişik Bitkiler Tarafından Absorblanması Üzerine Bir Çalışma, G.Y.T.E. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gebze.
- Hossner, L. R., Loeppert, R.H., Newton, R. J., Szanıszlo, P. J. And Moses Attrep, Jr. (1998). "Literature Review: Phytoaccumulation Of Chromium, Uranium, And Plotonium İn Plant Systems" Amarillo National Resource Center For Plutonium. Report: 3, USA, 51 P.
- http://clu-org/products/citguide/phyto2.htm.
- http : // www.khgm.gov.tr/halofit/tuzoz/15.htm
- Ingwersen, J., Strect, T. 2005. A Regional-Scale Study on the Crop Uptake of Cadmium from Sandy Soils: Measurement and Modeling. Journal of Environmental Quality. 34: 1026–1035.
- İspirli Gökrem, F. Y. 2006. Tokat İlinde Yapay Sulakalanlar İle Bu Sistemde Kullanılan *Typha latifolia* L. Bitkisinin Evsel Atıksu Arıtmada Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, G.O.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Jhee, E. M., Dandr_Dge, K. L., Chr_Sty, A. M., Jr. Ve Pollard, J. (1999) " Selective Herbivory On Low-Zinc Phenotypes Of The Hyperaccumulator Thlapsi Caerulescens (Brassicacea)" Chemoecology, 9, 93-95.
- Kabala, C., Singh, B. R. 2001. Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Published in J., Environ., Qual., 30, 485-492.
- Kantarcı, M. D. 1992. Zararlı Maddelerin Orman Topraklarına Etkileri. Katı Atık ve Çevre. 8, 14-27.
- Karaca, A., Turgay, O. C., Kızılkaya, R., Haktanır, K. 1996. Topraklara Ağır Metal (Cd, Pb) İlavesinin Bazı Biyolojik Olaylara Etkisi. Tarım – Çevre İlişkileri Sempozyumu (Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı) Bildiri Kitabı. Mersin Üniv., Müh., Fak., 111-120.

- Karagöz, S. 1998. Çöp Sızıntı Sularının Su Bitkileriyle Oluşturulan Sistemlerle Arıtılması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Karataş, M. 2004. Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metallerin İncelenmesi Bitki Ve Topraktaki Birikiminin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Konya.
- Keskinler, B., Çakıcı, A. 1994. Crossflow (Çapraz Akış) Ultrafitrasyon Tekniği ile Endüstriyel Atıksulardan Cu^{+2} İyonlarının Uzaklaştırılması. SKKD Cilt 4 Sayı 2 sh. 69-75.
- Kızılgöz, İ. 1995. H.Ü. Şanlıurfa İli Karakoyun Deresi Bölgesinde Kanalizasyon Sularıyla Sulanan Sebze Bahçelerindeki Toprak ve Bitkide Ağır Metal Birikimi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.
- Konishi, Y., Asal, S., Midoh, Y., Oku, M. 1993. Recovery of Zinch, Cadmium and Lanthanum by Biopolymer gel Particles of Alginic Acid. Separation Science and Technology. 28: 1691-1702.
- Konya Büyükşehir Belediyesi. 2008. "Konya Kenti Atık Yönetimi Raporu", Konya
- Köseoğlu, C. 2007. Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Bitkisel Arıtım'ın (Fitoremediyasyon) Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
- Krauss, M., Diez, T. 1997. Uptake of Heavy Metals by Plants From Highly Contaminated Soils. Agrobiologial-Research. 50:4, 343-349.
- Kurca, A. S. 2005. Konya İli Çevre Yollarında Yetişen Bazı Doğal Bitkilerde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Konya.
- Leita, L., Nobili, M., Sequi, P. 1998. Content of Heavy Metals in Soils and Plants Near Cave Del Predil, Udine, Italy. Agrochimia. 32:1, 94-97.
- Liao, R.Z., Jin, L.Z., Shen, S.L., Liu, D.C., 1987. The Use of *Azotobacter* sp. as an Index For The Determination of Heavy Metal Toxicity in Soil. Scienta – Agricultura – Sinica. 20/2, 50-55.

- Luo, Y., Rimmer, D. 1995. Zinc-Cooper Interaction Affecting Plant Growth on Metal Contaminated Soil. Environ. Pollut. 88: 79-83.
- Masters, G. M. 1991. Introduction to Environmental Engineering and Science, Deparment. Prentice-Hall International, Inc No: 07632. New Jersey.
- Mcginley, P. M., Kmet, P. 1984. "Formation, Characteristic, Treatment and Disposal of Leachate from Municipal Solid Waste Landfills", Bureau of Solid Waste Management Department of Natural Resources, Madison, U.S.A.
- McGowen, S. L., Basta, N. T., Brown, G. O. 2001. Use of Diammonium Phosphate to Reduce Heavy Metal Solubility and Transport in Smelter-Contaminated Soil. Published in J., Environ., Qual., 30, 493-500.
- Mench, M., Vangransveld, J., Divier, V., Clijster, D. 1994. Evaluation of Metal Mobility, Plant Availability and Immobilization by Chemical Agents in Alimed-Silty Soil. Environ. Pollut. 86: 279-286.
- Mortvedt, J. J., Beaton, J. D. 2004. Heavy Metal and Radionuclide Contaminants in Phosphate Fertilizes. (http://www.İcsucope.org/Downloadpubs/Scope54/6mortvedt.htm).
- Mulligan, C. N., Yong, R. N., Gibbs, B. F. 2001. Remediation Technologies For Metal Contaminated Soils and Groundwater. An Evaluation, Engineering Progress.
- Okur, N., Çengel, M. 1996. Toprak Mikroorganizmalarına Ağır Metal Toksisitesinde Ortam Reaksiyonunun Etkisi. Tarım – Çevre İlişkileri Sempozyumu (Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı) Bildiri Kitabı. Mersin Üniv., Müh., Fak., 233-238.
- Özen, Ö. 2006. S.Ü. Kampüsü Atıksularının Ekilmiş Sulak Alanda *Miscanthus X Giganteus* ile Arıtımı ve Bitkinin Hasat Sonrasında Adsorban Özelliği, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Özer, A., Özer, D., Ekiz, İ. H., Aksu, Z., Kutsal, T., Çağlar, A. 1997. Demir(III) İyonlarının Schizomeris Leibleinii'ye Adsorpsiyonu. Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences. TÜBİTAK 21: 183-188.

- Öztürk, İ., Erdirençelebi, D. 1998. "Landfill Leachate in Turkey", 1st Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region, Konya.
- Öztürk, M., Özçelik, H. 1991. Doğu Anadolu'nun Faydalı Bitkileri, s: 196.
- Patterson, J. W. 1977. Wastewater Treatment, Science Publishen Inc. New York, U.S.A.
- Pırlak, U. 2002. Niğde İli Patates Ekim Alanlarında Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, N.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Niğde.
- Pivetz, B. E. 2001. "Phytoremediation Of Contaminated Soil And Ground Water At Hazardous Waste Sites" United States Environmental Protection Agency EPA, 540/S-01/500, 36 P.
- Ralinda, R. 1996. Phytoremediation Technology Overview Report. GWRTAC.
- Rechcigl, J. E., Sparks, D. L. 1985. Effect of Acid Rain on the Soil Environment. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 16:7, 653-680.
- Rijtema, P. E. 1987. Groundwater Quality Management. IHE, Delf.
- Rovers, F. A., Farquar, G. J. 1973. "Infiltration and Landfill Behaviour" ASCE Journal of Environmental Engineering, Vol 99, pp 671-690.
- Sağ, Y., Nourbakhsh, M., Aksu, Z., Kutsal, T. 1995. Dolgulu kolon reaktörde Ca – Aljinat ve tutuklanmış mikroorganizma sistemleriyle karşılaştırılmalı ağır metal adsorpsiyonu. Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences. TÜBİTAK 19: 145-157.
- Sarıalioğlu, B. 2003. Köklü ve Yüzen Bitkiler (*Lemna minor L.*) İçeren Doğal Arıtma Sistemleriyle Evsel Atıksulardan KOİ ve AKM Giderimi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Schnoor, J.L., P.E., Dee. 1997. Phytoremediation, Technology Evaluation Report, Te-98-01, Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center (Gwrtac), Pittsburg, Pa.

- Singh, N., Farooqui, A., Pandey, V., Misra, J., Kulshresta, K., Srivastava, K., Singh, S. N., Yunus, M., Ahmad, K. J. 1993. Applied-Botany-Abstracts. 13: 1, 41-56.
- Söğüt, 1996. Su Bitkileri ve Peyzaj Mimarlığında Kullanımı.
- Steubing, L., Vogel, A. 1998. Biomonitoring of Immision Effects Through Traffic-Related Heavy Metals in a Heatland Ecosystem. Umweltwissenschaften and Schadstoff Forschung. 10:6, 333-338.
- Sutherson, S. S. (1999). "Phytoremediation" "Remediation Engineering: Design Concepts" Kitabı. Sutherson, S. S. (Editör). Crc Press Llc. Boca Raton.
- Şahin, E. 2001. Sularda Toksik Metallerin(Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr) Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu ve Atomik Absorpsiyon Spektrometri Yöntemi İle Tayinleri, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Sivas.
- Şahin, Y. 2007. Kurşun ile Kirlenmiş Toprakların Bitkisel Ekstraksiyon İle İyileştirilmesi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Şanda, M. A. 1993. Konya İli Merkezi ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Konya.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A. 1993. Çevre Kimyası, Dokuz Eylül Ünv. Mühendislik Fak. Yayınları No: 228, Syf.232. İzmir.
- Şengül, F., Türkman, A., Filibeli, A. 1986. A Case Study On Chromium Wastes Treatment, Environmental Management For Devoloping Countries, Preprints Of The Third Symp.Envitek, İstanbul.
- Tanak, G. A. 2006. Samsun Çevresinde Yetişen Bazı Yeşil Bitkilerdeki Ağır Metallerin Tayini, O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Samsun.
- Tatlı, A. 1998. Erzurum Bölgesinin Yaygın Çayır Mer'a Bitkileri. s: 75.
- Teker, B., İmamoğlu, M., Özacar, M. 1996. Pirinç Kabuğundan Yapılmış Aktif Karbonda Cu(II) ve Cd(II) İyonlarının Adsorpsiyonu, UKMK- 2. Bildiri Kitabı, 9-13 Eylül, 1996, İstanbul.
- Tyler, G. 1983. The Impact of Heavy Metal Pollution on Forests; a Case Study of Gusum, Sweden. Ambio. 13:1, 18-24.

- Tok, H. H. 1997. Çevre Kirliliği. Trakya Üniv., Zir., Fak., Toprak Böl., Yayın No: 185, Ders Kitabı No:20, Tekirdağ.
- Tonguç, Ö. 1995. E.Ü. Muğla ve Civarının Karayosunu Florası ve Bu Bitkilerdeki Ağır Metal Birikiminin Saptanması, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Tor, A. 2000. Konya İli Düzensiz Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Suyu Karakteristiklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Tsezos, M., Volesky, B. 1981. Biosorption of Uranium an Thorium, Biotech. and Bioeng. 23: 583-604.
- Uslu, O., Türkman, A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1. Ankara.
- Uysal, Y. 2004. Sulu Ortamda Pb (II) ve Cd (II) İyonlarının *Lemna Minor L.* İle Alımının Araştırılması, Doktora Tezi, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin.
- U.S. E.P.A. 1988. "Criteria For Municipal Solid Waste Landfills, Case Study For Groundwater and Surface Water Contamination From Municipal Solid Waste landfills", EPA/530-SW-88-040, Washington, U.S.A.
- Ünlü, K. 1998. Toprak Kirliliği: Özellikleri, Kontrolü ve Temizlenmesi, Çevre ve Mühendis, 16, 20-26.
- Vanlı, Ö. 2007. Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Verloo, N. 1996. Soil Pollution and Soil Protection. Soil-Plant Relationship in Contaminated Soils. Universitest Gent, Faculty Agrucultural and Applied Sciences, Belgium.
- Welsh Water Facts, 1985. Public Information Department, 73 P., Brecon.
- Wu, Y. Y., Wang, X., Liang, R. L., Wu, T. Z. 1997. Ecological Effect of Compound Pollution of Heavy Metals in Soil-Plant System I. Effect on Crop, Soil Microorganism, Alfa Alfa and Tree. Chinese-Journal of Applied Ecology. 8:2, 207-212.

- Xian, X. 1989. Effect of Chemicel Forms of Cd, Zn and Pb in Polluted Soils on Their Uptake by Cabbage Plants. Plant Soil 113: 257-264.
- Yaşar, M. 1998. İzmir ve Civarındaki Topraklarda Yetiştirilen Ispanak Bitkisinin Nitrat, Nitrit ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Yevdokima, G. A. 1982. Microbiologial Activity of Soils Polluted by Heavy Metals. Soviet Soil Science. 14/3, 31-38. Translated from Pochvovedenie (1982), No:6, 125-132.
- Yıldız S. 2008. Nişasta Sanayi Atıksularının Bitkisel İyileştirilme (Fitoremediasyon) Kapasitesine Mikorizal Simbiyozun Etkilerinin Araştırılması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin.
- Yıldız, S. 2004. Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metal Kirliliğinin ICP-AES Tekniği İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Yılmaz, Z. 2004. S.Ü. Kampus Atıksularından Su Mercimeği (*Lemna minor L.*) İle Nütrient Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Zengin Kırbağ, F. 2002. Bazı Ağır Metallerin (Hg^{++},Cd^{++},Cu^{++} ve Pb^{++}) Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Gelişmesi Üzerindeki Etkilerinin Biyokimyasal Yönden Araştırılması, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Elazığ.