

T.C.  
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL ATIKSULARDAKİ AĞIR  
METALLERİN DEĞİŞİK BİTKİLER  
TARAFINDAN ABSORBLANMASI ÜZERİNE  
BİR ÇALIŞMA

98297

Huriye HIZ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
Prof.Dr. Anatoly DİMOĞLU

GEBZE  
2000

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI  
TEKNOLOJİ VE YATIRIM BAKANLIĞI



Bu tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 01.08.2000 tarih ve 99/33. sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Gevce Müh. Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE  
(Tez Danışmanı)

: Prof. Dr. Anatoly DİMOĞLU

ÜYE

: Yard. Doç. Dr. Mehmet KOBYA

ÜYE

: Yard. Doç. Dr. Tülay HEKİMBASI

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 01.08.2000 tarih ve 99/33 sayılı kararı.

İmza / Mühür

## ÖZET



Sanayinin gelişmesi ile birlikte, üretim ve kullanma kaynaklı atıksuların arıtılması ve deşarj edilmesi problemleri ortaya çıkmıştır. Evsel ve endüstriyel atıksular, deşarj edildikleri alıcı ortamlarda flora ve faunayı olumsuz yönde etkilemişlerdir.

Atıksuların arıtılmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu arıtma yöntemleri, zaman, maliyet ve arıtma verimi bakımından birbirinden farklılıklar göstermektedir. Özellikle atıksularda bulunan ağır metallerin arıtılması maliyet olarak diğer kirleticilerin arıtılmasına göre daha yüksektir. Yapılan bu çalışmada, sanayileşmenin yoğun olarak yaşandığı Çayırova bölgesinde bulunan Çayırova Deresi kenarında yetişen bitkilerde ağır metaller incelenmiştir. Çayırova Deresi, sanayi bölgesinde olmasından ve evsel ve endüstriyel atıksuların bu dereye deşarj edilmesinden dolayı ağır metal yönünden oldukça zengindir. Dere, Marmara Denizi'ne dökülmektedir.

Çalışmada beş farklı bitki grubu (*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg), *Acer negundo* (Akçaağaç), *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı), *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) ve *Cynodon 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 absorlama 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 *Cynodon L. pers* (Ayrık Otu) numunelerinden elde edilen sonuçlar, birbiri ile paralellik göstermişlerdir.

## SUMMARY

In consequence with the developments in industry, it has become a problem discharging waste water originates from industry and household usage. When domestic and industrial waste water is decharged to the environment, it has negative effects on both flora and fauna.

There are various methods on purifying treatments waste water . Time, cost and yield of treatments can vary. Treating heavy metals in waste water costs more than the treatments of other materials in it. In this study, heavy metals in plants in Çayırova River, which is located at Çayırova that is known an important industrial place, are observed. Çayırova River is spilled to Marmara Sea. Çayırova River is rich on heavy metals as a results of domestic and industrial waste water that has been discharged to the stream.

The study has been carried out on five different plant groups (*Acer negundo*, *Chlorella vulgaris*, *Cynedon L. pers*, *Typhaceae angustifolia*, *Lycopersicum esculentum* Miller. Their habitats are just besides the stream. Plants which are distributed in high number of population were chosen for the observation. Concentrations of four different metals (Cu, Fe, Cd and Pb) are measured on plants. Samples of plants have been taken once in one month intervals for five months.

It has been seen that all the plants studied mostly absorbed Cd. Iron had the secondary absorption concentration elements. In some plants, absorption rate was observed to be high for some metals. In *Chlorella vulgaris* samples, it was seen that absorption rate was seen high in most of samples. In *Acer negundo* individuals it was observed that Cd had a high absorption rate. *Cynedon L. pers*, and *Typhaceae angustifolia* samples had nearly the same results.

## TEŞEKKÜR



Bu tez çalışması sırasında beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Prof.  
Dr. Anatoly DİMOGLU'na,

Analizlerin yapılmasında yardımcı olan Yrd. Doç Dr. Salim ÖNCEL'e,

Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya ve  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOBYA'ya,

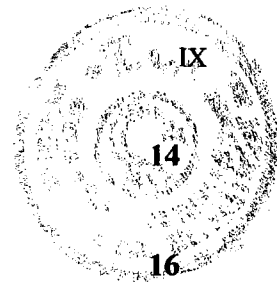
Tezimi düzelterek beni yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Tülay HEKİMBAŞI  
(ÖNER)'e,

Beni sürekli destekleyen ve yardımcı olan eşim Halil HIZ ve aileme  
yürekten teşekkür ediyorum.

# İÇİNDEKİLER



|                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET</b>                                                | <b>IV</b>   |
| <b>SUMMARY</b>                                             | <b>VI</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                            | <b>VII</b>  |
| <b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b>                                  | <b>VIII</b> |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>                                     | <b>XII</b>  |
| <b>TABLolar DİZİNİ</b>                                     | <b>XIV</b>  |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>                      | <b>XV</b>   |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                            | <b>1</b>    |
| <b>1.1 Amaç ve Kapsam</b>                                  | <b>1</b>    |
| <b>1.2 Konu Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar</b>         | <b>4</b>    |
| <b>1.3. Atıksular</b>                                      | <b>7</b>    |
| <b>1.3.1 Genel</b>                                         | <b>7</b>    |
| <b>1.3.2 Suyun Kalite Kriteri ve Atıksu Standartları</b>   | <b>8</b>    |
| <b>1.3.3. Su Kalitesi Standartları</b>                     | <b>8</b>    |
| <b>1.3.4. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği</b>            | <b>9</b>    |
| <b>1.4. Sularda İzlenen Bazı Elementler ve Özellikleri</b> | <b>14</b>   |



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.4.1. Demir (Fe) İyonu</b>                                                  | <b>14</b> |
| <b>1.4.2. Bakır (Cu) İyonu</b>                                                  | <b>16</b> |
| <b>1.4.3. Kadmiyum (Cd) İyonu</b>                                               | <b>16</b> |
| <b>1.4.4. Krom (Cr) İyonu</b>                                                   | <b>17</b> |
| <b>1.4.5. Kurşun (Pb) İyonu</b>                                                 | <b>17</b> |
| <b>1.5. Ağır Metal İçeren Atıksular</b>                                         | <b>19</b> |
| <b>1.5.1 Maden Endüstrisi</b>                                                   | <b>19</b> |
| <b>1.5.2. Ağır Metal İçeren Atıksuların Kirlilik Etkileri</b>                   | <b>20</b> |
| <b>1.5.3. Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtılması</b>                          | <b>20</b> |
| <b>1.5.4 Krom İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri</b>                          | <b>21</b> |
| <b>1.5.5 Demir İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri</b>                         | <b>22</b> |
| <b>1.5.6 Kurşun İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri</b>                        | <b>22</b> |
| <b>1.5.7 Bakır İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri</b>                         | <b>22</b> |
| <b>2. MATERYAL VE METOD</b>                                                     | <b>24</b> |
| <b>2.1. Arazi Çalışmaları</b>                                                   | <b>24</b> |
| <b>2.1.1 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg) numunelerinin alındığı Nokta</b> | <b>24</b> |
| <b>2.1.2 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu) Numunelerinin Alındığı Nokta</b>    | <b>25</b> |



**2.1.3 *Acer negundo* (Akçaağaç) Numunelerinin Alındığı Nokta 25**

**2.1.4 *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) Numunelerinin Alındığı Nokta 25**

**2.1.5 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) Numunelerinin Alındığı Nokta 27**

**2.2. Örneklemeye 27**

**2.2.1. Numunelerin Hazırlanması ve Saklanması 27**

**2.2.2. Analizler 28**

**3.TARTIŞMA 31**

**3.1 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) Analiz Sonuçları 31**

**3.2 *Cynodon L. pers* (*Cynodon L. pers* (Ayrık Otu) Otu) Analiz Sonuçları 34**

**3.3 *Acer negundo* (Akçaağaç) Analiz Sonuçları 36**

**3.4 *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) Analiz Sonuçları 39**

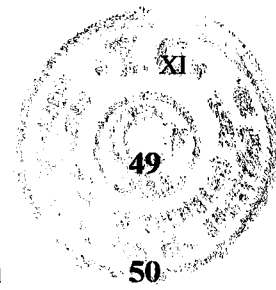
**3.5 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) Analiz Sonuçları 42**

**3.6. Metallerin Bitkiler Tarafından Absorblanması 46**

**3.6.1 Cu (Bakır) İyonlarının Absorbsiyonu 46**

**3.6.2 Fe (Demir) İyonlarının Absorbsiyonu 47**

**3.6.3 Cd (Kadmiyum) İyonlarının Absorbsiyonu 48**



### 3.6.4 Pb (Kurşun) İyonlarının Absorbşyonu

49

### 3.7. Bitkilerin Absorblanma Miktarlarının Karşılaştırılması

50

#### 3.7.1. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)

50

#### 3.7.2. *Acer negundo* (Akçağaç)

51

#### 3.7.3. *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)

52

#### 3.7.4. *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)

52

#### 3.7.5. *Cynedon L. pers* (*Cynedon L. pers* (Ayrık Otu) Otu)

53

## 4. SONUÇLAR

55

## KAYNAKLAR

57

## ÖZGEÇMİŞ

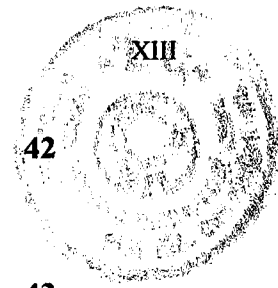
60

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

### SAYFA NO

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.1: Çayırova Deresi</b>                                                                     | <b>3</b>  |
| <b>2.1 Numune Alma Noktaları</b>                                                                | <b>26</b> |
| <b>2.2 AAS Kalibrasyon eğrileri</b>                                                             | <b>29</b> |
| <b>2.3 AAS Analiz Sonuçları</b>                                                                 | <b>30</b> |
| <b>3.1 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg)'de Cu'ın Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>          | <b>32</b> |
| <b>3.2 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg)'de Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>          | <b>32</b> |
| <b>3.3 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg)'de Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>          | <b>33</b> |
| <b>3.4 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg)'de Pb'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>          | <b>33</b> |
| <b>3.5 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu)'nda Cu'ın Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>            | <b>35</b> |
| <b>3.6 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu)'nda Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>            | <b>35</b> |
| <b>3.7 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu)'nda Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>            | <b>36</b> |
| <b>3.8 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu)'nda Pb'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>            | <b>36</b> |
| <b>3.9 <i>Acer negundo</i> (Akçaağaç)ta Cu'ın Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>                  | <b>37</b> |
| <b>3.10 <i>Acer negundo</i> (Akçaağaç)ta Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>                 | <b>38</b> |
| <b>3.11 <i>Acer negundo</i> (Akçaağaç)ta Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>                 | <b>38</b> |
| <b>3.12 <i>Acer negundo</i> (Akçaağaç)ta Pb'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>                 | <b>38</b> |
| <b>3.13 <i>Typhaceae angustifolia L.</i> (Su Kamışı)'nda Cu'ın Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b> | <b>40</b> |
| <b>3.14 <i>Typhaceae angustifolia L.</i> (Su Kamışı)ta Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>   | <b>41</b> |
| <b>3.15 <i>Typhaceae angustifolia L.</i> (Su Kamışı)ta Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi</b>   | <b>41</b> |
| <b>3.16 <i>Typhaceae angustifolia L.</i> (Su Kamışı)ta Pb'un Zamana</b>                         |           |



**Bağılı Olarak Değişimi**

42

**3.17 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te Cu'un Zamana**

**Bağılı Olarak Değişimi**

43

**3.18 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te Fe'in Zamana**

**Bağılı Olarak Değişimi**

44

**3.19 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te Cd'un Zamana**

**Bağılı Olarak Değişimi**

44

**3.20 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te Pb'un Zamana**

**Bağılı Olarak Değişimi**

45

**3.21 Bakırın Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması**

47

**3.22 Demirin Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması**

48

**3.23 Kadmiyumun Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması**

49

**3.24 Kurşunun Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması**

50

**3.25 *Chlorella vulgaris* Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması**

51

**3.26 *Acer negundo* Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması**

51

**3.27 *Typhaceae angustifolia* L. Metal Konsantrasyonlarının**

**Karşılaştırılması**

52

**3.28 *Lycopersicum esculentum* Miller Metal Konsantrasyonlarının**

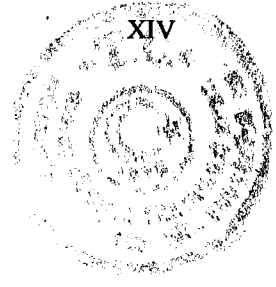
**Karşılaştırılması**

53

**3.29 *Cynodon L. pers* Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması**

53

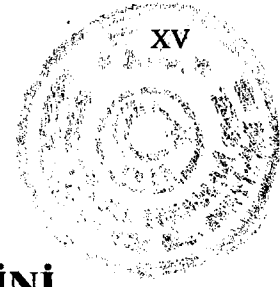
# TABLÖLAR DİZİNİ



## TABLO

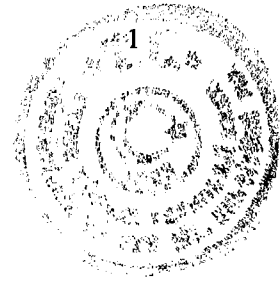
## SAYFA NO

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. 1 Çayırova Deresi'ne deşarj Yapan Sanayi Kuruluşlarının Sektörel Dağılımı</b> | <b>2</b>  |
| <b>1.2 Su Kalitesi Standartları</b>                                                 | <b>11</b> |
| <b>1.3. Şehir suyu olarak kullanılacak suyun kalite kriterleri</b>                  | <b>13</b> |
| <b>3.1 <i>Chlorella vulgaris</i> (Yeşil Alg) Analiz Sonuçları</b>                   | <b>31</b> |
| <b>3.2 <i>Cynodon L. pers</i> (Ayrık Otu) Analiz Sonuçları</b>                      | <b>34</b> |
| <b>3.3 <i>Acer negundo</i> (Akçaağaç) Analiz Sonuçları</b>                          | <b>36</b> |
| <b>3.4 <i>Typhaceae angustifolia L.</i> (Su Kamışı) Analiz Sonuçları</b>            | <b>39</b> |
| <b>3.5 <i>Lycopersicum esculentum</i> Miller (Domates) Analiz Sonuçları</b>         | <b>42</b> |



## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

|                |                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------|
| <b>TOSB</b>    | <b>Taşıt Organize Sanayi Bölgesi</b>            |
| <b>ppb</b>     | <b>Milyarda bir birim</b>                       |
| <b>USPHS</b>   | <b>U.S. Public Health Service</b>               |
| <b>AWWA</b>    | <b>American Water Works Association</b>         |
| <b>WPCF</b>    | <b>Water Polluton Control Federation</b>        |
| <b>WHO - E</b> | <b>World Health Organization, European</b>      |
| <b>WHO - I</b> | <b>World Health Organization, International</b> |
| <b>TSE</b>     | <b>Türk Standartları Enstitüsü</b>              |
| <b>SKKY</b>    | <b>Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği</b>        |
| <b>BOI</b>     | <b>Biyolojik Oksijen İhtiyacı</b>               |
| <b>KOI</b>     | <b>Kimyasal Oksijen İhtiyacı</b>                |
| <b>DSİ</b>     | <b>Devlet Su İşleri</b>                         |
| <b>AAS</b>     | <b>Atomic Abrorption Spectrometer</b>           |
| <b>GOSB</b>    | <b>Gebze Organize Sanayi Bölgesi</b>            |
| <b>GYTE</b>    | <b>Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü</b>         |



# 1. GİRİŞ

## 1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada Çayırova Deresi kenarında yetişen ve dere suyu ile sulanan bitkilerde ağır metal değişimi incelenmiştir. Çayırova, Kocaeli İli, Gebze İlçesi'ne bağlı bir beldedir. Çalışmanın yapıldığı dere, Kocaeli – İstanbul sınırındadır. Derenin doğusu Kocaeli'ne, batısı İstanbul'a bağlıdır. Çayırova Deresi, Anadolu Otoyolu, Şekerpınarı Bölgesinde, TOSB adı verilen Taşıt Organize Sanayi Bölgesi sınırları içinden doğmaktadır. Daha sonra Şekerpınarı Beldesi sınırları içinden akan dere, E 5 – TEM bağlantı yoluna paralel olarak Çayırova'ya gelmektedir. Güzeltepe Mahallesi ve Yeni Mahalle'den gelen iki yan kol dere ile birleşerek Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü ile Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü arasında sınır teşkil edecek şekilde akışına devam etmektedir. Fatih tren istasyonuna paralel gelen bir yan kol ve Aşıroğlu Deresi'nin de ana kola bağlanmasından sonra Çayırova Deresi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Tesislerinin yanından Marmara Denizi'ne dökülmektedir (Şekil 1.1, Çayırova Deresi).

Çayırova, ülkemizin gerek nüfus, gerekse sanayi olarak en hızlı gelişen bölgelerinin başında gelmektedir. Bölgede, farklı kollarda faaliyet gösteren sanayi tesisleri hızla artmakta, bu sanayileşme beraberinde hızlı nüfus artışı ve çevre problemlerini de getirmektedir. Bu çalışmada, bölgede bulunan sanayi tesislerinden , evsel atıksulardan ve derenin menba kesiminin ve aktığı güzergahın jeolojik yapısından kaynaklanan ağır metallerin bitkiler tarafından absorblanması incelenmiştir.

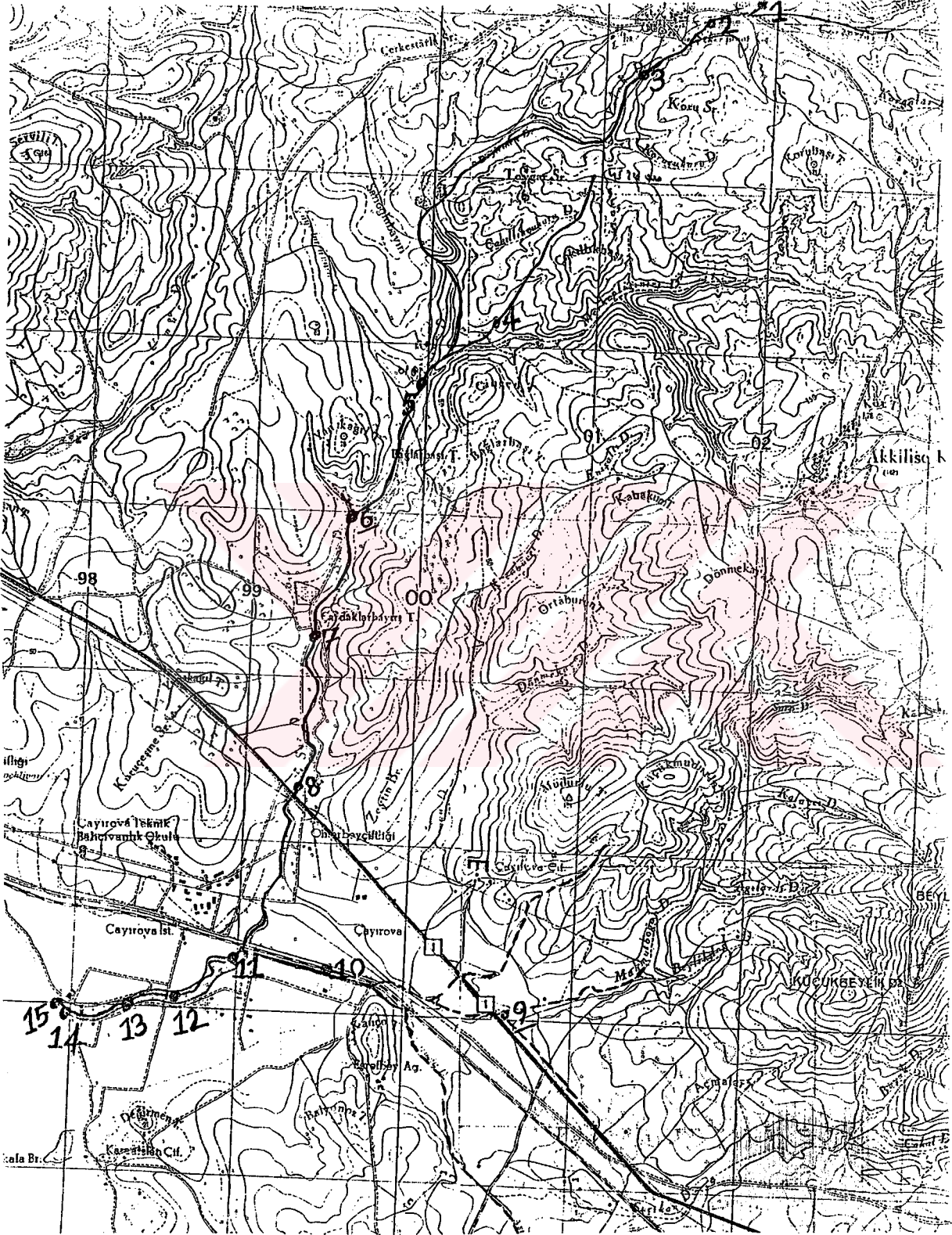
Çalışma alanında daha önce gerek ağır metal, gerekse diğer kirleticiler için herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bitkilerin ağır metalleri absorblamasının tespit edilmesi için 5 adet bitki numunesi alma istasyonu tespit edilmiştir. Bu istasyonların yerleri belirlenirken, kritik noktalar tespit edilmiş ve alınan numunelerin o noktada yoğun bir şekilde bulunması ve dere suyu ile sulanmış olmasına dikkat edilmiştir.

Çayırova Deresine çok fazla atıksu deşarjının yapıldığı tespit edilmiştir. Şekerpınarı Köyü, Güzeltepe Mahallesi, Yeni Mahalle, Şifa Mahallesi evsel atıksularının tamamını dereye deşarj etmektedirler. Bunun dışında bölgede bulunan 70 adet sanayi tesisi de, çalışanların kullanmalarından kaynaklanan evsel atıksuları ve prosesten kaynaklanan endüstriyel atıksularını deşarj etmektedir. Bu endüstriyel atıksuların bir kısmı atıksu arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra, bir kısmı da hiç arıtılmadan deşarj edilmektedir. Çayırova Deresine deşarj yapan sanayi tesislerinin sektörel dağılımı Tablo 1.1’de verilmiştir. Bu noktasal deşarjların dışında, bazı sanayi tesislerinin atıksuları vidanjörlerle taşınarak denize yakın bölgelerden dereye boşaltılmaktadır. Sanayi tesislerinin büyük bir bölümü atıksularını biriktirerek anlık deşarjlar yapmaktadır. Bu faktörler, dere suyunun karakterini anlık değişikliklere uğratmaktadır. Numune alma noktaları ve zamanları tespit edilirken bu hususlar göz önünde bulundurulmuştur.

**Tablo 1. 1 Çayırova Deresi’ne Deşarj Yapan Sanayi Kuruluşlarının Sektörel Dağılımı**

| Sektör              | Sanayi Kuruluşu Sayısı |
|---------------------|------------------------|
| Kağıt               | 4                      |
| Metal               | 33                     |
| Gıda                | 4                      |
| Kimya               | 15                     |
| İnşaat              | 3                      |
| Otomotiv Yan Sanayi | 7                      |
| Cam                 | 2                      |
| Seramik             | 1                      |

Tablo 1’in incelenmesiyle de görüleceği gibi bölgede ağırlıklı olarak metal sanayi kuruluşları faaliyet göstermektedir. Bu kolda faaliyet gösteren 33 adet sanayi kuruluşu vardır. Bu metal sektöründe faaliyet gösteren fabrikaların hepsinden ağır metal içerikli endüstriyel atıksu deşarj edilmektedir. Ayrıca diğer sektörlerden de ağır metal içerikli atıksu oluşmaktadır.



Şekil 1.1: Çayırova Deresi



## 1.2. Konu Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar

Li J, Zheng Cj (1996), Shenzhen (Çin) Avicennia marinasında yaşayan bitki topluluklarında (*mangroves*) bazı ağır metallerin absorpsiyonu, birikimi ve dağılımını incelemişler ve bu bağlamda bitkilerin farklı organlarının farklı oranlarda Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Mn ve Pb absorbe ettiğini ortaya koymuşlardır. Alınan numunelerde, bakır, çinko, kadmiyum, krom, nikel ve mangan içerikleri sırasıyla; 38.3, 28.7, 11.4, 0.136, 7.97, 25.0 ve 537 ppb (part Per billion) olarak bulunmuştur. Avicennia marinasının değişik fraksiyonlarının ağır metal içeriklerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Bu değişimler bakır için 1.8 – 13.8, kurşun için, 0.4 – 3.51, çinko için 3.4 – 69.5, kadmiyum için 0.013 – 0.295, krom için 0.28 – 0.73, nikel için 0.43 – 7.65 ve mangan için 25 – 1552 ppb aralıklarında gerçekleşmiştir. Bitkilerin toprak üstü organlarında ağır metallerin birim ağırlıkta birikme katsayısı sıralaması  $Cd > Mn > Zn > Cu > Ni = Cr > Pb$  şeklinde ve bu yedi elementin birikme miktarları bakır, kurşun, çinko, kadmiyum, krom, nikel ve mangan için sırasıyla 53.7, 19.27, 187.89, 0.72, 6.06, 20.76, 1631.17  $mg / m^2$  olarak bulunmuştur.

Tan Z, Wang Y. (1996), endüstriyel atıksulardan, bitkilerden ayrılmış çınar (*Platanus Orientalis*) yapraklarını kullanarak krom ve nikel iyonlarının arıtımı isimli çalışmalarında ayrılmış çınar ağacı yapraklarını sulu çözeltilerden krom ve nikel iyonu arıtılmasında verimli bulmuşlardır. Arıtma kapasitesi, pH şartlarına, iyon bileşikleri ve konsantrasyonlarına ve ortamdaki yaprak konsantrasyonuna bağlıdır. pH'nın 4 olması durumunda sadece krom iyonu için maksimum arıtma 7,5 – 8 gr/kg yaprak, nikel iyonu için 2,6 gr/kg yaprak olarak bulunmuştur. Belirtilen şartlar altında nikel, çözeltiden ayrılmış çınar yaprakları tarafından krom absorpsiyonunu arttırmıştır.

P.S. Lau, H.Y. Lee. (1999), endüstriyel atıksulardan nutrient arıtımında yoğun olarak kullanılan tek hücreli *Chlorella vulgaris* ve *Chlorella miniata* yeşil algleri ile bakır ve nikel absorpsiyonu konusunda bir çalışma yapmışlardır. Ancak, izole edilen *C. miniata*, *C. Vulgaris*'e göre daha yüksek ( $q_{max}$ ) Cu ve Ni arıtma verimi sergilemiştir. (*C. miniata* 23.26 ppb Cu, 20.37 ppb Ni; *C. vulgaris* 18.72 ppb

Cu, 12.06 ppb Ni ) Bununla birlikte, yazarlar her iki yeşil alg türü metal çözeltisi karışımlarından Cu ve Ni biyosorbsiyonunda tercih edilebildiğini rapor etmişlerdir. 30 mg/l Ni konsantrasyonunda alg biyokütlelerinin bakır biyosorbsiyonu önemli derecede etkilenmemiş ancak, bu oran 300 mg/l Ni konsantrasyonuna çıkarıldığında bakır tutma miktarı ( $q_{max}$ ) *C. vulgariste* %13, *C. miniatada* %7.7 azalmıştır.

Xıbao ve Ark. (1996), Çin'de bulunan Changjiang Nehri'nde ağır metal ve organik kirleticileri birlikte incelemişlerdir. Ağır metallere Zn, Cd, Pb ve Cu analizleri ASV tekniği ile yapılmıştır. Numuneler, nehir kaynağından, kaynağa yakın bölgelerden, nehir ortasından ve denize döküldüğü bölgelerden alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, kaynaktan yüksek olan ağır metal konsantrasyonlarının nehir in orta bölgelerinde sedimantasyonla ve bitkilerin metalleri absorblamasıyla azaldığı görülmüştür.

Vatthiyanathan ve Ark. (1992), Hindistan'da Cauvery Nehri'nin ağır metallerinin dağılımı ve taşınması konusunda bir çalışma yapmışlardır. Sediment örneklerinde yapılan bu çalışmada cevherleşme ve maden kirliliğinden diğerleri daha yüksek ölçülmüştür. Ayrıca, her barajdan sonra sediment yükündeki ağır metal miktarının azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak da barajlarda asılı kalıntıların durulması ve çökmesi gözlenmiştir. Yapılan çalışmada demir, mangan, kurşun, çinko ve nikel'in 20 mikrometreden küçük tane boylarınca taşındığı gözlenmiştir. Suda bulunan ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimin, alınan bitki numunelerinde de benzer şekilde olduğu yazarlarca rapor edilmiştir.

Hoshika A, Takayuki S (1986), Osaka Körfezinde Seto iç denizinde yapılan araştırmalarda ağır metal oranı ve bitkilerde depolanma hızlarını araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, alınan loglarda bitkilerde 1800'lerden beri bakır ve çinko miktarında bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Elsokkary, (1982), Mısır'da klor - alkali işletmeleri, kağıt endüstrileri ve elektrik üreten istasyonları içeren endüstriyel kompleksin etkisini yansıtacak şekilde sebzelerde civa birikmesinin 0.014 – 0.385 ppb arasında değiştiği bulunmuştur

Warren ve ark. (1983) Kanada'da yaptıkları bir çalışmada mineral birikmiş alanlarda yetişen *Salix spp.*'nin yapraklarında 1.6 ppb'ye ulaşan civa konsantrasyonları rapor etmişlerdir.

Ericsson, A. Bergholm ve K (1981), bir cam elyafı fabrikası çevresinde yetişen *Betula verrucosa*'nın yapraklarındaki zararı bor birikmesine bağlamıştır. Zarar görmüş ağaçlardan toplanan yapraklarda ortalama 550 ppb bor bulunmuştur. Kırsal bölgeden toplanan numunelerde bu değer 50 ppb olmasına rağmen, bu bölgede 913 ppb'ye kadar ulaştığı görülmüştür.

Mankovska (1983) Kayın'ın (*Fagus sylvatica*) ve Çam'ın (*Pinus pinea*) yapraklarını analiz ederek Çekoslovakya'da demir – metal endüstrilerinden yayılan Pb, Cd ve Mn'ı incelemiştir. Endüstriyel ortamda her iki türdeki üç element kirlenmeyen uzak bir alana göre anlamlı bir şekilde artış göstermiştir. İki yıllık *Pinus pinea* iğnelerinde kirlenmeden uzak alandaki 33 ppb'lik Pb ve 0,8 ppb'lik Cd ve temel Cd düzeylerine göre kirlenmiş alanda 67 ppb ve 4,5 ppb Cd konsantrasyonları kaydedilmiştir. *Pinus pinea*'nın yapraklarında, kirlenmeden uzak bir alandaki 787 ppb'lik Mn'ye karşılık, 1372 ppb'lik yüksek mangan konsantrasyonu gözlenmiştir. Bitkilerin örneklendiği diğer özel kaynak noktaları, Yeni Zelanda'daki gümüş madeni işletmeleri( Ward, A ve Ark. 1977) ve Finlandiya'daki klor alkali işletmelerini içerir. Her iki durumda çam iğnelerinde metallerin birikiminin deşarj kaynağından uzaklığa bağlı olarak kirlenmenin boyutlarını yansıttığı bulunmuştur. Çimlerdeki gümüş konsantrasyonlarının uzaklık ile belirgin bir şekilde azaldığı saptanmıştır.

## 1.3. Atıksular

### 1.3.1. Genel

Çağımızda endüstriyel atıksular, evsel atıkların ve kanalizasyon sularının yanında, yüzey sularını kirleten, önemli kaynaklar haline gelmiştir. Şehirlerde ve endüstride kullanıldıktan sonra atılan suların tümü için “atıksu” deyimini kullanılmaktadır. Su kirliliğinin en genel tanımı, su ortamında doğal dengenin bozulması şeklinde verilebilir.

Atıksuların kirliliği, fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirlilik olarak başlıca üç kısımda incelenir.

Fiziksel kirlilik, renklenme, koku, sıcak atıkların etkisiyle su kaynaklarının sıcaklığında yükselme, bulanıklık, askıda maddeler ve köpüklenmeyle kendini gösterir. Bu tür sularda saptanması gereken fiziksel parametreler; katı maddelerin derişimi, suyun sıcaklığı, rengi ve pH değeridir.

Atıksuyun kimyasal özelliklerini ise içerdği çözünmüş organik maddeler, toksik maddeler, azotlu ve fosforlu maddeler ve eser elementler belirler. Bu anlamda kimyasal kirliliği organik ve inorganik atıklarla gazlar neden olur. Ağır metaller, inorganik atıklar içinde başlıca kimyasal kirleticilerden sayılmaktadır.

Hayvansal ve bitkisel atıklarda organik atıkların etkisiyle üreyen bakteriler, alg, fungus ve virüsler biyolojik kirliliğe neden olur. Sularda bulunabilecek tek hücreli veya çok hücreli patojenik organizmaların miktarı bakteriyolojik testlerle saptanır (pekin, 1983).

Kimyasal kirleticiler kalıcılıklarına göre üç grupta toplanabilir.

i-) Bozunmayan kimyasal kirleticiler

Zamanla kimyasal ve biyolojik parçalanmaya uğramayan klorür ve bunun gibi inorganik bileşiklerdir. Konsantrasyonları alıcı suda birikimden dolayı zamanla artar, yağmur suları ile azalır.

#### ii-) Bozunan kimyasal kirleticiler

Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerdir. Mikroorganizmalar tarafından parçalanarak inorganik kararlı maddelere dönüşürler.

#### iii-) Kalıcılar

Zamanla biyolojik birikime yol açan civa, arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, bakır gibi metaller ve tarım ilaçları gibi inorganik maddelerdir. Uzun yarı ömürlü birçok radyoaktif madde de nispeten kalıcıdır (Clark, et al., 1971; Pekin 1983)

### 1.3.2. Suyun Kalite Kriteri ve Atıksu Standartları

Suyun kullanılacağı yere ve amaca göre değişen kalite kriterleri vardır. Kalite kriteri kavramı, standart kavramından farklıdır. Kriterler herhangi bir amaçla kullanılacak suyun o amaca uygun ve yeterli özelliklerinin, standartlar ise kullanıldıktan sonra çevreye bırakılacak atıksuyun özelliklerin ayrıntılı tarifidir.

Kalite kriterini saptamak için gerekli olan parametre sayısı ve bu parametrelerin alt ve üst limitleri suyun kullanılacağı amaca göre belirlenir.

### 1.3.3. Su Kalitesi Standartları

Su kirlenmesi ve kontrolünün temel aşamalarından biri de kirlilik standartlarının belirlenmesi, bir başka ifade ile, kirlenmiş suların deşarj ve alıcı ortam standartlarının belirlenmesidir. Bu çalışma için önemli olan kısım, alıcı ortam standartlarıdır. Çalışmanın yapıldığı akarsu, noktasal deşarjların yapıldığı bir alıcı ortam hükmündedir. Yine, akarsuyun döküldüğü İzmit Körfezi ve Marmara Denizi de bir alıcı ortamdır.

Su kalitesi kriterleri, kullanım alanlarına göre suda bulunan yabancı ve istenmeyen maddelerin o ortamda bulunan bütün canlılar üzerinde yapacağı etkileri ve bu istenmeyen maddelerin konsantrasyonlarının hangi seviyede ne gibi etkiler yapacağını belirleyen bilgilerdir. Bu su kalitesi kriterleri, bilimsel çalışmalar çerçevesinde değişir. Su kalitesi standartları, kanun, yönetmelik ve tüzüklerle belirlenir. Belirlenen bu standartlar, ülkelere göre değişiklik gösterebilir. Alıcı ortam standartları, alıcı ortama yapılan deşarjlar neticesinde doğal su ortamında meydana gelebilecek kabul edilebilir en yüksek kirletici madde konsantrasyonunu belirler. Bu standartların belirlenmesinde iki temel faktör çok önemlidir. Bunlar;

- Ekolojik olarak alıcı su ortamının kabul edebileceği kirletici konsantrasyonu ve yükü,
- Alıcı ortamın yararlı kullanım kapasitesidir.

Dünyada içme ve alıcı ortam sularıyla ilgili çalışmalar yapan ve bu konuda standart geliştiren başlıca kuruluşlar aşağıda verilmiştir.

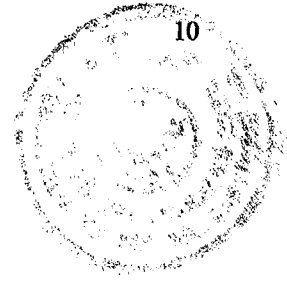
- U.S. Public Health Service (USPHS)
- American Water Works Association (AWWA)
- Water Pollution Control Federation (WPCF)
- World Health Organization, European (WHO – E)
- World Health Organization, International (WHO – I)

Ülkemizde de 1988 yılında yayınlanan “Su Kalitesinin Korunması Yönetmeliği” ve TSE tarafından 1986 yılında yayınlanan T.S. 266 numaralı “İçme Sularının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri”ne göre sular sınıflandırılmaktadır.

#### **1.3.4. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**

4.09.1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete’de Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde su ortamlarının kalite sınıfları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

|           |                    |
|-----------|--------------------|
| Sınıf I   | Yüksek Kaliteli Su |
| Sınıf II  | Az Kirlenmiş Su    |
| Sınıf III | Kirli Su           |
| Sınıf IV  | Çok Kirlenmiş Su   |



Bu sınıflara düşen suların kullanım alanları da şu şekildedir:

**A) Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su**

- a) Yalnızca dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar için (Yüzme vb.)
- c) Alabalık üretimi
- d) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- e) Diğer amaçlar için kullanıma uygundur.

**B) Sınıf II: Az Kirlenmiş Su**

- a) İleri ve uygun bir arıtma ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar
- c) Alabalık dışında balık üretimi
- d) Teknik usuller tebliğinde verilecek olan sulama suyu kalitesi kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak
- f) Sınıf I dışındaki tüm kullanımlar.

**C) Sınıf III: Kirli Su**

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

**D) Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su**

Yukarıda, I, II, III. Sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzey sularını ifade eder.

1988 yılında yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri verilmiştir. Tablo 2.1'de bu kriterlerden bazıları görülmektedir.

Tablo 1.2. Su Kalitesi Standartları

| Su Kalite Parametreleri                                | Su Kalite Sınıfları |         |         |                    |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------|---------|--------------------|
|                                                        | I                   | II      | III     | IV                 |
| <b>A Fiziksel ve İnorganik – Kimyasal Parametreler</b> |                     |         |         |                    |
| 1. Sıcaklık (°C)                                       | 25                  | 25      | 30      | >30                |
| 2. pH                                                  | 6.5-8.5             | 6.5-8.5 | 6.0-9.0 | 6.0-9.0<br>dışında |
| 3. Çözülmüş Oksijen (mg O <sub>2</sub> /l)             | 8                   | 6       | 3       | <3                 |
| 4. Oksijen Doygunluğu (%)                              | 90                  | 70      | 40      | <40                |
| 5. Klorür İyonu (mgCl <sup>-</sup> /l)                 | 25                  | 200     | 400     | >400               |
| 6. Sülfat İyonu (mgSO <sub>4</sub> /l)                 | 200                 | 200     | 400     | >400               |
| 7. Amonyum Azotu (mgNH <sub>4</sub> -N/l)              | 0.2                 | 1       | 2       | >2                 |
| 8. Nitrat Azotu (mgNO <sub>2</sub> -N/l)               | 0.002               | 0.001   | 0.05    | >0.05              |
| 9. Nitrit Azotu (mgNO <sub>3</sub> -N/l)               | 5                   | 10      | 20      | >20                |
| 10. Toplam fosfor (mgPO <sub>4</sub> -P/l)             | 0.02                | 0.16    | 0.65    | >0.65              |
| 11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)                       | 500                 | 1500    | 5000    | >5000              |
| 12. Renk (Pt-Co birimi)                                | 5                   | 50      | 300     | >300               |
| 13. Sodyum (mg NA <sup>+</sup> /l)                     | 125                 | 125     | 250     | >250               |
| <b>B. Organik Parametreler</b>                         |                     |         |         |                    |
| 1. COD (mg/l)                                          | 25                  | 50      | 70      | >70                |
| 2. BOD (mg/l)                                          | 4                   | 8       | 20      | >20                |
| 3. Organik Karbon (mg/l)                               | 5                   | 8       | 12      | >12                |
| 4. Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)                        | 0.5                 | 1.5     | 5       | >5                 |
| 5. Emülsifiye Yağ ve Gres (mg/l)                       | 0.02                | 0.3     | 0.5     | >0.5               |
| 6. Metilen Mavisi Aktif Maddeleri (MBAS) (mg/l)        | 0.05                | 0.2     | 1       | >1                 |
| 7. Fenolik Maddeler (uçucu) (mg/l)                     | 0.002               | 0.01    | 0.1     | >0.1               |
| 8. Mineral Yağlar ve Türevleri (mg/l)                  | 0.02                | 0.1     | 0.5     | >0.5               |
| 9. Toplam Pestisit (mg/l)                              | 0.001               | 0.01    | 0.1     | >0.1               |
| <b>C. İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>             |                     |         |         |                    |
| 1. Civa (µgHg/l)                                       | 0.1                 | 0.5     | 2       | >2                 |
| 2. Kadmiyum (µgCd/l)                                   | 3                   | 5       | 10      | >10                |

|                                                 |                        |       |        |         |
|-------------------------------------------------|------------------------|-------|--------|---------|
| 3. Kurşun ( $\mu\text{gPb/l}$ )                 | 10                     | 20    | 50     | >50     |
| 4. Arsenik ( $\mu\text{gAs/l}$ )                | 20                     | 50    | 100    | >100    |
| 5. Bakır ( $\mu\text{gCu/l}$ )                  | 20                     | 50    | 200    | >200    |
| 6. Krom (Toplam) ( $\mu\text{gCr/l}$ )          | 20                     | 50    | 200    | >200    |
| 7. Krom ( $\mu\text{gCr}^{+6}/\text{l}$ )       | Ölçülemeyecek kadar az | 20    | 50     | >50     |
| 8. Kobalt ( $\mu\text{gCo/l}$ )                 | 10                     | 20    | 200    | >200    |
| 9. Nikel ( $\mu\text{gNi/l}$ )                  | 20                     | 50    | 200    | >200    |
| 10. Çinko ( $\mu\text{gZn/l}$ )                 | 200                    | 500   | 2000   | >2000   |
| 11. Siyanür (Toplam) ( $\mu\text{gCl/l}$ )      | 10                     | 50    | 100    | >100    |
| 12. Florür ( $\mu\text{gF/l}$ )                 | 1000                   | 1500  | 2000   | >2000   |
| 13. Serbest Klor ( $\mu\text{gCl}_2/\text{l}$ ) | 10                     | 10    | 50     | >50     |
| 14. Sülfür ( $\mu\text{gS/l}$ )                 | 2                      | 2     | 10     | >10     |
| 15. Demir ( $\mu\text{gFe/l}$ )                 | 300                    | 1000  | 5000   | >5000   |
| 16. Mangan ( $\mu\text{gMn/l}$ )                | 100                    | 500   | 3000   | >3000   |
| 17. Bor ( $\mu\text{gB/l}$ )                    | 1000                   | 1000  | 1000   | >1000   |
| 18. Selenyum ( $\mu\text{gSe/l}$ )              | 10                     | 10    | 20     | >20     |
| 19. Baryum ( $\mu\text{gBa/l}$ )                | 1000                   | 2000  | 2000   | >2000   |
| 20. Alüminyum ( $\mu\text{gAl/l}$ )             | 0.3                    | 0.3   | 1      | >1      |
| 21. Radyoaktivite (beherel)                     |                        |       |        |         |
| Alfa aktivitesi                                 | 1                      | 10    | 10     | >100    |
| Beta aktivitesi                                 | 10                     | 100   | 100    | >100    |
| <b>D. Bakteriyolojik Parametreler</b>           |                        |       |        |         |
| 1. Fekal Koliform (EMS/100 ml)                  | 10                     | 200   | 2000   | >2000   |
| 2. Toplam Koliform (EMS/100 ml)                 | 100                    | 20000 | 100000 | >100000 |

Yine Tablo 2.2’de şehir suyu olarak kullanılacak suyun kalite kriterleri ve üst limitleri verilmektedir. (Sundstrom, D., and Klei, H., 1979)

**Tablo 1.3. Şehir suyu olarak kullanılacak suyun kalite kriterleri**

| Kalite Kriteri                              | Üst Limit               |
|---------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Fiziksel</b>                             |                         |
| Renk (Pt-Co Standardı)                      | 75                      |
| Koku                                        | değişebilir             |
| Sıcaklık                                    | < 30 C                  |
| Türbidite                                   | değişebilir             |
| <b>Mikrobiyolojik</b>                       |                         |
| Toplam koliform                             | <10000/100 ml           |
| Fekal koliform                              | <2000/100 ml            |
| <b>İnorganik</b>                            |                         |
| pH                                          | 6.0-8.5                 |
| Çözünmüş oksijen                            | > 4 ppm                 |
| Toplam çözünmüş katılar                     | 500 ppm                 |
| Toplam NO <sub>3</sub> - ve NO <sub>2</sub> | 10 ppm (azot cinsinden) |
| Kadmiyum                                    | 0.01 ppm                |
| Krom (VI)                                   | 0.05 ppm                |
| Bakır                                       | 1.0 ppm                 |
| Demir                                       | 0.3 ppm                 |
| Kurşun                                      | 0.05 ppm                |
| Çinko                                       | 5 ppm                   |
| Klor                                        | 250 ppm                 |
| Fosfor                                      | değişebilir             |
| Sülfat                                      | 250 pm                  |
| <b>Organik</b>                              |                         |
| Siyanür                                     | 0.20 ppm                |
| Yağlar                                      | 0                       |
| Fenol                                       | 0.001 ppm               |
| Pestisid                                    | <0.05 ppm               |

Atıksu arıtımında temel amaç, kent ve endüstride atılan suların kirlilik derecelerinin, kullanım yerlerine göre istenilen düzeye indirilmesidir. İstenilen

düzeşde bir arıtım elde edebilmek için kullanıldığı bilinen yöntemler başlıca üç grupta toplanır.

i-) Bu yöntemler yumaklaştırma (flokulasyon), pıhtılaştırma(koagulasyon), durultma (sedimentasyon), yüzdürme (flotasyon) gibi mekanik işlemleri içerir.

ii-) Doğal ve yapay biyolojik tesislerde, kendi ağırlığı ile çökemeyen, asılı ya da kolloidal taneciklerle, çözünmüş organik maddelerin atıksulardan uzaklaştırılması mikroorganizmalar tarafından sağlanır. Mikroorganizmalar, genellikle aerobik şartlarda, organik maddelerin bir kısmını enerjiye dönüştürürken diğer kısmı, hücre için gerekli yeni maddelerin biyosentezinde kullanılır.

iii-) Kendi kendine çökemeyen asılı taneciklerle, kolloidlerin ve inorganik iyonların topaklaşarak, yumaklar halinde çökelmeleri ve koagüle olmaları için uygulanan yöntemlerdir.

Suların daha ileri düzeyde arıtılmaları amacıyla kullanılan fizikokimyasal yöntemler ise aktif karbon adsorbsiyonu, iyon değişimi, çözücü ekstraksiyonu, ters osmoz, elektrodializ ve kimyasal yükseltgenmedir (gurmhan, 1965; clark, et al., 1971; weber, 1972; patterson; 1977, pekin, 1983)

## **1.4. Sularda İzlenen Bazı Elementler ve Özellikleri**

Doğal sularda bulunan elementler, genellikle birincil (başlıca) (1000-1 mg/l), ikincil (10-0.1 mg/l), üçüncül (az) ( $1 - 10^{-5}$  mg/l) ve eser ( $1 - 10^{-3}$  mg/l'den az) elementler olarak sınıflandırılabilir (Şahinci, 1991).

### **1.4.1. Demir (Fe) İyonu**

Demir sularda birincil olarak bulunan elementlerden biridir. Jeokimyasal anlamda oksijen, karbon ve kükürtle sıkı bir ilişki içindedir.

Doğal şartlarda demir mineralleri Eh – pH etkisindedir. Fakat bu oluşum sırasındaki Eh – pH değeri ölçülemeyeceği için pratikte kullanılması zordur. Ayrıca diğer kinetik etkiler gözardı edildiği için Eh – pH diyagramlarının kullanılmasına sınırlamalar getirmektedir. Demir  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  formlarından birinde bulunur.  $Fe(OH)_3$ 'ü oluşturduğu için  $Fe^{+3}$ 'ün suda çözünmesi daha kolaydır. Yüzey sularında oksijenin çok olması nedeni ile demir çok az çözünür.

Demirin jeokimyasal özellikleri sıkı bir şekilde oksijen, kükürt ve karbona bağlıdır. Bu üç element yanında demir ve manganez yer kabuğunda oldukça bol bulunur. Atmosferdeki oksijen, iki değerli demir minerallerini oksitleyerek  $Fe^{+3}$  bileşiklerini meydana getirir. Tortul oluşumlarda, bakteriler organik karbonun yardımı ile,  $Fe^{+3}$ 'ü  $Fe^{+2}$  bileşiklerine ve sülfatları sülfidlere dönüştürürler. Yarı kurak iklimlerde, piritlerin oksitlenmesinden ortaya çıkan sülfirik asidin etkisiyle oluşan bozunum ürünleri, yağışın az olması nedeniyle yıkanarak uzaklaşamazlar. Bunun sonucunda, sülfirik asit karbonatlar üzerine etkiyerek jips yataklarını oluşturabilir. Kimyasal bozunumdan gelen ferrik oksitler çok küçük zerreler şeklinde olduklarından akarsudaki kolloidler veya detritik malzemeler tarafından soğurularak taşınırlar. Demir oksitleri soğuran kil ve kumlar çökme sırasında birbirlerinden ayrılır, ince kil daneleri daha çok derinlerde toplanır. Silikatlı bileşiklere sahip granit, gnays, mikaşist, volkanik kayalar, bol silisli kumtaşı, kum, alüvyonlar ve bir çok killi kayalar bol miktarda demir iyonları bulundurabilirler. Söz konusu kayalarda, bazik iyonların çok az bulunması ve bunun sonucu olarak, suda çözünmüş  $CO_2$  gazının dengelenmemesi ile pH asit ortama dönüşür. Bazı maden sularında olduğu gibi, volkanik kökenli  $CO_2$ 'nin yeraltı sularına karışması ile, önemli miktarda demirin çözülmesine neden olur. Bu çözünme, organik maddelerin oksido-redüksiyon potansiyeline bağlı olmayan  $FeCO_3$  için geçersizdir. Karbonlu kayalardan gelen sulara genellikle asit ve organik maddeler nedeniyle fazla miktarda demir iyonları izlenebilir. Genellikle kireç taşı ve dolomitlerden gelen suların pH'sı 7 den yukarıda olduğundan, çok az demir iyonları içerir. Çünkü, sudaki  $CO_2$  gazı kalsiyum iyonları ile dengelenmiştir. Suda fazla miktarlarda bulunan demir iyonlarının sağlık üzerinde olumsuz etkisi yoktur. Ancak, kuyu ve su borularında paslanma ve tıkanmalara neden olur. Ayrıca, demir bakterileri, özellikle Crenothrix, iplik yumakları şeklinde kuyu filtre delikleri ve çevresinde birikerek yeraltı sularının akımını yavaşlatır (Şahinci, 1991).

### 1.4.2. Bakır (Cu) İyonu

Bakır, doğada üç değişik değerde bulunur: Cu, Cu<sup>+</sup> ve Cu<sup>++</sup>. Doğal sularda en çok Cu<sup>++</sup> iyonuna rastlanır. Bakırın sudaki derişimi, taşınma uzaklığı, soğurma, sülfidlerin, fosfatların, hidrosülfürlerin oksitleşmesine bağlı olarak önemli miktarlara erişebilir. Tatlı sularda çok az konsantrasyonlarda bakıra rastlanır. Deniz suyunda bakırın çözünürlüğü karmaşık karbonatlar (malakit) ve hidroksitler (atakamit) denetler. Bakır, çözünmüş organik maddelerle beraber bulunur. Karadeniz sularında çok az miktarlarda çözünmüş bakır bulunmaktadır. (ppb'den az) Çünkü, sudaki bakır, sülfidlerin etkisiyle çökeler. Kara içindeki tatlı sularda, genellikle deniz suyundan daha fazla miktarlarda bakır bulunur (Şahicni, 1991).

Mağmatik kayalarda ortalama 55 ppm kadar olan bakır, daha çok mafik kayalarda bulunur. Olivin, piroksen, amfibol, biyotit, plajiolaz, mağnenit gibi minerallerde oldukça boldur ve doğal sularda üçüncül olarak bulunan elementlerdir. Kalkofil bir element olan bakır, volkanojenik kökenli masif sülfid oluşuklarında, porfir tipi bakır yataklarında, ultrabazik platin oluşuklarında, bakırlı şeyllerde çoktur.

Bakır, suda asılı olan kil parçacıkları, organik maddeler ve Fe – Mn oksitler tarafından kuvvetli bir şekilde soğurulur, bu yüzden doğal sularda ve özellikle tatlı sularda bakır elementi serbest halde çok az bulunur. Tatlı sularda 5 ppm'den fazla bakır bulunması bir maden yatağına ya da kirlenmeye işaret eder. Kirlenmemiş topraklarda bakır içeriğı 2 – 40 mg/kg kadardır. Kirlenmiş toprakta ise 1000 mg/kg kadar bakır bulunmuştur (Schachtschabel, 1993).

### 1.4.3. Kadmiyum (Cd) İyonu

Doğada kadmiyum yalnızca bileşikler halinde bulunur ve bazı durumlarda bir kısım elementlerin yerini alır (Zn<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Co<sup>++</sup>, Ni<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>). Kadmiyum mineralleri, çinko yataklarının bozunumundan ortaya çıkan kadmiyum iyonları tarafından oluşturulur. En çok rastlanan kadmiyum mineralleri greenockit (CdS), octavit (CdCO<sub>3</sub>) ve CdO'dir. Mağmatik kayalarda ortalama 0.2 ppm, mafiklerde, ara kayalarda, felsiklerde, şeyllerde 0.2 ppm,, kireçtaşlarında 0.1 ppm kadar, bitki

küllerinde 0.1 ppm kadmiyum bulunur. Kadmiyum doğal sulara genellikle +2 değerliklidir. İrlanda açık deniz sularında, ortalama kadmiyum 0.00011 ppm değerindedir. Kaliforniya'daki kaynak sularında ise 0.008 ppm kadmiyum bulunmuştur (Şahinci, 1991).

Sularda genel olarak  $Cd^{++}$  formunda bulunan kadmiyum, yer kabuğunda olduğu gibi, doğal sulara da çok az bulunur. Kirlenmemiş topraklarda Cd içeriği  $<0.5$  mg/kg kadardır. Ana materyale bağlı olarak bu miktar  $>3$  mg/kg kadar olabilir. Toprakta Zn/Cd oranı yaklaşık olarak 100 olmalıdır. Bu oranın küçük olması Cd kontaminasyonunu gösterir (Schachtschabel, 1993).

#### 1.4.4. Krom (Cr) İyonu

Krom, doğada oksitlenmiş ortamlarda +6 ve +3 değerliklerinde daha çok bulunur. Bazı krom mineralleri eskolaid ( $Cr_2O_3$ ), grimaldiit ( $CrO(OH)$ ), kromit ( $FeCr_2O_4$ ), ureyit ( $NaCrSi_2O_6$ ), brezinaid ( $Cr_3S_4$ ) ve benzerleridir. Magmatik kayalarda ortalama 100 ppm kadar olan krom, bazik kaya mineralidir. Mafiklerde, ortalama 200 ppm, ara kayalarda 20 ppm, felsiklerde 4 ppm, şeyllerde 100 ppm, toprak zeminde 50 ppm kadar krom vardır. Toprak zemindeki krom miktarı çok değişkendir (5-1000 ppm). Sıcak iklimlerde 7-300 ppm, kurak bölgelerde 200-500 ppm, nemli tropikal iklimlerde 150-300 ppm arasında krom bulunur. Krom, yüzey sularında  $10^{-3}$  ppm, bitki küllerinde yaklaşık 90 ppm bulunur. Krom, doğal sulara çok az çözünür, ancak çok oksitleyici ve asit ortamlarda kromat iyonu şeklinde bulunabilir (Schachtschabel, 1993).

#### 1.4.5. Kurşun (Pb) İyonu

Kurşunun başlıca minerali galendir ( $PbS$ ). Sülfürlerin oksitleşmesi, bir çok Pb-Oksit bileşiklerini ortaya çıkarır. Kurşun +2 ve +4 değerliklidir, ancak en çok rastlanan ve duyarlı olan formu +2 değerlikli olanıdır. Kurşun doğada metal olarak bulunabilir. Kurşunun jeokimyasal izotopları uranyum ve toryum ile sıkı ilişkilidir. Plajiyoklazlar ortalama 19,5 ppm, amfiboller 15 ppm, kuvarz ve saf olivinlerde 1 ppm den az kurşun bulunur. K-feldispatlar, magmatik kayalarda en fazla kurşun

içeren minerallerdir. Üst kıtasal kabukta yaklaşık %20 K-feldispat ve %40 plajiyoklaz vardır. Buna göre, kıtasal kabuğun K-feldispatları 11 ppm, plajiyoklazlar 2 ppm kurşun getirirler. Ultramafik kayalarda kurşun miktarının çok değişken olması nedeniyle, ortalama bir değer vermek çok zordur ancak 0.3 ppm kurşun kabul edilebilir. Üst mantoda, ortalama 0.2 ppm, gabro ve bazaltlarda 3.2, diyorit ve andezitlerde 10.6 ppm, alkali kayalarda 14 ppm, granitlerde 20 ppm, dasitlerden 15.2 ppm, riolit ve obsidiyende 24 ppm kurşun bulunmuştur. Kurşun ile potasyum arasında doğrusal bir ilişki saptanmamıştır. Yer kabuğunda, ortalama kurşun miktarı, 12.5 ppm dir. Kurşunun göçü için klorür iyonunun derişimi önemlidir. Kurşun, magmatik ve metamorfik kayaların, özellikle K-feldispat ve mikalarda bulunur. Mika dışında, kurşunlu mineraller kimyasal bozunmaya dayanıksızdır. Çözünen bir kısım kurşun, yeni oluşan killler (kaolinit gibi) tarafından soğurulur. Galenin oksitlenmesi ile kurşun göç edebilir. Toprak zeminde kurşun 14 ppm kadardır. Kıta sularında, okyanuslara oranla daha fazla kurşun izlenir. Akarsu ve göllerde kurşunun azlığı, killer ve organik maddelerin soğurması, Pb-hidroksitlerin, fosfatların ve karbonatların çökelmesindendir. İndirgenmiş ortamda, Pb-sülfid çok az çözünür. Pb-sülfid yataklarının atmosferik sular tarafından yıkanması, benzinli araçların eksoz gazlarından, fabrika ve konutlarda yakılan kömürlerden akarsular ve çevre, kurşun kirlenmesi etkisinde kalır. Her yıl 500.000 ton kurşun petrol sanayinde kullanılmaktadır. Eğer bu kurşunun tümü yeryüzüne dağılsaydı, akarsularda 0.013 ppm kurşun bulunurdu. İçme sularında 0.1 ppm den az kurşun bulunmalıdır. Kıta sularında ortalama  $3 \cdot 10^{-3}$  ppm, okyanus ve denizlerde  $3 \cdot 10^{-5}$  ppm kurşun izlenir. Güncel Mn-nodüllerinde bol miktarda kurşun saptanmıştır. pH'nın düşük, NaCl miktarı az termal sularda kurşun soğuk karasal sulara benzer. Çok tuzlu fosil sıcak sularda PbS çok çözünür, Salton Sea'da (Kaliforniya) 80 ppm, Kızıldeniz dibinde 0.6 ppm, Hazar Denizi'nde 10.7 ppm kurşun saptanmıştır. Otomobil yakıtları ile endüstriden yılda 500.000 ton kurşun buharı atmosfere karışmaktadır. Özellikle yerleşim alanlarındaki atmosfer, yüzey ve yeraltı sularında zehirleyici etkisi olan diğer elementlerle beraber kurşun yüksek değerlere ulaşır. Kuzey yarı küre atmosferindeki kurşun buharı, doğal miktarın 2-3 katıdır. Bir çok ülkeler, atmosferdeki kurşun buharının üst sınırını  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak sınırlamıştır (Şahinci 1991).

Kontamine olmamış topraklar genel olarak 2 – 60 mg/kg içermektedir. Bu değer nadir olarak 100 mg/kg değerine kadar ulaşabilmektedir (Schachtschabel, 1993).

## 1.5. Ağır Metal İçeren Atıksular

Ağır metal kirliliği içeren atıksu kaynakları başlıca üç grupta toplanabilir.

### 1.5.1. Maden Endüstrisi

Kömür ve diğer maden ocaklarının çalıştırılabilmesi için madenden çıkarılarak atılması gereken asidik maden drenajları yüksek derişimlerde  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  ve  $Fe^{+2}$  düşük derişimlerde  $Al^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$  ve diğer metal iyonlarını içerir. Bakır, çinko, kurşun, krom, gümüş, altın, uranyum gibi metalleri içeren cevherlerin topraktan çıkarılması, temizlenmesi, öğütülmesi ve saflaştırılması esnasında oldukça fazla su kullanılır.

#### ii-) Metal Endüstrileri

Başta demir – çelik endüstrisi olmak üzere, bakır, krom, çinko ve diğer metal endüstrileri çeşitli fiziksel ve kimyasal proseslerinde oldukça fazla su kullanır ve atıksuları da bu metal iyonlarını içerir.

#### iii-) Sanayi Kuruluşları

En çok kirlilik ve zehirlilik potansiyeline sahip olan bu grupta başta metal kaplama sanayi olmak üzere otomotiv, elektrik ve elektronik malzemeler, mutfak ve ev eşyaları, boru, kapsül, tüfek, makina ve boya endüstrilerinden kaynaklanan atıksular yer alır (Gurnham, 1965; Clark, ve ark., 1971; D.S.İ., 1980., Aksu, 1988).

Bu endüstrilerden gelen ve ham yüzey sularına karışan atıksular içerdikleri yüksek konsantrasyonlardaki ağır metallerin yanı sıra, organizma besleyici fosfatlar,

BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)'nı yükselten keton, hidrokarbon, yüzey aktif maddeler, askıda maddeler, yağlar da içerebilirler (Dugan, 1972., D.S.İ., 1980).

### 1.5.2. Ağır Metal İçeren Atıksuların Kirlilik Etkileri

Atıksuların kirlilik etkileri incelenirken de belirtildiği gibi, suların kimyasal kirliliği organik veya inorganik nedenlerden kaynaklanabilir. İnorganik kirlilik, organik kirliliğe oranla daha kalıcı olup, organik kirlilik gibi kendi kendini temizleme imkanı yoktur. Seyrelme ve çökelme olmadığı sürece inorganik kirlilik sürekli artar ve zehirli boyutlara ulaşabilir. Atıksular, ağır metal kirliliği yönünden BOİ leri düşük, genellikle asidik, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlılar için toksik, kendi kendine temizlenme veya arıtmada etkili mikroorganizmaları bile öldürebilen inorganik karakterli sulardır. Kirliliği oluşturan arsenik, civa, kurşun, krom, kadmiyum, nikel, demir, bakır, çinko gibi ağır metal iyonlarıdır. Metal kirliliğinin başka bir boyutu ise, radyoaktif bulaşmadır. Nükleer silahların denenmesi, nükleer endüstri atıkları ve atmosferde oluşan radyoizotoplar bu tür kirliliğin kaynaklarıdır. Zehirleyici özelliklerine rağmen taşıdıkları teknolojik önem nedeniyle endüstride geniş ölçüde kullanılmakta ve endüstriyel atıklardan belli miktarlar besin zincirine girmektedir.

### 1.5.3. Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtılması

Ağır metal içeren atıksuların arıtılması genellikle işletmenin kapasitesine, atıksu debisi ve karakteristiklerine, prosese, arıtma tesisine, kullanılan kimyasallara bağlı olmakla birlikte, temelde kimyasal olarak metal iyonunun çökebilen bir bileşiği şekline dönüştürülmesi ilkesine dayanır ve başlıca dört kısımda incelenebilir:

- **İndirgeme – Çökeltme Yöntemi**

Bu yöntemle yüksek değerlikli metal çökebilen bir bileşiğine indirgendikten sonra nötralize edilir. Reaktifin fazlası metali çökeltir. Koagülasyon, flokülasyon, çökeltme ve filtrasyon işlemleri uygulanır. Bu yöntem özellikle kromlu atıksuların arıtılmasında kullanılır.



- **Yükseltgenme – Çökeltme Yöntemi**

Bu yöntemde indirgenmiş metal kararlı, yükseltgenmiş ve çözünmeyen şekillerine dönüştürülür. Böyle bir arıtma prosesinde, havalandırma, çöktürme ve filtrasyon olmak üzere üç basamak vardır. Çöktürme havuzunda yükseltgenmenin tamamlanması için gereken sürede tutulan atıksudan yükseltgenmiş metal filtrasyon ile ayrılır. Kolayca yükseltgenmeyen metaller için yalnızca havalandırma genel olarak yeterli olmaz. Bu durumda söz konusu prosese kimyasal yükseltgenme basamağını da eklemek gerekir. Bu yöntem genellikle demir ve mangan içeren atıkların arıtılmasında kullanılır (Gurnham, 1965).

- **Nötralizasyon – Çökelme Yöntemi**

$\text{Cr}^{+6}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Ni}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$  gibi ağır metal iyonları ortama kireç, soda ve NaOH ilave edilerek nötralize edilir, hidroksitleri şeklinde çöktürülerek atıksulardan uzaklaştırılır. Amonyak ve siyanür gibi maddelerle kompleksleşmiş durumda bulunan metal iyonlarını çöktürmek için de sodyum sülfür, demir sülfür veya kalsiyum sülfür gibi çöktürücüler kullanılır. Yan ürün olarak oluşan hidrojen sülfürün ayrıca giderilmesi gerekir. Bu yöntem doğrudan çöktürme olarak da bilinir (D.S.İ., 1980).

- **İyon Değişimi**

Bu yöntem ağır metal iyonlarının elektrostatik kuvvet ile fonksiyonel grup halinde katı yüzeyinde tutularak, ortamda bulunan farklı türdeki iyonlarla değiştirilmesi ilkesine dayanır. Bu amaçla iyon değiştirici reçineler kullanılır (Eckenfelder, 1966).

#### **1.5.4. Krom İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri**

Krom, su ortamında  $\text{Cr}^{+3}$  ve  $\text{Cr}^{+6}$  iyonik formlarında bulunur. Endüstriyel atıksularda krom, kromat ( $\text{CrO}_4^{-2}$ ) ve dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$ ) olarak, çoğunlukla altı

değerlikli halde bulunur.  $\text{Cr}^{+6}$  içeren atıksuların bilinen arıtma yöntemleri kimyasal indirgeme, iyon değişimi, elektrokimyasal indirgeme, buharlaştırarak geri kazanma olmak üzere dört kısma ayrılır. Bunların dışında aktif karbon adsorbsiyonu, ters ozmoz gibi daha spesifik arıtma prosesleri de vardır. Doğrudan  $\text{Cr}^{+3}$  kullanan endüstrilerden gelen ve  $\text{Cr}^{+6}$ 'nın kimyasal indirgemesi basamağının sonucu olarak meydana gelen  $\text{Cr}^{+3}$ 'ün klasik arıtma yöntemleri ise çöktürme ve iyon değişimi olmak üzere iki ana başlıkta toplanır (Patterson, 1977).

### 1.5.5. Demir İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri

Atıksularda demir, +2 (ferrous) veya +3 (ferric) değerlikli şeklinde bulunur.  $\text{Fe}^{+2}$  iyonlarının arıtılmasında en önemli yöntem, pH'ı 7.0 civarına getirip kimyasal çöktürme yapmaktır. Bu amaçla yükseltgeyerek çöktürme ve nötralleştirerek çöktürme prosesleri kullanılır. Bunun dışında iyon değiştiriciler kullanılarak da  $\text{Fe}^{+2}$ 'yi çözünmeyen şekillerine dönüştürmek mümkündür (Patterson, 1977., Zajiic, 1971.)

### 1.5.6. Kurşun İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri

$\text{Pb}^{+2}$  iyonlarının giderilmesinde çöktürme, koagülasyon ve iyon değişimi gibi yöntemler kullanılır. İyon değiştirme yöntemi hem organik, hem de inorganik kökenli kurşun için uygulanabilen bir yöntemdir (Patterson, 1977., Zajic, 1971).

### 1.5.7. Bakır İçeren Atıksuların Arıtma Yöntemleri

Bakır, atık sularda  $\text{Cu}^{+2}$  iyonları, hidroliz ürünleri  $\text{CuCO}_3$  veya organik kompleksleri şeklinde bulunur.  $\text{Cu}^{+2}$  iyonlarının arıtılmasında kullanılan yöntemler indirgeyerek çöktürme, iyon değiştirme, buharlaştırarak geri kazanma, elektroliz gibi yöntemlerdir (Zajic, 1971., Patterson, 1977).

Yukarıda belirtilen metal iyonlarının dışındaki bütün ağır metaller de sularda bulunabilir. Bu iyonlar da farkı yöntemlerle sulardan uzaklaştırılır. Yukarıda bahsedilen arıtma yöntemleri en çok kullanılan yöntemlerdir. Bunların dışında bir

çok arıtma yöntemi, ağır metallerin arıtılmasında kullanılmaktadır. Son yıllarda elektrokimyasal yöntemlerle arıtmadan iyi sonuçlar alınmaktadır.

Yaygın olarak kullanılmayan bir diğer yöntem de atıksuların bitkiler yardımıyla arıtılmasıdır. Bu arıtma hem doğal ortamlarda, hem de özel olarak hazırlanmış bitki ortamlarında yapılabilmektedir. Bu çalışmada, bitkiler tarafından ağır metallerin arıtılabilirliği incelenmiştir.



## 2. MATERYAL VE METOD

Çayırova Deresi'nde ağır metal kirliliğinin araştırılması çalışması kapsamında 1998 yılı Mayıs – Eylül ayları arasında ayda bir defa olmak üzere belirlenen istasyonlardan numuneler alınmıştır. Numuneler, alındığı yerin doğal bitki örtüsünden seçilmiştir. Dere kenarında yetişen ve dere suyuyla sulanan bu bitkilerden alınan numuneler uygun şartlarda saklanarak Perkin Elmer Marka, Sima 6000 model Atomic Absorption Spectrometer (AAS) cihazında ağır metal analizleri yapılmıştır. Son aşamada laboratuvar analizlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Atomik Absorbsiyon spektrometresi, suda çözünmüş veya süspansiyon halde bulunan metal ve yarı metallerin konsantrasyonunu nicel olarak ölçen bir ayardır (Çağatay ve Erler, 1993).

### 2.1. Arazi Çalışmaları

Çayırova Deresi güzergahı boyunca seçilen numune alma istasyonlarından yukarıda belirtilen dönemlerde numuneler alınmıştır. Söz konusu güzergah yaklaşık 18 km dir.

Çayırova Deresi'nde yetişen bitki türlerinde ağır metal kirliliğinin belirlenmesi çalışmasında ağır metal analizlerinin yapılacağı numunelerin alındığı noktalar Şekil 2.1'de verilmiştir. Numune alma noktaları tespit edilirken, bitki yoğunluğunun fazla olduğu noktalar seçilmiştir. Bu noktaların özellikleri ve konumları aşağıdaki gibidir.

#### 2.1.1 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) numunelerinin alındığı Nokta

Çayırova – Şerpınarı TEM bağlantı yolunun ve E – 5 karayoluna bağlandığı noktada, TEM bağlantı yoluna paralel olarak gelen Çayırova Deresi, bu noktada E – 5 karayolunun altından geçmektedir. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) numunelerinin

yoğun olarak bulunduğu bu bölge numune alma noktası olarak seçilmiştir. Dereye bu noktadan önce Şifa Mahallesi, Yeni Mahalle, Güzeltepe ve Şekerpınarı Köyü'nün evsel atıksularıyla birlikte bir çok sanayi kuruluşunun endüstriyel atıksuları deşarj edilmektedir.

### **2.1.2 *Cynedon L. pers* (Ayrık Otu) Numunelerinin Alındığı Nokta**

Tem otoyolunun yaklaşık 1000 m alt tarafında olan bu nokta, Şekerpınarı Köyü'nün hemen üzerinde, yeni yapılan Şekerpınarı – GOSB yolu üzerindedir. Numune alınan dönemde dört adet sanayi kuruluşu tarafından bu noktadan önce deşarj yapılmaktadır. Ancak bölgede sanayi kuruluşları sayısı her geçen gün hızla artmaktadır.

### **2.1.3 *Acer negundo* (Akçaağaç) Numunelerinin Alındığı Nokta**

Şişecam Çayırova Fabrikası civarında, TSE Kalite kampüsü yolu üzerinde Çayırova Deresi'nin iki yan kolu birleşmektedir. Gelen iki yan kolun birleşme noktasından hemen önce bulunan yaklaşık 30 yıllık bir *Acer negundo* (Akçaağaç) bulunmaktadır. Numuneler bu ağacın yapraklarından alınmıştır.

### **2.1.4 *Typhaceae angustifolia* (Su Kamışı) Numunelerinin Alındığı Nokta**

Çayırova Deresi, GYTE sahil tesislerinin hemen yanından Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Bu bölgede, arazi eğiminden dolayı dere suyu akış hızı çok düşüktür. Hızın düşük olmasından dolayı, suda bulunan partikül maddeler, çökelerek dip sedimentine karışmaktadır. Söz konusu bölgede özellikle denize yakın kısımlarda bol miktarda dere suyu ile sulanan *Typhaceae angustifolia* (Su Kamışı)'ların yapraklarından numuneler alınarak analizleri yapılmıştır.



### Şekil 2.1. Numune Alma Noktaları

### 2.1.5 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)

#### Numunelerinin Alındığı Nokta

Şekerpınarı Köyü'nde sulu tarımda dere suları, sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Numune alma çalışmalarının yapıldığı dönemde dere suyu ile sulanan bir *Lycopersicum Esculentum* Miller (Domates) tarlasında domates yapraklarından numuneler alınmıştır.

## 2.2. Örnekleme

Numuneler polietilen numune alma torbalarına alınmıştır. Steril olan bu torbalar, numuneler alınırken ilk kez kullanılmışlardır. Numunelerin kompozit özellikte olması için bitkinin farklı bölgelerinden alınmasına dikkat edilmiştir. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) numuneleri tamamen suyun içinden alınmıştır. Diğer bitkilerin taze uçlarından alınmasına dikkat edilmiştir. Bitki kökleri alınmamıştır.

Örnekleme için özellikle yaz dönemi seçilmiştir. Bu dönemde suyun ana kaynağının debisi çok düşüktür (yaklaşık 2 lt/sn). Alınan numuneler, dereye deşarjlar sonucunda oluşan evsel ve endüstriyel atık sular oluşturmaktadır. Numune alınan dönemlerde hiç yağış olmadığından, alınan numunelerin tamamının atıksu ile sulandığı söylenebilir.

### 2.2.1. Numunelerin Hazırlanması ve Saklanması

Numuneler, alındıktan sonra etüvde 105 °C'de 2 –3 gün kurutulmuştur. Numunelerin tamamı toplanıncaya kadar, diğer numuneler kuru olarak saklanmıştır. Daha sonra kurumuş durumda olan her numuneden 10 gr alınarak polietilen ve steril kapaklı 100 ml steril şişelere konulmuş ve üzerine 50 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Bu şişeler, shaker'de 24 saat süre ile karıştırılarak bitkide bulunan metallerin nitrik asite geçmesi sağlanmıştır. 24 saat sonunda, numunelere gözle bakıldığında asit içinde sadece yaprak epitel dokusunun kaldığı görülmüştür.

### 2.2.2. Analizler

AA Spektrometresi analiz yöntemleri, önceden hazırlanmış konsantrasyonları bilinen standartların okutulması temeline dayanır. Bu amaçla, her parametre için ayrı ayrı AAS için özel olarak üretilen standartlardan konsantrasyonları bilinen çözeltiler hazırlanmıştır. AAS cihazına hazırlanan bu standartlar okutulmuş ve cihaz tarafından kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Bu kalibrasyon grafikleri, önceden hazırlanarak cihazda grafit fırında 2500 °C'ye kadar sıcaklıklarda yakılan çözeltilerin değişik sıcaklıklar karşısında meydana getirdikleri sonuçlar yardımıyla çizilir. Bu ölçüler, hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonuna bağlı olarak sabit kalan eğrilerdir. Elde edilen kalibrasyon eğrilerinden bir tanesi Şekil 2.2'de verilmiştir.

Analizi yapılacak olan ağır metal için özel dalga boyunda ışın yayan katot lambaları kullanılır. Numune, Yüksek sıcaklıklara ulaşan grafit fırın içinde yakılır. Aranan elementin konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak özel dalga boyu absorblanır. Bu Absorblanma miktarı daha önceden çizdirilen absorbans eğrileri yardımıyla analizi yapılan ağır metalin konsantrasyonunu verir. Kullanılan AAS cihazı tamamen bilgisayar kontrollü olduğundan numunelerin alınması, sonuçların okunması gibi işlemler otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları direk olarak bilgisayardan okunmuştur. AAS cihazından elde edilen ölçüm sonuçlarından bir örnek Şekil 2.3'te verilmiştir.



## Calibration data for Cu

| Standard ID                      | Mean Signal<br>(Pk Area) | Entered<br>Concentration<br>(µg/L) | Calculated<br>Concentration<br>(µg/L) | Standard<br>Deviation | %RSD |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------|
| Calib Blank                      | 0.0008                   | ----                               | ----                                  | ----                  | ---- |
| 1                                | 0.0283                   | 250.00000                          | 238.13                                | ----                  | ---- |
| 2                                | 0.0600                   | 500.00000                          | 505.34                                | ----                  | ---- |
| 3                                | 0.0907                   | 750.00000                          | 763.99                                | ----                  | ---- |
| 4                                | 0.1175                   | 1000.00000                         | 989.32                                | ----                  | ---- |
| Correlation Coefficient: 0.99923 |                          | Slope: 0.00012                     | ----                                  | ----                  | ---- |

Seq. No.: 12 AS Loc.: 4 Date: 03/10/2000  
 Sample ID: Sample004  
 µL dispensed: 20 from 4

Replicate No.: 1 Time: 01:05:24 AM PeakStored: Yes

| Elem | Conc<br>(SampleUnits) | Conc<br>(CalibUnits) | BlkCorr<br>Signal | Pk Area | BG Area | Pk Ht  | BG Ht  |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|
| Cu   | 821.59                | 821.59               | 0.0976            | 0.0983  | 0.1379  | 0.0652 | 0.0760 |

Seq. No.: 13 AS Loc.: 5 Date: 03/10/2000  
 Sample ID: Sample005  
 µL dispensed: 20 from 5

Replicate No.: 1 Time: 01:07:06 AM PeakStored: Yes

| Elem | Conc<br>(SampleUnits) | Conc<br>(CalibUnits) | BlkCorr<br>Signal | Pk Area | BG Area | Pk Ht  | BG Ht  |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|
| Cu   | 118.28                | 118.28               | 0.0140            | 0.0148  | 0.2045  | 0.0084 | 0.2286 |

Seq. No.: 14 AS Loc.: 6 Date: 03/10/2000  
 Sample ID: Sample006  
 µL dispensed: 20 from 6

Replicate No.: 1 Time: 01:08:46 AM PeakStored: Yes

| Elem | Conc<br>(SampleUnits) | Conc<br>(CalibUnits) | BlkCorr<br>Signal | Pk Area | BG Area | Pk Ht  | BG Ht  |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|
| Cu   | 150.20                | 150.20               | 0.0178            | 0.0186  | 0.1534  | 0.0162 | 0.1329 |

Seq. No.: 15 AS Loc.: 7 Date: 03/10/2000  
 Sample ID: Sample007  
 µL dispensed: 20 from 7

Replicate No.: 1 Time: 01:10:28 AM PeakStored: Yes

| Elem | Conc<br>(SampleUnits) | Conc<br>(CalibUnits) | BlkCorr<br>Signal | Pk Area | BG Area | Pk Ht  | BG Ht  |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|
| Cu   | 425.44                | 425.44               | 0.0505            | 0.0513  | 0.2157  | 0.0341 | 0.1331 |

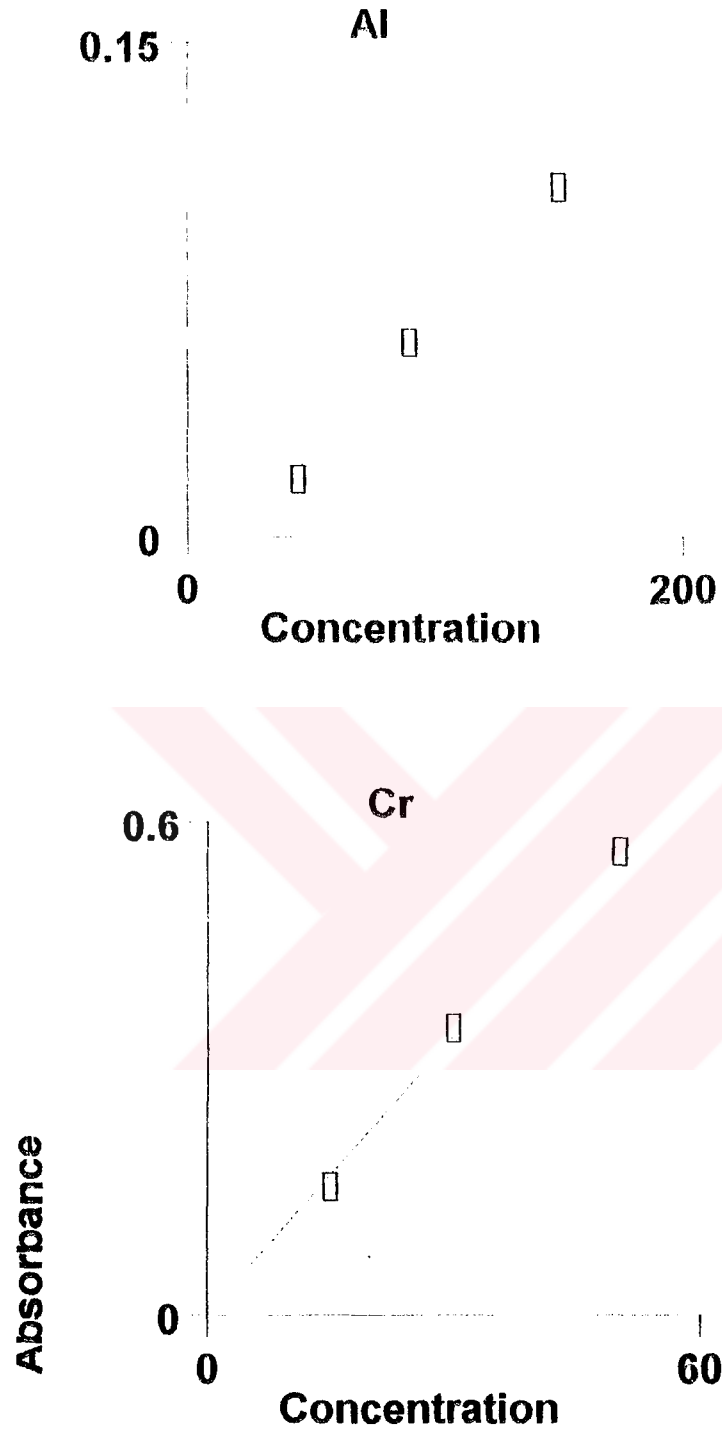
The background signal is changing during BOC measurement.

Seq. No.: 16 AS Loc.: 8 Date: 03/10/2000  
 Sample ID: Sample008  
 µL dispensed: 20 from 8

Replicate No.: 1 Time: 01:12:09 AM PeakStored: Yes

| Elem | Conc<br>(SampleUnits) | Conc<br>(CalibUnits) | BlkCorr<br>Signal | Pk Area | BG Area | Pk Ht  | BG Ht  |
|------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|
| Cu   | 79.224                | 79.224               | 0.0094            | 0.0102  | 0.1161  | 0.0073 | 0.1129 |

Şekil 2.2: AAS Analiz Sonuçları



Şekil 2.3: AAS Analiz Sonuçları

### 3. TARTIŞMA

Alınan numunelerde Cu (Bakır), Fe (Demir), Cd (Kadmiyum) ve Pb (Kurşun) analizleri yapılmıştır. Numuneler, her bitki türü için ayrı yerlerden olmak üzere, aynı noktadan farklı tarihlerde alınmıştır. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg), *Cynodon L. pers* (ayrık otu), *Acer negundo* (Akçaağaç), *Typhaceae angustifolia L.* (Su Kamışı) ve *Lycopersicum esculentum Miller* (Domates)'ten alınan numunelerde absorbe edilen ağır metal konsantrasyonlarının zamana bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Daha sonra her bir ağır metal için farklı bitki türlerinin absorpsiyon kapasiteleri incelenmiştir.

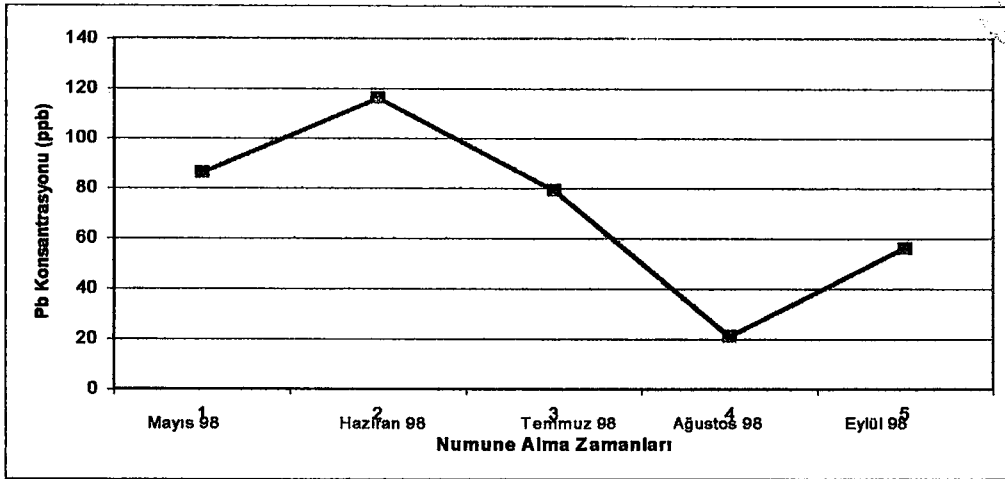
#### 3.1 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) Analiz Sonuçları

Elde edilen analiz sonuçları ppb (part per billion) birimindedir. Burada ppb (milyarda bir) anlamında olup  $\mu\text{g/l}$ ' yi ifade etmektedir. Ağır metal konsantrasyonlarının zamana bağlı olarak değişimleri aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Beş farklı tarihte numune alınmıştır. Grafiklerde yatay eksen, numune alma zamanlarını göstermektedir. Numuneler, özellikle akarsu debisinin en düşük seviyede olduğu yaz aylarında alınmıştır. Numune alma noktası olarak Çayırova Deresi'nin E-5 karayolunun altından geçtiği nokta seçilmiştir. Şekillerde analiz sonuçlarının zamana bağlı olarak değişimi verilmektedir.

*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) (Yeşil Alg) için yapılan analizlerin sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) Analiz Sonuçları (ppb)**

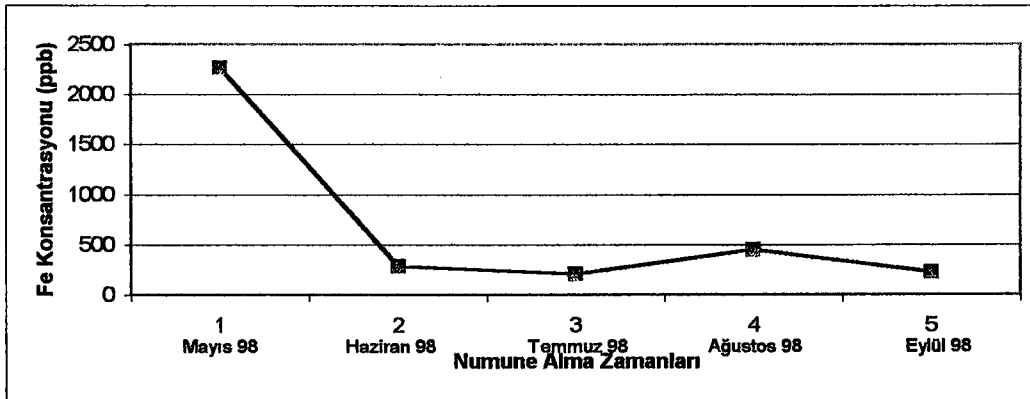
| Numune Alma Tarihi | Cu       | Fe       | Cd       | Pb       |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 14/05/1998         | 5.481752 | 2261.825 | 931.2409 | 0.727898 |
| 12/06/1998         | 24.973   | 280.6938 | 1696.466 | 2.633623 |
| 18/07/1998         | 44.59778 | 205.0308 | 784.1225 | 2.376664 |
| 15/08/1998         | 22.65457 | 450.7119 | 1675.346 | 2.157619 |
| 14/09/1998         | 35.51641 | 221.4771 | 933.3055 | 1.875392 |



**Şekil 3.1 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'de Cu'n Zamana Bağlı Olarak Değişimi**

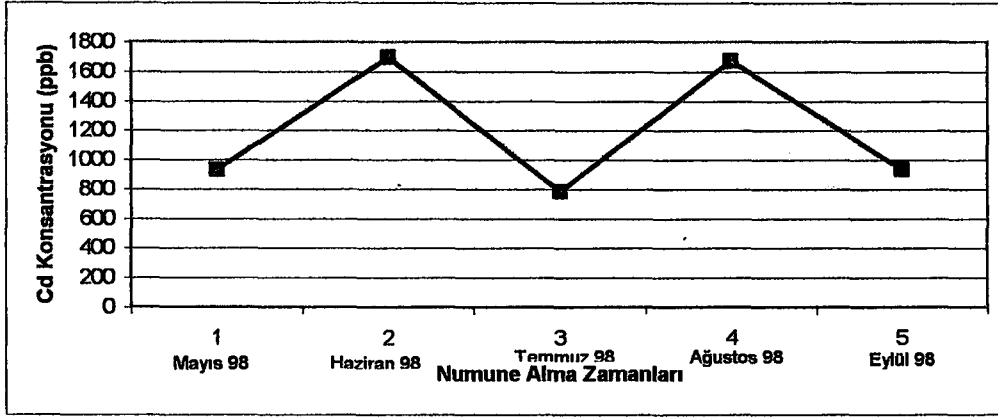
Grafikten de görüldüğü gibi, ortalama Cu konsantrasyonu 26,664 ppb olarak bulunmuştur. Bakır miktarındaki artış, suda bulunan bakır konsantrasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 3.2'de Fe değişimi incelenmiştir. Demirin bakıra oranla çok fazla absorblandığı söylenebilir. Ortalama demir konsantrasyonu 684 ppb olmakla birlikte, genelde konsantrasyon 500 ppb'nin altında bulunmuştur.



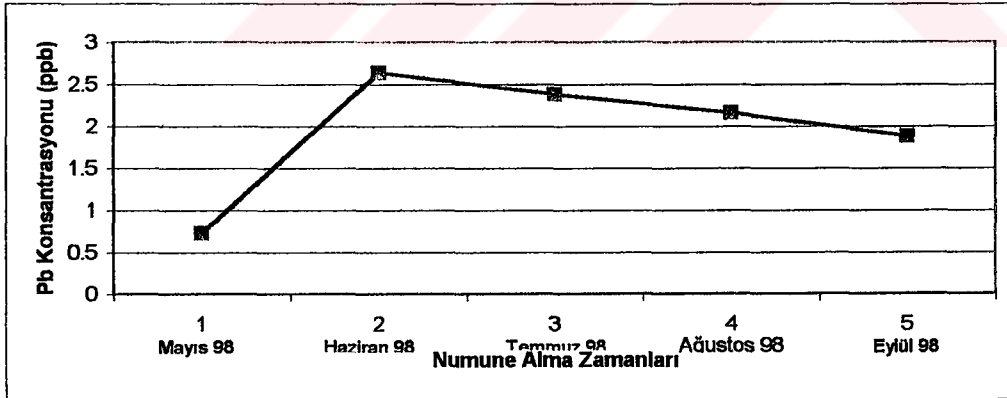
**Şekil 3.2. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'de Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi**

Cd konsantrasyonu, 1000 – 1750 ppb arasında değişmektedir. Ortalama miktar 600 ppb civarındadır. İncelenen ağır metaller içerisinde en çok Cd absorblanmıştır.



Şekil 3.3: *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'de Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi

*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'de Pb absorpsiyonu çok düşük seviyelerdedir. Ortalama miktar 1,95 ppb'dir. 2, 3, 4 ve 5. numunelerde bulunan Pb analiz sonuçları Şekil 3.3 ile aynı değerdedir.



Şekil 3.4 *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'de Pb'un Zaman Bağlı Olarak Değişimi

Yapılan analizlerin neticesinde, *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)'in en fazla Cd absorbladığı, daha sonra Fe'in absorblandığı görülmektedir. Cu ve Pb giderilmesinde

*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) (Yeşil Alg) absorpsiyon kapasitesi oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Özellikle numune alınan noktada civarda bulunan otoyoldan gelen egzoz gazı kaynaklı kurşunun fazla miktarlarda bulunması beklenmektedir. Ancak analiz sonuçları, Pb absorpsiyonunun çok düşük seviyelerde olduğunu göstermiştir. Buradan, *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) (Yeşil Alg)'in bulunduğu ortamda kurşun konsantrasyonunun yüksek seviyelerde olmasına rağmen, belirli bir değerden fazla absorblanamadığı söylenebilir.

### 3.2 *Cynodon l. pers* (Ayrık Otu) Analiz Sonuçları

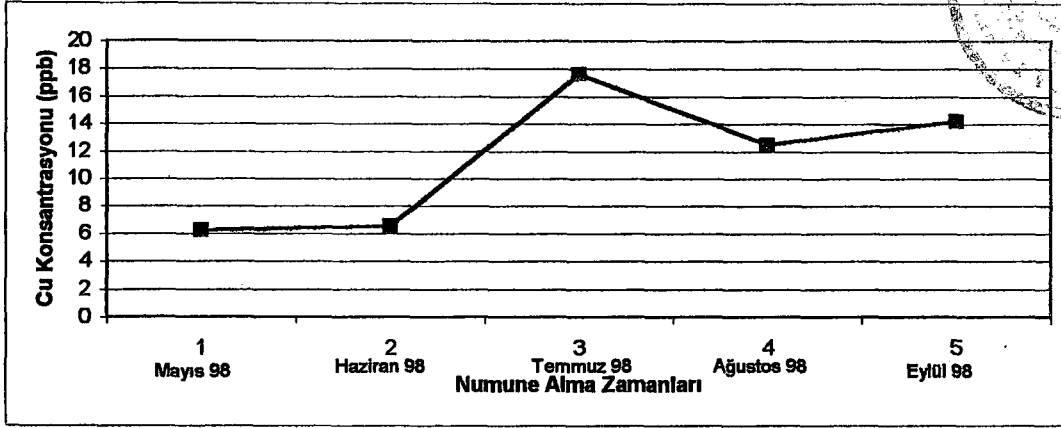
Numuneler Çayırova Deresi kenarından, dere suyuyla sulanan *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'ndan alınmıştır. Alınan bütün bitki türlerinde karşılaştırma yapılabilmesi açısından aynı ağır metaller incelenmiştir. Analiz sonuçları aşağıda incelenmiştir.

*Cynodon l. pers* (ayrık otu) için yapılan analizlerin sonuçları Tablo 3.2'de verilmiştir.

**Tablo 3.2 *Cynodon l. pers* (ayrık otu) Analiz Sonuçları**

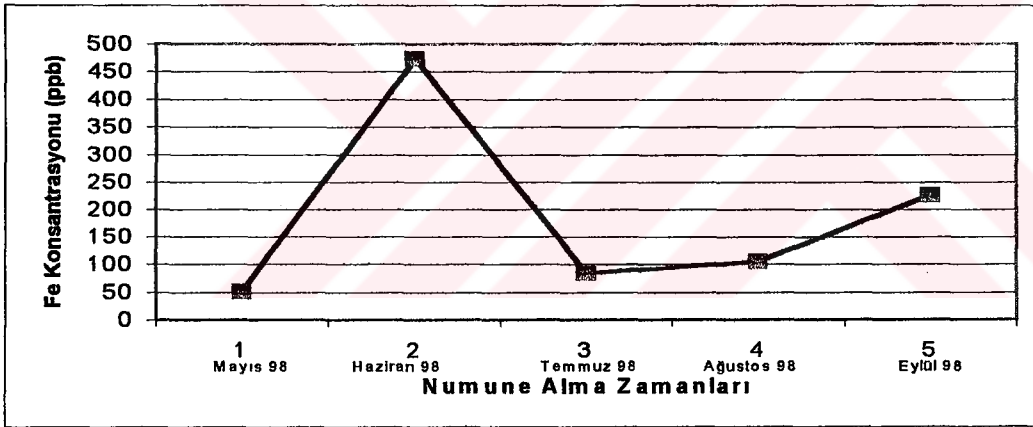
| Numune Alma Tarihleri | Cu   | Fe    | Cd   | Pb   |
|-----------------------|------|-------|------|------|
| 14/05/1998            | 6.22 | 50.34 | 1908 | 7.67 |
| 12/06/1998            | 6.54 | 474   | 1414 | 24   |
| 18/07/1998            | 17.6 | 84    | 1629 | 9.5  |
| 15/08/1998            | 12.5 | 105   | 2532 | 17.7 |
| 14/09/1998            | 14.2 | 227   | 773  | 8    |

Şekil 4.5'ten de görüldüğü gibi, *Cynodon l. pers* (ayrık otu) tarafından Cu, 6 – 18 ppb aralığında absorblanmıştır. Ortalama konsantrasyon 11,4 ppb mertebesinde. Suda bulunan Cu konsantrasyonunun sıcaklık ve debiye bağlı olarak artmasına paralel olarak *Cynodon l. pers* (ayrık otu) tarafından absorblanan Cu konsantrasyonunda da artış gözlenmiştir.



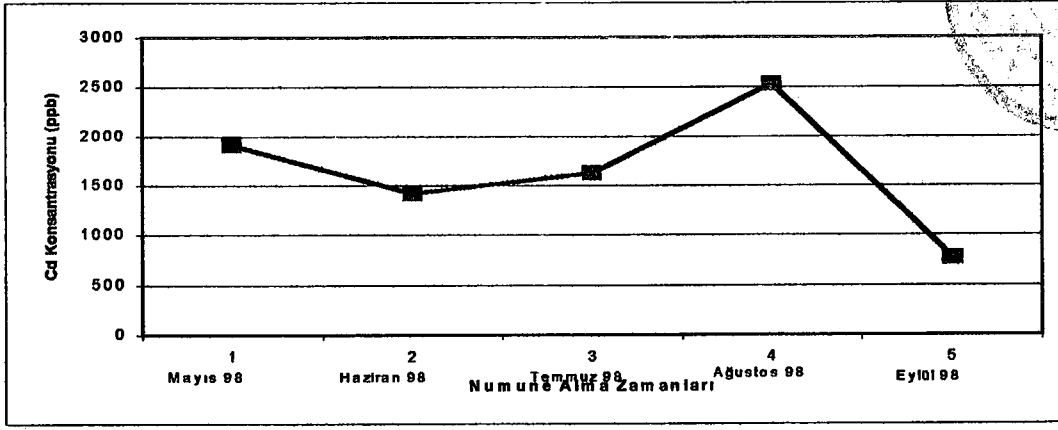
Şekil 3.5 *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'ta Cu'ın Zamana Bağlı Olarak Değişimi

*Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda ortalama Fe absorpsiyon miktarı 188 ppb, maksimum absorpsiyon miktarı ise 474 ppb olarak bulunmuştur. Bakıra göre demirin *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda absorblanma miktarı çok fazladır.



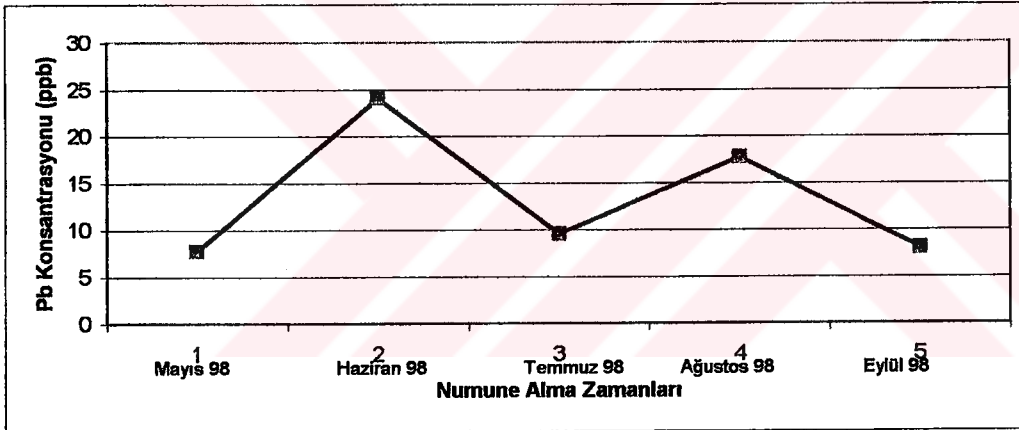
Şekil 3.6: *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi

*Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda absorblanan ortalama Cd konsantrasyonu 1650 ppb mertebesinde dir. Bulunan maksimum konsantrasyon ise 2532 ppb'dir. Bu absorblanma oranları oldukça yüksek rakamlardır. Atık sulardan Cd arıtılmasında *Cynodon l. pers* (ayrık otu) kullanıldığında, atıksuda bulunan Cd miktarına bağlı olmakla birlikte, yüksek arıtma verimleri sağlanabilir.



Şekil 3.7: *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda Cd'un Zaman Bağılı Olarak Değişimi

*Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda ortalama Pb absorpsiyonu 13,4 ppb'dir. Cd ve Fe'ye göre bu absorblanma miktarı oldukça düşüktür.



Şekil 3.8: *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda Pb'un Zamana Bağılı Olarak Değişimi

### 3.3 *Acer negundo* (Akçaağaç) Analiz Sonuçları

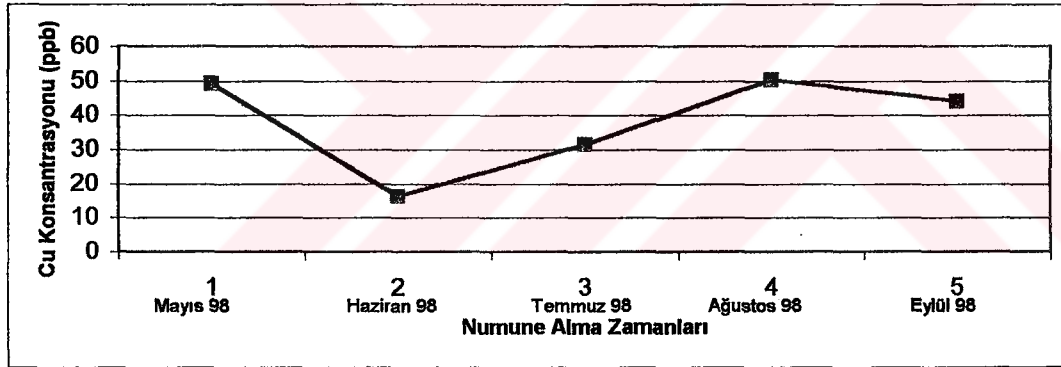
Çalışmanın yapıldığı Çayırova Deresi güzergahında, iki yan kolun birleşme noktalarının tam ortasında bulunan *Acer negundo* (Akçaağaç) ağacının yapraklarından beş ay boyunca numune alınmıştır. Yapılan analiz sonuçları Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3 *Acer negundo* (Akçaağaç) Analiz Sonuçları

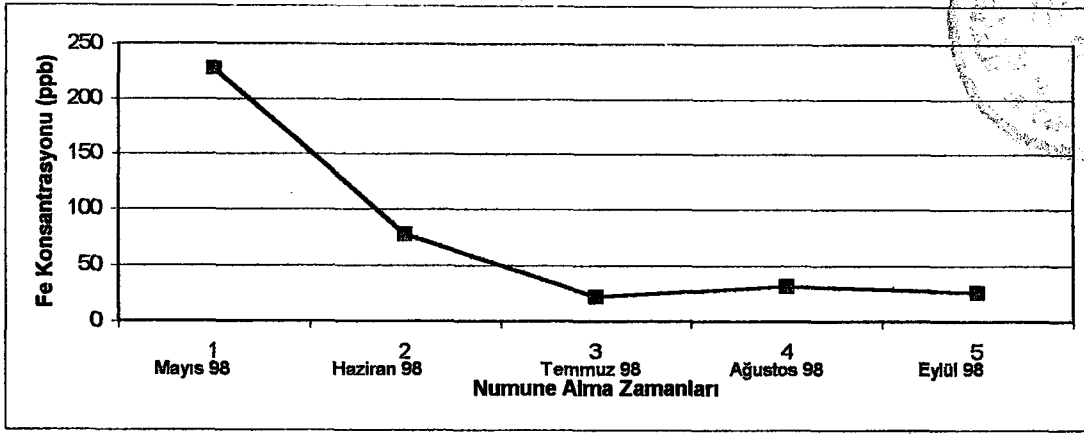
| Numune Alma Zamanı | Cu    | Fe    | Cd   | Pb    |
|--------------------|-------|-------|------|-------|
| 14/05/1998         | 49.2  | 227.3 | 1430 | 57.3  |
| 12/06/1998         | 16.2  | 77.6  | 5503 | 84.5  |
| 18/07/1998         | 31.54 | 21.7  | 2087 | 77.1  |
| 15/08/1998         | 50.3  | 31.7  | 1570 | 132.1 |
| 14/09/1998         | 44.2  | 25.8  | 2561 | 91.3  |

Analiz sonuçları aşağıda incelenmiştir.

*Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) ve *Cynodon l. pers* (ayrık otu)'nda olduğu gibi, *Acer negundo* (Akçaağaç) yapraklarında da Cu konsantrasyonu 15-50 ppb arasında değişmektedir. Ortalama konsantrasyon 38,3 ppb civarındadır.

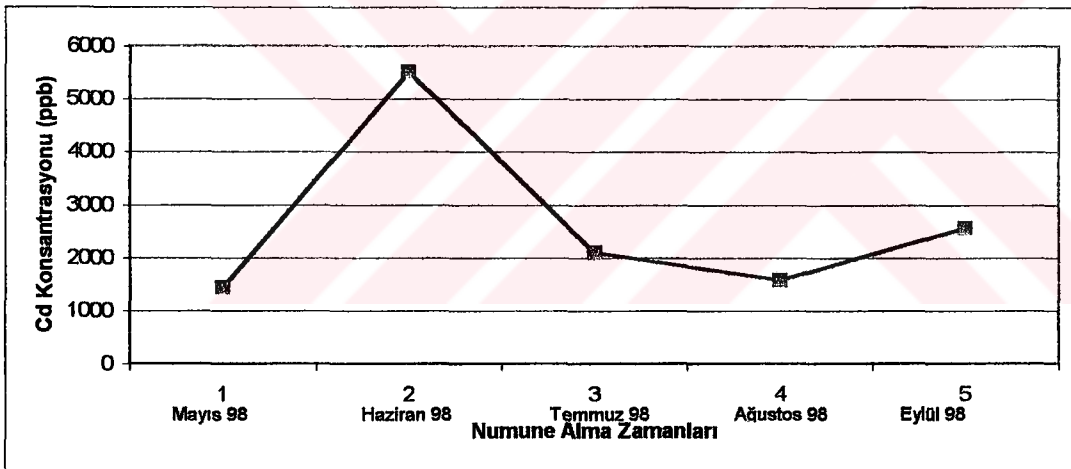
Şekil 3.9 *Acer negundo* (Akçaağaç)ta Cu Değişimi

Diğer bitkilere oranla *Acer negundo* (Akçaağaç)ta demir absorpsiyonu daha düşük seviyelerde bulunmuştur. Ortalama konsantrasyon 77 ppb civarında olmasına rağmen, üç ölçüm sonucu 50 ppb'nin altında bulunmuştur.



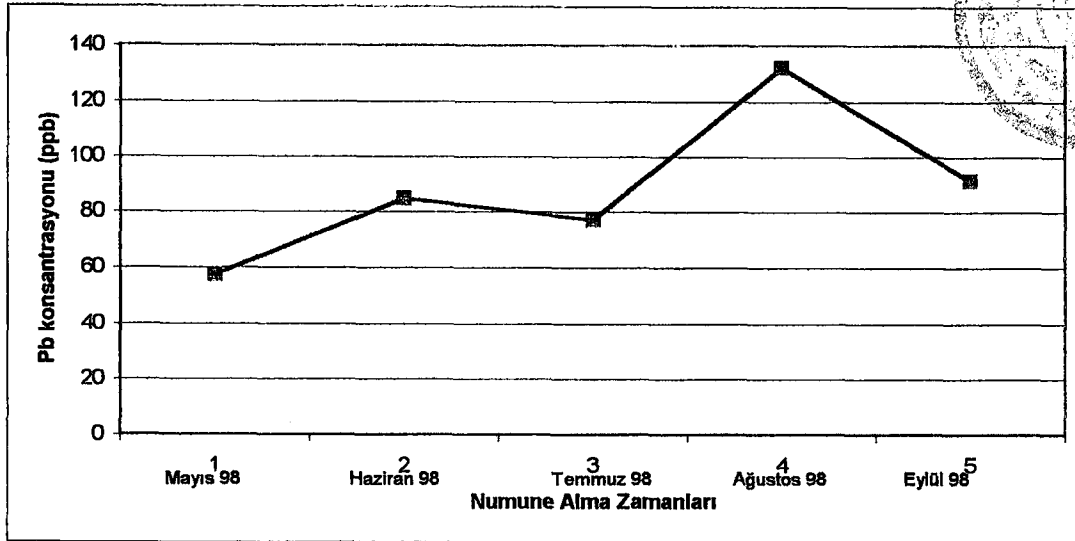
**Şekil 3.10: *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta Fe'in Zamana Bağlı Olarak Değişimi**

*Acer negundo* (Akçaağaç)'ta ortalama Cd konsantrasyonu 2630 ppb civarındadır. Diğer ağır metaller *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta düşük olmasına rağmen, Cd'un yüksek seviyelerde bulunmuştur.



**Şekil 3.11: *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi**

Kurşun da, *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta diğer bitkilerden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Burada numune olarak alınan *Acer negundo* (Akçaağaç) yapraklarında numune alma noktası yanında bulunan yollarda seyreden araçların eksozlarından kaynaklanan kurşunu da dikkate almak gereklidir. Ortalama kurşun miktarı 88 ppb civarındadır.



Şekil 3.12: *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta Pb'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi

### 3.4 *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) Analiz Sonuçları

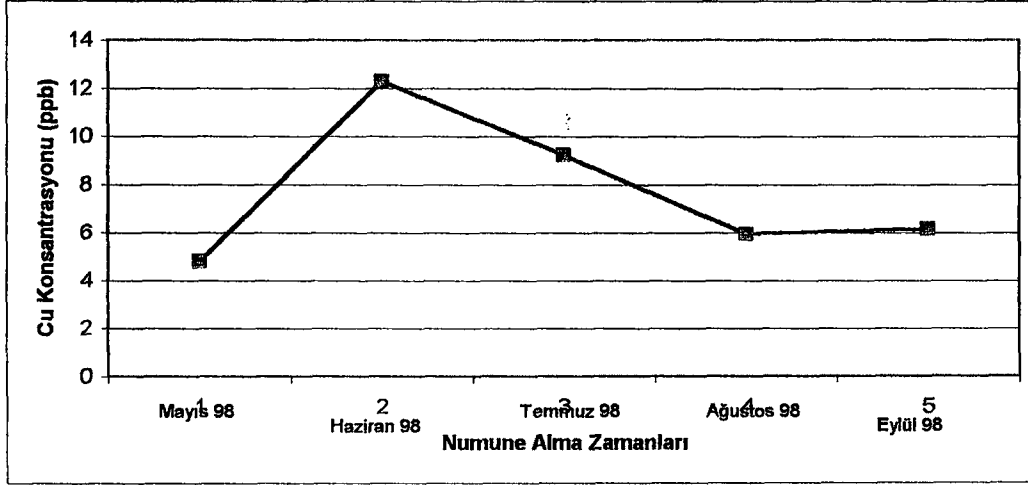
Çayırova Deresi'nin İzmit Körfezi'ne döküldüğü noktada, dere kenarında *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)lar yetişmektedir. Numuneler, bu *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)ların yapraklarından alınmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3.4'deki gibidir..

Tablo 3.4 *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) Analiz Sonuçları

| Numune Alma Zamanı | Cu   | Fe   | Cd   | Pb   |
|--------------------|------|------|------|------|
| 14/05/1998         | 4.8  | 39.3 | 896  | 6.7  |
| 12/06/1998         | 12.3 | 30.4 | 770  | 19.4 |
| 18/07/1998         | 9.22 | 36.6 | 958  | 8.12 |
| 15/08/1998         | 5.96 | 31.4 | 1219 | 5.06 |
| 14/09/1998         | 6.17 | 58.9 | 1380 | 6.57 |

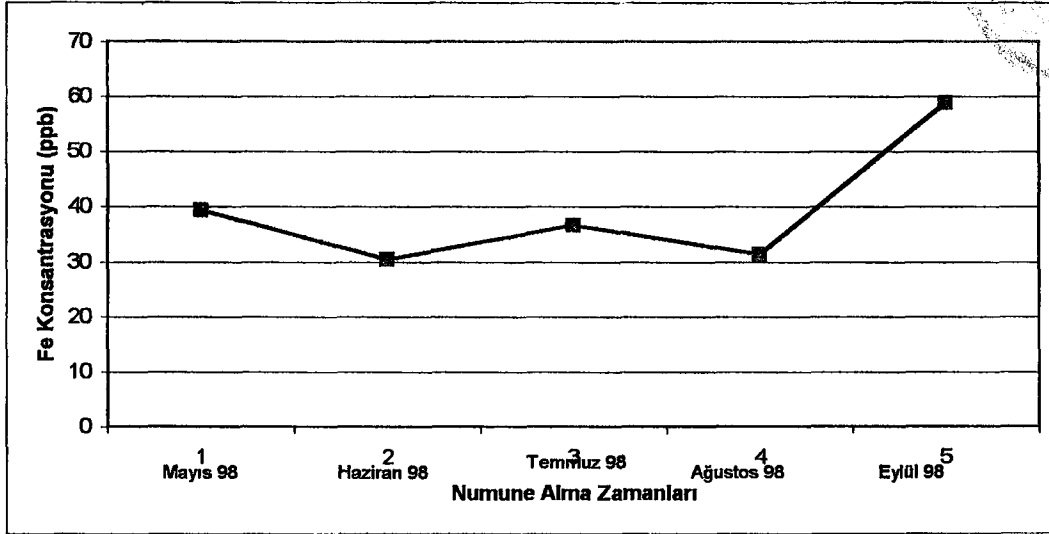
*Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)ta da diğer bitkilerde olduğu gibi Dört farklı ağır metal (Cu, Fe, Cd ve Pb) incelenmiştir.

*Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda ortalama Cu konsantrasyonu 7,7 ppb bulunmuştur. Genelde tüm değerler 5 – 10 ppb arasında değişmektedir. Diğer bitkiler de göz önüne alındığında Cu en düşük *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'ta bulunmuştur.



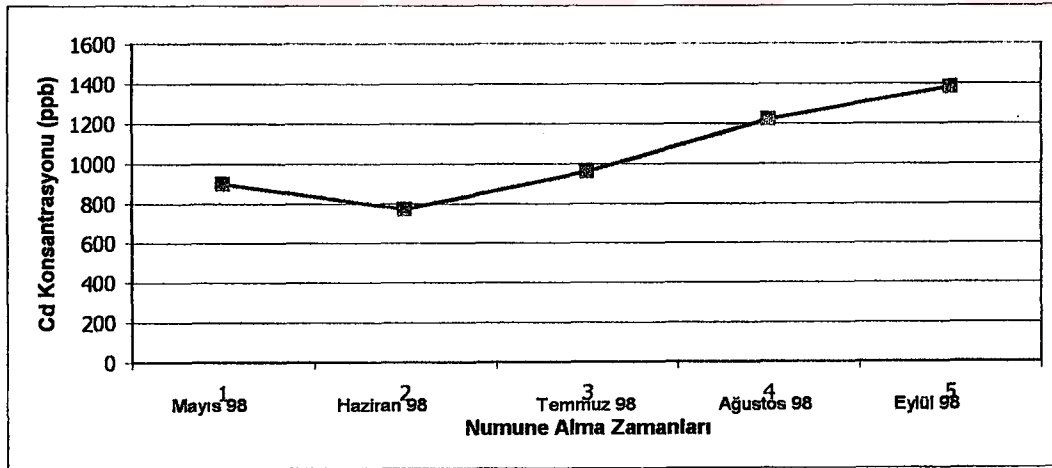
**Şekil 3.13: *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda Cu'nun Zamana Göre Değişimi**

*Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda Biri dışında tüm noktalarda Fe konsantrasyonu 30 – 40 ppb arasında değişmektedir. Ortalama konsantrasyon 39,32 ppb olarak bulunmuştur. İncelenen tüm bitkiler içinde demirin de bakır gibi en düşük *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'ta bulunduğu görülmektedir.



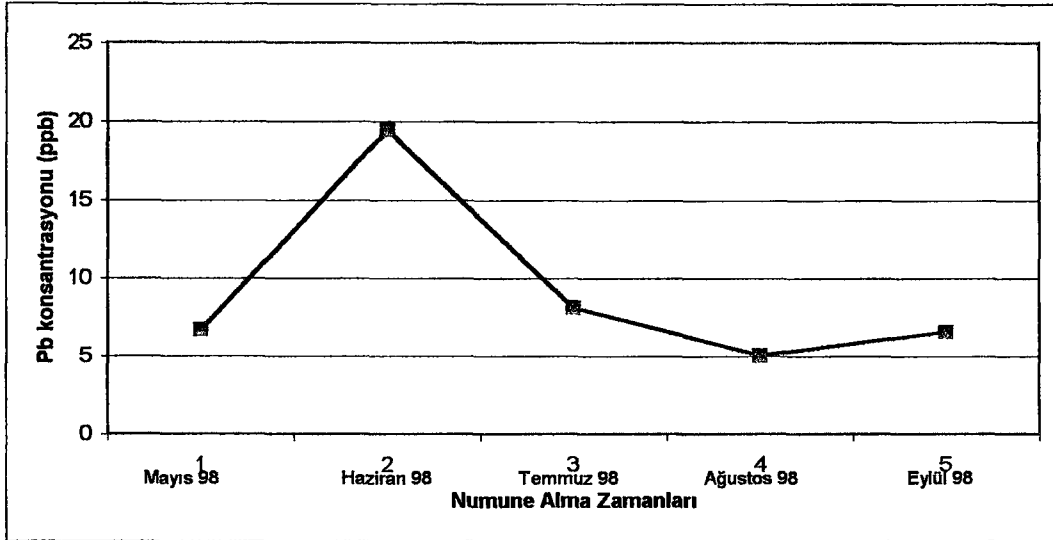
**Şekil 3.14: *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda Fe'in Zamana Göre Değişimi**

*Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda bulunan Cd konsantrasyonu, ilerleyen zaman içinde giderek artan bir eğri çizmektedir. Ortalama Cd konsantrasyonu 1044,6 ppb'dir. Cd, incelenen bütün bitki türlerinde yaklaşık olarak aynı konsantrasyonlarda bulunmuştur.



**Şekil 3.15: *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda Cd'un Zamana Göre Değişimi**

*Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) numunelerinin biri dışında bütün analiz sonuçları 5 –10 ppb arasında değişmektedir. Ortalama konsantrasyon 13,4 ppb olarak bulunmuştur.



Şekil 3.16: *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)'nda Pb'un Zamana Göre Değişimi

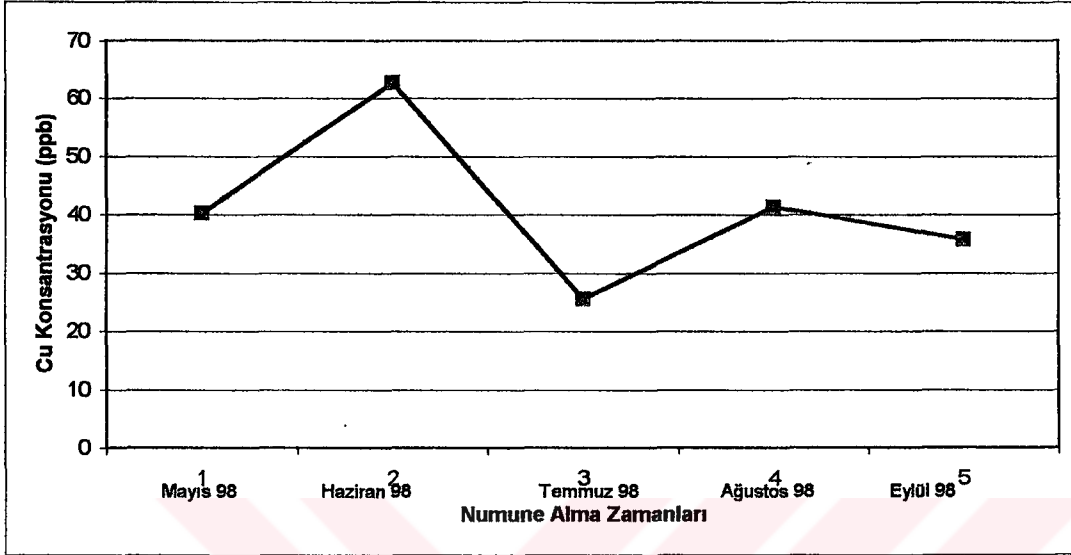
### 3.5 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) Analiz Sonuçları

Çayırova Deresi'nin üst kısımlarında, Şekerpınarı Köyü'nde yetiştirilen ve dere suyu ile sulanan *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) yapraklarından numune alınmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) Analiz Sonuçları

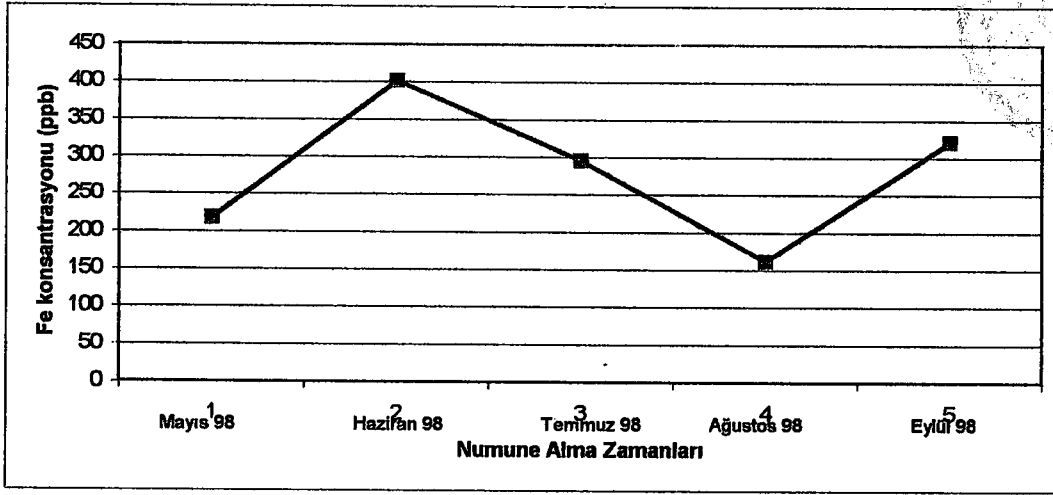
| Numune Alma Zamanı | Cu   | Fe  | Cd   | Pb  |
|--------------------|------|-----|------|-----|
| 14/05/1998         | 40.3 | 218 | 1182 | 86  |
| 12/06/1998         | 62.7 | 401 | 1898 | 116 |
| 18/07/1998         | 25.6 | 295 | 1327 | 79  |
| 15/08/1998         | 41.4 | 161 | 485  | 21  |
| 14/09/1998         | 35.7 | 321 | 1528 | 56  |

*Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te Cu, *Acer negundo* (Akçaağaç)'ta bulunan değerlerden biraz daha fazla bulunmuştur. Diğer bitkilerde bulunan değerler daha düşüktür. Ortalama konsantrasyon 41,14 ppb olarak bulunmuştur.



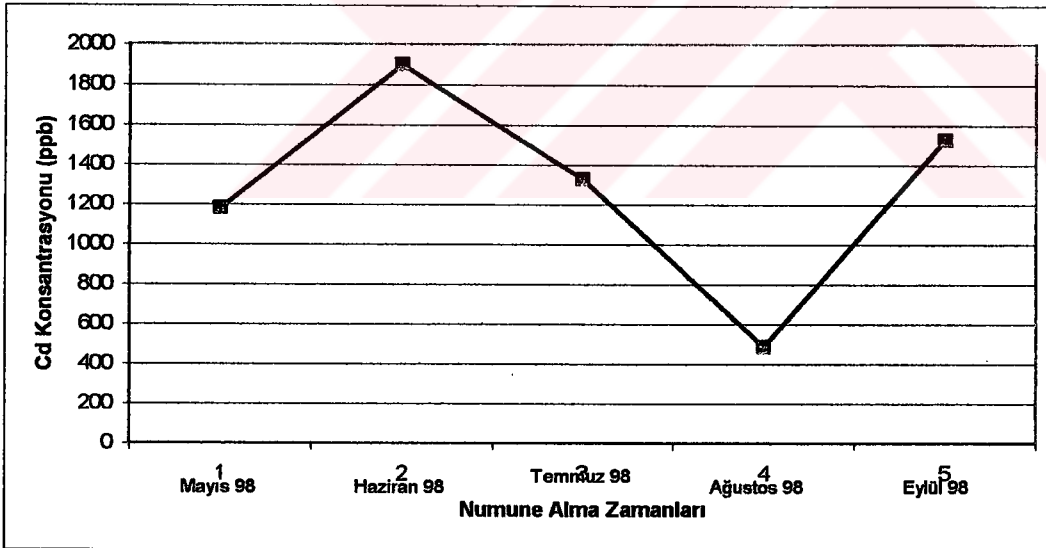
**Şekil 3.17: *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te Cu'n Zamana Göre Değişimi**

Yapılan analizler neticesinde bulunan ortalama konsantrasyon *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te Fe konsantrasyonunun 280 ppb civarında olduğu görülmüştür. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg) (Yeşil Alg)den sonra en fazla demir absorpsiyonu *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te olmuştur. (Şekil 3.16)



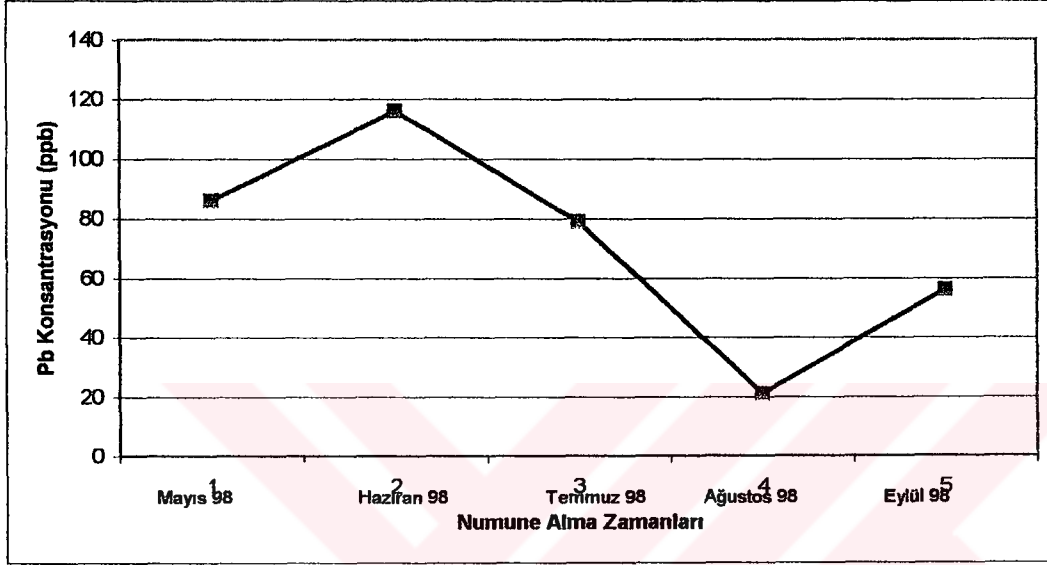
**Şekil 3.18: *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te Fe'in Zamana Bağlı Değişimi**

*Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te ortalama 1284 ppb Cd bulunmuştur. Cd konsantrasyonunda, bitkiler arasında çok büyük farklılıklar bulunmamıştır. Sonuçlar, birbirine yakındır.



**Şekil 3.19: *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te Cd'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi**

Kurşun, incelenen bitkiler içinde *Acer negundo* (Akçaağaç) ve *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te en yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Ortalama konsantrasyon 71 ppb seviyesindedir. Hem *Acer negundo* (Akçaağaç), hem de *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) numuneleri karayolu kenarından alınmıştır. Araç eksozlarından kaynaklanan kurşun, bu iki bitki türünde de etkili olmuştur.



Şekil 3.20: *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)'te Pb'un Zamana Bağlı Olarak Değişimi

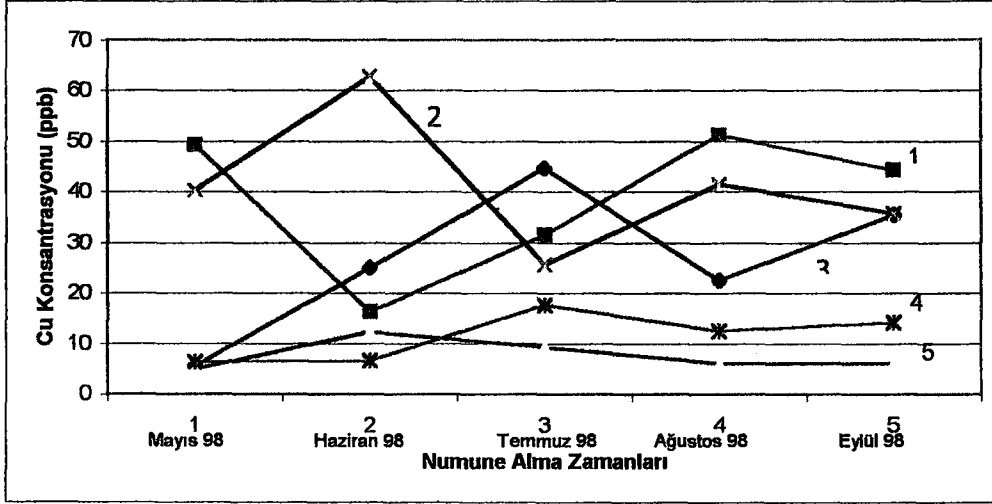
### 3.6. Metallerin Bitkiler Tarafından Absorblanması

Bu bölümde incelenen bitkilerde bulunan ağır metallerin bitkiler tarafından absorblama kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Grafiklerde her bir ağır metalin farklı bitkiler tarafından ne kadar absorblandığı gösterilmiştir. Her bitkinin absorblama kapasitesi farklı bulunmuştur. Bu farklılıkta, numune alınan noktaların ayrı yerlerde olmasının da etkisi bulunmaktadır. Bu noktalarda atıksu karakterleri ve diğer çevre faktörleri (jeoloji yapısı, toprağın karakteristiği, yolların durumu v.b.) farklılık göstermektedir.

Aşağıda, incelenen her metal iyonunun farklı bitkiler tarafından absorpsiyonlarının karşılaştırmaları yapılmıştır.

#### 3.6.1. Cu (Bakır) İyonlarının Absorpsiyonu

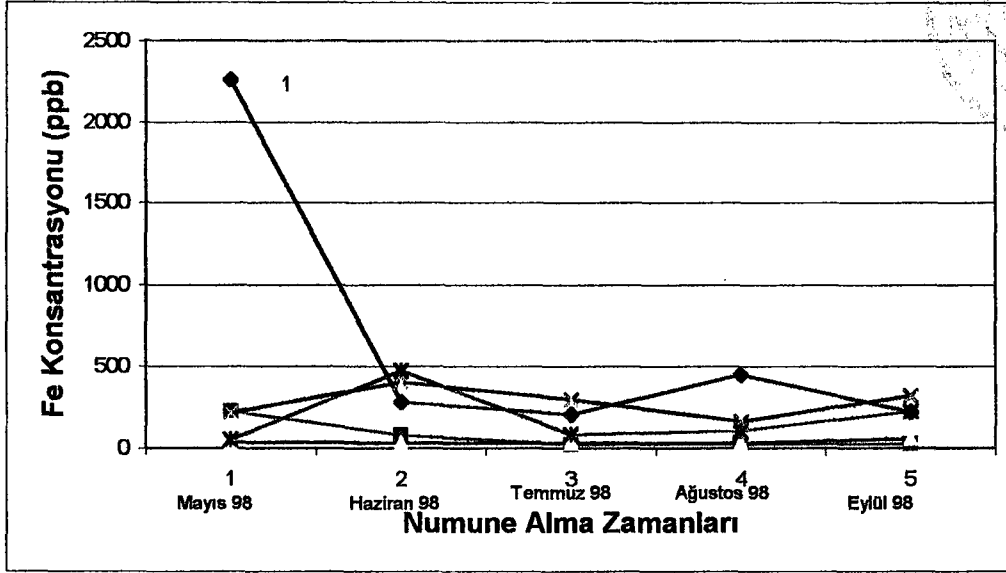
Bakırın incelenen beş ayrı bitki tarafından absorblanması Şekil 3.21’de görülmektedir. Şekil. 3.21’de 1 numara ile gösterilen eğri *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates), 2 numara ile gösterilen eğri *Acer negundo* (Akçaağaç), 3 numara ile gösterilen eğri *Chlorella vulgaris*, 4 numara ile gösterilen eğri *Cynodon l. pers* (ayrık otu) ve 5 numara ile gösterilen eğri *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)ı temsil etmektedir. Şekil 3.21’e göre, bakırın en fazla *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) ve *Acer negundo* (Akçaağaç) tarafından absorblandığı görülmektedir. *Cynodon l. pers* (ayrık otu)ta 10 –20 ppb arasında Cu absorblanırken, en az Cu absorpsiyonu *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)tan alınan numunelerde bulunmuştur. *Cynodon l. pers* (ayrık otu) ve *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)ta bulunan sonuçlar birbirine paraleldir. Numuneler farklı noktalardan alındığından, toprak yapısı da bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunu etkilemiştir (Jackson, M.L.,1975).



Şekil 3.21: Bakırın Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması

### 3.6.2 Fe (Demir) İyonlarının Absorbsiyonu

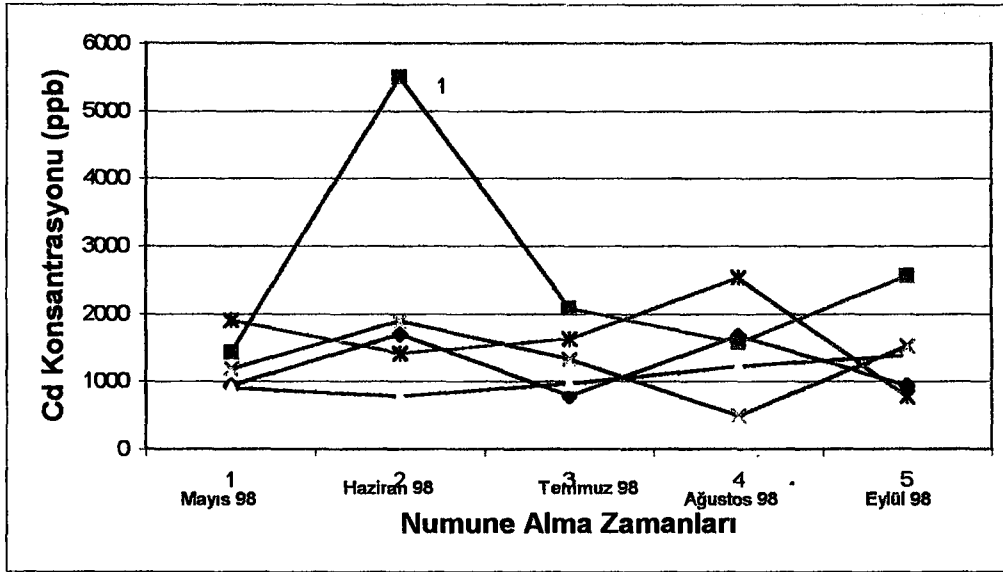
Demirin incelenen bitkiler tarafından absorpsiyonu Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Şekil 3.22'de 1 numara ile gösterilen eğri, *Chlorella vulgaris*'in zamana bağlı olarak Fe değerini temsil etmektedir. *Chlorella vulgaris*den alınan 1. Numunede çok yüksek bir demir konsantrasyonu bulunmasına rağmen, diğer sonuçlar 500 ppb'nin altındadır. *Chlorella vulgaris* dışındaki numunelerde de 500 ppb'nin altında sonuçlar bulunmuştur ve bu sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Bakırda olduğu gibi *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) ve *Cynodon l. pers* (ayrık otu)ta en düşük miktarda Fe bulunmuştur. *Cynodon l. pers* (ayrık otu) – *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) arasındaki absorpsiyon kapasitesi paralelliği devam etmektedir. Fe için benzer bir paralellik *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) ve *Acer negundo* (Akçaağaç) arasında görülmektedir. Fe içeren endüstriyel atıksuların arıtılmasında *Chlorella vulgaris* kullanılabileceğini gösteren sonuçlar bulunmuştur. (Leusch A. At all., 1995).



Şekil 3.22: Demirin Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması

### 3.6.3 Cd (Kadmiyum) İyonlarının Absorbsiyonu

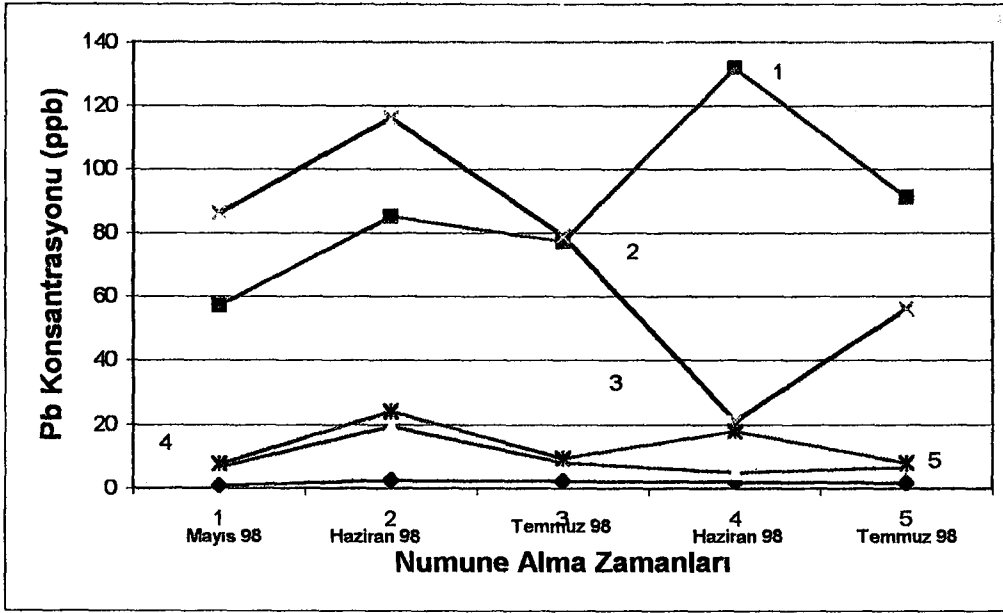
Kadmiyumun incelenen bitkiler tarafından absorpsiyonu Şekil 3.23'te gösterilmiştir. Şekilde 1 numara ile temsil edilen eğri *Acer negundo* (Akçaağaç)'dır ve kadmiyumun en fazla absorblandığı numunedir. Diğer numuneler 1000 – 2000 ppb arasında Cd değerlerine sahiptir. Bu değer, absorblanan miktar olarak yüksek bir değerdir. Ortalama olarak da diğer metallerle karşılaştırıldığında, en çok kadmiyumun absorblandığı görülmüştür. Ağır metallerle kirlenmiş su yataklarının dip sedimentlerinde diğer metallerle oranla kadmiyumun daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Ajmal M., Uddin R., 1988).



**Şekil 3.23: Kadmiyumun Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması**

### 3.6.4 Pb (Kurşun) İyonlarının Absorbsiyonu

Kurşunun incelenen bitkiler tarafından zamana bağlı olarak absorpsiyonu Şekil 3.24'te gösterilmiştir. 1 numara ile temsil edilen *Acer negundo* (Akçaağaç) numunesinde en yüksek absorpsiyon meydana gelmiştir. Bu bitkiyi *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) takip etmektedir. *Chlorella vulgaris* numunelerinde ise absorpsiyon 10 ppb değerinin altında bulunmuştur. Diğer iki bitki olan *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) ve *Cynodon l. pers* (ayrık otu)ta birbirine çok benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu benzerlik Cu ve Fe numunelerinde de görülmüştür. Bu iki bitki de kurşunu 10 – 20 ppb arasında absorblamışlardır.



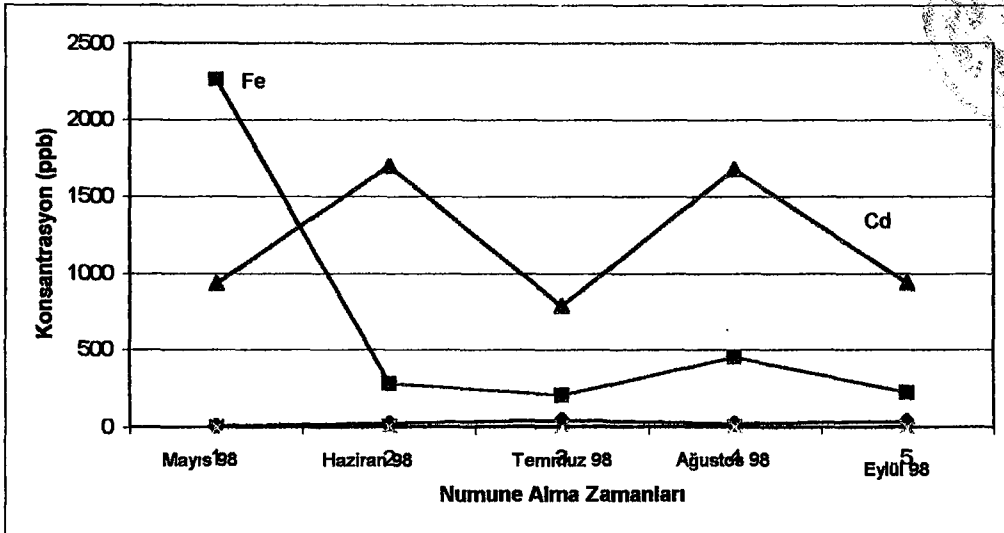
Şekil 3.24: Kurşunun Bitkiler Tarafından Zamana Bağlı Olarak Absorblanması

### 3.7. Bitkilerin Absorblanma Miktarlarının Karşılaştırılması

Bitkilerin absorblama miktarlarının karşılaştırılması için, her bir bitki türünün absorbladığı metal konsantrasyonları tespit edilerek farklı zamanlarda alınan numunelerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Beş farklı zamanda, aynı noktalardan alınan bitki numunelerinde dört metalin konsantrasyonları ayrı ayrı tespit edilmiştir.

#### 3.7.1. *Chlorella vulgaris* (Yeşil Alg)

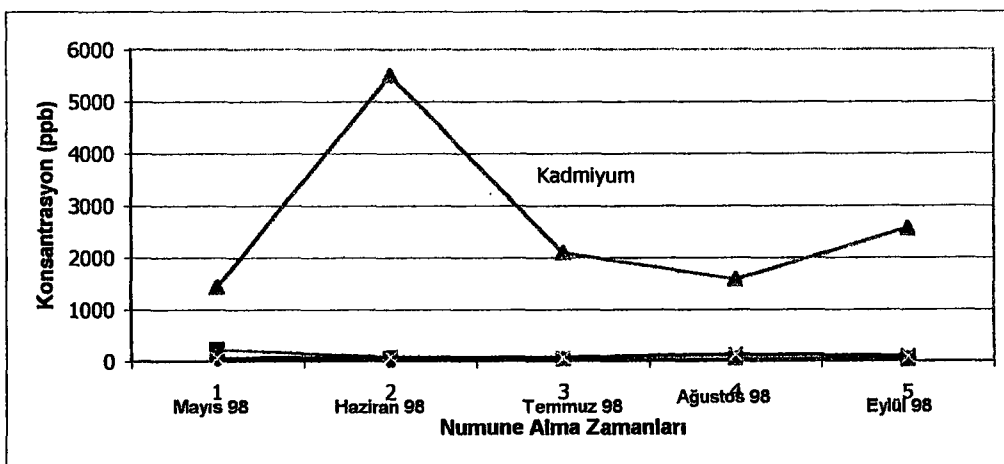
*Chlorella vulgaris* tarafından en fazla kadmiyum ve demir absorblanmıştır. Diğer metaller, kadmiyum ve demire oranla ihmal edilebilecek seviyelerde absorblanmıştır. Beş farklı zamanda, aynı noktadan alınan *Chlorella vulgaris* numunesinde dört metal araştırılmıştır. Analiz sonuçlarının karşılaştırması Şekil 3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.25: *Chlorella vulgaris* Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

### 3.7.2. *Acer negundo* (Akçaağaç)

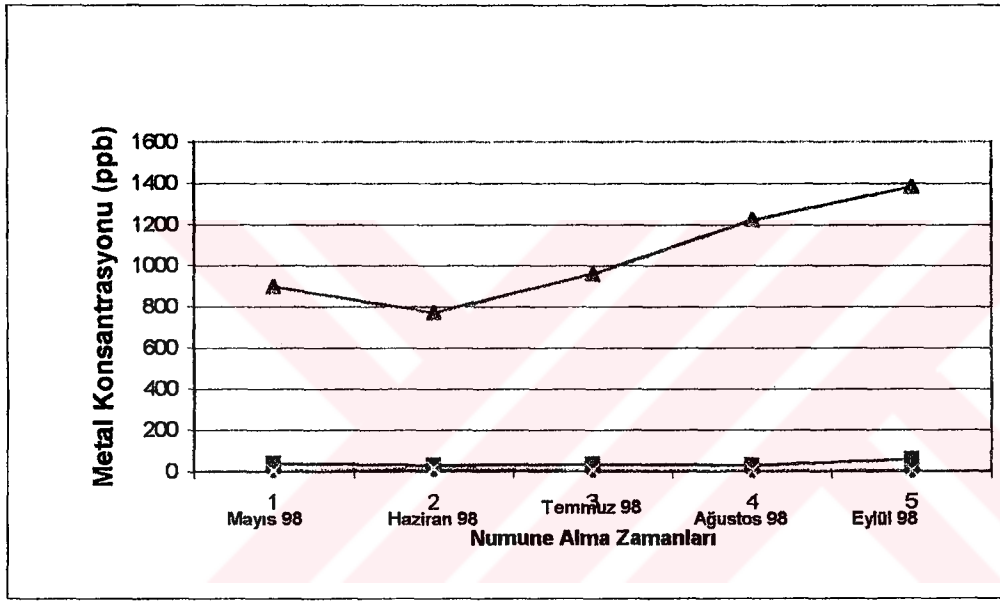
*Acer negundo* (Akçaağaç) numunelerinde, kadmiyumun diğer metallerden çok daha fazla absorblandığı belirlenmiştir (Şekil 3.26). Kadmiyum konsantrasyonu ortalama 3000 ppb seviyesindedir. Bu tür ağır metalleri içeren atıksuların arıtılmasında *Acer negundo* (Akçaağaç) verimli bir biçimde kullanılabilir. Diğer metallerin hepsi çok küçük değerlerde bulunmuştur. *Acer negundo* (Akçaağaç) numunelerinden elde edilen analiz sonuçları Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26: *Acer negundo* (Akçaağaç) Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

### 3.7.3. *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)

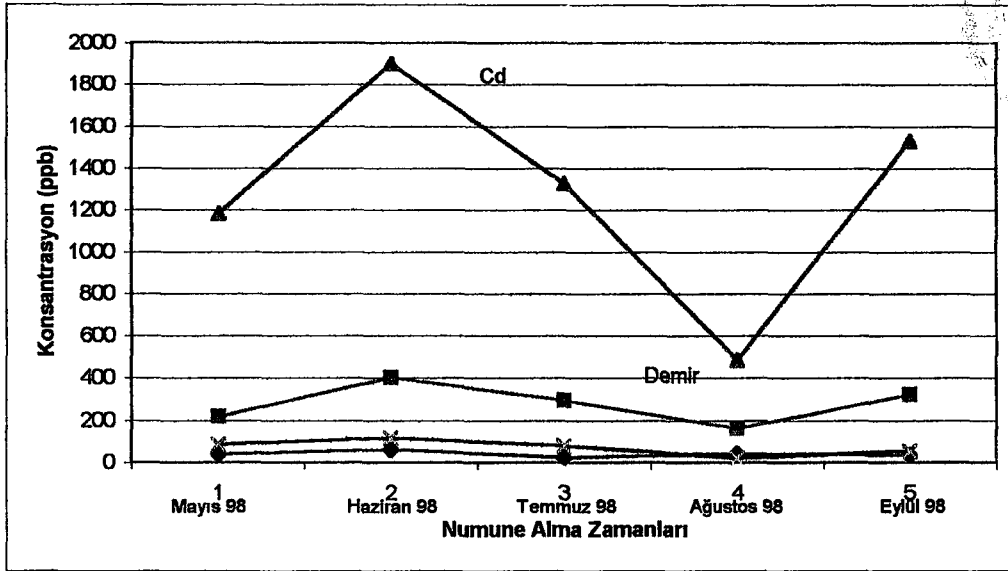
*Acer negundo* (Akçaağaç) numunesinde olduğu gibi, *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı)ta da kadmiyum en fazla absorblanan metal olarak bulunmuştur. Ortalama kadmiyum konsantrasyonu 1200 ppb civarındadır. İncelenen diğer metaller de *Acer negundo* (Akçaağaç)ta olduğu gibi çok küçük değerlerde bulunmuştur. *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) numunelerinden elde edilen analiz sonuçları Şekil 3.27'de verilmiştir.



Şekil 3.27: *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

### 3.7.4. *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)

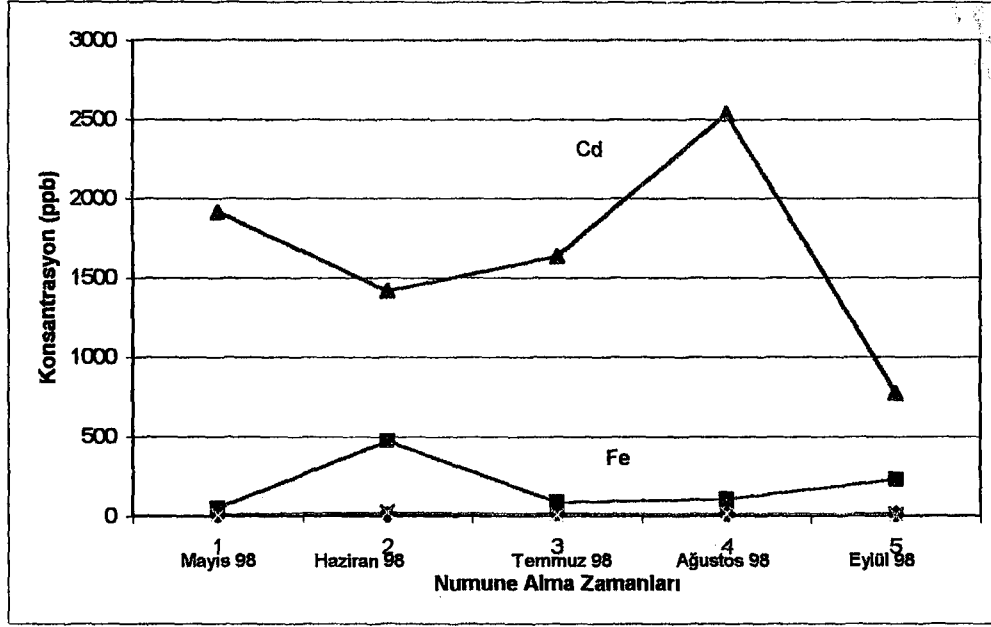
*Lycopersicum esculentum* Miller (Domates)te diğer bitkilerde olduğu gibi Cd en çok absorblanan metal olmuştur. Diğer bitkilerden farklı olarak demir de 350 ppb gibi yüksek bir ortalama konsantrasyonda bulunmuştur. Pb ve Cu, ihmal edilebilecek kadar düşüktür. (Şekil 3.28) *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) numunelerinden elde edilen analiz sonuçları Şekil 3.28'de verilmiştir.



**Şekil 3.28: *Lycopersicum esculentum* Miller (Domates) Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması**

#### 5.2.5. *Cynodon l. pers* (ayrık otu)

İncelenen son bitki olan *Cynodon l. pers* (ayrık otu)ta da diğer bitkilerde oldu gibi Cd en yüksek, daha sonra Fe bulunmuştur. Cu ve Pb absorblanması çok düşük konsantrasyonlardadır. (Şekil 3.29) *Cynodon l. pers* (ayrık otu) numunelerinden elde edilen analiz sonuçları Şekil 3.29'da verilmiştir.



Şekil 5.9: *Cynodon l. pers* (ayrık otu) Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

## 4. SONUÇLAR

Çalışmaların yapıldığı Çayırova Deresi, ağır metaller yönünden oldukça zengin bir bölgedir. Dere havzasında bulunan yerleşim yerleri ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanan atıksular bu dereye deşarj edilmektedir. Özellikle metal sektöründen kaynaklanan atıksularda bol miktarda metal iyonları bulunmaktadır. Dere suyunda bulunan ağır metallerin bir kısmı çökelerek dip sedimentine karışmakta, bir kısmı Marmara Denizi'ne taşınmakta ve bir kısmı da dere suyuyla sulanan bitkiler tarafından absorblanmaktadır. Bu çalışmada dere kenarında bol miktarda bulunan beş ayrı bitki türü seçilmiştir. Bu bitkilerde atıksuda bulunan dört farklı ağır metal iyonu incelenmiştir. Numuneler, bitki yoğunluğu göz önüne alınarak farklı noktalardan alınmıştır.

Bitkiler tarafından bakır, 10 – 40 ppb arasında değişen miktarlarda absorblanmıştır. Bu değer, diğer metallerin absorblanma oranına göre oldukça düşük bulunmuştur. Çalışmalara başlandığında bölgede bulunan bakır madeninden dolayı, bu parametrenin yüksek konsantrasyonlarda bulunması beklenmiştir. Ancak, elde edilen sonuçlar, bakırın absorblanmasında sınırlayıcı faktörün suda ve toprakta bulunan bakır değil, bitkinin absorbsiyon kapasitesi olduğunu göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre en düşük bakır *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) ve *Cynodon L. pers* (ayrık otu) numunelerinde bulunmuştur. Her iki bitkide de zamana bağlı olarak bakır değişimi de oldukça benzerdir.

Bitkilerde demir, bakıra göre yaklaşık 10 kat daha fazla bulunmuştur. *Chlorella vulgaris* numunesinde diğer bitkilere göre daha fazla bulunan demir, 100 – 500 ppb arasında değişen miktarlarda absorblanmıştır. En düşük sonuçlar bakırda olduğu gibi *Typhaceae angustifolia* L. (Su Kamışı) ve *Cynodon L. pers* (ayrık otu) numunelerinde bulunmuştur. Az miktarda demir içeren atıksuların *Chlorella vulgaris* yetişen bir ortamdan geçirilmesi halinde kısmen arıtılabileceği görülmüştür.

Bulunan sonuçlara göre, incelenen bitkilerin hepsinde en fazla absorblanan metal, kadmiyum olmuştur. Ortalama absorblanma miktarı 1000 – 2000 ppb arasındadır. En fazla absorblandığı bitki de *Acer negundo* (Akçaağaç) olmuştur.

Kadmiyum içeren atıksuların arıtılmasında bu bitkilerin hepsi yüksek verim elde edilerek kullanılabilir.

Kurşun, diğer metallere göre daha az absorblanmıştır. En fazla absorbsiyon *Acer negundo* (Akçaağaç) numunelerinde bulunmuştur. Diğer metallerde olduğu gibi, kurşunda da en düşük absorblanma *Cynodon L. pers* (ayrık otu) ve *Typhaceae angustifolia L.* (Su Kamışı) numunelerinde bulunmuştur. Bulunan bu kurşunun bir miktarının otoyolda bulunan araçların eksozlarından kaynaklandığı bilinmektedir. Bu kaynaktan gelen kurşunlar, bitki tarafından absorblanmaz, bitki yüzeyinde adsorbsiyonla tutulur. Bitkilerde bulunan kurşunun bir kısmı da yüzeyde adsorblanmış olan kurşundur. Bu durumda absorblanan miktar, bulunan sonuçlardan daha düşük miktardadır.

Bitkilerin metalleri absorblamaları da ayrıca incelenmiştir. Bunun için, her bitki türünün metalleri ne kadar absorbladığı tespit edilerek farklı zamanlarda alınan numunelerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bütün bitkiler tarafından en fazla absorblanan metal kadmiyum olmuştur. Kadmiyumu demir izlemektedir. Diğer metallerin absorblanma oranları bu iki metale göre çok düşük seviyelerde kalmıştır. *Acer negundo* (Akçaağaç)ta kadmiyum 3000 ppb mertebelerinde bulunmuştur. Bu değer, oldukça yüksektir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da, *Lycopersicum esculentum Miller* (Domates) tarafından absorblanan metallerdir. Ağır metaller bitkilerin hücre duvarlarından biyolojik sistemlere girmekte, bitki hücrelerinde vakuollerde depolanmakta, ve enzimlerle birlikte yaşamsal faaliyeti düzenlemektedirler. Öte yandan kurşun, bakır, çinko gibi ağır metallerin aşırısının yaşayan hücreler üzerinde toksik bir etkiye sahip oldukları da bilinmektedir. (Kutsal,T.,1992)

Sonuç olarak,. bitkilerin absorbsiyon kapasiteleri, toprak ve sudaki metal konsantrasyonlarına bağlı olmakla beraber, bitki türlerine göre farklılıklar göstermiştir.

## KAYNAKLAR

Ajmal, M., Uddin, R., And Khan. A.U., Heavy Metals In Water Sediments. Plants And Fish of Kali Nadi U.P. , Environment International, Vol: 14 515-523, India, 1988.

Aksu, Z., A Comparative Study of The Adsorption of Chromium (VI) Ions To *Chlorella vulgaris* and *Z. oorgloea ramigera*, Enviromental Technology, 11, 33-40,1988

Bull, K.R. Ve Ark., Mercury Concentrations İn Soil, Grass, Earthwarms And Small Mamals Near An İndustrial Source, Environmental Pollution 12, 135-140, 1977

Clark, W.J. Ve Ark., Water Supply And Pollution Control, 2<sup>nd</sup> Ed., International Textbook Company, 285-566, 1971

D.S.İ., Metal Kaplama Sanayii Atık Suları, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Araştırma Ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara, Ki-703, 1980

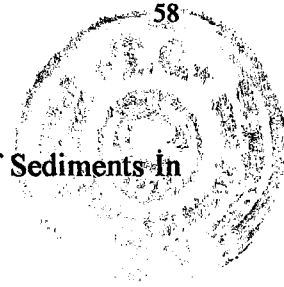
Dugan, P.R., Biochemical Ecology Of Water Pollution, Plenum Press, U.S.A., 12, 33-36, 57, 1972

Elsokkary, I.H., Contamination Of Soils And Plants By Mercury As İnfluenced By The Proximity To İndustries İn Alexandria, Egypt, Sci. Total Environ. 23, 55-60, 1982

Ericsson, A. Ve Ark., Injury to Vegetation Caused by Industrial Emissions of Boron Compaunds, Silva Fenn 15, 459-465, 1981

Gurnhan, C.F., Industrial Waste Water Control, Academic Press, U.S.A., 169-199, 221-285, 339-357, 1965

Hong Kong Government Industry Department, Support To Industry On Environmental Matters(Final Report). Hong Kong, 1993



Hoshika, A., Takayuki, S., Heavy Metals And Accumulation Rates Of Sediments In  
Osaka Bay, The Seto Inland Sea, Japan, Vol: 41 39-52, 1986.

Jackson, M.L., Soil Chemical Analysis. Adv. Course Dept. Soil Sci. Mad., (247)  
Wisconsin, USA, 1975.

Kutsal, T., Bioreactors for Waste Water Treatment, 367-372, 1992

Lau, P.S. ve Ark., Environmental Technology, Vol.20, pp.953-961,1999

Leusch A., Holan Z.R. Ve Ark., Biosorption Of Heavy Metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn)  
By Chemically-Reinforced Biomass Of Marine Algae. J. Chem. Technol.  
Biotechnol., 62, 279-288 1995

Li J, Zheng Cj., Handbook Of The Environmental Background Data. Beijing.  
Chinese Environmental Science Publishing Service. 1996

Mankovska, B., Contamination Beach And Oak By Mg, S, Pb, Cd And Zn Near  
Magnesite Works, Biologia (Bratislava) 36-7, 489-496, 1983

Patterson, J.W., Waste Water Treatment, Science Publishers Inc., U.S.A., 69-81,  
113-125, 247-255, 43-55, 59-67, 129-137, 1977

Pekin, B., Biyokimya Mühendisliği (Temel İlkeler), E.Ü. Kimya Fak. Yayınları,  
İzmir, 254-260, 272-274, 1983

Peng, Lin Ve Ark., Journal Of Environmental Sciences, Dec97, Vol.9, Issue 4, P.472

Tan, Z. ve Ark., Journal of Environmental Sciences, Jun96, Vol.8, Issue2, p191

Ward, N.I. ve Ark., Silver in Soils, Stream Sediments, Waters and Vegetation Near a  
Silver Mine and Treatment Plant at Maratoto, New Zealand, Environ., Pollut., 13,  
269-280

Warren, H.V. ve Ark., Biogeochemistry, a Prospecting Tool in The search for Mercury Mineralization, J. Geochem. Explore., 18, 169-173, 1983

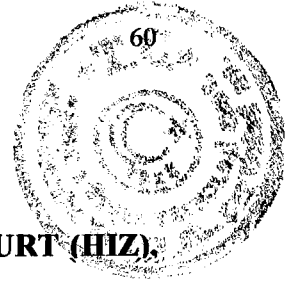
Weber, J.R., Physicochemical Processes for Water Quality Control, Wiley-Interscience, U.S.A., p.640, 1972

Xiabo ve Ark., Journal of Environmental Sciences, Dec96, Vol.8, Issue4, p.443

Zhang PR, Wang JX, Ma JR, Zhu JS, Lu XQ. Journal Of Dalian Fisheries College, 1989.



## ÖZGEÇMİŞ



İlk, orta ve lise eğitimini Gaziantep'te tamamlayan Huriye KURT (HIZ), 1994 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nden mezun olmuştur. 1995 yılında GYTE Çevre Mühendisliği Bölümü'ne yüksek lisans öğrencisi olarak giren Huriye KURT (HIZ), halen İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ağaç ve Peyzaj A.Ş.'de fidanlık şefi olarak görev yapmaktadır.

