

Porsuk ayı Kanal 1 Kolunda Bulunan Farklı Hidrofit Türlerde Makro ve Mikro  
Element Seviyelerinin İncelenmesi

Sibel Şentürk

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Biyoloji Anabilim Dalı

Ocak 2011

The Levels of Macro and Microelements in Some Of Hydrophyt, Living in Channel 1 of  
Porsuk Stream

Sibel Şentürk

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Biology

January 2011

Porsuk ayı Kanal 1 Kolunda Bulunan Farklı Hidrofit Türlerde Makro ve Mikro Element  
Seviyelerinin İncelenmesi

Sibel Şentürk

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Biyoloji Anabilim Dalı  
Botanik Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Atila OCAK

Ocak 2011

## ONAY

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Sibel Şentürk'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Porsuk Çayı Kanal 1 Kolunda Bulunan Bazı Hidrofitlerde Makro ve Mikro Element Seviyelerinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Atila OCAK

**İkinci Danışman** : Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Doç. Dr. Atila OCAK

**Üye** : Prof. Dr. Ersin YÜCEL

**Üye** : Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK

**Üye** : Doç. Dr. İsmuhan P. ERKAYA

**Üye** : Dr. Onur KOYUNCU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışmada Porsuk Çayı'na dökülen Kanal 1 suyundaki bazı hidrofüt bitkilerinin (*Cynodon dactylon* L. Pers var. *dactylon*, *Polygonum lapathifolium* L., *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Veronica anagallis-aquatica* L., *Ceratophyllum demersum* L.) çeşitli organlarındaki makro ve mikro elementlerin birikimleri (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Si, Zn, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se) araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Porsuk çayına dökülen Kanal 1 suyunda izin verilebilir sınır değerlerin üzerinde bir ağır metal kirliliğinin olduğu saptanmıştır. Yapılan analizler sonucu Porsuk Çayının 1. Kanal lokalitesinden alınan su örnekleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde; içerdiği Cd, Al ve Na miktarları açısından IV. sınıf (çok kirlenmiş su), Hg miktarı açısından III. sınıf (kirliliği), Cu ve Fe miktarı açısından II. sınıf (az kirlenmiş su) ve Pb, Cr, Ni, Zn, Mn, B ve S miktarı açısından ise I. sınıf (yüksek kaliteli su) su kalitesine sahip olduğu saptanmıştır.

Araştırma bulguları ışığında Kanal 1'den alınan sediment örnekleri için Cr ve Ni seviyeleri kabul edilebilir sınır değerlerin üzerindedir ve *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin kökünde Fe, Cr, Ni ve Pb, *V. anagallis-aquatica* L.'nin kök ve çiçek bölgesinde Fe, Zn, Ag, Cr ve Pb, *C. demersum* L.'nin kök ve gövde bölgesinde Fe, Cr, Ni ve Pb, *C. dactylon* L.'nin kök ve yaprak bölgesinde Fe, Cr, Mn, Ni ve Pb ve *P. lapathifolium* L.'nin kök ve yaprak bölgesinde Fe, Cr, Ni ve Pb değerleri için hiperakümülatörlük özellik gösterdikleri saptanmıştır. Böylece *S. erectum* subsp. *erectum* L., *P. lapathifolium* L., *C. dactylon* L., *V. anagallis-aquatica* L. ve *C. demersum* L. bitkilerinin ağır metalleri absorpsiyon yeteneklerinden dolayı iyi birer hiperakümülatör bitki oldukları ve gelecekte çalışma alanında kurulması söz konusu olabilecek yapay sulak alanlarda kirliliği su ortamlarının temizlenmesinde bu bitkilerinin kullanılması su kalitesinin artırılması açısından pozitif sonuçlar doğuracaktır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Eskişehir, Hiperakümülatör Bitki, Porsuk Çayı, Yapay Sulak Alan.

## SUMMARY

In this study, makro and mikroelement (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Si, Zn, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se) accumulation of some parts of the hydrophyts (*Cynodon dactylon* L. Pers var. *dactylon*, *Polygonum lapathifolium* L., *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Veronica anagallis-aquatica* L., *Ceratophyllum demersum* L.) in Channel 1 of Porsuk stream were investigated.

It was determined that, Channel 1 of Porsuk Stream has more than permissible pollution level because of high heavy metal value. As a results of analysis, water samples are IV. class (very polluted water) because of including Cd, Al and Na; III. class (polluted water) because of including Hg; II. class (low polluted water) because of including Cu and Fe and I. class (non-polluted water) because of including Pb, Cr, Ni, Zn, Mn, B, S according to the evaluation of Water Pollution Control Regulations.

The findings of the present study Cr and Ni levels of sediment samples in Canal 1 are more than permissible level and Fe, Cr, Ni and Pb was found in root of *S. erectum* subsp. *erectum* L. ; Fe, Zn, Ag, Cr and Pb was found in root and flower of *V. anagallis-aquatica* L. ; Fe, Cr, Ni and Pb was found in root and body of *C. demersum* L.; Fe, Cr, Mn, Ni and Pb was found in root and leaf of *C. dactylon* L.; Fe, Cr, Ni and Pb was found in root and leaf of *P. lapathifolium* L. hyperaccumulator feature was determined for these plants.

*S. erectum* subsp. *erectum* L. , *P. lapathifolium* L., *C. dactylon* L., *V. anagallis-aquatica* L. and *C. demersum* L. are acceptable hyperaccumulator plant due to heavy metal absorption capacity. These plants are used to clean polluted waters and improve the quality of water in terms of positive consequences establishment of constructed wetlands that may be incurred in the future.

**Key Words:** Heavy Metal, Eskişehir, Hyperaccumulator Plant, Porsuk Stream, Constructed Wetland.

## TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan, yardımlarını ve güleryüzünü hiç esirgemeyen, her türlü çalışma olanağı için desteğini eksik etmeyen, özellikle arazi çalışmaları konusunda beni hiç yalnız bırakmayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Atila OCAK'a, laboravuar çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan ikinci danışman hocam Sayın Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Laboratuar ve tez hazırlık çalışmalarında her zaman yanımda olan ve sonsuz yardımlarını ve morallerini sunan sevgili arkadaşlarım Koray DANIŞAN ve Cansev AKKAN'a verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ediyorum.

Akademik alandaki bilgileriyle beni her zaman aydınlatan ve hevesle çalışmalarına yön veren abim Yrd. Doç. Dr. Levent ŞENTÜRK ve kıymetli eşi Yrd. Doç. Dr. İlknur ŞENTÜRK'e teşekkür ediyorum.

Tüm hayatım boyunca ve eğitim yaşamımda desteğini hep arkamda olan kıymetli aileme sonsuz teşekkürler.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	xiv
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MATERYAL YÖNTEM</b> .....	<b>22</b>
2.1. Materyal .....	22
2.2. Yöntem .....	23
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>24</b>
3. 1. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Bakır (Cu) Miktarları .....	24
3. 2. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Çinko (Zn) Miktarları .....	26
3. 3. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Alüminyum (Al) Miktarları .....	28
3. 4. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Demir (Fe) Miktarları .....	30
3. 5. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kadmiyum (Cd) Miktarları .....	32



**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

3. 6. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Gümüş (Ag) Miktarları .....	34
3. 7. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Krom (Cr) Miktarları .....	36
3. 8. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kurşun (Pb) Miktarları .....	38
3. 9. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Nikel (Ni) Miktarları .....	40
3. 10. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Magnezyum (Mg) Miktarları .....	42
3. 11. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Mangan (Mn) Miktarları .....	44
3. 12. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Potasyum (K) Miktarları .....	46
3. 13. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kalsiyum (Ca) Miktarları .....	48
3. 14. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Sodyum (Na) Miktarları .....	50
3. 15. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Fosfor (P) Miktarları .....	52

**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

3. 16. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kükürt	
(S) Miktarları .....	54
3. 17. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Silisyum	
(Si) Miktarları .....	56
<b>4. TARTIŞMA SONUÇ .....</b>	<b>61</b>
<b>5. KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>74</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. <i>Cynodon dactylon</i> L. Pers var. <i>dactylon</i> genel görünüş.....	17
2. <i>Polygonum lapathifolium</i> L. genel görünüş.....	18
3. <i>Sparganium erectum</i> L. subsp. <i>erectum</i> genel görünüş.....	19
4. <i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. genel görünüş.....	20
5. <i>Ceratophyllum demersum</i> L. genel görünüş.....	21
6. Harita 1 Eskişehir- Alpu Yolu 3. Km.....	22
7. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cu miktarları.....	25
8. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cu miktarları.....	25
9. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cu miktarları.....	26
10. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Zn miktarları .....	27
11. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Zn miktarları .....	27
12. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Zn miktarları.....	28
13. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Al miktarları.....	29
14. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Al miktarları.....	29
15. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Al miktarları.....	30
16. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Fe miktarları.....	31
17. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Fe miktarları.....	31
18. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Fe miktarları.....	32
19. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cd miktarları.....	33

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
20. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cd miktarları.....	33
21. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cd miktarları.....	34
22. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ag miktarları.....	35
23. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ag miktarları.....	35
24. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ag miktarları.....	36
25. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cr miktarları.....	37
26. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cr miktarları.....	37
27. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cr miktarları.....	38
28. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Pb miktarları.....	39
29. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Pb miktarları.....	39
30. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Pb miktarları.....	40
31. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ni miktarları.....	41
32. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ni miktarları.....	41
33. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ni miktarları.....	42
34. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Mg miktarları.....	43
35. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Mg miktarları.....	43
36. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Mg miktarları.....	44
37. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Mn miktarları.....	45
38. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Mn miktarları.....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
39. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Mn miktarları.....	46
40. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki K miktarları.....	47
41. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki K miktarları.....	47
42. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki K miktarları.....	48
43. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ca miktarları.....	49
44. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ca miktarları.....	49
45. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ca miktarları.....	50
46. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Na miktarları.....	51
47. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Na miktarları.....	51
48. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Na miktarları.....	52
49. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki P miktarları.....	53
50. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki P miktarları.....	53
51. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki P miktarları.....	54
52. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki S miktarları.....	55
53. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki S miktarları.....	55
54. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki S miktarları.....	56
55. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Si miktarları.....	57
56. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Si miktarları.....	57
57. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Si miktarları.....	58

**TABLolar DİZİNİ**

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1. Çalışmada kullanılan bitkilerin organlarındaki ağır metal birikimleri .....	59
2. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ve sudaki ağır metal seviyeleri .....	60

## GİRİŞ

Ülkemiz bulunduğu coğrafik konumu itibariyle biyolojik çeşitlilik açısından küçümsenmeyecek bir zenginliğe sahiptir. Ancak özellikle son yıllardaki teknolojik gelişmelerin faunistik, floristik, ekolojik ve ekonomik bakımdan çok değerli olan çevre koşullarını olumsuz yönde etkilediği de açık bir gerçektir. Çevre kirlenmesinin sonucu olarak birçok denge alt-üst olmakta ve sahip olduğumuz zenginlikleri öğrenmeden ya da yeterince tanıma fırsatı bulamadan birçoğunu kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalmış bulunmaktayız. Hızla artan dünya nüfusu ve insanoğlunun daha iyi yaşam standartlarını yakalama arzusu, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Oluşan bu baskının bir sonucu olarak da, ekolojik denge gün geçtikçe bozulmaktadır. Ekolojik dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan çevresel sorunlar bugünün ve yarınların çözüm bekleyen en önemli konuları arasında yer almaktadır.

Anadolu'nun topografik yapısı çok farklı olduğu ve özellikle çok kısa mesafelerde ekolojik faktörleri çok farklı olan ortamlar içerdiği için, çeşitli canlı gruplarını barındırma özelliğine sahiptir (Demirsoy, 1997).

Tatlısu habitatları, deniz ve kara habitatları ile karşılaştırıldığında yeryüzünde nispeten daha az alan kaplar. Bu doğal kaynak oldukça bilinçsiz ve kötü kullanılmaktadır. Bunun ortaya çıkardığı olumsuz etkileri azaltmak için hızla ve etkin önlemler alınması gerekir. Aksi takdirde, insanoğlu için en önde gelen sınırlayıcı faktör su olacaktır (Odum ve Barrett, 1953).

Akarsular çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen ekosistemlerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. İnsan nüfusunun az olduğu dönemlerde akarsulara karışan atık maddeler kısa bir mesafede seyrelip doğal yollardan parçalanabiliyordu. Ancak kalkınma ile beraber gelen aşırı nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel ve endüstriyel atıklar da çoğalmış ve akarsular kendi kendini temizleyemez duruma gelmiştir (Dökmen, 2004). Özellikle, tüm canlıların yaşamı için zorunlu ama hızlı tüketilmekte olan sucul kaynaklar bir o kadar da hızla kirletilmektedir. Endüstriyel ve evsel atık suların direkt

olarak alıcı ortamlara verilmesi sonucu her geçen gün sucul ortamlar kirletilmekte ve bu ortamlarda yaşayan organizmalar olumsuz yönde etkilenmektedir. Sucul ortamlara deşarj edilen atık sular içerdikleri ağır metaller, toksik bileşikler, azotlu ve karbonlu organik ve inorganik bileşikler ile bazı canlı türlerinin ölümüne, toleranslı türlerde ise fizyolojik ve morfolojik değişimlere neden olmaktadır (Kazancı vd., 1997).

Kirlenen sucul ekosistemler mineral madde ve metaller bakımından zenginleşmektedir. Buna paralel olarak makrofit bitkilerin ve mikrobiyolojik canlıların sayısı artmakta, bunun sonucu olarak da ortam kirliliğinin tespiti için bu canlılar biyolojik indikatör olarak kullanılabilirlerdir. Sucul ekosistemler için en önemli faktörler; iklim, su miktarı ve mikroelementlerin alınabilirliğidir. Sucul habitatların birincil üretici olmaları ve madde devrinde rolleri önemlidir. Sucul ekosistemlerdeki kirlenme unsurlarının ve kirlenme derecesinin belirlenmesinde sonuçların doğruluğu açısından gereklidir (Durduran vd., 2007).

Sayısız kullanım yeri olan metaller biyolojik anlamda 3 gruba ayrılabilirler. Esansiyel elementler, canlının yaşaması için mutlaka gerekli olan metallerdir. Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum gibi. Yan elementler (geçiş elementleri), düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, mangenez, çinko, molibden, krom gibi. Eser elementler (metaloidler), metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementlerdir. Kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, kalay, selenyum, berilyum gibi. Bu üç gruptan yan ve eser elementler genelde ağır metal olarak adlandırılırlar. Ağır metaller; organizmanın sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan ve miktarı organizmanın ağırlığının %0,01'inden az olan elementlerdir (Keskin ve Eryürük, 2009).

Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm.<sup>3</sup>'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar (Kahvecioğlu vd., 2004).



Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan iki metalden biri olan bakır, M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın latinesinden (aes cyprium=Kıbrıs cevheri, Cyprium ve daha sonra Cuprum) almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak kullanılmıştır. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir ve dünya bakır rezervlerinin %68'ine Şili, ABD, Sovyetler Birliği, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; %32'sine ise diğer ülkeler olmak üzere yaklaşık 650 x 106 ton olarak tahmin edilmektedir. 2001 yılındaki yıllık üretim miktarı, 14 milyon ton civarındadır (Kartal vd., 2004).

Bakır, bitki ve hayvan yaşamı için gereklidir ve litosferdeki seviyesi 70 ppm'dir. Toplam bakırın 2-100 ppm'ini toprak içerir, bunun çok küçük bir yüzdesi bitkiler tarafından asimile edilebilir. Bakır miktarı çok değişkendir ve bitkilerde 0,2-100 ppm arasında bulunur (Güven, 2002).

Bitkilerin bakır gereksinimleri çok azdır. Bitkiler bakır kökleriyle  $Cu^{+2}$  iyonları halinde alırlar ve yapraklarına  $Cu^{+2}$  çözeltisi püskürtüldüğü takdirde  $Cu^{+2}$  iyonlarını absorbe ederek ayarlanabilme özelliği gösterirler. Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. 2,5 mg Cu/l yüksek su bitkilerine zarar vermez. Bakır eksikliği bitkilerde hastalığa yol açtığı gibi fazlası da zehir etkisi göstermektedir. Endüstriyel kirletilmemiş bölgelerdeki tatlı sularda 1-20  $\mu\text{g/litre}$ 'dir. Doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çökelir ve doğal yeraltı tatlı suların çökeleklerinde yaklaşık 16-5000 mg/kg (kuru ağırlık) arasında bakır bulunur. Kirletilmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg (sınır değeri 2-250 mg/kg) seviyelerindedir (Kartal vd., 2004).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Cu için kabul edilebilir değer 0,01 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 20  $\mu\text{g Cu/L}$  bakır içeren sular 1. sınıf, 50  $\mu\text{g Cu/L}$  bakır içeren sular 2. sınıf, 200  $\mu\text{g Cu/L}$  bakır içeren sular 3. sınıf ve 200  $\mu\text{g Cu/L}$ 'den fazla bakır içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Kompleks cevherlerden yapılan bakır bazlı alaşımların üretiminde ortaya çıkmasına rağmen, metalik çinkonun üretimi hakkında kesin bir bilgi mevcut değildir. M.Ö. 1000 yıllarında Çinlilerin ve ondördüncü yüzyılda Hindistanlıların metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Miktar olarak en çok üretilen 3. renkli metal olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70 ppm'dir. Toplam rezerv 180 x 106 ton olarak tahmin edilmektedir (Kartal vd., 2004).

Çinko kayalarda, doğal silikatlarda ve oksit, sülfid, karbonat veya fosfat gibi birçok maden cevherinde bulunur. Litosferin çinko içeriği yaklaşık 800 ppm'dir. Topraktaki eser içeriği 10-300 ppm arasında değişir, bunun yaklaşık onda biri bitkilerde mevcuttur. Birkaç ppm çinko bitkilerin büyümesi için gereklidir. Bitki için toksik düzey 400 ppm'dir. Eksikliği genellikle zararlıdır, fakat çinko bakımından zengin topraklarda yetiştirilen bitkilerde ise toksik etkilerden söz edilebilir. Bitkiler çinkoyu kökleri ve püskürtüldüğü taktirde yaprakları aracılığıyla  $Zn^{+2}$  iyonları halinde alırlar. Toprak çözeltisindeki bağımsız  $Zn^{+2}$  ve toprak kompleksine bağlı  $Zn^{+2}$  iyonları yarayışlı çinkoyu oluşturur. Bitkilerin çinko gereksinimleri oldukça azdır. Çinkonun bitki organizmaları üzerine olan etkileri, bugün için tam olarak bilinmemektedir. Fakat çinkonun bitki gelişiminde olumlu etki yapan bazı enzimler ve bitkisel metabolizmada yürüyen bazı reaksiyonlar için gerekli olduğu bilinmektedir. Çinko eksikliği belirtileri gösteren bitkilerde, inorganik fosfor ve suda çözünebilir azotlu bileşik miktarlarının arttığı araştırmalar sonucu saptanmıştır. Çinko kök gelişmesi ve bitkilerin su alımları üzerinde de olumlu etki yapmaktadır. Kültür bitkilerinin çinko alımları ve içerikleri birbirinden oldukça farklı olduğu gibi çeşitli organların çinko içerikleri de farklılık göstermektedir. Kültür bitkilerinin çoğunun çinko içeriği 10 - 30 ppm/kuru madde arasında değişmektedir (Güven, 2002).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Zn için kabul edilebilir değer 0,003 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 200 µg Zn/L çinko içeren sular 1. sınıf, 500 µg Zn/L çinko içeren sular 2. sınıf, 2000 µg Zn/L çinko içeren sular 3. sınıf ve  $\geq 2000$  µg Zn/L'den fazla çinko içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Aluminyum, yer yüzünün yapısında fazla miktarda bulunur. Toprakları oluşturan mineraller içerisinde oldukça sıkı bağlantılar halindedir. Ancak asitleşmeyi takiben toprak çözeltisine geçer. Suyun pH'sının düşmesi ile serbest hale gelen bitki köklerine

zarar verir. Toprak derinliklerine doğru hareket halinde olan su ile yer altı suyuna ulaşır. Benzer şekilde yüzey sularına da karışır. Bu durumda göllerde varlığını sürdürmekte olan balıklar başta olmak üzere diğer canlılar da etkilenir (Kırımhan, 2004).

Bitkilerde, genel olarak büyüme ve gelişme için mutlak gerekli besin elementleri içinde yer almayan alüminyum, halen kimi bitkiler için mutlak gerekli grupta yer almaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, yetiştirme ortamında yüksek konsantrasyonda bulunan alüminyum (71.4-185.0 µM) örneğin şeker pancarı, mısır ve kimi tropik bitkilerde büyüme üzerine olumlu etki yapmaktadır (Bollard, 1983).

Eski Yunanlılar ve Romalılar, alüminyumun tuzlarını, boyaların renklerini sabitleştirmede ve kan durdurucu olarak kullanmışlardır. Alüminyum günümüz tıbbında hala kan durdurucu ve damar büzücü olarak kullanılmaktadır. Friedrich Wöhler'in alüminyumunu susuz alüminyum klorürü potasyum ile karıştırarak ayrıştıran ilk kişi olduğu bilinmektedir. Metal, o tarihten iki sene kadar önce, Danimarkalı bir fizikçi ve kimyacı olan Hans Christian Qersted tarafından saf olmayan bir formda üretilmiştir. Dolayısıyla kimya literatüründe Qersted'in adı alüminyumunu bulan kişi olarak geçmektedir (URL:1).

Alüminyumun tüm topraklarda sürekli kullanım koşullarında 5 mg/l ve iyi tekstürlü nötr-alkali topraklarda 20 yıldan daha az sulama yapıldığında (Ph=6-8,5) 20 mg/l'dir (Karataş vd., 2005).

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 0,3 µg Al/L alüminyum içeren sular 1. sınıf, 0,3 µg Al/L alüminyum içeren sular 2. sınıf, 1 µg Al/L alüminyum içeren sular 3. sınıf ve  $\geq 1$  µg Al/L'den fazla alüminyum içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Kültür topraklarında yüksek oranlarda demir bileşiği bulunmasına karşın bitkilerin topraktan çok az demir almaları ve çok az demir kapsamları nedeniyle demir mikro besin maddesi olarak kabul edilmektedir. Bitkilerin demir kapsamları türlerine, yaşlarına, organlarına, yetiştikleri toprakların yarayışlı demir miktarına göre, kuru ağırlıklarının birkaç ppm ile 500-600 ppm arasında değişmektedir (Güven, 2002).

Demir, klorofil molekülünün yapısında yer almamasına karşın, klorofil oluşumu üzerine katalitik etki yapmaktadır (Mengel, 1988). Demir bitkide hemoglobinin (hem)

prostatik grup olarak görev yaptığı enzim sistemlerine katılmakta ve önemli biyokimyasal ve metabolik olaylarda (solunum ve fotosentezde enerjinin tutulması ve taşınmasında) görev almaktadır. Çeşitli enzimlerin yapısında koenzim olarak yer alan demir, katalaz, peroksidaz ve sitokrom oksidaz gibi önemli solunum enzimlerinin etkinlikleri için de gereklidir. Demir noksanlığı (kloroz) daha çok meyve ağaçlarında, asmalarda, süs ve çalı bitkilerinde görölmektedir (Marschner, 1995).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Fe için kabul edilebilir değer 0,7 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 300 µg Fe/L demir içeren sular 1. Sınıf, 1000 µg Fe/L demir içeren sular 2. Sınıf, 5000 µg Fe/L demir içeren sular 3. Sınıf ve ≥5000 µg Fe/L'den fazla demir içeren sular ise 4. Sınıf sular olarak nitelendirilmektedir (Anonim, 2004).

Kadmiyumun atom ağırlığı 112,40 gr/mol, yoğunluğu 8,64 gr/cm.<sup>3</sup>, kaynama noktası 767,3 °C dir. Çeşitli tiplerde kayaların, toprakların ve suların yanısıra kömür ve petrolün yapısında bulunur. Bu doğal kaynaklar içinde çinko, kurşun ve bakır cevherleri kadmiyumun başlıca kaynağını oluşturur. Kadmiyum diğer ağır metallerle içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd<sup>+2</sup>halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir (Kahvecioğlu vd., 2004).

Kadmiyum tuzları birçok formda olabilir. Çevredeki değişkenliği ve ekosistem üzerine etkileri doğadaki tuzların boyut büyüklüğüne bağlıdır. Kadmiyum nispeten yüksek buhar basıncına sahiptir. Havada kadmiyum oksit formuna hızlıca oksitlenir. Karbondioksit, su buharı, sülfürdioksit, sülfürtrioksit ya da hidrojen klorid gibi reaktif gazlar ya da buharın varlığında sırasıyla kadmiyum karbonat, hidroksit, sülfid, sülfat ya da klorid oluşturabilirler. Bu tuzlar birikimleriyle birlikte şekillenebilir ve çevreye yayılırlar. Sülfid, karbonat ya da oksit gibi bazı kadmiyum tuzları pratikte suda çözünmezler. Bununla birlikte bunlar doğada oksijen ve asit etkisiyle suda çözünen tuzlara dönüşebilirler (Güven, 2002).

Doğada diğer elementlere göre daha nadir olarak bulunur. Litosfer yaklaşık 0,18 ppm, topraklar genellikle 1 ppm den az olmak üzere kadmiyum içerir. Kırsal alan atmosferinde 0.01 mikrogram/m<sup>3</sup> den az iken kentsel alanda 1 mikrogram/m<sup>3</sup> düzeylerindedir. Doğal sularda 1 mikrogram/litreden az iken, kirli sularda 100 mikrogram/litreden fazladır. Genellikle yaprağı yenen sebzelerin kadmiyum kapsamının diğer bitkilerden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Kadmiyum nişasta içeren bitkilerden çok yeşil yapraklı bitkilerde birikmektedir (Kartal vd., 2004).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Cd için kabul edilebilir değer 0,01 (mg/l)'dir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre 3 µg Cd/L kadmiyum içeren sular 1. sınıf, 5 µg Cd/L kadmiyum içeren sular 2. sınıf, 10 µg Cd/L kadmiyum içeren sular 3. sınıf ve ≥10 µg Cd/L'den fazla kadmiyum içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Gümüş çok eski zamanlardan beri bilinmekle birlikte yine de altın ve bakırdan sonra keşfedilmiştir. Altın az olmasına rağmen, dünyanın her yanına yayılması sebebiyle daha önce kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca tabii halde gümüş az olup, çok derinlerde bulunmaktaydı. Endüstri ilerledikçe daha karışık ve saf olmayan gümüş filizleri üzerinde çalışılmaya başlandı. Bugün gümüş büyük bir oranda bakır, kurşun ve çinko üretimindeki yan ürünlerden elde edilmektedir. Gümüş' ün tüketildiği alanlar; fotoğraf sanayii, elektronik, para imali, süs eşyası ve takı yapımı, alaşımlar, dişçiliktir. Ayrıca, yapay yağmur yağdırmakta, ayna sırlarının yapımında, bilgisayar röle kontaklarında, pil yapımında da kullanılmaktadır. Gümüş elektriği çok iyi geçirdiğinden ve kolayca tel haline geldiğinden, elektrik teli olarak kullanılmaktaydı. Fakat nadir bulunması ve kıymeti dolayısıyla, artık bu amaçla kullanılmamaktadır. Bugün daha çok süs eşyası üretiminde, ayna yapımında, fotoğrafçılıkta, bazı ilaçlar ve alaşımların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Saf gümüş, aynı zamanda asetik asit, boyalar ve fotoğraf maddeleri elde etmede de kullanılmaktadır. Keza toz halinde gümüş, cam ve ahşabı elektrik iletkeni yapmak için yeni seramik tipi kaplama işlerinde kullanılmaktadır. Gümüş zeolitler, acil durumlarda, deniz suyundan içilebilir su elde etmek için kullanılabilir (URL:2).

Bitkiler gümüşü absorbe edebilmelerine rağmen biyolojik olarak kullanamazlar. Bitkilerin gümüşü absorbe edebildikleri aralık 0,03-0,5 ppm'dir. Bazı mantar ve yeşil alglerin kuru kütlelerinde 200 ppm gümüş içerdikleri saptanmıştır (URL:3).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Ag için kabul edilebilir değer 0,003 (mg/l)'dir.

Krom mavimsi gri renkli, havada kolayca kararmayan sert bir metaldir. Doğada hiçbir zaman saf halde bulunmamaktadır, krom metali kromit ( $FeCr_2O_4$ ) cevherinden ya da kromitle karışık bir demir cevherinden elde edilmektedir. Krom cevheri bulunan başlıca ülkeler Güney Afrika, Malavi, Zambia, ABD ve Türkiye'dir. Cevher önce katıksız kromoksit dönüştürülmekte; sonra bu oksit, alüminyum ya da bir silisyumla karıştırılarak bir fırında ısıtılmaktadır. Termit yöntemi denilen bu işlemin sonucunda, erimiş halde krom açığa çıkmaktadır (Güven, 2002).

Krom başlıca; kromla kaplama (kromaj), krom çeliğinin yapımı ve kaynakçılıkta, dericilikte, fotoğrafçılıkta kromatların yapımında; dikromatlar boya endüstrisinde ve pil sıvılarında kullanılmaktadır. En önemli bileşikleri sodyum ve potasyum kromatlar ve dikromatlardır. Dikromatlar, oksitleyici maddeler olarak kullanıldığı gibi, deri tabakalamada da kullanılır. Doğada her yerde bulunan bir metal olup havada  $> 0,1 \mu g/m^3$  ve kirlenmemiş suda ortalama  $1 \mu g/L$  bulunur. Pek çok toprakta az miktarda krom (2-60 mg/kg) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer 4 g/kg'a kadar çıkmaktadır. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akmakta ve okyanus tabanında çökelmektedir (Kahvecioğlu vd., 2004).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Cr için kabul edilebilir değer 0,01 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre  $20 \mu g Cr/L$  krom içeren sular 1. sınıf,  $50 \mu g Cr/L$  krom içeren sular 2. sınıf,  $200 \mu g Cr/L$  krom içeren sular 3. sınıf ve  $\geq 200 \mu g Cr/L$ 'den fazla krom içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun, günümüzden 4000-5000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi

esnasında yan ürün olarak keşfedilmiş ve tarih boyunca kurşun üretimi ve kullanımı giderek artış göstermiştir. Kurşun, Roma İmparatorluğunda su borularında, su saklama haznelerinde kullanılmıştır ve günümüz bilim adamları ve tarihçiler bu kullanım şeklinin Roma İmparatorluğunun sonunu hazırladığı görüşünü ortaya atmaktadırlar. Kurşun zehirlenmesi sonucu, yönetici sınıfının düşünme kapasitesinin düşmesi, doğum oranlarındaki azalış ve kısalan yaşam süresinin bu çöküşün temelini oluşturduğu iddia edilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2004).

Yeryüzünde rastlanan elementler arasında 34. sırayı alan kurşunun, atom numarası 82, atom ağırlığı 207.21'dir. Doğada özgün kristal yapısına ender rastlanan kurşun kübik sistemde kristalleşir. Gri renkli olup, metalik parlaklığa sahiptir (Anonim, 2001). Her ne kadar kurşun bitkilerde doğal olarak bulunsa da bitki metabolizması için gerekli bir element değildir (Yassoglou vd., 1987). Ağır metallerin bitkilere olan etkisi, ekilen ve yetiştirilen bitki türlerine ve toprak tipine göre değişmektedir (Alloway ve Davis, 1971). Besin zincirinde kurşun yayılımı genellikle midye türü kalsiyumlu kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir (Kahvecioğlu vd., 2004). Litosfer yaklaşık 16 ppm, topraklar 2-200 ppm kadar kurşun içerirler. Topraklarda bulunan kurşun içeriğinin yaklaşık 1 ppm'i bitkiler tarafından asimile edilir (Güven, 2002). Ekolojik olarak kurşun katı olarak çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genellikle doğaya salınan kurşun zor çözünür bileşikler oluşturur, bu nedenle beslenme zincirinde yer alan bitkilerden kurşun alınımı sözkonusu değildir (Rether, 2002).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Pb için kabul edilebilir değer 0,1 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 10 µg Pb/L kurşun içeren sular 1. sınıf, 20 µg Pb/L kurşun içeren sular 2. sınıf, 50 µg Pb/L kurşun içeren sular 3. sınıf ve ≥50 µg Pb/L'den fazla kurşun içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığı 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0.008'dir. Toplam rezerv 130x106 ton olarak tahmin edilmektedir (Habashi, 1997).

Nikel doğada, arsenik nikel (NiAs), nikel galeni (NiS), arsenikli nikel galeni (NiAsS) ve ayrıca demir ve bakır içeren minerallerle birlikte bulunur. Nikel, her yerde

bulunabilen bir eser elementtir ve toprakta, havada ve biyosferde bulunur. Yerkabuğunun nikel içeriği yaklaşık %0,008'dir. Yakın çevrede nikel, fosil kaynaklı yakıtların yanması ile havada bulunabilir. Suda normalde bulunmaz. Bazı besin maddelerinde besin teknolojisi nedeniyle (jelatin ve kabartma tozu gibi); sebzelerde ve hububatta doğal olarak nikel bulunmaktadır. Sigara dumanının da önemli derecede nikel karbonil içerdiği belirlenmiştir (Güven, 2002). Toprak tozları, volkanlar, bitki örtüsü, orman yangınları, meteorik toz, deniz tuzu, deniz aerosolleri, yağın yanmasından kalan yakıt yağının yanması, nikel madenciliği ve arıtımı, evsel insineratörler, çelik üretimi, benzin ve dizel yakıtın yanması, nikel alaşım üretimi, kömürün yanması, dökme demir üretimi, atık çamur insineratörü ve bakır-nikel alaşım üretimi başlıca nikel kaynaklarıdır. Litosferin nikel içeriği yaklaşık 100 ppm'dir, bu değer bazik kayalarda 5000 ppm'e kadar çıkabilir. Topraklar ortalama 5-500 ppm nikel içeriğine sahiptir, fakat genellikle bunun %1'inden daha azı bitkiler tarafından asimile edilebilir. Bitkide normal değer 0.1-5 ppm'dir (URL:4).

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Bazı bitki türleri, örneğin; baklagiller, için yararlı bir element olan nikel, belli bir doz aşımında (0,18-5 ppm) zehirleyici olmaktadır. (Kartal vd, 2004).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Ni için kabul edilebilir değer 0,3 (mg/l)'dir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği (2004)'e göre 20 µg Ni/L nikel içeren sular 1. Sınıf, 50 µg Ni/L nikel içeren sular 2. Sınıf, 200 µg Ni/L nikel içeren sular 3. Sınıf ve ≥200 µg Ni/L'den fazla nikel içeren sular ise 4. Sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Bitkiler magnezyumu toprak çözeltisinden  $Mg^{+2}$  iyonu şeklinde ve toprak komplekslerinde değişebilir halde tutulmuş magnezyumu da "kontakt değişim" yoluyla absorbe ederler. Bitkilerde magnezyum fotosentezin cereyanına ve karbonhidrat metabolizmasına yaptığı önemli etki ile dikkati çekmektedir. Klorofil molekülünün yapı maddesini oluşturması nedeniyle, yeterli magnezyumun bulunmaması halinde fotosentez olmaz. Özdeş şekilde yeteri kadar magnezyumun bulunmaması halinde klorofil ile birlikte yeşil bitkilerde ksantofil ve karoten gibi sarı renk maddelerinin önemli miktarda azaldığı saptanmıştır. Bitkilerin yapraklarında gövdesine göre daha fazla magnezyum vardır. Magnezyum kök ve gövdenin büyüme uçlarında birikir.



Gelişme döneminin sonuna doğru magnezyum genç vejetatif organlardan tohuma taşınır ve tohumda birikir. Eğer tohumun oluşumu herhangi bir nedenle gerilerse bitkinin daha uzun süre yeşil kaldığı görülür. Magnezyum bitki bünyesinde mobil halde olup yaşlı organlardan genç organlara kolaylıkla taşınır. O nedenle noksanlık belirtileri önce bitkinin alt yaşlı yapraklarında görülür. Noksanlığında klorofil oluşumunun azalması nedeniyle yapraklarda sarılık “kloroz” belirtisi ortaya çıkar, yaprağın her tarafının sarı renk almasına karşın yaprak damarları yeşil kalır. Noksanlığın sürmesi halinde yaprağın her yanı sararır ve sonunda yaprak yaşamını yitirir (Güven, 2002).

Mangan, kompleks stabilitesi en düşük olan elementtir. Bu nedenle bileşim düzeyi oldukça zayıftır. Mangan elementinin en önemli görevi ATP ve enzim kompleksleri arasında köprü kurmaktır. Manganın yeşil bitkiler içerisinde en önemli görevi fotosentetik oksijen döngüsündeki rolüdür. Fotosentez sistemi içinde oksijen döngüsü ve suyun parçalanmasında tüm bitkiler mangana ihtiyaç duyarlar. Mangan noksanlığında meydana gelen ilk olay elektron taşınım zincirindeki ışıklı reaksiyonların kesintiye uğramasıdır. Bu durumda fotofosforilasyon reaksiyonları da olumsuz etkilenirler ve böylece fotosentezde azalma, kloroplastlarda parçalanma meydana gelir (Marschner, 1986).

Genellikle bitkilerin mangan kapsamaları 20 ppm'den az olduğu zaman bitkilerde noksanlık belirtileri görülmekte, 20-550 ppm mangan çoğunluk bitkiler için yeterli olmakta ve 500 ppm den fazla bulunan mangan, bitkilerde zehir etkisi göstermektedir (Güven, 2002).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın Su Ürünleri Yönetmeliği (2002)'ye göre sucul ortamda Mn için kabul edilebilir değer 1 (mg/l)'dir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre 100 µg Mn/L mangan içeren sular 1. sınıf, 500 µg Mn/L mangan içeren sular 2. sınıf, 3000 µg Mn/L mangan içeren sular 3. sınıf ve  $\geq 3000$  µg Mn/L'den fazla mangan içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Bitkiler tarafından en çok alınan ikinci element potasyumdur. Bitki membranlarının potasyum geçirgenliğinin çok yüksek olması nedeniyle sitoplazmadaki miktarı yüksektir (Aktaş, 1995). Potasyum bitki bünyesinde karbonhidrat sentezi ve taşınması, aminoasit ve protein sentezi, transpirasyonun düzenlenmesi, solunum oranının düzenlenmesi gibi hayati olaylarda rol almasının yanı sıra bitki bünyesinde

meristematik dokuların büyümesinde rol alan bitkisel hormonların etkisini arttırmaktadır. İndol asetik asit, sitokinin ve giberellik asitin aktivitesi potasyumun varlığında daha fazla artmaktadır (Marschner, 1986).

Yerkabuğunda yaklaşık % 3.5 oranında bulunan kalsiyumun; fotosentez, hormon metabolizması, enzim aktivasyonu ve bitkilerin etkin su kullanımını sağlamadaki rolleri üzerine tartışmalar günümüzde de devam etmektedir (Zhengyi vd, 2004).

Sitokinin hücre bölünmesini sağlamasına rağmen, kültür ortamına az miktarda bırakıldığında tek başına hücre bölünmesini uyaramamaktadır. Bölünmenin uyarılabilmesi için ortama kalsiyum ilave edilmesi gerekmektedir. Ortamda kalsiyum bulunması hücrelerin sitokinin duyarlılığını arttırmaktadır. Bununla beraber hücrelerin kalsiyum geçirgenliğini arttıran bileşikler sitokinin gibi davranmakta ve yaşlanmayı geciktirmektedir (Özen ve Onay, 1999).

Kalsiyum kolaylıkla apoplastlara girebilen, hücre duvarında değişebilir formlarda ve plazma membranının dış yüzeyinde bulunabilen bir bitki besin maddesidir (Marschner, 1986).

Topraklarda değişik primer mineraller şeklinde ve organik ve inorganik toprak kolloidlerine bağlanmış halde bulunan kalsiyum, toprak kolloidlerinin koagülasyonunu arttırmakta, toprak strüktürünü iyileştirmekte ve toprak agregatlarının dayanıklılığını arttırmaktadır (Aydemir ve İnce, 1988). Toprakta bulunan değişebilir kalsiyum bünyeyi düzenleyici, kaogulasyonu artırıcı, işlenmeyi kolaylaştırıcı, ortamı nötrleştirici ve kolloidleri doyurucu bir etki yapmaktadır (Aydeniz, 1985). Bitki büyümesi ve gelişmesi için mutlak gerekli bir element olan kalsiyum; hücre büyüme ve gelişme sürecinde, membran geçirgenliğinin ayarlanmasında, dokuların stabilizasyonunda ve bitkilerin kalite ile ilgili kriterlerini kazanmasında oldukça önemli rollere sahip bir makro elementtir (Marschner,1995).

Sodyum yerkabuğunda en fazla bulunan (%2.8) altı elementten biridir. Tarım topraklarının sodyum içerikleri %0.1 ile %1 arasındadır ve ortalama miktar %0.63'tür. Sodyum kimyasal yönden potasyuma büyük benzerlik gösterir. Kimi bitkilerde kısmen potasyumun görevlerini yüklenmektedir. Pek çok bitki için mutlak gerekli bir bitki besin elementidir. Yere düşen çığden, atmosferden ve taban suyundan su absorbe edebilmesi nedeniyle sodyum, kurak dönemlerde bitkilerin solmalarını geriletir ve su ekonomisine olumlu etki yapar. Bitki özsuğunda donma noktasını düşürmek suretiyle,

kışın ve erken ilkbaharda bitkilerin dondan zarar görmelerini büyük ölçüde azaltır. Metalik bir katyon olarak toprakta kirecin yitirilmesini azaltarak, toprak çözeltisinde iyonik dengenin bozulmamasına yardım eder. Toprakta çözünmez şekilde bulunan fosforun çözünür şekle geçmesine ve bu şekilde kalmasına yardımcı olur. Bitkilerde sodyum eksikliği; yaprakların olağanüstü incelmesine, metalik yeşil renk almasına ve yaprak altlarının pembemsi görünüm kazanmasına neden olur. Yaprak kenarları yukarı doğru kıvrılırken ana damar boyunca kırışıklık ve koyu kahverengi nekrotik lekeler oluşur, sıcak havalarda bitki çok kolaylıkla solma gösterir, normaline göre yapraklar küçülür, bitki tıknaz bir görünüm kazanır (Kaçar ve Katkat, 2007). Bitkiler normal koşullarda genellikle %0.004-2 oranında sodyum içermektedirler (Bergmann, 1992).

Toprakta fosfor kalsiyum, demir ve alüminyum fosfatlar halinde bulunur. Bitki açısından fosfor kök gelişimi, bitki olgunlaşması, erken tohum teşekkülü, dölleme ve hastalık ve zararlılara karşı direnci arttırdığından büyük önem arzeden bir besin elementidir. Fakat fosforun topraktaki fiksasyonu fazla olduğu için bitki açısından da elverişliliği ortam şartlarına göre az olabilmektedir (Larsen, 1965). Fosfor toprak reaksiyonundan en fazla etkilenen bitki besin elementidir. Fosfor asit koşullarda çözünürlüğü güç demir ve alüminyum bileşikler, alkaline koşullarda ise çözünürlüğü güç kalsiyum bileşikler oluşturmaktadır (Sezen, 1991).

Bitkiler çok düşük konsantrasyonlarda fosfor içeren çözeltilerden fosforu absorbe etme yeteneğine sahiptirler. Kök hücrelerinin ve ksilem özsuyunun fosfat konsantrasyonu genellikle toprak çözeltisindeki fosfat konsantrasyonundan 100–1000 kez daha yüksektir. Bitki hücreleri tarafından absorbe edilen fosfat iyonları çok hızlı bir şekilde metabolik süreçlere dahil olurlar. Fosfor elementinin bitki metabolizmasındaki en önemli işlevi enerji transferine olanak sağlayan pirofosfat bağları oluşturmalarıdır (Aktaş, 1995).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre 0,02 mg P/L toplam fosfor içeren sular 1. sınıf, 0,16 mg P/L toplam fosfor içeren sular 2. sınıf, 0,65 mg P/L toplam fosfor içeren sular 3. sınıf ve  $\geq 0,65$  mg P/L'den fazla toplam fosfor içeren sular ise 4. sınıf sular olarak nitelendirilmektedir.

Kükürt, besleyici rolü 130 yıldan beri bilinen bir elementtir. Tarım sektöründeki kullanım payı %65 ler dolayındadır. Dünya üretimi 55 milyon tonun üzerinde olup, Türkiye'deki rezervlerinin 10 milyon ton civarında olduğu sanılmaktadır. Ülkemizde en önemli kükürt yatağı Keçiborlu'da bulunur. Ayrıca Ağrı-Tendürek volkan krateri çevresinde de %70 tenörlü kükürt oluşumları saptanmıştır (San iz, 1982).

Kükürt indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve kayalarda yaygın olarak bulunur. Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçer. Kükürt bitki ve hayvan yaşamı ile ilgili süreçlerde önemli rol oynar (Dişli vd., 2004). Bazı tür bitkiler, fosfor kadar sülfüre ihtiyaç duyarlar. Proteinleri oluşturmada kükürt gerekli bir elementtir (Gültekin ve Örgün, 1994).

Bitkiler kükürdü kökleri vasıtasıyla sülfat iyonu şeklinde alırlar. Öte yandan stomaları aracılığı ile de kükürt dioksit olarak alabilirler. Kükürt bitkilerde daha çok yukarı doğru taşınır. Aşağı taşınma çok sınırlıdır. Yaşlı dokulardaki kükürt genç dokulara taşınmaz. Bitkide proteinlerin bileşiminde bulunur. Klorofil oluşumu için gereklidir. Bazı vitaminlerin bünyesinde bulunur. Bitkilerde soğuğa dayanımı artırır. Bitkilerde kükürt eksikliğinde azot eksikliğine çok benzeyen belirtiler görülür. Yani homojen bir sararma vardır. Ancak aradaki fark, sararmanın önce genç yapraklarda olmasıdır. Azot eksikliğinde ise sararma yapraklarda olur. Bunun sebebi kükürdün yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınmamasıdır (URL:5).

Yerkabuğunun ağırlıkça çok önemli bir bölümünü (%75) oksijen ve silisyum, yerkabuğundaki oksitlerin en önemli bölümünü ise (%59.12) silisyum dioksit oluşturmaktadır (Kantarcı, 2001). Silisyum bitkilerde kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi makro besin elementlerine eşdeğer miktarlarda, çimen veya çim gibi bazı bitki türlerinde ise herhangi bir diğer inorganik yapıtaşından daha yüksek miktarlarda mevcuttur (Epstein, 1999).

Bitki beslenme ve metabolizma fizyolojisi açısından tüm mekanizmaları yeterince anlayamamış olsa da, silisyum uygulamalarının yaprak klorofil içeriği ve bitki metabolizmasını arttırmak, soğuk, sıcak ve kuraklık gibi çevresel streslere bitki

toleransını geliştirmek, bitkilerde besin dengesizliği ve metal toksisitesini hafifletmek, besin elementi alınımlarını, taşınımlarını ve dağılımlarını dengelemek suretiyle bitki büyümesini iyileştirmek, bitki hücre duvarlarını takviye ederek sağlamlaştırmak, bitki mekaniksel gücünü arttırmak, böylelikle patojen enfeksiyonlarına karşı koruma sağlamak gibi nitelikleri söz konusudur (Chen vd., 2000).

Bu çalışmada; sucul habitatta yaşayan *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Ceratophyllum demersum* L. , *Poligonum lapathifolium* L. , *Cynodon dactylon* L. ve *Veronica anagallis-aquatica* L. türlerine ait örnekler kullanılmıştır.

*Cynodon dactylon* L. Pers var. *dactylon* (Ayrık) Poaceae familyasından bir bitkidir. Çok yıllık rizomları yayılmış, tüysüz, nodlar köklenmiş, sarımsıdır. Çiçekli kökler dik veya yükselici, tabandan genikulat, 30 cm. , düz yüzeyli, tüysüzdür. Yaprak ayası şeritsi-mızraksı, 6 cm. , tepesi düz, kenarları pürüzlüdür. Spikalar 2-4(-7), (2-)3-7, tüysüz, ana eksen pürüzlüdür. Spikiletler 2-2.5 mm. , çok küçük saplı, pul yeşil veya mor renklidir. Glumalar şeritsi-mızraksı, 1-2.2 mm. , lemm. a oval-mızraksı, 2-2.5 mm. , omurga ve kenarlar silli veya seyrek şekildedir. Anterler yaklaşık 1 mm. ; mor, açıklıklar morumsu-siyahtır. Kuru taşlı tepelerde, dere kenarlarında, steplerde, kuru boş arazilerde ve yol kenarlarında bulunur. Çiçeklenme Nisan-Ağustos ayları arasındadır. Batı Türkiye, Kuzeydoğu Anadolu ve Güney Anadolu'da yayılış gösterir. B3: Eskişehir, Alpu yolu, yamaçlar, 840 m. (Ocak, 2011). *C. dactylon* L. Pers var. *dactylon* bitkisinin genel görünüşü şekil 1'de görölmektedir.



Şekil 1. *Cynodon dactylon* L. Pers var. *dactylon* genel görünüş (Ocak, 2011).

*Polygonum lapathifolium* L. (Kuş ekmeği, Dolama otu) Polygonaceae familyasına ait bir türdür. 2 m.'ye dek boylanın tüysüz tekyıllık otlardır. Gövdeler genellikle dik ve dallıdır. Yaprak kınları kahverengi ve tamdır. Yapraklar mızraksı, 10-30 cm., alt yüzde sarımsı salgı tüylüdür. Çiçek durumu sapı salgı tüylüdür. Çiçek durumu, yoğun ve dikdörtgensi başak şeklindedir. Çiçekler genellikle pembedir. Çiçek örtüsü yaklaşık 2 mm.'dir. Meyve koyu kahverengi ve parlaktır. Sulak ve nemli alanlarda, dere kenarlarında, 1-1500 m yüksekliklerde bulunur. Çiçeklenme Ağustos-Eylül ayları arasındadır. Tüm Türkiye'de yayılış gösterir. B3: Eskişehir, Porsuk Çayı kenarları, 810 m. Geniş Yayılışlı, Düşük Riskli (LC) (Ocak, 2011). *P. lapathifolium* L. bitkisinin genel görünüşü Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. *Polygonum lapathifolium* L. genel görünüş (Ocak, 2011).

*Sparganium erectum* L. subsp. *erectum* Sparganiaceae familyasına ait bir türdür. Tek eşemli, rizomlu yarı-karasal çokyıllık otlardır. Gövde dik, 25-150 cm.'dir. Yapraklar çoğunlukla gövdeyi aşar, 5-25 mm. genişlikindedir. Çiçek durumu dallı; dişi başçık 1-2, erkek başçık genellikle her dalda ve ana ekseninde en az 8-10'dur. Çiçek örtüsü segmentleri kalın, uçta koyu kahverengi ile siyahtır. Meyve ters piramitsi, 6-9 mm., koyu kahverengidir. Çiçeklenme Haziran-Ağustos ayları arındadır. Göl kıyılarında, nehir kenarlarında, bataklıklarda, kanallarda, 1-1950 m. yüksekliklerde bulunur. Türkiye, iç ve dış Anadolu'da yayılış gösterir. B3: Eskişehir, Porsuk barajı yolu, Uluçayır, 880 m. Geniş Yayılışlı, Düşük Riskli (LC), Avrupa-Sibirya elementidir (Ocak, 2011). *S. erectum* L. subsp. *erectum* bitkisinin genel görünüşü Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum* genel görünüş (Ocak, 2011).

*Veronica anagallis-aquatica* L. (Sukul yavşan otu) Scrophulariaceae familyasına ait bir türdür. Genellikle dallı, 30-100 cm. boylu çokyıllık otlardır. Gövdeler kalın, içi boş, tüysüzdür. Alt yapraklar kısa saplı, üsttekiler sapsız, tüysüz, aya 30-70 x 10-25 mm. boyutlarındadır. Rasem 20-40 çiçekli, tüysüz ya da havlı-salgı tüylüdür. Korolla lavanta ile soluk mavi ya da soluk leylak, 4-6 mm. çaplıdır. Meyve dairemsi, 3-3.5 x 2. 5-3.2 mm. , tüysüz ya da seyrek havlı-salgı tüylüdür. Çiçeklenme Mart-Eylül ayları arasındadır. Nehirlerde, sulak çayırlarda, 1-2350 m. yüksekliklerde bulunur. Tüm Türkiye’de yayılış gösterir. B3: Eskişehir, Porsuk Çayı kenarları, 800 m. Geniş yayılışlı, Düşük Riskli (LC) (Ocak, 2011). *V. anagallis-aquatica* L. bitkisinin genel görünüşü Şekil 4’de görülmektedir.





Şekil 4. *Veronica anagallis-aquatica* L. genel görünüş (Ocak, 2011).

*Ceratophyllum demersum* L. Ceratophyllaceae familyasına ait bir türdür. Gövdeler 20 cm. ya da daha uzundur. Yapraklar koyu yeşil, 6-12 mm. boyunda, segmentler şeritsi, düz, kanarları dişlidir. Tohum 4-5x2-2,5 mm. boyutlarında, terminal dikenli ve tabanda iki kıvrık dikenlidir. Sığ, çamurlu ve fazla akıntısı olmayan sularda 1-1750 m. yüksekliklerde bulunur. Tüm Türkiye’de yayılış gösterir. B3: Eskişehir, Alpu yolu, Porsuk çayı, 820 m. Avrupa-Sibirya elementi (Ocak, 2011). *C. demersum* L. bitkisinin genel görünüşü Şekil 5’de görülmektedir.



Şekil 5. *Ceratophyllum demersum* L. genel görünüş (Ocak, 2011).

Bu çalışmada amaç Porsuk Çayı'ndan alınan bitki örneklerindeki ağır metal ve makrobesi elementlerinin birikiminin saptanması ve bu bitkilerin ileride oluşturulabilecek yapay sulak alanlarda kullanılabilirliğinin ortaya konulması açısından sayısal veri oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

## 2. MATERYAL YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, Eskişehir-Alpu yolu üzerindeki Porsuk Çayı'nın 1. kanal lokalitesi 23.06.2009 tarihinde çalışma alanı olarak seçilmiş ve bitki örnekleri toplanmıştır. Örneklerin alındığı istasyon Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Eskişehir- Alpu Yolu 3. Km (URL:6).

Sucul habitatta yaşayan *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Ceratophyllum demersum* L., *Poligonum lapathifolium* L., *Cynodon dactylon* L. ve *Veronica anagallis-aquatica* L. türlerine ait örnekler ise çalışma materyali olarak seçilmiştir.

Belirlenen amaç doğrultusunda; bir örnekleme noktasından beş ayrı türe ait örnekler toplanmıştır. Araziden toplanan bitki örnekleri naylon torbalar içerisinde Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Aletli Analiz Laboratuvarına getirilerek, ağır metal analizi yapılmak üzere hazırlanmıştır. Bitki örneklerinin bir kısmı ise herbaryum materyali haline getirilmiş ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Herbaryumunda saklanmaktadır.

## 2.2. Yöntem

Ağır metal analizlerinde; doku çözündürmede mikrodalga yöntemi ve analiz işlemlerinde İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Hee ve Boyle, 1988). Laboratuvara getirilen örneklerden kök numunesi alınabilmesi amacıyla bitkilerin üzerindeki çamur, musluk suyu ile yıkanmıştır. Yıkanan bitki örnekleri etüvde 105 °C 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Örnekler aletli analizlerinin yapılabilmesi amacıyla kök, gövde, yaprak olmak üzere bölümlerine ayrılmıştır. Etüvde nemi giderilen numuneler havanda toz hale getirilerek öğütülmüştür. Ölçüm için örneklerin herbir bölümünden hassas terazi yardımıyla 0.5 g. tartılmıştır ve yakma işlemi yapılmak amacıyla mikrodalga tüplerine konulmuştur. Tüplerin içerisine perklorik asit (HClO<sub>4</sub>) (1 oranında) ve nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) (3 oranında) eklenerek, Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Kimyasal Analiz Laboratuvarında bulunan mikrodalga cihazı ile dokuların sıvılaştırılması amacıyla yaklaşık 1 saat süreyle yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalgadan çıkarılan numuneler 20 dakika süreyle oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Organik yıkımları biten ve çözünen örnekler 100 ml'lik balon jojelerin içine kaba filtre kağıdı yardımıyla süzildükten sonra, üzeri 100 ml oluncaya kadar ultra saf su ile tamamlanmıştır (ASTM, 1985; APHA, 1992; Bialonska ve Dayan, 2005). Etiketlenen balonjojeler, Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü ICP-OES Laboratuvarında bulunan ICP-OES (Varian 720 ES) cihazı ile analiz edilmek üzere buzdolabında saklanmıştır. Her bir element için kullanılan dalga boyları şunlardır: Al 308.215, Ca 315.887, Fe 259.940, K 766.491, Mg 279.078, Na 588.995, P 214.914, S 181.972, Si 251.611, Zn 213.857, Ag 328.068, B 249.678, Cd 226.502, Cr 205.560, Cu 324.754, Hg 194.164, Mn 257.610, Ni 231.604, Pb 220.353, Se 196.026.

### 3. BULGULAR

Porsuk Çayı Kanal 1 suyundan alınan bitki örneklerindeki makro ve mikrobiyotik elementlerinin seviyesinin saptanması ve bu bitkilerin ileride oluşturulabilecek yapay sulak alanlarda kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla Eskişehir-Alpu yolu üzerindeki Porsuk Çayı'nın 1. kanal lokalitesinden sucul habitatta yaşayan *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Ceratophyllum demersum* L. , *Poligonum lapathifolium* L. , *Cynodon dactylon* L. ve *Veronica anagallis-aquatica* L. türlerine ait örnekler kullanılmıştır.

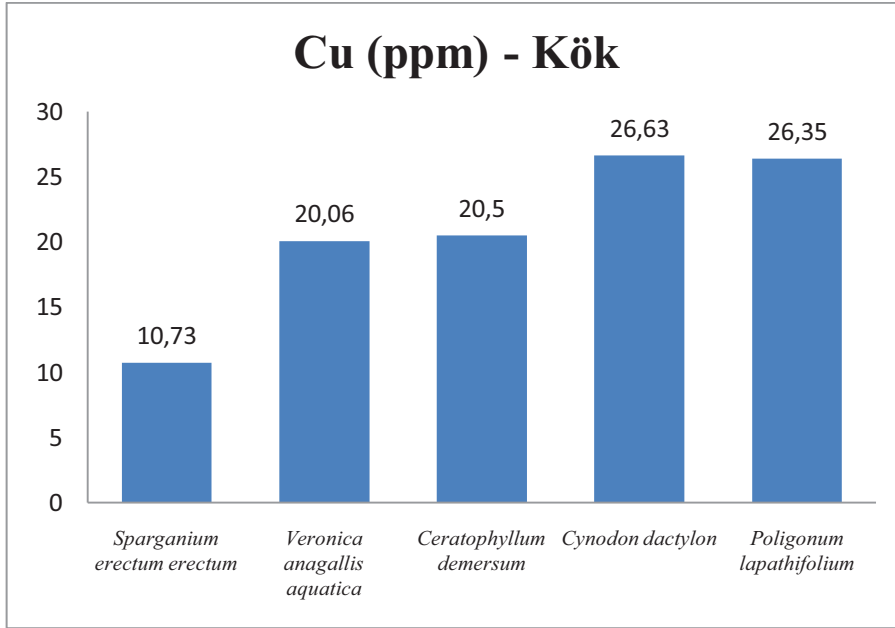
Belirlenen amaç doğrultusunda gerekli materyal toplanarak kimyasal analizler yapılmış ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Bakır (Cu) Miktarları

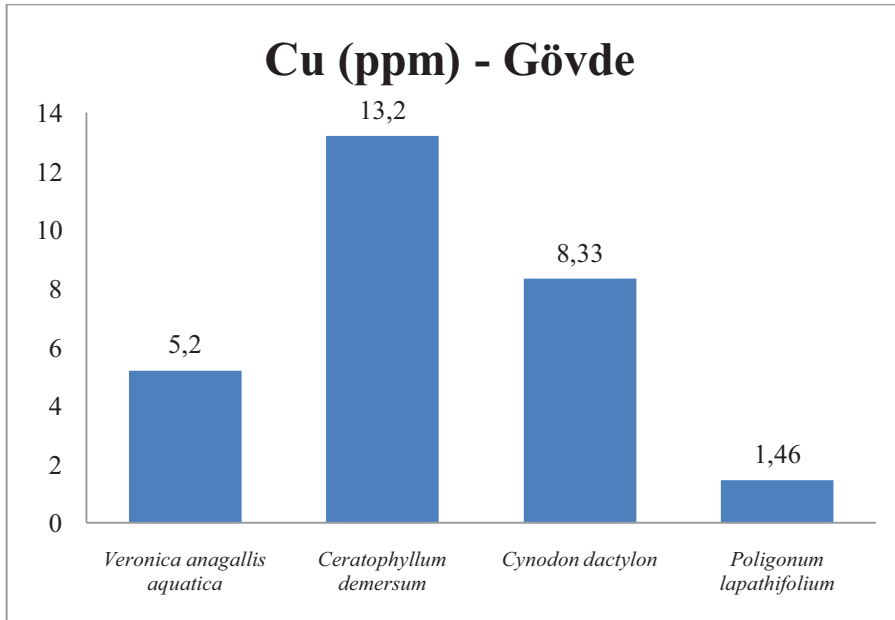
*Ceratophyllum demersum* L. türünün kökünde 20,5 ppm, *Sparganium erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 10,7 ppm, *Poligonum lapathifolium* L. türünün kökünde 26,3 ppm, *Veronica anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 20 ppm ve *Cynodon dactylon* L. türünün kökünde ise 26,6 ppm bakıra rastlanmıştır (Şekil 7).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 13,2 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 1,46 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 5,2 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 8,3 ppm bakıra rastlanmıştır (Şekil 8).

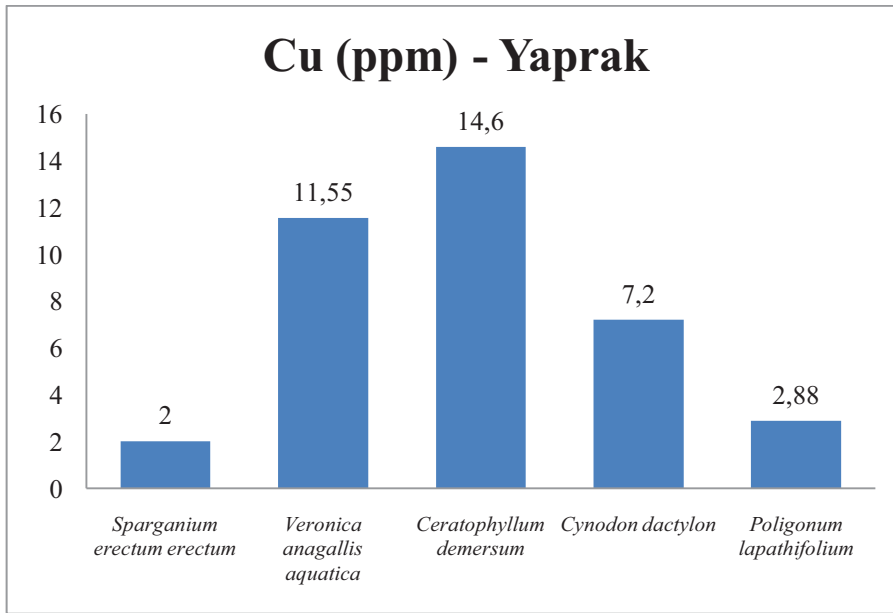
*C. demersum* L. türünün yaprağında 14,6 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 2 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 2,88 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 11,55 ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 7,2 ppm bakıra rastlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 7. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cu miktarları.



Şekil 8. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cu miktarları.



Şekil 9. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cu miktarları.

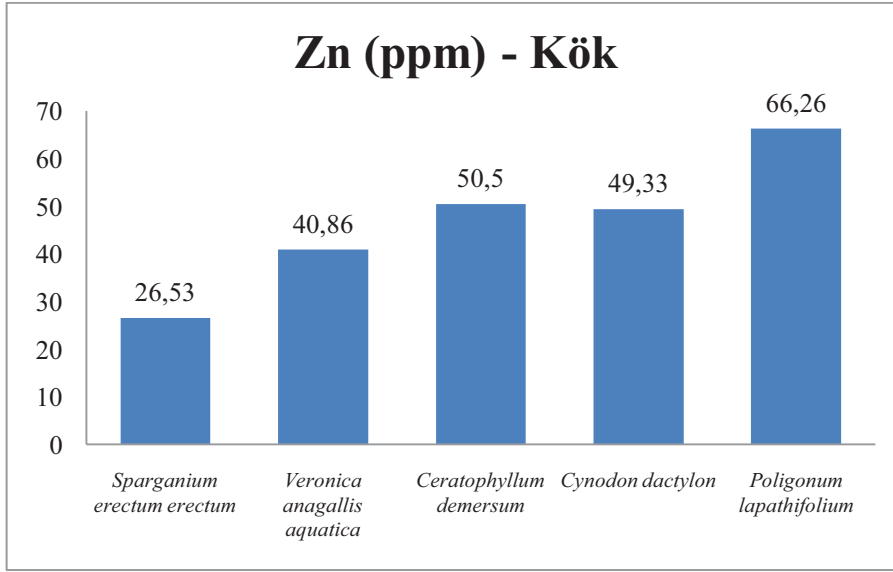
Aynı noktadan alınan 2 su örneğinde bulunan bakırın ortalaması 0,07 ppm iken standart sapma 0 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 2. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Çinko (Zn) Miktarları

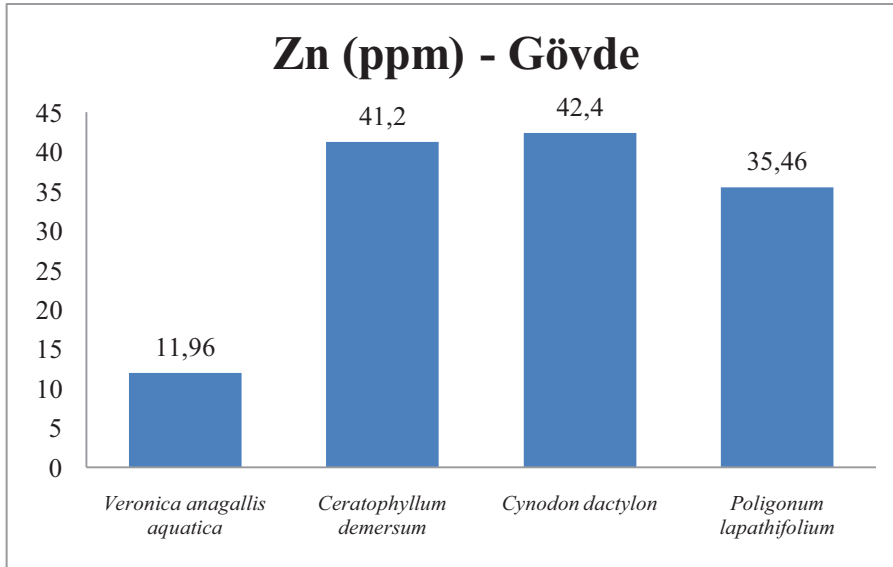
*C. demersum* L. türünün kökünde 50,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 26,5 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 66,2 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 40,8 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 49,3 ppm çinkoya rastlanmıştır (Şekil 10).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 41,2 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 35,4 ppm, *Veronica anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 11,9 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 42,8 ppm çinkoya rastlanmıştır (Şekil 11).

*C. demersum* L. türünün yaprağında 39,2 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 6,1 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 28,7 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 37,5 ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 38,6 ppm çinkoya rastlanmıştır (Şekil 12).

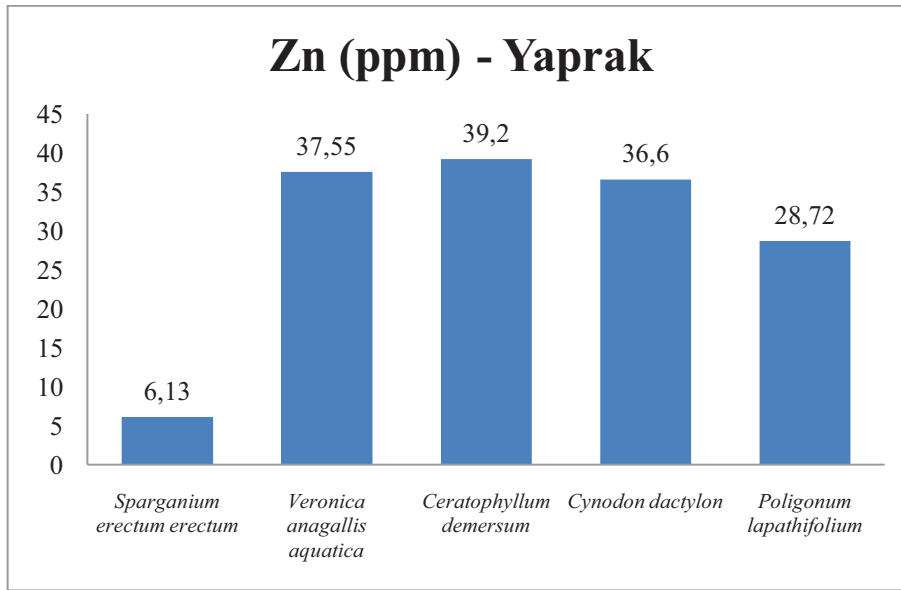


Şekil 10. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Zn miktarları.



Şekil 11. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Zn miktarları.





Şekil 12. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Zn miktarları.

Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan çinkonun ortalaması 0,03 ppm iken standart sapma 0,0007 ppm olarak hesaplanmıştır.

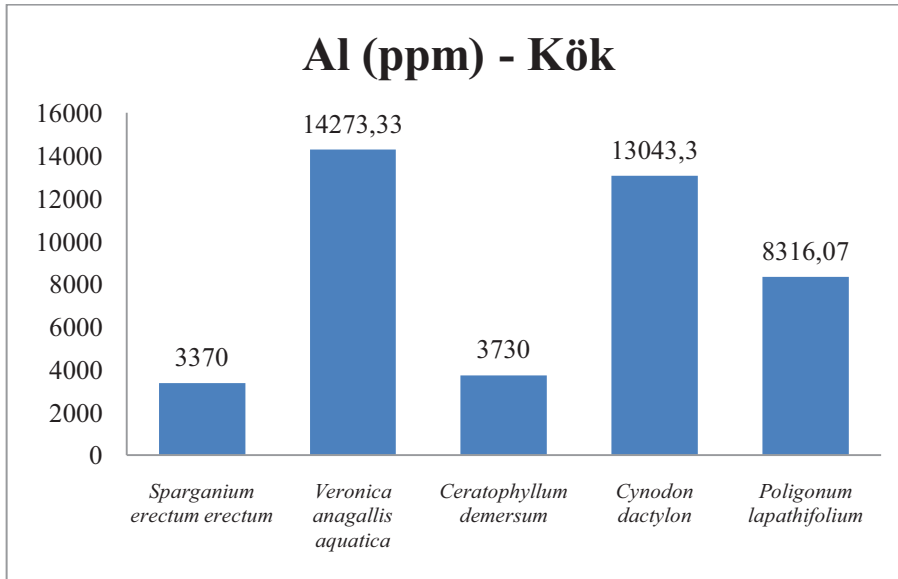
### 3. 3. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Alüminyum (Al) Miktarları

*C. demersum* L. türünün kökünde 3730 ppm, *S. erectum subsp. erectum* L. türünün kökünde 3370 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 8316 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 14273,3 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 13043,3 ppm alüminyuma rastlanmıştır (Şekil 13).

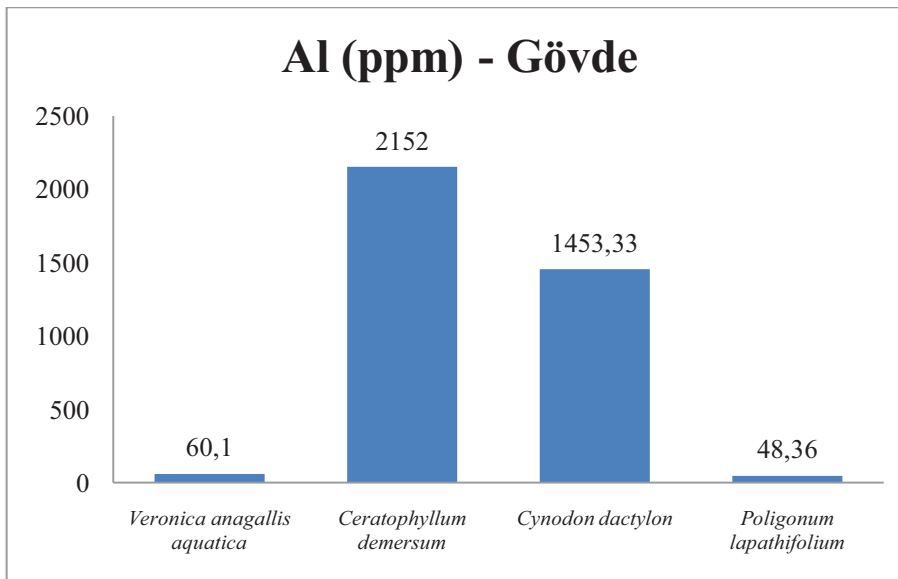
*C. demersum* L. türünün gövdesinde 2152 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 48,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 60,1 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 1453,3 ppm alüminyuma rastlanmıştır (Şekil 14).

*C. demersum* L. türünün yaprağında 2700 ppm, *S. erectum subsp. erectum* L. türünün yaprağında 52,9 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 350 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 1923,5 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 1576 ppm alüminyuma rastlanmıştır (Şekil 15).

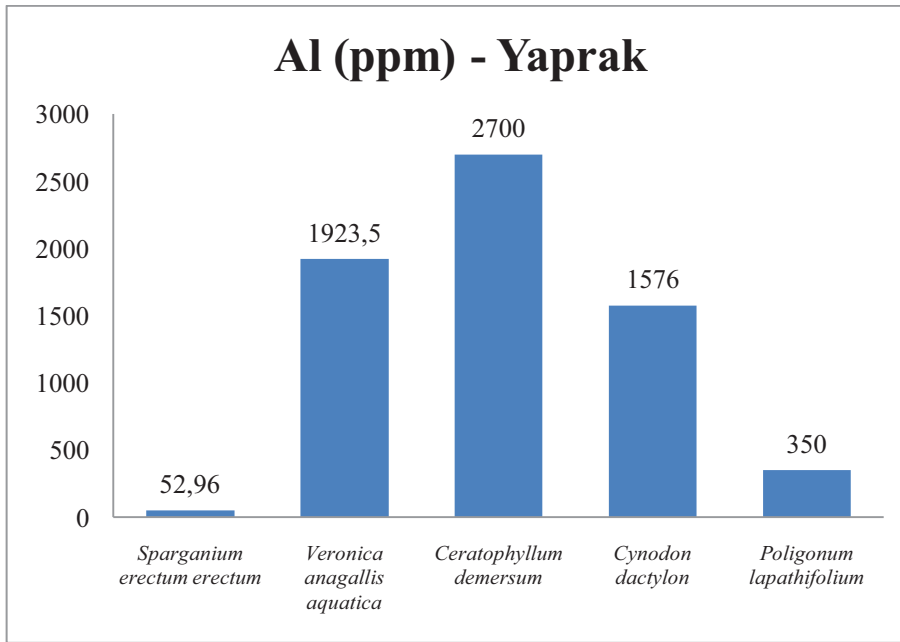
Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan alüminyumun ortalaması 0,103 ppm iken standart sapma 0,02 ppm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 13. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Al miktarları.



Şekil 14. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Al miktarları.



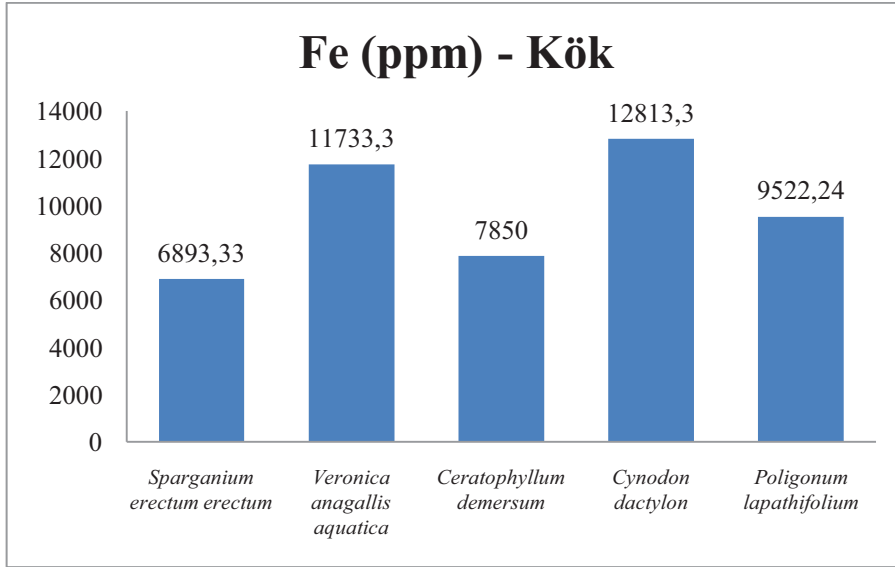
Şekil 15. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Al miktarları.

### 3. 4. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Demir (Fe) Miktarları

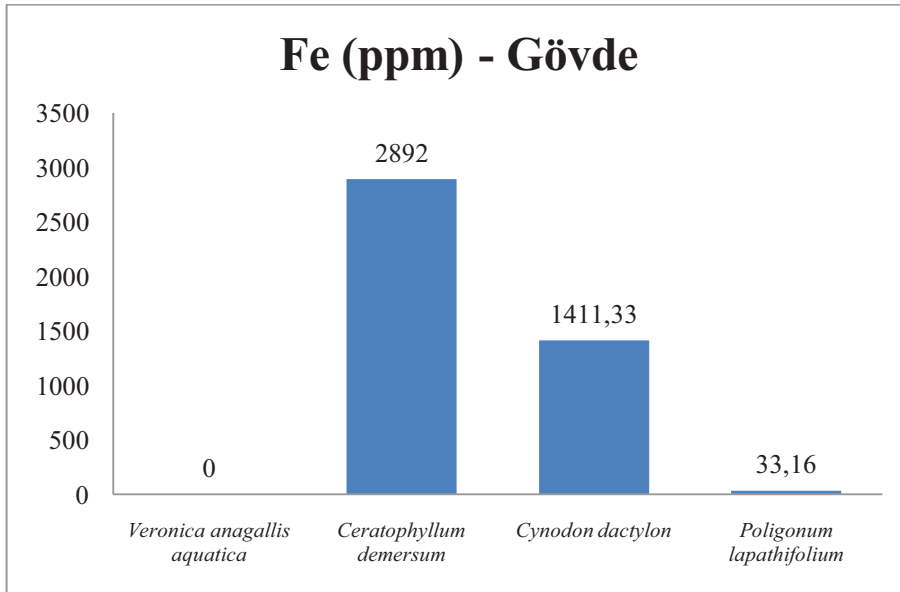
*C. demersum* L. türünün kökünde 7850 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 6893,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 9522,2 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 11733,3 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 12813,3 ppm demire rastlanmıştır (Şekil 16).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 2892 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 33,1 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 0 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 1411,3 ppm demire rastlanmıştır (Şekil 17).

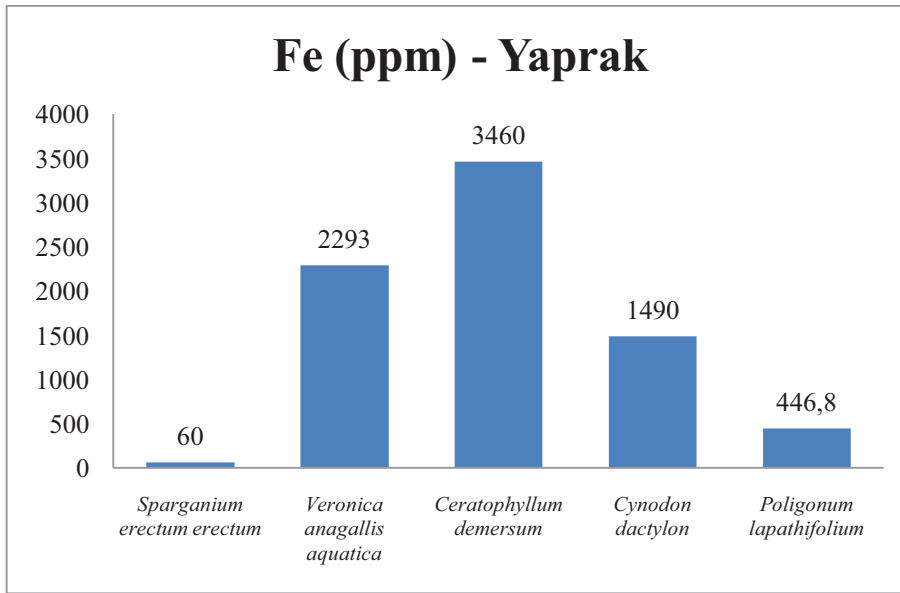
*C. demersum* L. türünün yaprağında 3460 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 60 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 446,8 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 2293 ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 1490 ppm demire rastlanmıştır (Şekil 18).



Şekil 16. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Fe miktarları.



Şekil 17. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Fe miktarları.



Şekil 18. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Fe miktarları.

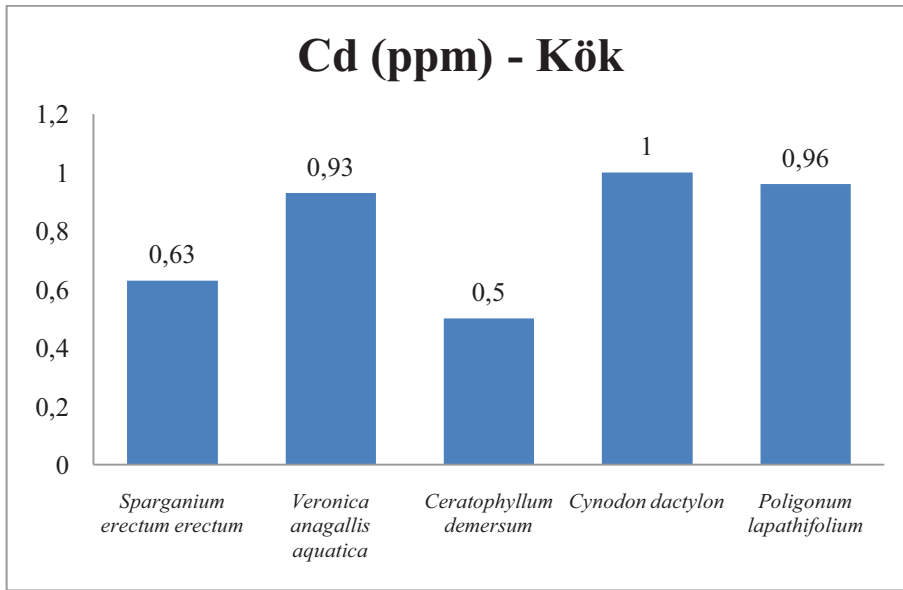
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan demirin ortalaması 0,72 ppm iken standart sapma 0,02 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 5. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kadmiyum (Cd) Miktarları

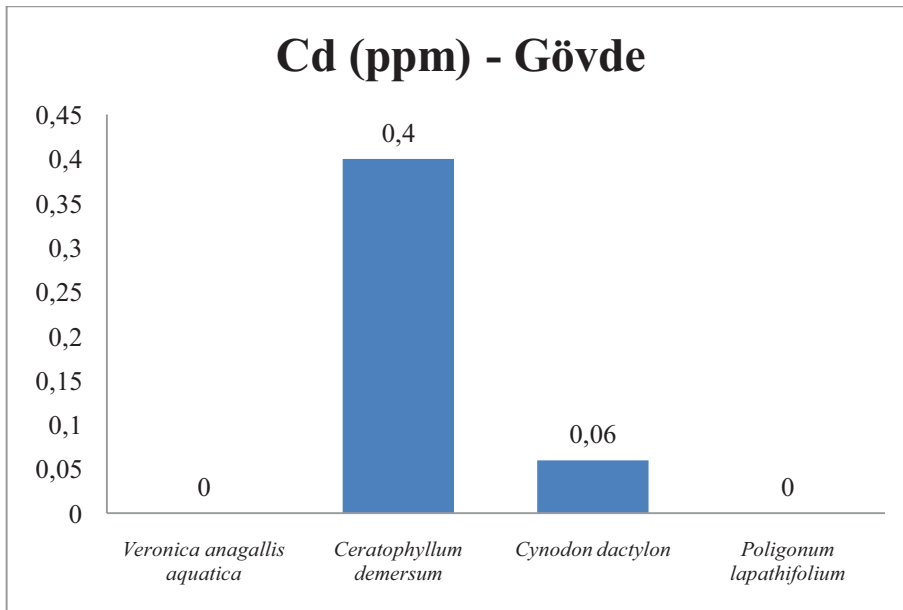
*C. demersum* L. türünün kökünde 20,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 10,7 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 26,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 20 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 26,6 ppm kadmiyuma rastlanmıştır (Şekil 19).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 0,4 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 0 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 0 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 0,06 ppm kadmiyuma rastlanmıştır (Şekil 20).

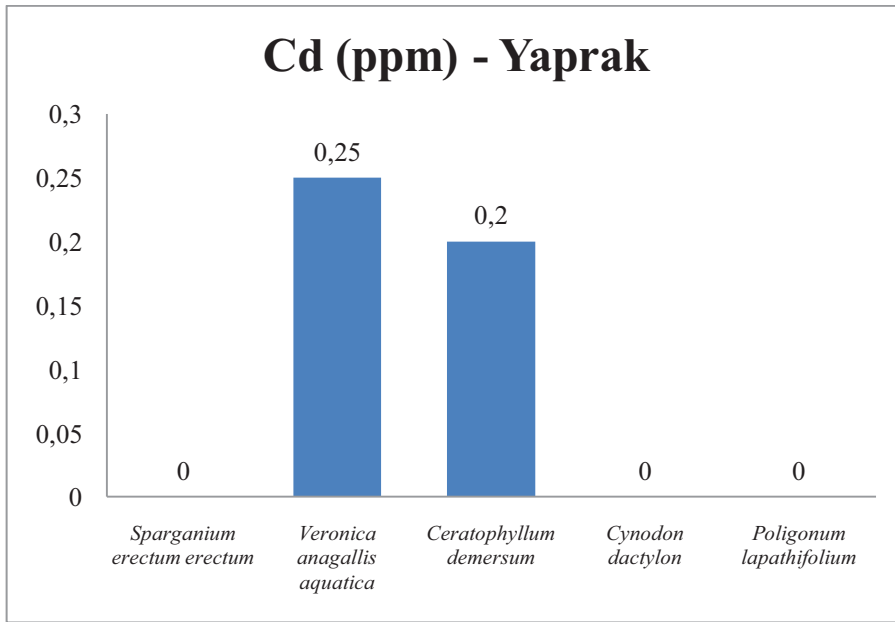
*C. demersum* L. türünün yaprağında 0,2 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 0 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 0,25 ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 0 ppm kadmiyuma rastlanmıştır (Şekil 21).



Şekil 19. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cd miktarları.



Şekil 20. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cd miktarları.



Şekil 21. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cd miktarları.

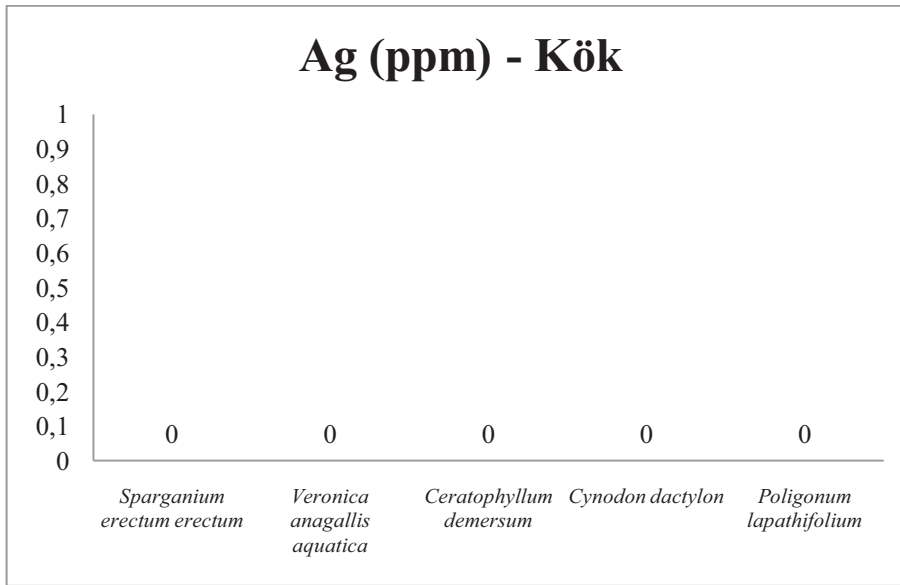
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan kadmiyumun ortalaması 0,025 ppm iken standart sapma 0,0007 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 6. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Gümüş (Ag) Miktarları

*C. demersum* L. türünün kökünde 0 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 0 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 0 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 0 ppm gümüşe rastlanmıştır (Şekil 22).

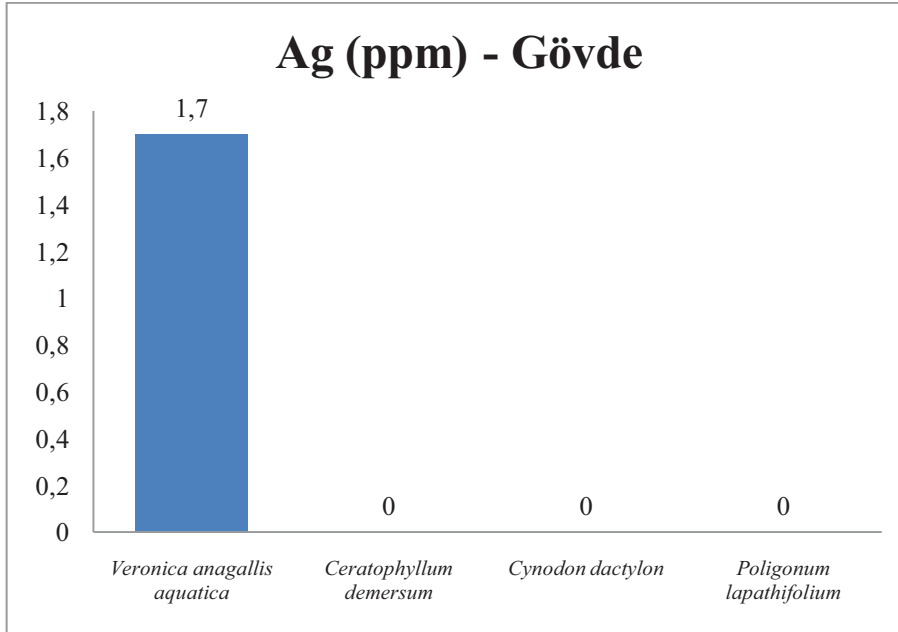
*C. demersum* L. türünün gövdesinde 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 0 ppm, *Veronica anagallis* L. türünün gövdesinde 1,7 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 0 ppm gümüşe rastlanmıştır (Şekil 23).

*C. demersum* L. türünün yaprağında 0 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 0 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 0 ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 0 ppm gümüşe rastlanmıştır (Şekil 24).

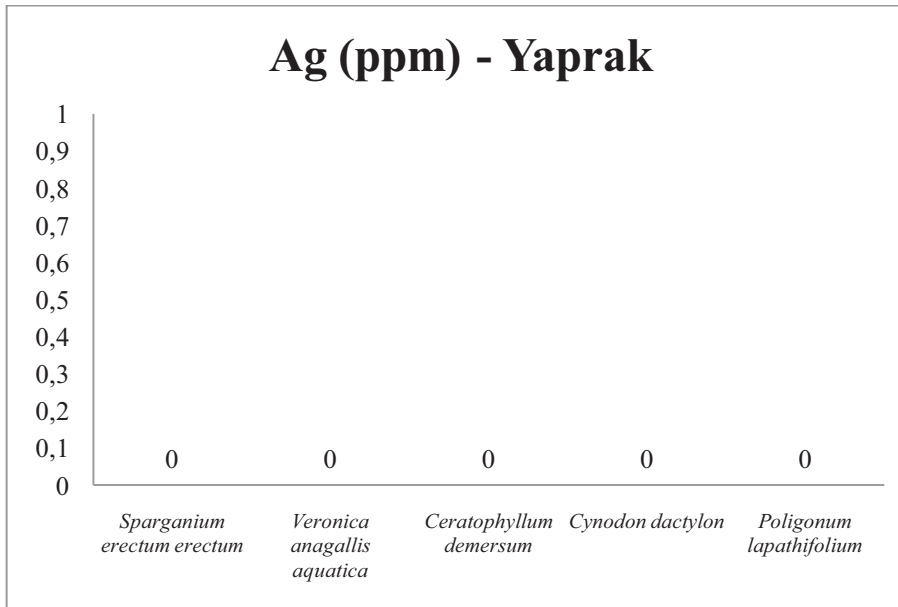


Şekil 22. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ag miktarları.





Şekil 23. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ag miktarları.



Şekil 24. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ag miktarları.

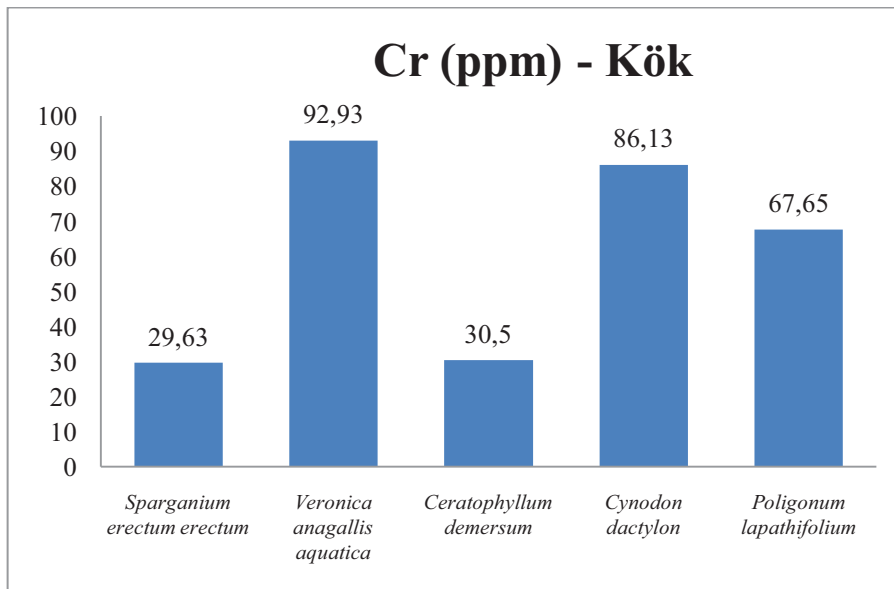
Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan gümüşün ortalaması 0 ppm iken standart sapma 0 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 7. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Krom (Cr) Miktarları

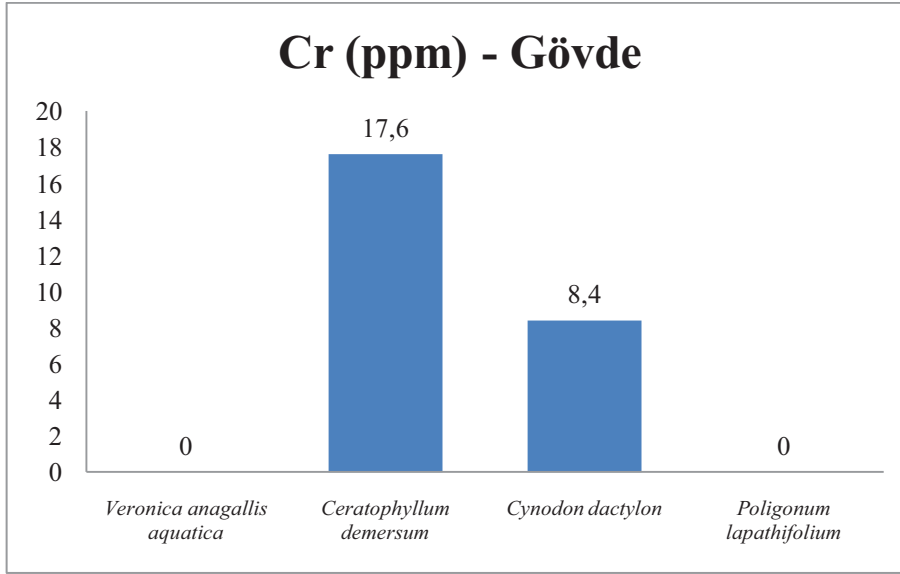
*C. demersum* L. türünün kökünde 30,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 29,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 65,6 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 92,9 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 86,1 ppm kroma rastlanmıştır (Şekil 25).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 17,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 0 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 0 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 8,4 ppm kroma rastlanmıştır (Şekil 26).

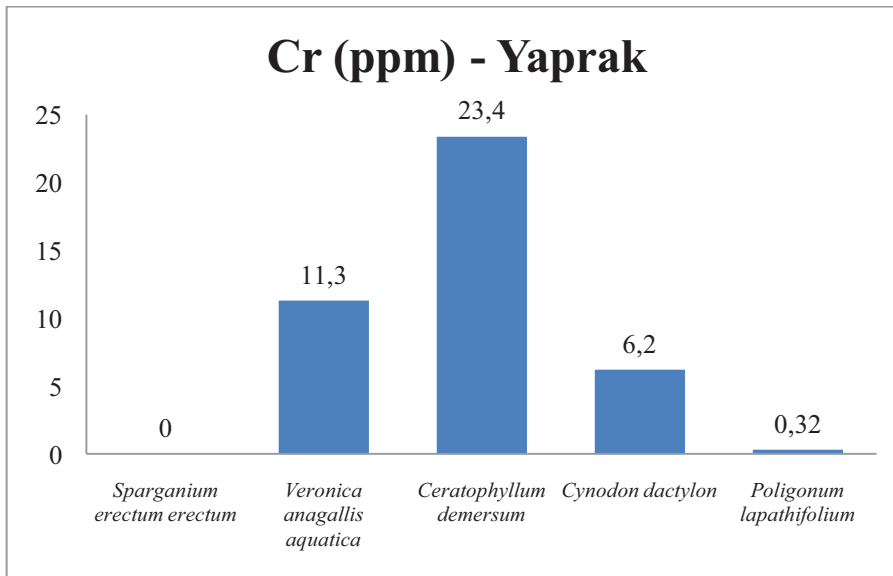
*C. demersum* L. türünün yaprağında 23,4 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 0,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 11,3 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 6,2 ppm kroma rastlanmıştır (Şekil 27).



Şekil 25. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Cr miktarları.



Şekil 26. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Cr miktarları.



Şekil 27. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Cr miktarları.

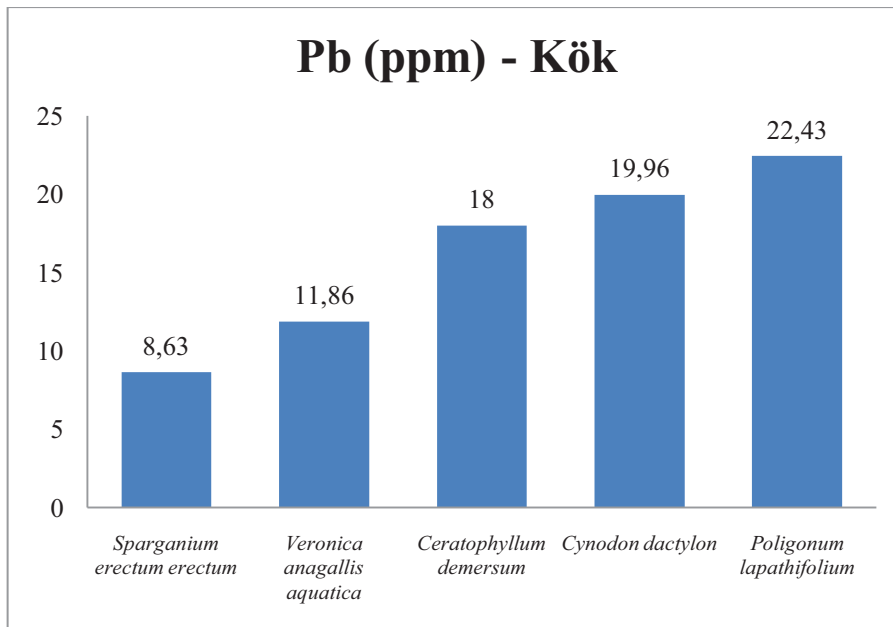
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan kromun ortalaması 0,0045 ppm iken standart sapma 0,0007 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 8. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kurşun (Pb) Miktarları

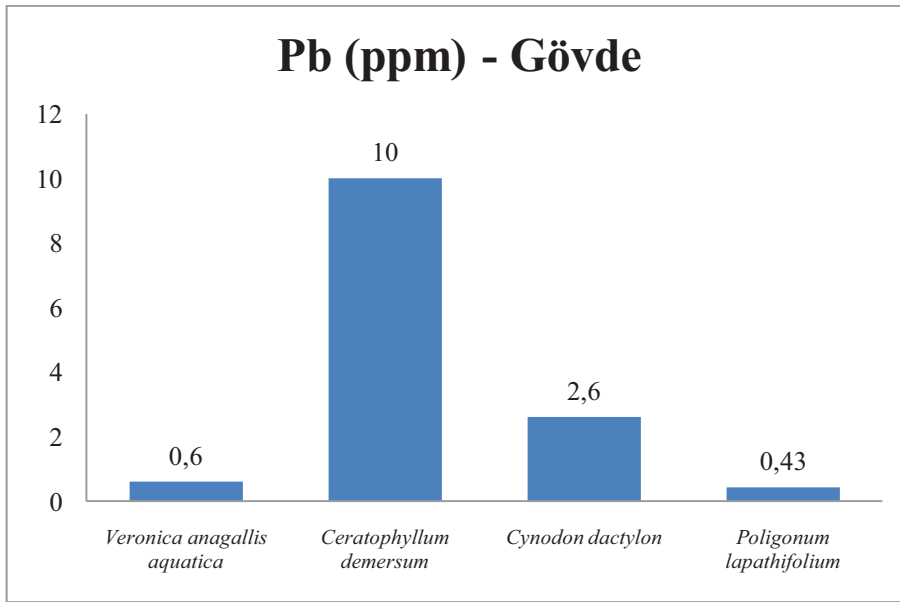
*C. demersum* L. türünün kökünde 18 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 8,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 22,4 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 11,8 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 19,9 ppm kurşuna rastlanmıştır (Şekil 28).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 10 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 0,4 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 0,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 2,6 ppm kurşuna rastlanmıştır (Şekil 29).

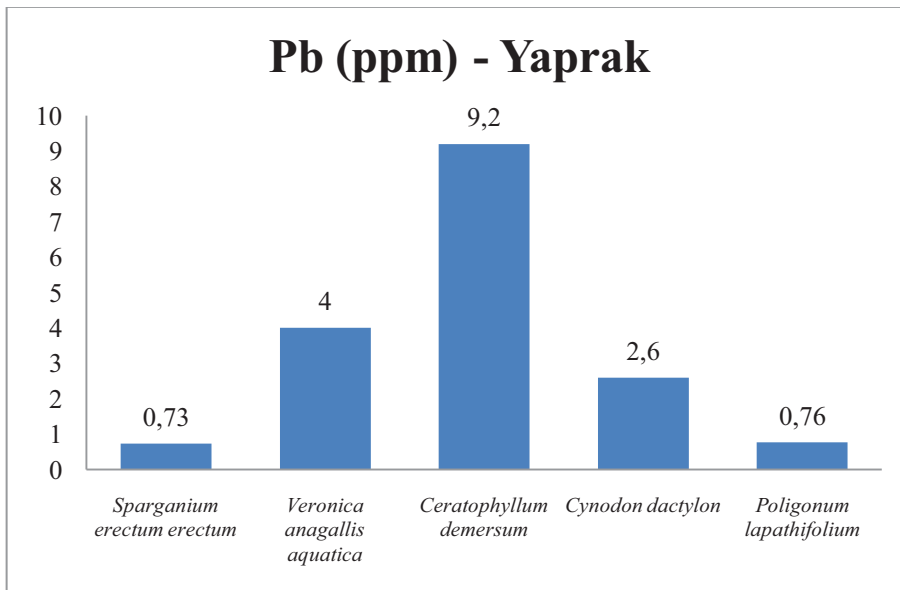
*C. demersum* L. türünün yaprağında 9,2 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 0,73 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 0,76 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 4 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 2,6 ppm kurşuna rastlanmıştır (Şekil 30).



Şekil 28. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Pb miktarları.



Şekil 29. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Pb miktarları.



Şekil 30. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Pb miktarları.

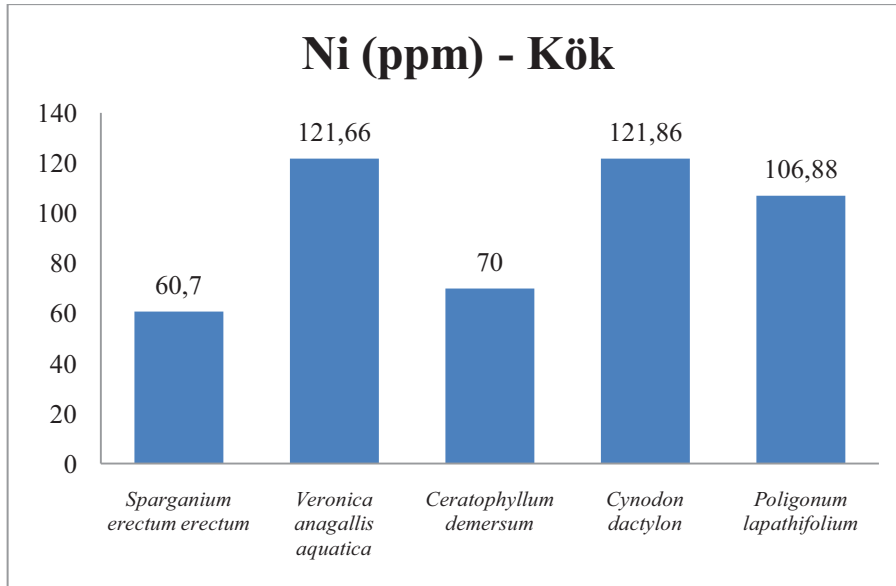
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan kurşunun ortalaması 0,018 ppm iken standart sapma 0,0014 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 9. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Nikel (Ni) Miktarları

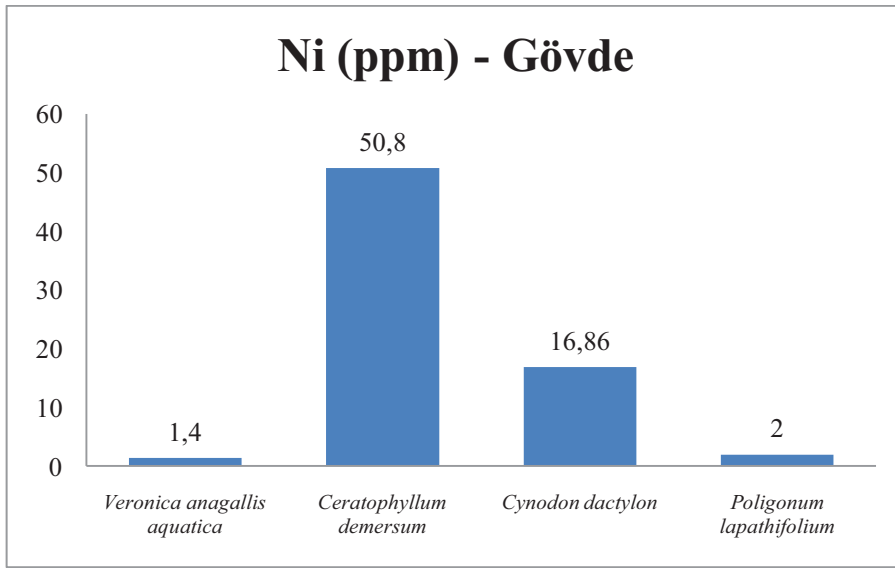
*C. demersum* L. türünün kökünde 70 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 60,7 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 106,8 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 121,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 121,8 ppm nikel rastlanmıştır (Şekil 31).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 50,8 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 2 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 1,4 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 16,8 ppm nikel rastlanmıştır (Şekil 32).

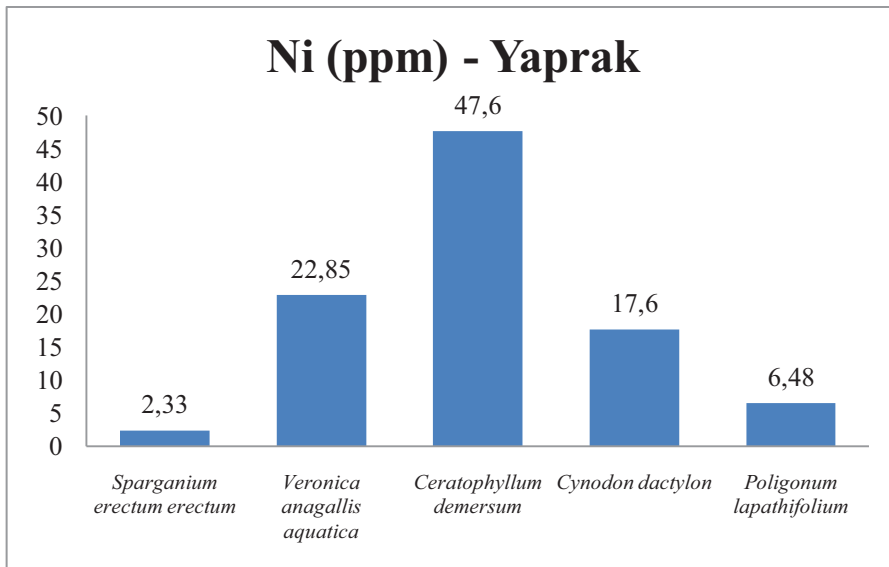
*C. demersum* L. türünün yaprağında 47,6 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 2,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 6,4 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 22,8 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 17,6 ppm nikel rastlanmıştır (Şekil 33).



Şekil 31. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ni miktarları.



Şekil 32. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ni miktarları.



Şekil 33. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ni miktarları.

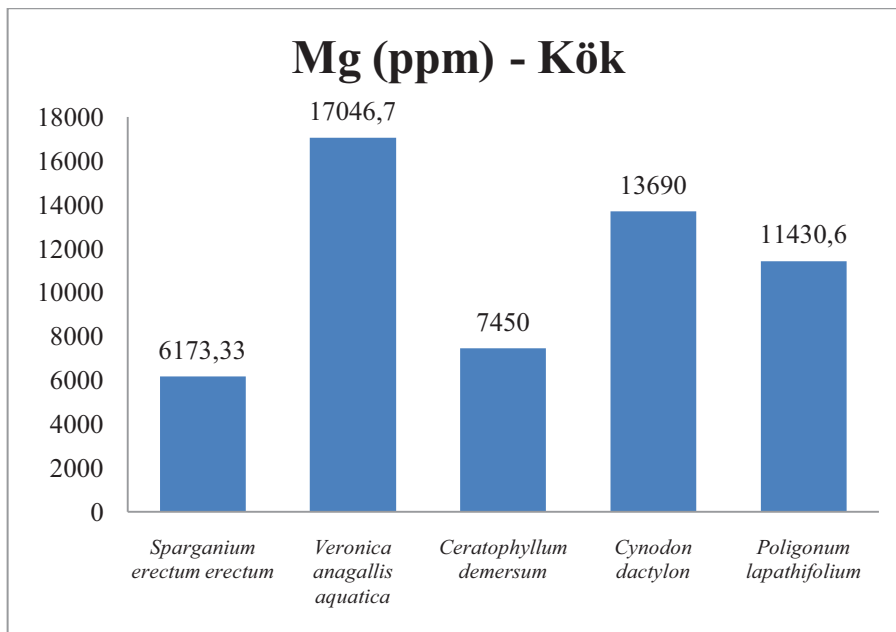
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan nikelin ortalaması 0,011 ppm iken standart sapma 0,0007 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 10. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Magnezyum (Mg) Miktarları

*C. demersum* L. türünün kökünde 7450 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 6173,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 11430,6 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 17046,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 13960 ppm magnezyuma rastlanmıştır (Şekil 34).

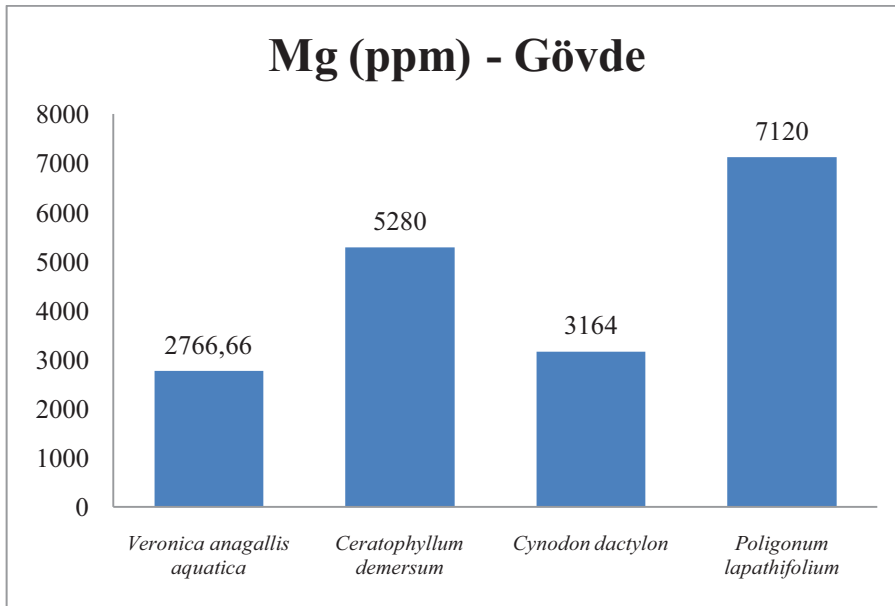
*C. demersum* L. türünün gövdesinde 5280 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 7120 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 2766,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 3164 ppm magnezyuma rastlanmıştır (Şekil 35).

*C. demersum* L. türünün yaprağında 5240 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 3040 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 9268 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 7735 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 5960 ppm magnezyuma rastlanmıştır (Şekil 36).

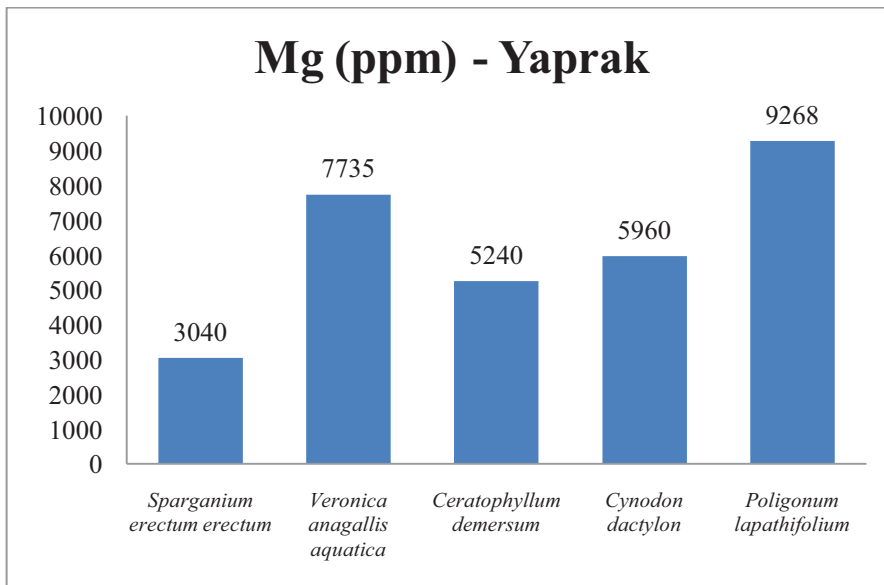


Şekil 34. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Mg miktarları.





Şekil 35. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Mg miktarları.



Şekil 36. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Mg miktarları.

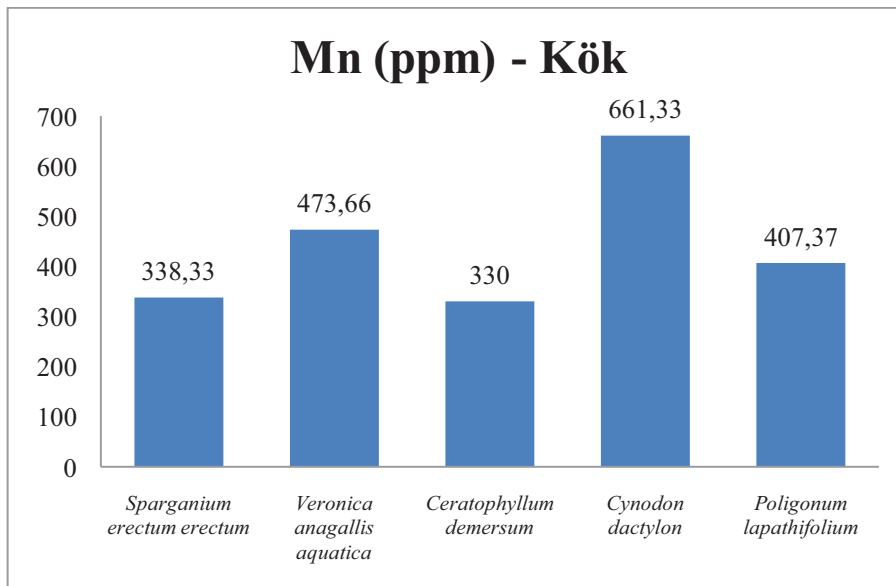
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan magnezyumun ortalaması 53,15 ppm iken standart sapma 0,212 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 11. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Mangan (Mn) Miktarları

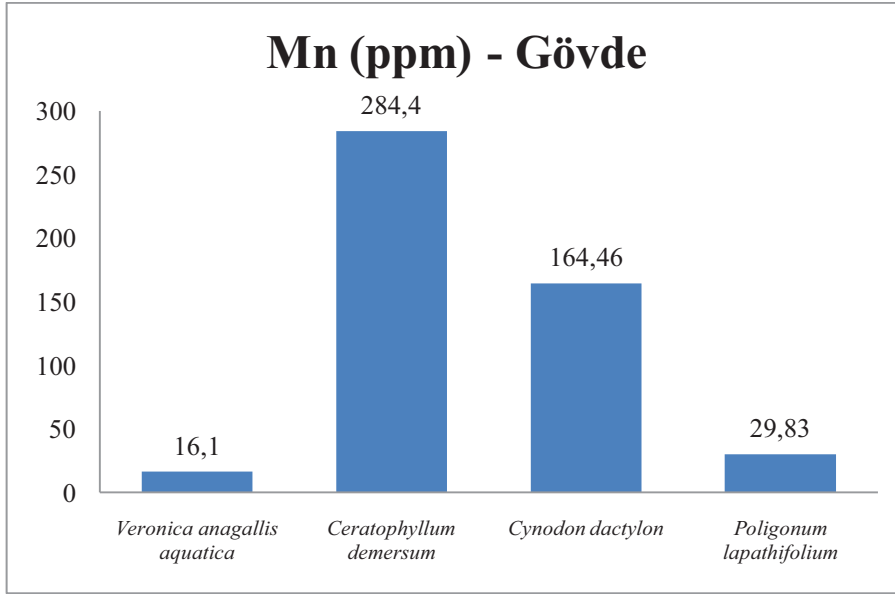
*C. demersum* L. türünün kökünde 330 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 338,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 407,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 473,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 661,3 ppm mangana rastlanmıştır (Şekil 37).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 248,4 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 29,8 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 16,1 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 164,4 ppm mangana rastlanmıştır (Şekil 38).

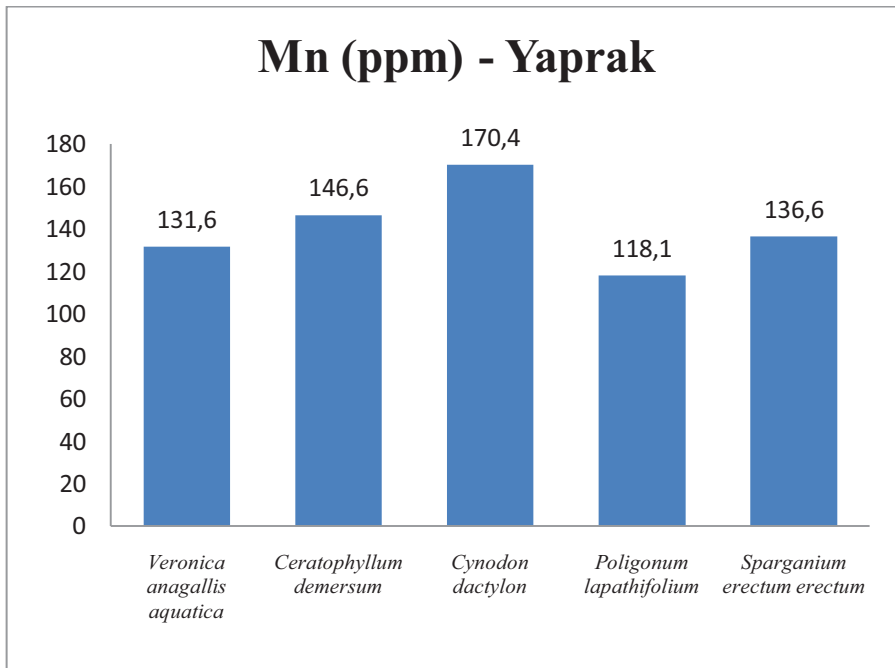
*C. demersum* L. türünün yaprağında 146,6 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 136,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 118,1 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 131,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 170,4 ppm mangana rastlanmıştır (Şekil 39).



Şekil 37. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Mn miktarları.



Şekil 38. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Mn miktarları.



Şekil 39. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Mn miktarları.

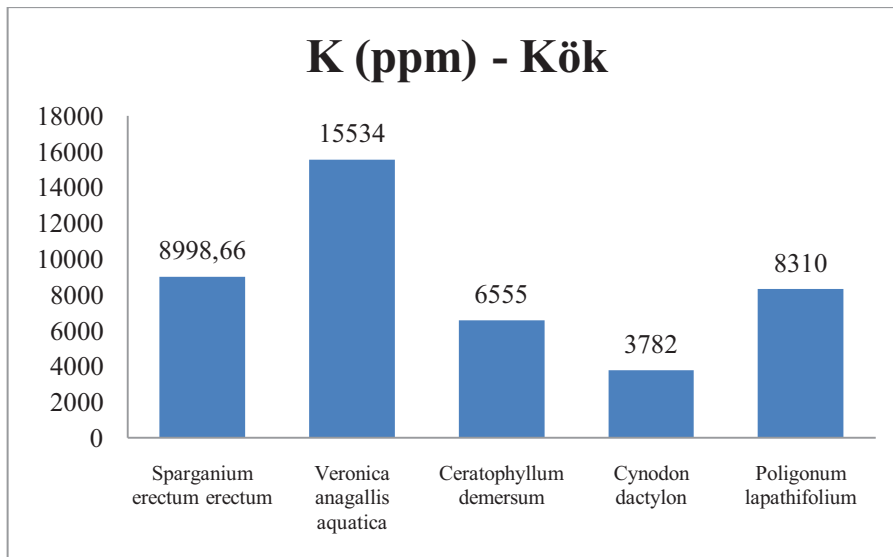
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan manganın ortalaması 0,014 ppm iken standart sapma 0 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 12.Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Potasyum (K) Miktarları

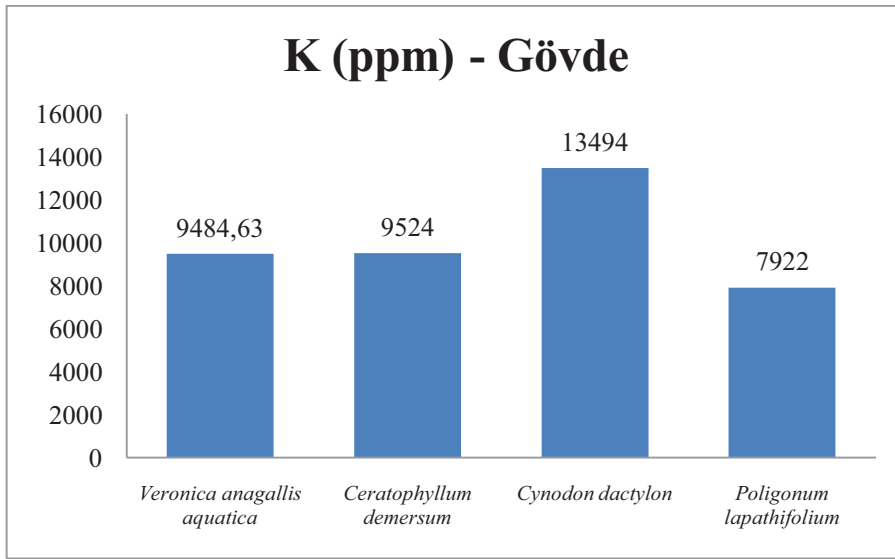
*C. demersum* L. türünün kökünde 6555 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 8998,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 8310 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 15534 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 3782 ppm potasyuma rastlanmıştır (Şekil 40).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 9524 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 7922 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 9484,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 13494 ppm potasyuma rastlanmıştır (Şekil 41).

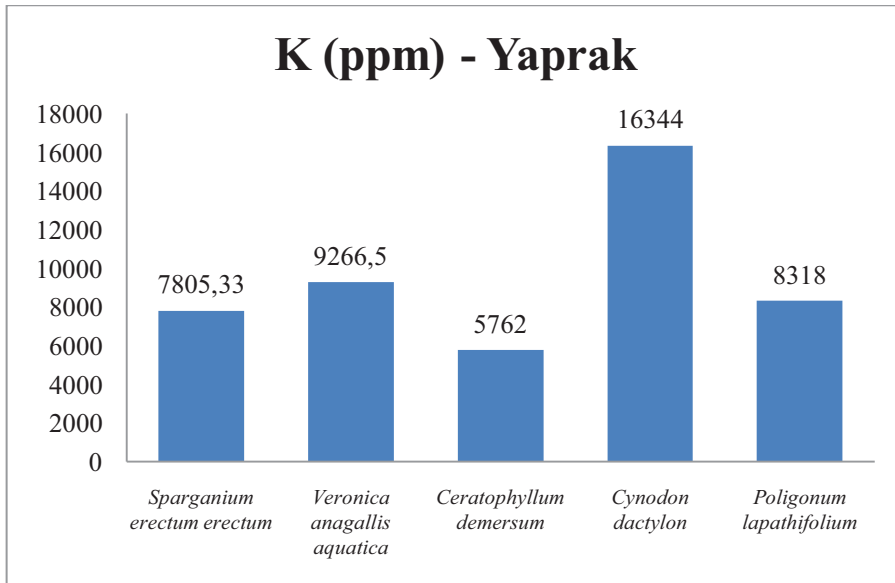
*C. demersum* L. türünün yaprağında 5762 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 7805,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 8318 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 9266,5 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 16344 ppm potasyuma rastlanmıştır (Şekil 42).



Şekil 40. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki K miktarları.



Şekil 41. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki K miktarları.



Şekil 42. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki K miktarları.

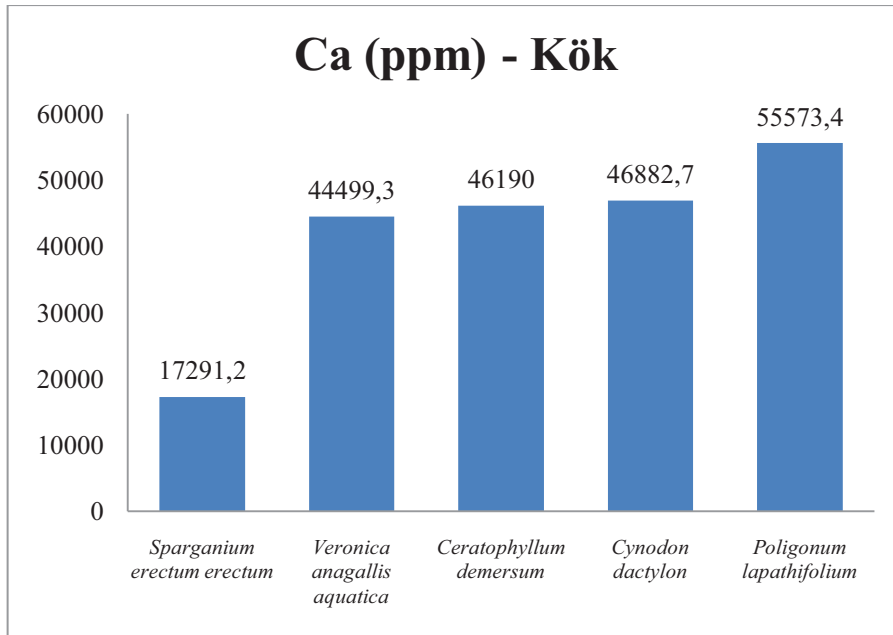
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan potasyumun ortalaması 6,365 ppm iken standart sapma 0,063 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 13. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kalsiyum (Ca) Miktarları

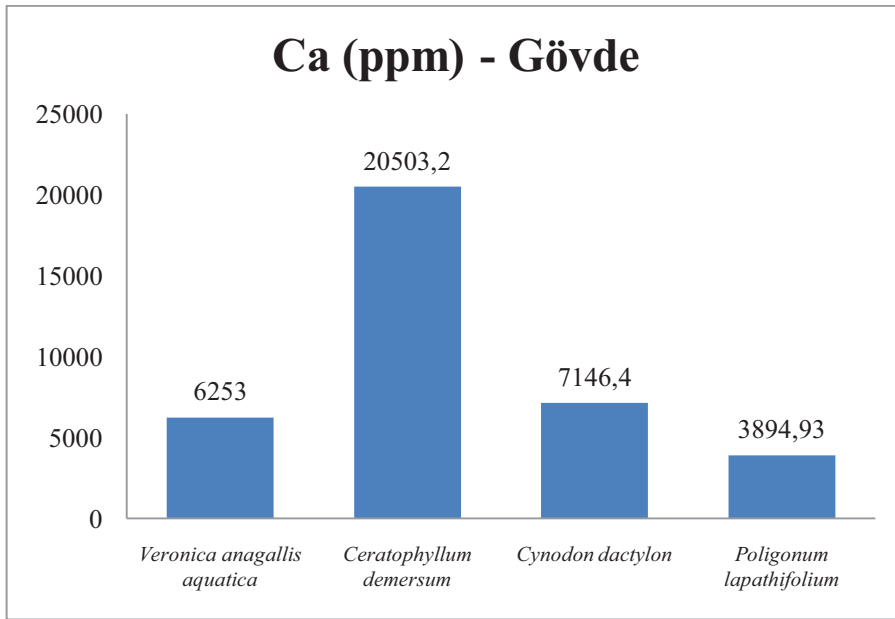
*C. demersum* L. türünün kökünde 46190 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 17291,2 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 55573,4 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 44449,3 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 46882,6 ppm kalsiyuma rastlanmıştır (Şekil 43).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 20503,2 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 3894,9 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 6253 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 7146,4 ppm kalsiyuma rastlanmıştır (Şekil 44).

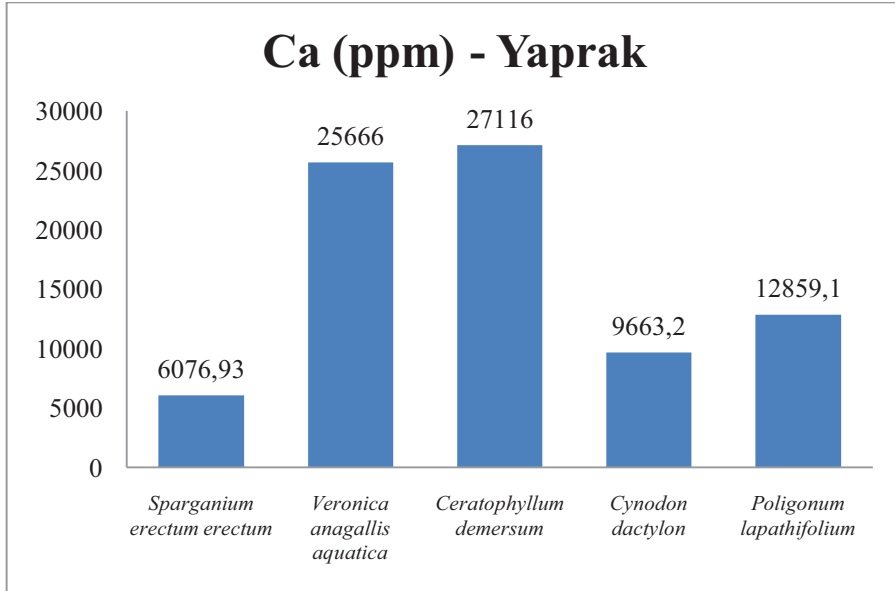
*C. demersum* L. türünün yaprağında 27116 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 6074,9 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 12859,1 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 25666 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 9663,2 ppm kalsiyuma rastlanmıştır (Şekil 45).



Şekil 43. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Ca miktarları.



Şekil 44. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Ca miktarları.



Şekil 45. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Ca miktarları.

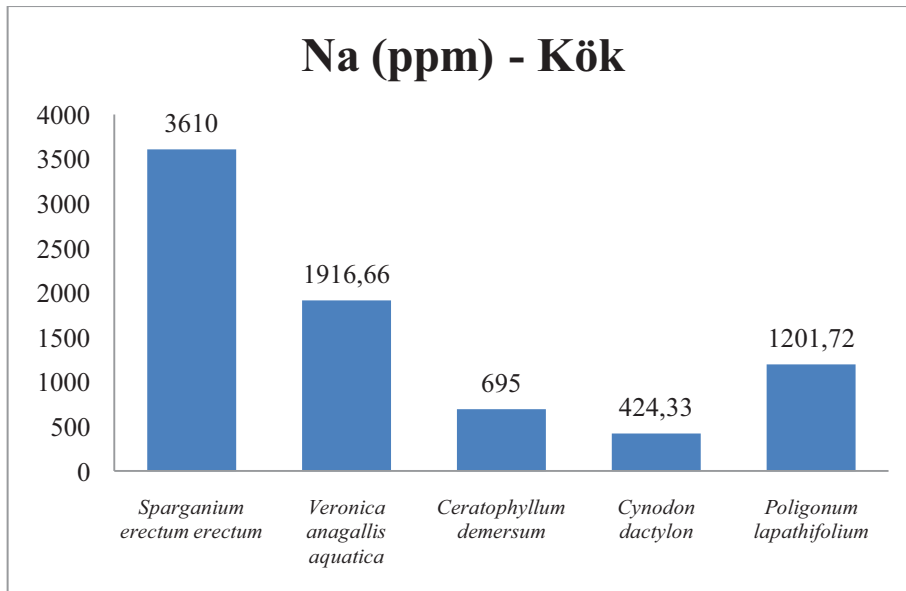
Aynı aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan kalsiyumun ortalaması 66,7 ppm iken standart sapma 4,7 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 14. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Sodyum (Na) Miktarları

*C. demersum* L. türünün kökünde 695 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 3610 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 1201,7 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 1916,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 424,3 ppm sodyuma rastlanmıştır (Şekil 46).

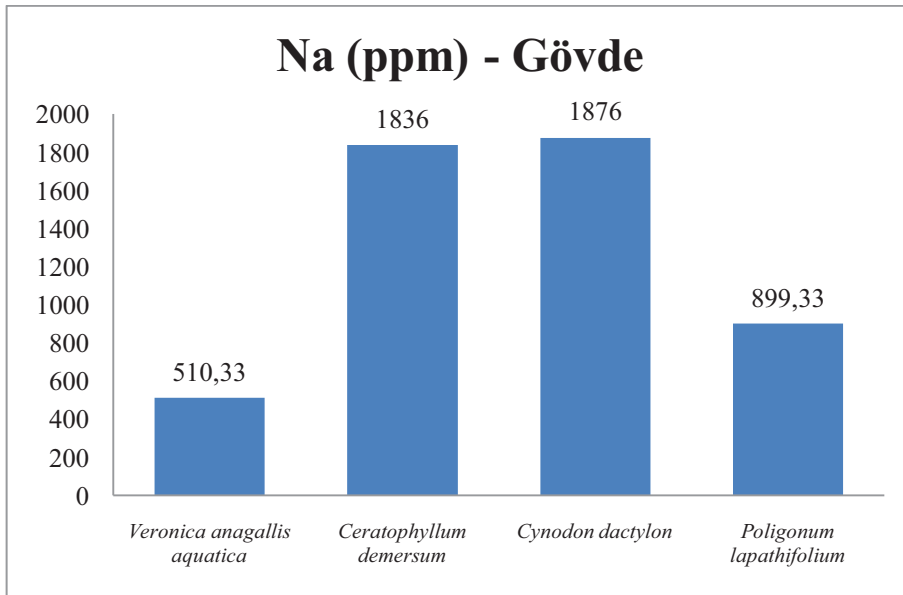
*C. demersum* L. türünün gövdesinde 1836 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 899,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 510,3 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 1876 ppm sodyuma rastlanmıştır (Şekil 47).

*C. demersum* L. türünün yaprağında 1222 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 4433,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 146,6 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 146,6 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 1432 ppm sodyuma rastlanmıştır (Şekil 48).

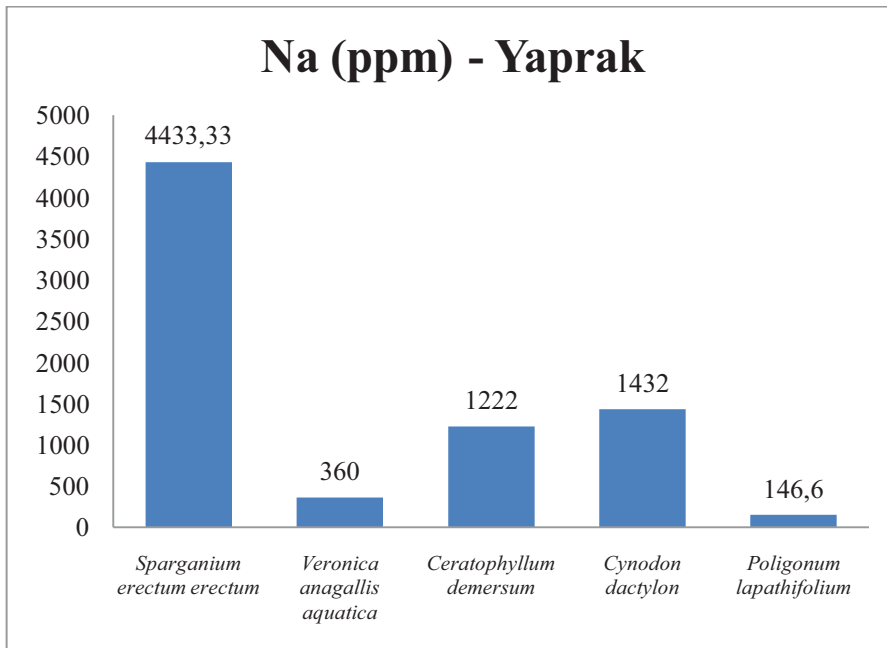


Şekil 46. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Na miktarları.





Şekil 47. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Na miktarları.



Şekil 48. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Na miktarları.

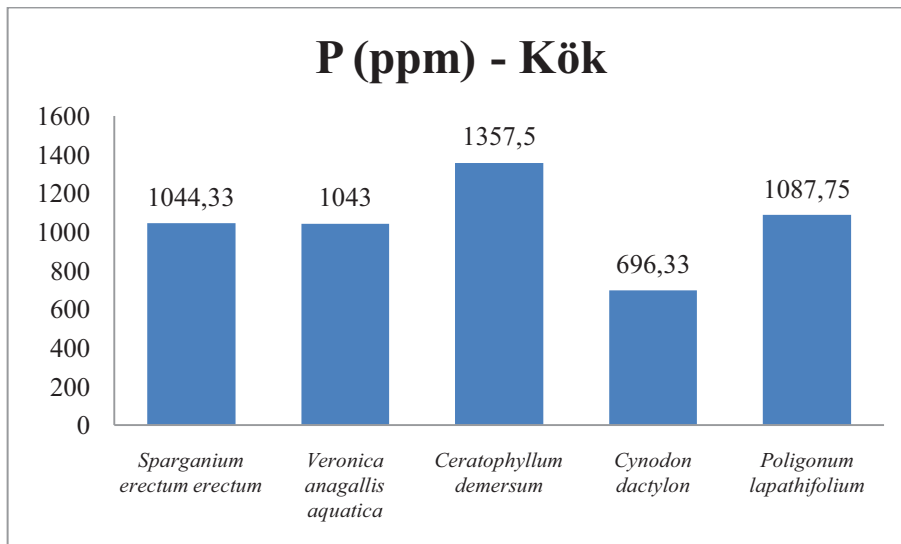
Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan sodyumun ortalaması 33,2 ppm iken standart sapma 0,1 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 15. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Fosfor (P) Miktarları

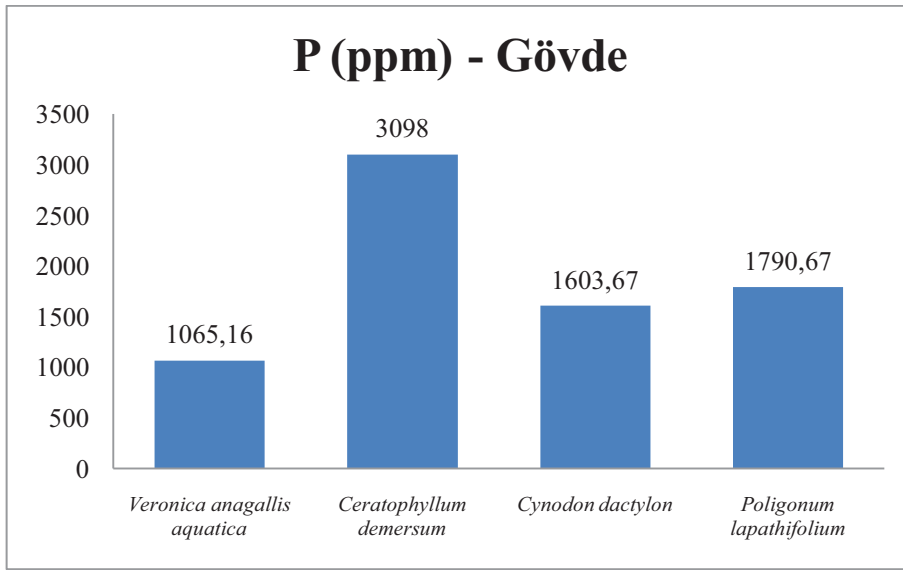
*C. demersum* L. türünün kökünde 1357,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 1044,3 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 1087,7 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 1043 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 696,3 ppm fosfora rastlanmıştır (Şekil 49).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 3098 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 1790,6 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 1065,1 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 1603,6 ppm fosfora rastlanmıştır (Şekil 50).

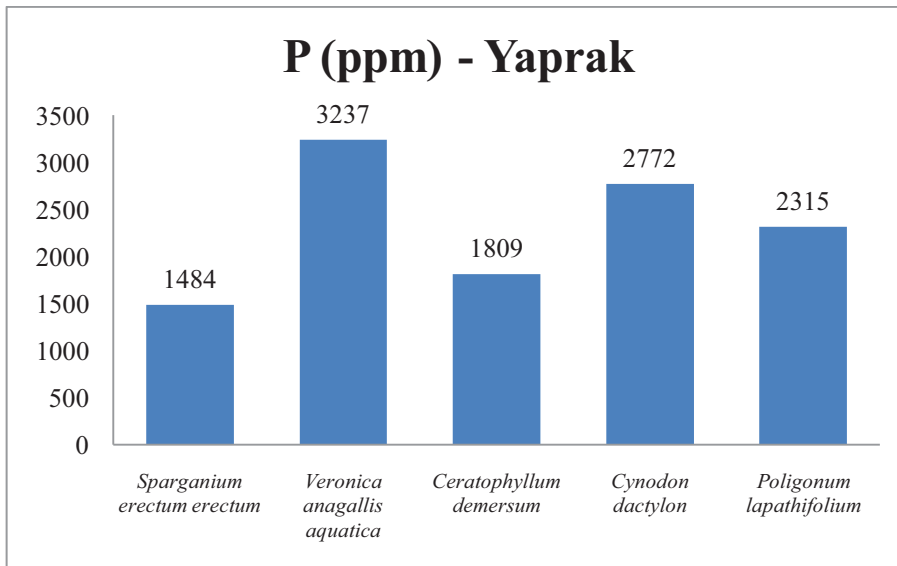
*C. demersum* L. türünün yaprağında 1809 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 1484 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 2315 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 3237 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 2772 ppm fosfora rastlanmıştır (Şekil 51).



Şekil 49. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki P miktarları.



Şekil 50. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki P miktarları.



Şekil 51. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki P miktarları.

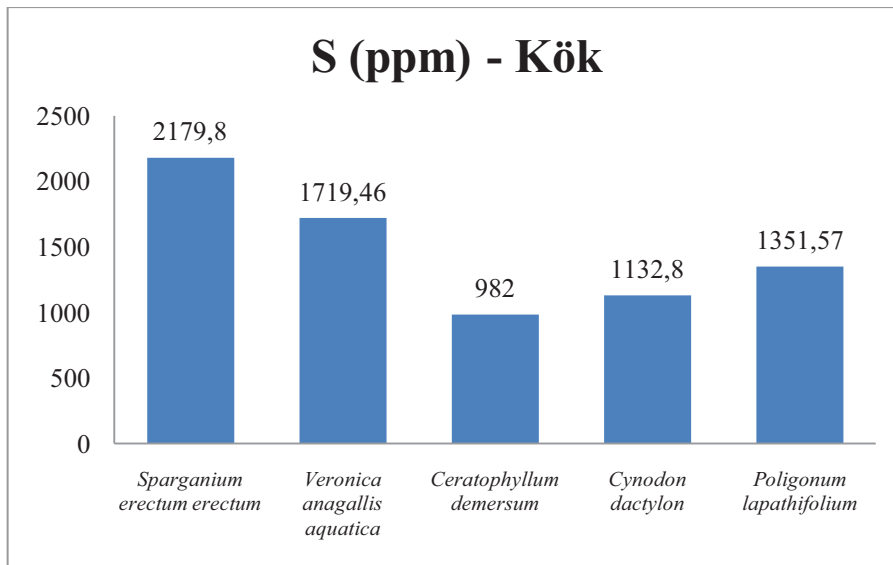
Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan fosforun ortalaması 0,293 ppm iken standart sapma 0,002 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3. 16. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Kükürt (S) Miktarları

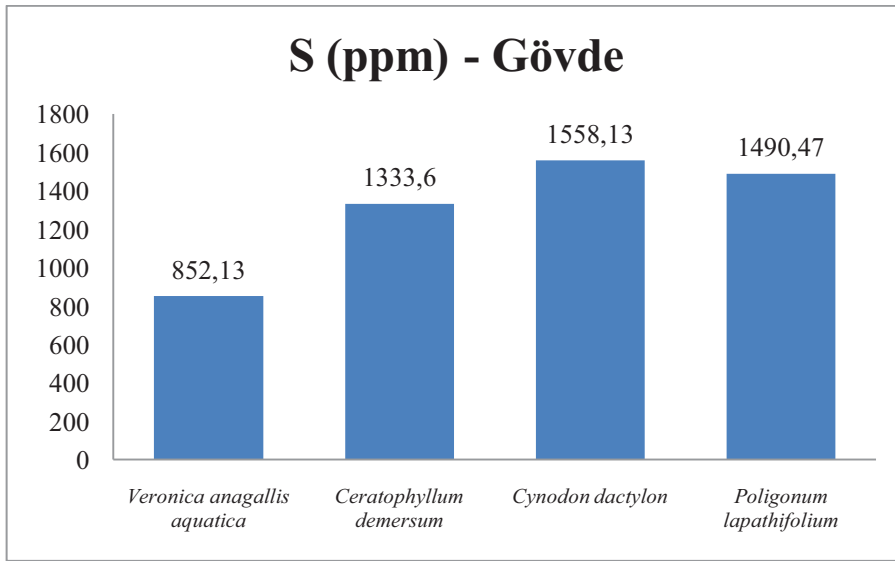
*C. demersum* L. türünün kökünde 982 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 2179,8 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 1351,5 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 1719,4 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 1132,8 ppm kükürte rastlanmıştır (Şekil 52).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 1333,6 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 1490,4 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 852,1 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 1558,1 ppm kükürte rastlanmıştır (Şekil 53).

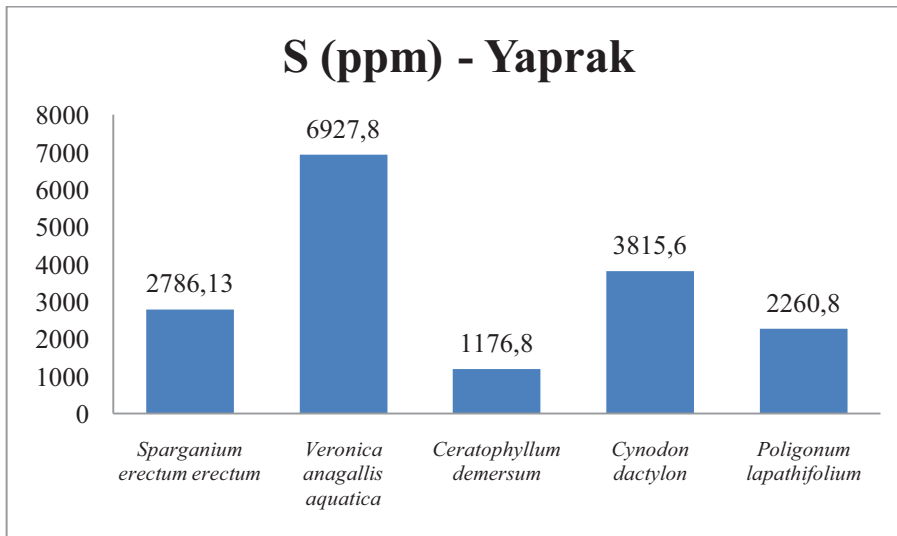
*C. demersum* L. türünün yaprağında 1176,8 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 2786,1 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 2260,8 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 6927,8 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 3815,6 ppm kükürte rastlanmıştır (Şekil 54).



Şekil 52. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki S miktarları.



Şekil 53. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki S miktarları.



Şekil 54. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki S miktarları.

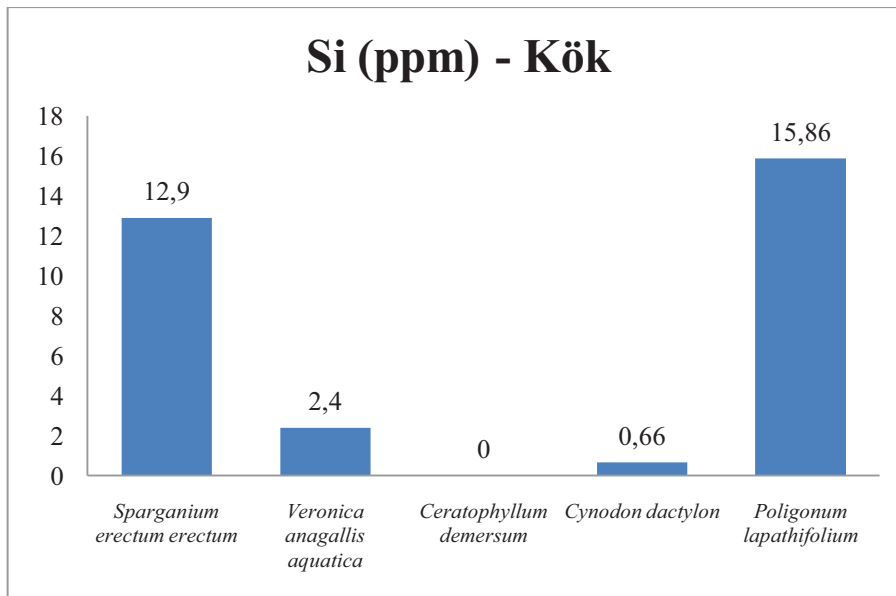
Yine aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan kükürdün ortalaması 19,65 ppm iken standart sapma 0,07 ppm olarak hesaplanmıştır.

### 3.17. Çalışmada Kullanılan Bitkilerde ve Su Örneklerinde Bulunan Silisyum (Si) Miktarları

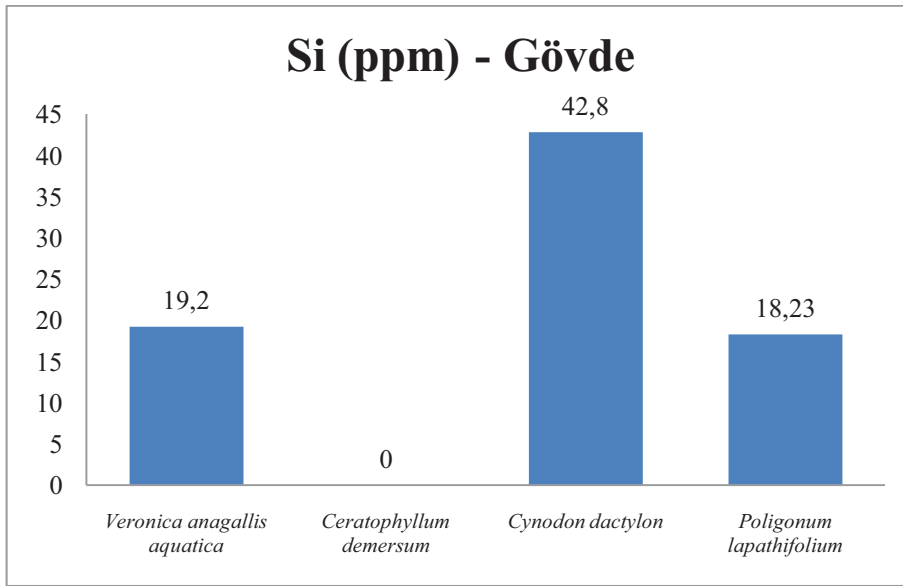
*C. demersum* L. türünün kökünde 0 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 12,9 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 15,8 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 2,4 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 0,6 ppm silisyuma rastlanmıştır (Şekil 55).

*C. demersum* L. türünün gövdesinde 0 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün gövdesinde 18,2 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün gövdesinde 19,2 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 42,8 ppm silisyuma rastlanmıştır (Şekil 56).

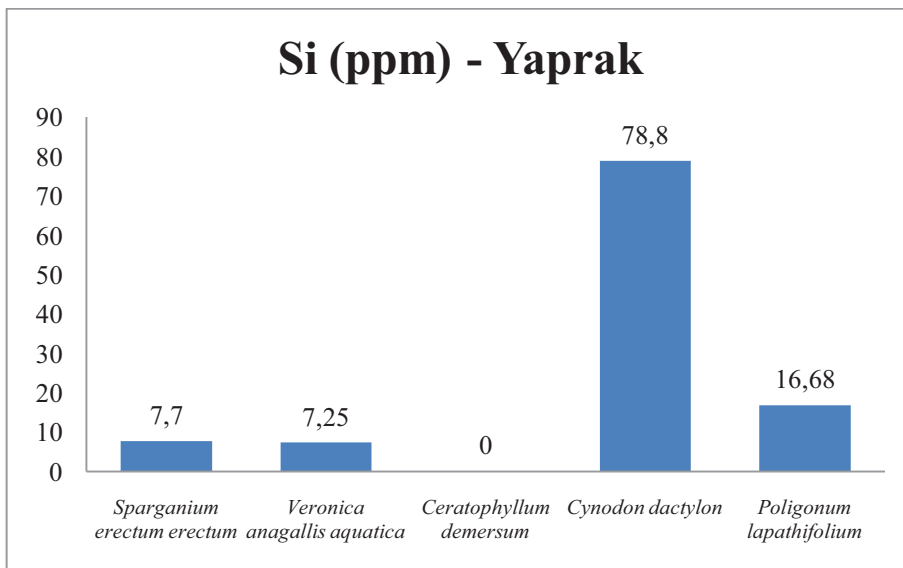
*C. demersum* L. türünün yaprağında 0 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün yaprağında 7,7 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün yaprağında 16,6 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 7,2 ppm ve *C. dactylon* L. türünün yaprağında ise 78,8 ppm silisyuma rastlanmıştır (Şekil 57).



Şekil 55. Çalışılan bitkilerin kök bölgesindeki Si miktarları.



Şekil 56. Çalışılan bitkilerin gövde bölgesindeki Si miktarları.



Şekil 57. Çalışılan bitkilerin yaprak bölgesindeki Si miktarları.

Aynı noktadan alınan su örneklerinde bulunan silisyumun ortalaması 12,1 ppm iken standart sapma 0,4 ppm olarak hesaplanmıştır.

*S. erectum* subsp. *eectum* L., *P. lapathifolium* L., *C. dactylon* L., *V. anagallis-aquatica* L. ve *C. demersum* L. örneklerinin çeşitli organlarında saptanan ağır metal miktarları Tablo 1'de topluca verilmiştir.



Tablo 1. Çalışmada kullanılan bitkilerin organlarındaki ağır metal birikimleri

Elementin Adı	<i>Sparganium erectum erectum</i>		<i>Veronica anagallis aequatica</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i>		<i>Cynodon dactylon</i>		<i>Polygonum lapathifolium</i>					
	Kök	Yaprak	Kök	Gövde	Yaprak	Gövde	Yaprak	Kök	Gövde	Yaprak	Kök	Gövde	Yaprak	
Al (ppm)	3370	52,96	14273,3	60,1	14273,3	3730	2152	2700	13043,33	1453,33	1576	8316,07	48,3667	350
Ca (ppm)	17291,2	6074,93	44449,3	6253	25666	46190	20503,2	27116	46882,67	7146,4	9663,2	55573,4	3894,93	12859,1
Fe (ppm)	6893,33	60	11733,3	0	2293	7850	2892	3460	12813,33	1411,33	1490	9522,24	33,1667	446,8
K (ppm)	8998,66	7805,33	15534	9484,6	9266,5	6555	9524	5762	3782	13494	16344	8310	7922	8318
Mg (ppm)	6173,333	3040	17046,7	2766,7	7735	7450	5280	5240	13690	3164	5960	11430,6	7120	9268
Na (ppm)	3610	4433,33	1916,66	510,33	360	695	1836	1222	424,3333	1876	1432	1201,72	899,333	146,6
P (ppm)	1044,33	1484	1043	1065,2	3237	1357,5	3098	1809	696,3333	1603,667	2772	1087,75	1790,67	2315
S (ppm)	2179,8	2786,13	1719,46	852,13	6927,8	982	1333,6	1176,8	1132,8	1558,133	3815,6	1351,57	1490,47	2260,8
Si (ppm)	12,9	7,7	2,4	19,2	7,25	0	0	0	0,666667	42,8	78,8	15,8667	18,2333	16,68
Zn (ppm)	26,53333	6,13333	40,86	11,96	37,55	50,5	41,2	39,2	49,33333	42,4	36,6	66,2634	35,4667	28,72
Ag (ppm)	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cd (ppm)	0,63	0	0,93	0	0,25	0,5	0,4	0,2	1	0,066667	0	0,96667	0	0
Cr (ppm)	29,63	0	92,93	0	11,3	30,5	17,6	23,4	86,13333	8,4	6,2	65,67	0	0,32
Cu (ppm)	10,73	2	20,06	5,2	11,55	20,5	13,2	14,6	26,63333	8,333333	7,2	26,3514	1,46667	2,88
Mn (ppm)	338,33	136,66	473,66	16,1	131,65	330	284,4	146,6	661,3333	164,4667	170,4	407,377	29,8333	118,12
Ni (ppm)	60,7	2,33	121,66	1,4	22,85	70	50,8	47,6	121,8667	16,86667	17,6	106,88	2	6,48
Pb (ppm)	8,63	0,73	11,86	0,6	4	18	10	9,2	19,96667	2,6	2,6	22,4399	0,43333	0,76

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ve sudaki ağır metal seviyeleri tablo 2’de verilmiştir. Bu tabloya göre Eskişehir-Alpu yolu üzerindeki Porsuk Çayının 1. Kanal lokalitesinden alınan su örnekleri değerlendirildiğinde; içerdiği Cd, Al ve Na miktarları açısından IV. sınıf, Hg miktarı açısından III. sınıf, Cu ve Fe miktarı açısından II. sınıf ve Pb, Cr, Ni, Zn, Mn, B ve S miktarı açısından ise I. sınıf su kalitesine sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ve sudaki ağır metal seviyeleri (URL:7).

SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV	Ortalama değer(µg/l)	Standart Sapma(µg/l)
<b>İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>						
Civa(mikro g Hg/l)	0,1	0,5	2	2	-	-
Kadmiyum (mikro g Cd/l)	3	5	10	10	25	0,7
Kurşun (mikro g Pb/l)	10	20	50	50	18	1,4
Bakır (mikro g Cu/l)	20	50	200	200	70	0
Krom (mikro g Cr/l)	20	50	200	200	4,5	0,7
Nikel (mikro g Ni/l)	20	50	200	200	11	0,7
Çinko (mikro g Zn/l)	200	500	2000	2000	30	0,7
Demir (mikro g Fe/l)	300	1000	5000	5000	720	20
Mangan (mikro g Mn/l)	100	500	3000	3000	14	0
Bor (mikro g B/l)	1000	1000	1000	1000	-	-
Selenyum (mikro g Se/l)	10	10	20	20	-	-
Gümüş(mikro g Ag/l)	-	-	-	-	0	0
Aluminyum (mikro g Al/l)	0,3	0,3	1	1	103	20
Magnezyum (mikro g Mg/l)	-	-	-	-	53,15	0,212
Potasyum (mikro g K/l)	-	-	-	-	6,365	0,063
Kalsiyum (mikro g Ca/l)	-	-	-	-	66,7	4,7
Fosfor (mikro g P/l)	-	-	-	-	0,29	0,02
Kükürt (mikro g S/l)	-	-	-	-	19,65	0,07
Silisyum (mikro g Si/l)	-	-	-	-	12,1	0,4
<b>Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler</b>						
Sodyum (mg Na/l)	125	125	250	≥250	33200	100

Sınıf I: Yüksek kaliteli su

Sınıf II: Az kirlenmiş su

Sınıf III: Kirli su

Sınıf IV: Çok kirlenmiş su

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada; Porsuk Çayı Kanal 1 suyundan alınan bitki örneklerindeki makro ve makrobesi elementlerinin birikiminin saptanması ve bu bitkilerin ileride oluşturulabilecek yapay sulak alanlarda kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla Eskişehir-Alpu yolu üzerindeki Porsuk Çayı'nın 1. Kanal lokalitesinden sucul habitatta yaşayan *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Ceratophyllum demersum* L., *Poligonum lapathifolium* L., *Cynodon dactylon* L. ve *Veronica anagallis-aquatica* L. türlerine ait örnekler 23.06.2009 tarihinde toplanmıştır. Ayrıca aynı noktadan su örneği alınarak kimyasal analize tabi tutulmuştur. Birçok araştırmacı, ağır metal kirliliğinin bitkiler tarafından akümüülasyonu üzerine çalışmalar yapmıştır.

Yapılan benzer çalışmalarda, Ocak vd. (2002) tarafından Porsuk Çayı suyunun bazı tarım bitkileri (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf., *Hordeum vulgare* L., *Cicer arietinum* L., *Phaseolus vulgaris* L.) üzerindeki morfolojik ve ekotoksikolojik etkileri ile sudan kaynaklanan bazı ağır metal (Fe, Zn, Cd, Ni, Pb ve Cr) içerikleri araştırılmıştır ve sonucunda deney bitkilerinde büyüme ve çimlenme oranlarının, kontrol bitkilerine göre ilk 16 günde daha yüksek olduğu bulunmuştur. *Triticum aestivum* ve *Phaseolus vulgaris*'de ağır metal birikiminin (Ni ve Cr) kontrol bitkilerine göre oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ağır metal içeriklerine bakıldığında fasülye ve buğday kontrol bitkilerinin krom içerikleri düşük olmasına rağmen Porsuk Çayı suyu ile sulananlarda yüksek birikim olduğu gözlenmektedir. Bu birikimin kaynağı ise yörede bulunan metal işlem sanayilerinin atık suları olduğu tespit edilmiştir. Nikel ve kurşun miktarlarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Nikel ve kromla kaplama yapan endüstrilerin bölgede varlığı bu şekilde sonuçların alınmasında en önemli etmenler olduğu vurgulanmıştır. Kadmiyum birikimi ise hiçbir bitkide gözlenmemiştir. Demir ve çinko miktarları incelendiğinde toksik etkiye neden olabilecek sınırların altında olduğu tespit edilmiştir. Yapılmış olan çalışmanın sonucu çalışmamızla karşılaştırıldığında Porsuk Çayı suyundan alınan *T. aestivum* L. ve *P. vulgaris* L'nin nikel ve kurşun açısından hiperakümülatörlük göstermesi Porsuk Çayı Kanal 1 Kolundan almış olduğumuz *S. erectum* subsp. *erectum* L., *C. demersum* L., *P.*

*lapathifolium* L. ve *C. dactylon* L.'nin kurşun ve nikel açısından hiperakümülatörlük göstermesi nedeniyle yapmış olduğumuz çalışma ile paralellik göstermektedir. Ocak vd. (2002)'de kadmiyum birikimi hiçbir bitkide gözlenmezken, Porsuk Çayı Kanal 1 Kolu'ndan alınan *C. demersum* L. türünün kökünde 20,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 10,7 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 26,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 20 ppm ve *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 26,6 ppm, *C. demersum* L. türünün gövdesinde 0,4 ppm ve *C. dactylon* L. türünün gövdesinde ise 0,06 ppm, *C. demersum* L. türünün yaprağında 0,2 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 0,25 ppm kadmiyum gözlemlenmiş olması nedeniyle çalışmamız farklılık göstermektedir.

Yücel vd. (1995)'de Porsuk Çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağlığı ilişkisi adlı çalışmada Porsuk Çayının çıkışı olan Oysu ile Eskişehir çıkışı arasındaki on adet örnek noktastan toprak ve bitki yaprakları (*Phragmites australis* ve *Sparganium erectum*) toplanmıştır. Sonuçta kadmiyum toprakta, 0,344-1,880 mg/kg, *P. australis*'te 0,146-0,768 mg/kg, *S. erectum*'da 0,188-0,987 mg/kg seviyelerinde bulunmuştur. Çinko toprakta; 7,5-38,5 mg/kg, *P. australis*, 6,5-28,5 mg/kg, *S. erectum* da 6,2-13,5 mg/kg, bakır toprakta; 0,110-0,242 mg/kg, *P. australis*'te 0,070-0,182 mg/kg, *S. erectum*'da 0,086-0,174 mg/kg seviyelerinde bulunmuştur. Çalışmada kullanılan bitki yaprağı ölçüm yönteminde seçilen bitkilerin hem bu çayın her yerinde yetişiyor olması hem de kolay ve çabuk büyüyen bitkiler olması bakımından isabet kazandığı vurgulanmıştır. Ayrıca, bu bitkilerin yüksek düzeyde ağır metal tutabilmeleri, onların bu tür içme suyu yüzeysel kaynaklarında ağır metal tutucu ve miktar azaltıcı maliyette kullanılabilmesi şansını getirmektedir tespiti yapılmıştır. Çalışmada sonuç olarak Porsuk Çayındaki ağır metal kirliliğinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre kabul edilemeyecek boyutlara erişmiş olduğu ve bu çayın suyunu şehirlerin içme kullanma su kaynağı olarak kullanmaktan vazgeçilmesinin ve yeni alternatifler bulunmasının kaçınılmaz olduğu tespit edilmiştir. Yapılmış olan tespitler çalışma sonuçlarımızla karşılaştırıldığında çalışmamızda kullanılan *S. erectum* subsp. *erectum* L., *P. lapathifolium* L. ve *C. demersum* L türlerinin Fe, Cr, Ni ve Pb, *C. dactylon* L. türünün Fe, Cr, Ni, Pb ve Mn ve *V. anagallis aquatica* L. türünün Fe, Cr, Pb, Zn ve Ag açısından ağır metal tutucu özellik göstermesi ve bu bitkilerin de miktar azaltıcı

maliyette kullanılabilmeleri şansı olması nedeniyle yapılmış olan çalışmaların sonuçları benzerlik göstermektedir.

Yücel vd. (2010) tarafından Porsuk Çayında ağır metal kirlilik düzeylerinin *Myriophyllum spicatum* (başaklı sucivanperçemi) bitkisi ile biyomonitörlenmesi üzerine yapılmış olan çalışmada Porsuk Çayındaki ağır metal kirliliğinin, sucul bir makrofit olan *M. spicatum* bitkisi ile biyomonitörlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, ortamdaki ağır metal kirliliğinin temizlenmesinde Başaklı sucivanperçeminin absorbant olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre Porsuk çayında izin verilebilir sınır değerlerin üzerinde bir ağır metal kirliliğinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Başaklı sucivanperçemi bitkisinin ağır metalleri absorbe ettiği ve kirli su ortamlarının temizlenmesinde kullanılabilir nitelikte olduğu belirlenmiştir. Bitkinin yapraklarında bulunan demir miktarının, gövdede bulunan demir miktarından daha fazla olduğu, kadmiyumun bitkinin gövde ve yaprakları tarafından yaklaşık birbirine yakın oranlarda biriktirildiği, bitki yapraklarında tutulan nikel miktarının gövdede tutulandan daha fazla olduğu, bitkinin gövdesi, yapraklarında bulunan kurşun birikimlerinin birbirlerinden farklı olmadığı, bitkinin çinkoyu gövde ve yaprakları tarafından önemli ölçüde aldığı ve bitkinin gövdesi, yapraklarında bulunan çinko birikimleri arasında az bir fark olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışma yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırıldığında, *V. anagallis aquatica* L., *C. dactylon* L., *P. lapathifolium* L. türlerinin yapraklarında bulunan demir birikiminin gövdelerinde bulunan demir miktarından daha fazla olması, çalışılan tüm bitki türlerinde kadmiyum birikiminin gövde ve yapraklarda yaklaşık birbirlerine yakın oranlarda birikmiş olması nedeniyle, *V. anagallis aquatica* L. türünün yapraklarında tutulan nikel miktarının gövdede tutulandan daha fazla olması, *C. demersum* L., *C. dactylon* L. ve *P. lapathifolium* L. türlerinin gövdesi, yapraklarında bulunan kurşun birikimlerinin birbirlerinden farklı olmaması, *C. demersum* L., *C. dactylon* L., *P. lapathifolium* L. türlerinin yapraklarında bulunan çinko birikimleri arasında az bir fark olması nedeniyle çalışma sonuçları benzerlik gösterirken, *C. demersum* L., *C. dactylon* L., *P. lapathifolium* L. türlerinin gövdelerinde tutulan nikel miktarının yapraklarında tutulandan daha fazla olması nedeniyle çalışma sonuçları farklılık göstermektedir. Ayrıca Porsuk Çayında izin verilebilir sınır değerlerin üzerinde bir ağır metal kirliliğinin olduğu ve bazı hidrofitlerin

ağır metalleri absorbe ettiği ve kirli su ortamlarının temizlenmesinde kullanılabilecek nitelikte olduğu tespitleri açısından yapılmış olan çalışmalar paralellik göstermektedir.

Erdoğan ve Uzun (2007) tarafından katı atık depolama alanlarının bitkisel ıslahına ilişkin, Adana-Sofulu çöp depolama alanında yapmış oldukları çalışmada Akdeniz doğal bitki örtüsü içinden seçilen *Althea rosea*, *Cynodon dactylon*, *Inula viscosa*, *Melilotus officinalis* ve *Thymbra spicata* var. *spicata* bitkilerinin çöp sızıntı suyu ile sulamada ve çöp depolama alanı üzerinden alınmış bitki için olumsuz koşullara sahip toprakta bitki sayısı, bitki boyu ve bitki örtülülüğü değerlendirilerek gelişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. İki yıl süren çalışmadan elde edilen bulgulara göre *Cynodon dactylon*'un Akdeniz Bölgesi iklimi, olumsuz toprak koşullarında ve kurak geçen aylarda çöp sızıntı suyu ile sulanarak çöp depo alanı üzerinde yetişmesinin mümkün olduğu ve bu tür alanların iyileştirilmesi için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucu çalışmamızla karşılaştırıldığında, makro ve mikro element seviyeleri açısından kirliliğin görüldüğü alanlarda *C. dactylon* L.'nin kullanılması su kalitesinin artırılması açısından pozitif sonuçlar doğuracaktır sonucuyla paralellik göstermektedir.

Duman vd. (2010)'da krom'a maruz bırakılmış *Ceratophyllum demersum* L.'nin biyolojik cevabı üzerine yapılmış olan çalışmada *C. demersum* L.'nin önemli miktarda kromu akümüle edebildiği belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların, sucül bitkiler kullanılarak kirletilmiş suların arıtımı çalışmaları için faydalı olabileceği sonucu çalışmamızın bir sonucu olan *Ceratophyllum demersum* L. türünün demir, krom, nikel ve mangan açısından hiperakümülatör özellik göstermesi nedeniyle kirlenmiş suların arıtımı çalışmalarında faydalı olabileceği sonucuyla benzerlik göstermektedir.

2008'de yapılmış olan, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı sonuçlarına göre Porsuk Çayı; ilk istasyon olan Ağaçköy Regülatöründen Kütahya Belediyesi Atık Su Arıtma Tesislerine kadar genel olarak 1. sınıf (temiz su) (fosfor açısından 2. sınıf) özelliklere sahiptir. Bu tesislerden verilen atık sular ile birçok parametre açısından 4. Sınıf (çok kirlenmiş su) yani hiçbir amaçla kullanılmaması gerekli su durumuna gelmekte ve bu şekilde Porsuk Barajı rezervuarına girmektedir. Porsuk Baraj çıkışında ise amonyak ve fosfor bakımından ancak 3. sınıfa düşmektedir. Eskişehir Bölümünde, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi evsel atıkların hemen öncesinde temiz (II. sınıf) olan değerler; Eskişehir

Şeker Fabrikaları ve Eskişehir Belediyesi evsel atıkların hemen sonraki numune alım istasyonunda çok kirlenmiş (4. sınıf) değerlere ulaşmaktadır. Daha sonraki gözlem istasyonlarında çok kirlenmiş su (4. sınıf) değerleri koruyarak Sakarya Nehrine karışmaktadır. Eskişehir kirliliğini taşıyan Porsuk Çayı'nın ve Ankara'nın kirliliğini taşıyan Ankara Çayının Sakarya nehrine karışmaları Sakarya Nehrini; dolayısıyla Sarıyar, Gökçekaya ve Yenice Baraj rezervuarlarındaki su kalitesini bozmaktadır. Porsuk Çayı ve Ankara Çayları çok kirlenmiş IV. sınıf sular olduklarından Sakarya Nehrini etkileyerek IV. sınıf haline getirmektedir tespiti yapılmıştır. Çalışma sonucumuza göre Eskişehir-Alpu yolu üzerindeki Porsuk Çayının 1. Kanal lokalitesinden alınan su örnekleri değerlendirildiğinde; içerdiği Cd, Al ve Na miktarları açısından IV. sınıf (çok kirlenmiş su) ve Hg miktarı açısından III. sınıf (kirliliği) su kalitesine sahip olduğu saptanmış olması açısından çalışma sonuçları paralellik göstermektedir.

Akçin (2001)'in ağır metal iyonlarıyla biyokütlenin giderilmesi üzerine yaptığı araştırmada, ağır metallerin meydana getirdiği kirliliğin, doğal temizleme yöntemi ile kaynağında biyosorplanarak giderilmesi çalışılmıştır. Biyokütle olarak *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (su sümbülü) bitkisinden yararlanılmıştır. Bitkinin, incelenen ağır metalleri en çok köklerinde birikmesine rağmen Cr (VI)'nın düşük konsantrasyonlarında yapraklarında biriktiği gözlemlenmiştir. Cr (III)'ün, bitkinin kök kısımlarında birikme miktarı, yaprak ve gövdede birikenden fazladır. Cu (II), fazla miktarda köklerde toplanmıştır. Konsantrasyonun artmasıyla bu miktar köklerde artmaktadır. Yapılan çalışmalar su sümbülü bitkisinin Cr (VI) için bir indikatör olabileceğini göstermektedir. Kimyasal arıtmada Cr (VI)'nın öncelikle krom (III)'e indirgenmesi gerekirken, su sümbülü ile Cr (VI) biosorpsiyonda böyle bir işleme gerek olmayacağı tespit edilmiştir. Su sümbülü bitkisinin incelenen ağır metalleri en çok köklerinde biriktirmesi, kromun bitkinin kök kısımlarında birikme miktarının, yaprak ve gövdede birikenden fazla olması çalışmamızda kullanılmış olan bitkilerde krom birikiminin kök kısmında diğer organlara göre fazla olması nedeniyle yapmış olduğumuz çalışma ile paralellik göstermektedir.

Uysal ve Taner (2007) kadmiyum iyonlarının tatlı su bitkisi su mercimeği *Lemna minör*'ün büyüme hızına etkisi çalışmasında elde edilen deneysel sonuçlar büyüme hız sabitlerinin Cd (II) içeren ortamda kontrol örneklerine göre azaldığını

göstermiştir. Fakat, 0,05 ppm'de bitki gelişiminin arttığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar yüksek kadmiyum konsantrasyonlarının *L. minör* için toksik olduğunu ve bitki büyüme hızını düşürdüğünü göstermiştir. Aynı zamanda 0,05 ppm'in üstündeki konsantrasyonlarda bitkinin renginin sarıya döndüğü ve yapısının bozunduğu gözlemlenmiş iken, yapmış olduğumuz çalışmanın deneysel sonuçlarına göre *C. demersum* L. türünün kökünde 20,5 ppm, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kökünde 10,7 ppm, *P. lapathifolium* L. türünün kökünde 26,3 ppm, *V. anagallis-aquatica* L. türünün kökünde 20 ppm, *C. dactylon* L. türünün kökünde ise 26,6 ppm, *C. demersum* L. türünün gövdesinde 0,4 ppm, *C. dactylon* L. türünün gövdesinde 0,06 ppm, *C. demersum* L. türünün yaprağında 0,2 ppm ve *V. anagallis-aquatica* L. türünün yaprağında 0,25 kadmiyuma rastlanmış olması ve söz konusu bitkilerin organlarında sararmaya rastlanmamış olması açısından çalışmada kullanılan bitkilerimiz Cd akümülyasyonu açısından farklılık göstermektedir.

Demir ve Aydın (2000)'in foseptik atıklar ile sulanan marullarda (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.) ağır metal miktarları üzerine yaptıkları çalışmalarındaki bulgularına göre, ağır metal miktarları marulun yetiştirme ortamına göre değişmektedir. Her bitkinin mineral içeriği genetik olarak sabit besin alım potansiyeli ile sınırlandırılmış olup ortamdaki elementlerin yarayışlılığı arttıkça o elementin bitkideki konsantrasyonu da artar. Foseptik atıklar ile sulanan bitkilerde en fazla birikimi mangan göstermiştir. Bunu sırasıyla bakır, çinko ve kurşun izlemiştir. Marul ve bazı sebzelerin yaprak ve köklerindeki ağır metal miktarlarının araştırıldığı çalışmada; köklerde kadmiyum, bakır ve nikel miktarlarının, yapraklarında ise kurşun miktarlarının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Farklı alanlarda yetiştirilen taze sebzelerin ağır metal içeriğinin, toprağın ağır metal içeriğine bağlı olduğu belirlenirken, aynı alanlarda yetiştirilen bitkilerde ise yapraklı bitkilerin metal birikimlerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Atık su ile sulanan yapraklı sebzelerin çinko, kadmiyum ve kurşun miktarlarının meyve sebzelerine oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, foseptik atıklardaki mangan, bakır, çinko ve kurşun gibi ağır metallerin konsantrasyonlarının fazla olması, etkilediği toprak ve bu alanlarda yetiştirilen bitkilerde ağır metallerin birikmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bu açıdan yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırdığımızda, çalışma alanından alınan *S. erectum* subsp. *erectum* L., *V. anagallis-aquatica* L., *C. demersum* L., *C. dactylon* L. ve *P.*



*lapathifolium* L. türlerinin kısımları kıyaslandığında; kadmiyum, bakır, nikel ve kurşunun diğer organlarına göre kökte daha çok birikim yaptığı tespit edilmiş olması açısından yapmış olduğumuz çalışmanın deneysel sonuçları ile paralellik gösterirken, yapraktaki kurşun birikiminin kökten az olması nedeniyle farklılık göstermektedir.

Sahmurova vd. (2003)'de yüksek yapılı bitkilerle su kalitesinin iyileştirilmesi ve su kalitesinin bitkiler üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada *Phragmites communis*'in yeraltı organlarının yüksek emme ve toplama kapasitesinin, yeraltı ve yerüstü organlarında farklı birikimlerin gözlenmesine etken olduğunu saptanmıştır. *P. communis* bitkisinin yeraltı organlarında potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve kükürt birikiminin yerüstü organlarına oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmamızın deneysel sonuçlarıyla kıyasladığımızda, *S. erectum* subsp. *erectum* L., *C. demersum* L. ve *C. dactylon* L türlerinde potasyum, fosfor, kalsiyum ve magnezyumun, *V. anagallis-aquatica* L. ve *P. lapathifolium* L. türlerinde potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve sodyumun diğer organlara göre kökte daha fazla birikim yapması nedeniyle paralellik gösterirken, *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün sodyum ve kükürdü kökünden daha çok yaprağında, *V. anagallis-aquatica* L. ve *P. lapathifolium* L. türünün kükürdü kökünden çok yaprağında, *C. demersum* L. türünün sodyum ve kükürdü kökünden çok gövdesinde, *C. dactylon* L. türünün sodyumu kökünden çok gövdesinde ve kükürdü kökünden çok yaprağında biriktirmesinden dolayı farklılık göstermektedir.

Çalışma alanından alınan *S. erectum* subsp. *erectum* L. türünün kısımları kıyaslandığında; Al, Ca, Fe, Mg, Si, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb'un diğer organlarına göre kökte; Na ve S'ün diğer organlarına göre yaprakta daha çok birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde Fe için belirlenen sınır değerler 500-2000 ppm iken *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin kökünde 6893,33 ppm Fe akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Cr için belirlenen sınır değerler 0,03-14 ppm iken *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin kökünde 29,63 ppm Cr akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ni için belirlenen sınır değerler 25-40 ppm iken *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin kökünde 60,7 ppm Ni akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Pb için belirlenen maksimum sınır değer 1 ppm olarak belirlenmiş iken *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin kökünde 8,63 ppm Pb akümüle ettiği belirlenmiştir.

Bulgular ışığında *S. erectum* subsp. *erectum* L.'nin Fe, Cr, Ni ve Pb açısından hiperakümülatörlük gösterdiği saptanmıştır. Hiperakümülatörlük gösteren bu bitkinin elementleri özellikle kök bölgesinde akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan *V. anagallis-aquatica* L.'nin türünün kısımları kıyaslandığında Ag'nin diğer organlarına göre gövdede; Al, Ca, Fe, Mg, Na, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb'nin diğer organlarına göre kökte; S'nin ise diğer organlara göre yaprakta daha çok birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde Fe için belirlenen sınır değerler 500-2000 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin kökünde 11733,33 ppm Fe akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Zn için belirlenen sınır değerler 10-40 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin kökünde 40,86 ppm Zn akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ag için belirlenen sınır değerler 0,03-0,5 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin gövdesinde 1,7 ppm Ag akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Cr için belirlenen sınır değerler 0,013-14 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin kökünde 92,93 ppm Cr akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ni için belirlenen sınır değerler 25-40 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin kökünde 121,66 ppm Ni akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Pb için belirlenen sınır değer 1 ppm iken *V. anagallis-aquatica* L.'nin kökünde 11,86 ppm Pb akümüle ettiği belirlenmiştir.

Bulgular ışığında *V. anagallis-aquatica* L.'nin Fe, Zn, Ag, Cr ve Pb açısından hiperakümülatörlük gösterdiği saptanmıştır. Hiperakümülatörlük gösteren bu bitkinin elementleri özellikle kök bölgesinde akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan *C. demersum* L. türünün kısımları kıyaslandığında K, Na, P, S ve Ba diğer organlarına göre gövdede; Al, Ca, Fe, Mg, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb'nin diğer organlarına göre kökte daha çok birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde Fe için belirlenen sınır değerler 500-2000 ppm iken *C. demersum* L.'nin kökünde 78,50 ppm Fe akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Cr için belirlenen sınır değerler 0,03-14 ppm iken *C. demersum* L.'nin kökünde 30,5 ppm Cr akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ni için belirlenen sınır değerler 25-40 ppm iken *C. demersum* L.'nin kökünde 70 ppm Ni akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Pb için

belirlenen maksimum sınır değer 1 ppm olarak belirlenmiş iken *C. demersum* L. 'nin kökünde 18 ppm Pb akümüle ettiği belirlenmiştir.

Bulgular ışığında *C. demersum* L.'nin Fe, Cr, Ni ve Pb açısından hiperakümülatörlük gösterdiği saptanmıştır. Hiperakümülatörlük gösteren bu bitkinin elementleri özellikle kök ve gövde bölgesinde akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan *C. dactylon* L. türünün kısımları kıyaslandığında Na'nun diğer organlarına göre gövdede; Ca, Fe, Mg, Zn, Ba, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb'nin diğer organlarına göre kökte; Al, K, P, S, Si'nin yaprakta daha çok birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde Fe için belirlenen sınır değerler 500-2000 ppm iken *C. dactylon* L.'nin kökünde 12813,33 ppm Fe akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Cr için belirlenen sınır değerler 0,03-14 ppm iken *C. dactylon* L.'nin kökünde 86,13 ppm Cr akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Mn için belirlenen sınır değerler 20-500 ppm iken *C. dactylon* L.'nin kökünde 661,33 ppm Mn akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ni için belirlenen sınır değerler 25-40 ppm iken *C. dactylon* L.'nin kökünde 121,86 ppm Mn akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Pb için belirlenen maksimum sınır değer 1 ppm olarak belirlenmiş iken *C. dactylon* L.'nin kökünde 19,96 ppm Pb akümüle ettiği belirlenmiştir.

Bulgular ışığında *C. dactylon* L.'nin Fe, Cr, Mn, Ni ve Pb açısından hiperakümülatörlük gösterdiği saptanmıştır. Hiperakümülatörlük gösteren bu bitkinin elementleri özellikle kök ve yaprak bölgesinde akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Çalışma alanından alınan *P. lapathifolium* L. türünün kısımları kıyaslandığında B'un diğer organlarına göre gövdede; Al, Ca, Fe, Mg, Na, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb'nin diğer organlarına göre kökte; K, P, S, Si'nin diğer organlara göre yaprakta daha çok birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Bitkilerde Fe için belirlenen sınır değerler 500-2000 ppm iken *P. lapathifolium* L.'nin kökünde 9522,24 ppm Fe akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Cr için belirlenen sınır değerler 0,03-14 ppm iken *P. lapathifolium* L.'nin kökünde 65,66 ppm

Cr akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Ni için belirlenen sınır değerler 25-40 ppm iken *P. lapathifolium* L.'nin kökünde 106,87 ppm Ni akümüle ettiği belirlenmiştir. Bitkilerde Pb için belirlenen maksimum sınır değer 1 ppm olarak belirlenmiş iken *P. lapathifolium* L.'nin kökünde 22,43 ppm Pb akümüle ettiği belirlenmiştir.

Bulgular ışığında *P. lapathifolium* L.'nin Fe, Cr, Ni ve Pb açısından hiperakümülatörlük gösterdiği saptanmıştır. Hiperakümülatörlük gösteren bu bitkinin elementleri özellikle kök ve yaprak bölgesinde akümüle ettiği tespit edilmiştir.

Yapılan bu araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, Su Kirliliği Yönetmeliği (2004)'e göre Porsuk Çayında izin verilebilir sınır değerlerin üzerinde bir ağır metal kirliliğinin olduğu saptanmıştır. Ayrıca *S. erectum* subsp. *eectum* L., *P. lapathifolium* L., *C. dactylon* L., *V. anagallis-aquatica* L. ve *C. demersum* L. bitkilerinin ağır metalleri absorbe ettiklerinden iyi birer hiperakümülatör bitki oldukları ve kirli su ortamlarının temizlenmesinde kullanılabilecek özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

İnsanoğlu, yirminci yüzyılın sonlarına gelinceye kadar sulak alanların değerini takdir edememiştir (Odum ve Barrett, 1953). Oysa sulak alanlar, dünyanın en üretken ve yenilenebilir doğal kaynakları olup, insan kullanımı başta olmak üzere binlerce canlının yaşamı için de çok önem taşıyan alanlardır. Porsuk Çayı da farklı ekolojik alanları iç içe bulundurması nedeniyle başta su kuşları ve balıklar olmak üzere binlerce canlıya uygun yaşama ortamı sağlamaktadır. Yeterli düzeyde arıtılmadan Porsuk Çayı'na deşarj edilen sanayi atık suları, alandaki flora ve faunanın yanında insan sağlığını da ciddi derecede tehdit eder hale gelmiştir. Bununla beraber Porsuk Çayı'ndan sağlanan su ile tarımsal araziler sulanmakta ve söz konusu alanda tehlikeli boyutlarda olan kirlilik ve özellikle de yüzyılımızın sorunu haline gelen kanser hastalığına zemin oluşturan ağır metal kirliliğinin besin zincirine dahil olmasıyla beraber insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır.

Porsuk Çayı Dünyanın ve Avrupanın en kirli ve sağlık açısından en tehlikeli nehirleri arasında bulunmaktadır. Porsuk Çayının su ve sediment kirliliği havzada yaşayan 1.5 milyon insanı etkilemektedir. Zamanla nehir tabanına çöken kirlenmiş Porsuk sedimentleri nehrin yatağını daraltmakta, taşkın riskini artırmakta ve çevreye

zararlı bakteri ve virüsler yayılmasına neden olmaktadır (Öztürk, 2007). Porsuk Çayında ağır metal kirliliği kabul edilemeyecek boyutlara erişmiştir. Bu çayın suyunu şehirlerin içme kullanma su kaynağı olarak kullanmaktan vazgeçilmesi ve yeni alternatifler bulunması kaçınılmaz görünmektedir (Yücel, 1995).

Bilim ve teknolojiye koşut olarak sanayileşmenin getirdiği yeni kimyasallar ve kirleticiler ve bunların sucul yaşama etkileri nedeniyle yasa, yönetmelik ve tüzüklerde bunlara ayak uyduracak hızlı bir değişime gereksinme duyulmaktadır.

Atık su arıtma tesislerinin yapımı Türkiye’de son birkaç yılda ivme kazanmıştır fakat beraberinde teknik, ekonomik ve işletsel sıkıntılar yaşanmaktadır. Kategorik yaklaşımlar ışığında çözümler üretebilen sistemler getirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda endüstriyel işletmeler için daha verimli arıtma tesisleri kurulmalı ve denetlenmelidir. Uygulamada sorun yaratan kuruluşlara caydırıcı cezalar verilmelidir. Sanayi işletmelerinin kullandıkları su ve sudaki kirlilik yükü miktarına göre arıtma tesisleri uygun hale getirilmeli, fiziksel ve kimyasal arıtımın yanı sıra biyolojik arıtımın önemine dikkat çekilmelidir. Çağımızın yeşil teknolojisi olan yapay sulak alanların inşasına önem verilmelidir.

Çalışma alanı yakınlarına gelecekte kurulması planlanacak olan yapay sulak alanda *S. erectum* subsp. *ecetum* L., *P. lapathifolium* L., *C. dactylon* L., *V. anagallis-aquatica* L. ve *C. demersum* L. bitkilerinin kullanılması su kalitesinin arttırılması açısından pozitif sonuçlar doğuracaktır. Unutulmamalıdır ki, çevre kirliliğini önlemenin maliyeti gidermenin maliyetine göre her zaman daha düşüktür ve daha uygundur.

Sudaki yüksek ağır metal derişiminin nedenlerinin ve bitki fizyolojisi üzerine etkilerinin daha ayrıntılı ortaya konulabilmesi sonucu sucul hayatı, tarımsal aktiviteyi ve yeraltı sularını koruma amaçlı daha gerçekçi ve güvenilir önlemler alınabilecektir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akçin, G., 2001, Ağır Metal İyonlarının Biyokütle ile Giderilmesi, Turk J Engin. Environ. Sci. 25, 143-152 s.
- Aktaş, M., 1995, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayın no:142, Ders Kitabı:43, 345 s.
- Alloway, B.J., Davis, B.E., 1971, Heavy metal content of plants on soils contaminated by lead mining, J. Agric. Sci., 76, 321
- Anonim 2002, Tarım ve Köyişleri Bakanlığının Su Ürünleri Yönetmeliği, 2002, Sucul Ortamda Ağır Metallerin Kabul Edilebilir Değerleri.
- Anonim 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004, Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, Resmi Gazete Sayısı: 25687.
- APHA, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, in American Public Health Association A.E. Greenberg, L.S. Clesceri, A. D. Eato, 18th edn. Washington, U.S.A.
- ASTM, 1985, Preparation of Biological Samples for İnorganic Chemical Analysis 1, Annual Book of ASTM Standards, D-19, 740-747.
- Aydemir, O., İnce, F., 1988, Bitki Besleme, Dicle Üniv. Eğitim Fak. Yay.2, s.486, Diyarbakır.
- Aydeniz, A., 1985, Toprak Amenajmanı, Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayın No:928 Ders kitabı 263.Ankara.554 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Bergmann, W., 1992, Plant Analyses-Purpose Evolution and Table Showing “Adequate Ranges” of Mineral Plant Nutrients, Nutritional Disorders of Plants-Development, Visual and Analytical Diagnosis, 333-373., Gutv Fisher, Stuttgart, NewYork.

Beşinci Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, 2008, Havza Kirliliği Konferansı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü II. Bölge Müdürlüğü İzmir.

Bialonska, D., Dayan, F.E., 2005, Chemistry of the Lichens *Hypogymnia physodes* Transplanted to an Industrial Region, J. Chem. Ecol., vol. 31, 2975-2991.

Bollard, E.G., 1983, Involvement of Unusual Elements in Plant Growth and Nutrition, Enc. of Plant Physiology, vol. 15B, P 695-755, Springer-Verlag, NewYork.

Chen, J., Caldwell, R.D., Robinson, C.A., Steinkamp, R., 2000, Silicon: The Estranged Medium Element, University of Florida IFAS Extension Bulletin 341.

Demir, R., Aydın, F., 2000, Foseptik Atıkları İle Sulanan (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.) Ağır Metal Miktarları Üzerinde Bir Çalışma, Ekoloji Dergisi, Cilt: 9 Sayı: 36, 15-17 s.

Demirsoy, A., 1997, Yaşamın Temel Kuralları Cilt II-Kısım II, 5.baskı, Ankara, 941s.

Dişli, M., Akkurt, F., Alıcılar, A., 2004, Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasak Parametrelerinin Mevsimlere Göre Değişiminin Değerlendirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 3, 287-294, Vol 19, No 3, 287-294 s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

- Dökmen, F., 2004, Effects of Using Irrigation Water and Amount of Heavy Metal into Water Springs in the Vicinity of Ihsaniye – Turkey, Pakistan Journal of Water Resources, Vol.8(2) July-December 2004/ 9.
- Duman, F., Şahan, S., Ceylan, A., Doğan Koca, F., 2010, Krom'a Maruz Bırakılmış *Ceratophyllum demersum* L.'un Biyolojik Cevabı, SDU Journal of Science (E-Journal), 5 (2): 163-171
- Durduran, S.S., Şanda, M. A., Bozбек, B., 2007, Biyolojide Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları:Beyşehir Gölü'ndeki *Phragmites australis* (cav.) trın. ex stend ve *Typha angustifolia* L. Bitkileri Örneği, TMM. OB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemeleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Epstein, E., 1999, Silicon, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50, 641-664
- Erdoğan, R. ve Uzun, G., 2007, Katı Atık Depolama Alanlarının Bitkisel Islahına Bir Örnek: Adana-Soflu Çöp Depolama Alanı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1), 71-82 s.
- Gültekin, H., Örgün, Y., 1994, Tarım Toprağında Bitki Besleyici Elementlerin Rolü, Ekoloji ve Çevre Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık Sayı:1, 30-31 s.
- Güven, S., 2002, Sarısu Deresinde Yayılış Gösteren Bazı Su Bitkilerinde Ağır Metal ve Besi Elementlerinin Analizleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Habashi, F., 1997, Handbook of Extractive Metallurgy, Vol. 2, WILEY-VCH, Germany.



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Hee, S.S.Q., Boyle, J.R., 1988. Simultaneous multielemental analysis of some environmental and biological samples by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Analitical chemistry*, 60, 1033-1042.

Kaçar, B., Katkat, V., 2007, Bitki Besleme, Nobel Yayınevi.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri –I, *Metalurji Dergisi*, Sayı 136.

Kantarıcı, D., 2001, Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 420 s.

Karataş, B., Akkuzu, E. ve Aşık, Ş., 2005, İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3):111-122 s.

Kartal G., Kahvecioğlu Ö., Güven A., Timur S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri-II, *Metalurji Dergisi*, s. 46-51, Sayı 137.

Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. ve Oğuzkurt, D., 1997, Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi, *Türkiye İçsuları Araştırmaları Dizisi: II*, Ankara, 100 s.

Keskin, A. ve Eryürük, K., 2009, Samsun Yöresinde Kültür Balıklarından *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum,1972) Türünde Makro ve Mikro Element Seviyelerinin İncelenmesi.

Kırımhan, S., 2004, Hava Kirliliğinin Uluslararası Önemi: Hava Kirliliği ve Asitleşme, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, Eylül-Aralık 2004, Sayı:3-4, 22-40 s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Larsen, S., 1965, The influence of calcium chloride concentration on the determination of lime and potentials of soil, J. Soil Sci., 16: 275-278

Marschner, H., 1986, Mineral Nutrition of Higher Plants, Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany, Academic Press. 850 p.

Marschner, H., 1995, Mineral nutrition of higher plants 2nd Academic pres Ltd., 24-28 oval rood, London NW 1710 X.

Mengel, K., 1988, Ernaehrung und stoffwechsel der pflanze, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

Ocak, A., 2011, Eskişehir Florası (yayımlanmamış).

Ocak, A., Çiçek, A., Zeytinoğlu, H., Mercangöz, A., 2002, Porsuk Çayı Suyunun Bazı Tarım Bitkileri Üzerindeki Ekotoksikolojik Etkileri, Ekoloji Çevre Dergisi, Cilt:11 Sayı:45 9-13 s.

Odum, E. P., Barret, G. W., 1953, Ekolojinin Temel İlkeleri, 424 s.

Özen, H.Ç., Onay, A., 1999, Bitki Büyüme ve Gelişme Fizyolojisi, Diyarbakır.

Öztürk, R., 2007, Porsuk Çayı Çevre Sorunları Bunların Çözümlemesinde Havza Yöntemi Önerileri, Çukurova Üniversitesi.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Rether, A., 2002, Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen Doktora Tezi, Münih Teknik Üniveristesi.
- Sahmurova, A., Çelik, S. Ö., Öngen, A., 2003, Yüksek Yapılı Bitkilerle Su Kalitesinin İyileştirilmesi ve Su Kalitesinin Bitkiler Üzerindeki Etkisi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.
- San iz, K., 1982, Keçiöborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu ve Yörenin Jeolojisi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi, 211 s.
- Sezen, Y., 1991, Toprak Kimyası, Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No:127, 120-122 s.
- Uysal, Y., Taner, T., 2007, Kadmiyum İyonlarının Tatlı Su Bitkisi Su Mercimeği *Lemna minor*'ün Büyüme Hızına Etkisi, Ekoloji Dergisi, No: 62, 9-15 s.
- Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J. and Kalliaoun, C., 1987, "Heavy metal contamination of roadside soils in the Greater Athens area", Environmental Pollution, 47:293-304 p.
- Yücel, E., Doğan, F., Öztürk, M., 1995, Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri ve Halk Sağlığıyla İlişkisi, Ege Üniversitesi Çevre Merkezi İzmir Ekim- Kasım-Aralık 1995 SAYI: 17, 29 s.
- Yücel, E., Edirnelioğlu, E., Soydam S., Çelik, S., Çolak, G., 2010, Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin *Myriophyllum spicatum* (Başaklı Sucivanperçemi) Bitkisi ile Biyomonitörlenmesi, Biological Diversity and Conservation 133-144

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Zhengyi, H., Herfried, R., Gerd, S., Ewald, S., 2004, Physiological and Biochemical Effects of Rare Earth Elements on Plants and Their Agricultural Significance: A Review. Journal of Plant Nutrition, 27(1):183-220

URL:1 <http://www.chemicalelements.com/elements/al.html>

URL:2 <http://tr.wikipedia.org/wiki/Gümüş>

URL:3 <http://www.lenntech.com/periodic/water/silver/silver-and-water.html>

URL:4 <http://www.forumps.com/kimya/3159-toprak-kirliliginin-cevresel-etkileri-ve-agir-metaller.html>

URL:5 <http://www.gencerailesi.com/content/bitkilerde-kükürt-eksikliği-belirtileri>

URL:6 <http://www.bing.com/maps/default.aspx>

URL:7 <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20746.html>