



**T.C.**  
**HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖL EKOSİSTEMLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN  
İNCELENMESİ: GÖLBAŞI GÖLÜ ÖRNEĞİ  
(KIRIKHAN-HATAY/TÜRKİYE)**

**BÜŞRA KARA**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY**  
**TEMMUZ - 2021**



T.C.  
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖL EKOSİSTEMLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN  
İNCELENMESİ: GÖLBAŞI GÖLÜ ÖRNEĞİ  
(KIRIKHAN-HATAY/TÜRKİYE)**

**BÜŞRA KARA**  
**ORCID:0000-0003-0550-8703**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman**  
**Prof. Dr. Volkan ALTAY**  
**ORCID: 0000-0003-2450-6914**

**HATAY**  
**TEMMUZ - 2021**

08/07/2021

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

**BÜŞRA KARA**

## ÖZET

### GÖL EKOSİSTEMLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ: GÖLBAŞI GÖLÜ ÖRNEĞİ (KIRIKHAN-HATAY/TÜRKİYE)

Bu çalışmada 10 lokalitede Nymphaeaceae familyasına ait *Nymphaea alba* L. ve *Nuphar lutea* (L.) Sm. türleri ağır metal kirliliği açısından incelenmiştir. Sediment ve su örnekleri ile birlikte, bu türlerin rizom, yaprak sapı ve yapraklarında toplam kadmiyum, kobalt, krom, bakır, mangan ve kurşun miktarları araştırılmıştır. Su ve bitki numunelerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları sonbahar mevsiminde daha yüksek iken, sediment örneklerinde ise bahar mevsiminde daha yüksektir. Tüm lokasyonlardan alınan su örneklerinde ağır metal konsantrasyonları mangan > bakır > krom > kurşun > kobalt > kadmiyum olarak sıralanmıştır. Su numunelerinde tespit edilen değerler, ulusal ölçekte izin verilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında, kadmiyum, krom, bakır ve kurşun konsantrasyonları sınır değerleri aşmıştır. Sediment numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları, mangan > kurşun > bakır > krom > kobalt > kadmiyum olarak sıralanmıştır. Sediment numunelerinde tespit edilen değerlerin ulusal ölçekte izin verilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, kadmiyum ve kurşun konsantrasyon değerlerinin sınır seviyeyi aştığı görülmektedir. Her iki türde de tespit edilen ağır metal konsantrasyon değerleri bitkilerde kabul edilebilir referans sınır değerlerle karşılaştırıldığında, mangan tüm bitki kısımlarında kabul edilebilir sınır değerler arasındadır. Diğer tüm ağır metal değerleri, toksik bir birikim düzeyi sergileyerek sınır seviyelerini aşar.

2021, 110 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, Ağır metaller, Gölbaşı Gölü, Kirlilik Ekolojisi

## ABSTRACT

### INVESTIGATIONS on the HEAVY METAL POLLUTION in LAKE ECOSYSTEMS: A CASE STUDY from GÖLBAŞI LAKE (KIRIKHAN-HATAY/TURKEY)

In this study, *Nymphaea alba* L. and *Nuphar lutea* (L.) Sm. species belonging to the family Nymphaeaceae were studied in 10 localities in terms of heavy metal pollution. Total amounts of cadmium, cobalt, chromium, copper, manganese and lead were investigated in rhizome, petiole and leaves of these species together with the sediment and water samples. Heavy metal concentrations detected in water and plant samples are higher in autumn, while in sediment samples these are higher in spring. In the water samples taken from all localities, heavy metal concentrations are listed as manganese > copper > chromium > lead > cobalt > cadmium. When the values detected in water samples are compared with the allowable limit values on a national scale, the concentration of cadmium, chromium, copper and lead exceeded the limit levels. Heavy metal concentrations in sediment samples are listed as manganese > lead > copper > chromium > cobalt > cadmium. A comparison of the values detected in the sediment samples with the allowable limit values at the national scale has revealed that the concentration values of cadmium and lead exceeded the limit level. When the heavy metal concentration values detected in both species are compared with the acceptable reference limit values in plants, manganese is among the acceptable limit values in all plant parts. All other heavy metal values exceed the limit levels, exhibiting a toxic level of accumulation. In both plant species, heavy metal concentrations mostly accumulated in the leaves.

2021, 110 pages

**Key Words:** *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, Heavy metals, Gölbaşı Lake, Pollution Ecology

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrencilik hayatımın her aşamasında büyük sabır, özveri ve samimiyetle emek veren, çok kıymetli vakitlerini bana ayıran, hem akademik hem sosyal anlamda değerli katkıları ile beni yönlendiren saygıdeğer danışman hocam **Prof. Dr. Volkan ALTAY**'a saygılarımı sunarım.

Bilim dünyasına kazandırdığı çok sayıda çalışma ile bizlere ilham kaynağı olan saygıdeğer hocaların hocası sayın **Prof. Dr. Münir ÖZTÜRK** hocamıza da sonsuz minnet, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan hiç bitmeyen sevgi, merhamet ve duaları ile her daim yanımda hissettiğim saygıdeğer aile büyüklerim **Sebiha KARA** ve **Mustafa KARA**'ya sonsuz minnet, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarım boyunca numunelerin araziden temin edilmesinde, saklanması, öğütülmesinde ve analiz işlemlerinde çok değerli katkıları olan saygıdeğer hocalarım **Dr. Öğretim Üyesi Bestenur YALÇIN** ve **İbrahim Ertuğrul YALÇIN**'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hem arazi çalışmasında hem de laboratuvar çalışmalarında gerekli kolaylıkları sağlayan **Dr. Faruk KARAHAN**'a ve Uzman Biyolog **Abdullah ER**'e teşekkür ederim.

Benden hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen yakın çevremdeki çok değerli kıymetli dostlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmamı 1 yaşındaki dünyalar tatlısı yeğenim **Mustafa Aras**'a ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                                                                                      | I    |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                  | II   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                                                  | III  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                                                              | IV   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                                                                        | VI   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                                                           | VIII |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                                                                           | X    |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                                                  | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                                                                                                      | 5    |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM.....                                                                                                                     | 9    |
| 3.1. Materyal.....                                                                                                                             | 9    |
| 3.2. Yöntem .....                                                                                                                              | 9    |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....                                                                                                       | 18   |
| 4.1. <i>Nymphaea alba</i> (Beyaz nilüfer).....                                                                                                 | 18   |
| 4.1.1. <i>Nymphaea alba</i> Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlarda Su Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi .....         | 18   |
| 4.1.1.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                                                    | 18   |
| 4.1.1.2 Kobalt (Co) .....                                                                                                                      | 20   |
| 4.1.1.3 Krom (Cr).....                                                                                                                         | 22   |
| 4.1.1.4 Bakır (Cu) .....                                                                                                                       | 23   |
| 4.1.1.5 Mangan (Mn) .....                                                                                                                      | 25   |
| 4.1.1.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                                                      | 26   |
| 4.1.2. <i>Nymphaea alba</i> Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Sediment Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi ..... | 28   |
| 4.1.2.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                                                    | 28   |
| 4.1.2.2 Kobalt (Co) .....                                                                                                                      | 29   |
| 4.1.2.3 Krom (Cr).....                                                                                                                         | 31   |
| 4.1.2.4 Bakır (Cu) .....                                                                                                                       | 32   |
| 4.1.2.5 Mangan (Mn) .....                                                                                                                      | 34   |
| 4.1.2.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                                                      | 35   |
| 4.1.3. <i>Nymphaea alba</i> Türünün Farklı Kısımlarında Mevcut Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi.....                                | 37   |
| 4.1.3.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                                                    | 37   |
| 4.1.3.2 Kobalt (Co) .....                                                                                                                      | 39   |
| 4.1.3.3 Krom (Cr).....                                                                                                                         | 41   |
| 4.1.3.4 Bakır (Cu) .....                                                                                                                       | 44   |
| 4.1.3.5 Mangan (Mn) .....                                                                                                                      | 46   |
| 4.1.3.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                                                      | 49   |
| 4.2. <i>Nuphar lutea</i> (Sarı Nilüfer) .....                                                                                                  | 52   |
| 4.2.1. <i>Nuphar lutea</i> Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Su Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi .....        | 52   |
| 4.2.1.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                                                    | 52   |
| 4.2.1.2 Kobalt (Co) .....                                                                                                                      | 53   |
| 4.2.1.3 Krom (Cr).....                                                                                                                         | 54   |
| 4.2.1.4 Bakır (Cu) .....                                                                                                                       | 55   |
| 4.2.1.5 Mangan (Mn) .....                                                                                                                      | 56   |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.1.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                          | 56  |
| 4.2.2. <i>Nuphar lutea</i> Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Sediment                                     |     |
| Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi .....                                                     | 57  |
| 4.2.2.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                        | 57  |
| 4.2.2.2 Kobalt (Co) .....                                                                                          | 58  |
| 4.2.2.3 Krom (Cr).....                                                                                             | 59  |
| 4.2.2.4 Bakır (Cu) .....                                                                                           | 60  |
| 4.2.2.5 Mangan (Mn) .....                                                                                          | 61  |
| 4.2.2.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                          | 62  |
| 4.2.3. <i>Nuphar lutea</i> Türünün Farklı Kısımlarında Mevcut Ağır Metal                                           |     |
| Konsantrasyonlarının İrdelenmesi.....                                                                              | 63  |
| 4.2.3.1 Kadmiyum (Cd) .....                                                                                        | 63  |
| 4.2.3.2 Kobalt (Co) .....                                                                                          | 65  |
| 4.2.3.3 Krom (Cr).....                                                                                             | 68  |
| 4.2.3.4 Bakır (Cu) .....                                                                                           | 70  |
| 4.2.3.5 Mangan (Mn) .....                                                                                          | 73  |
| 4.2.3.6 Kurşun (Pb) .....                                                                                          | 75  |
| 4.3. Mevsim farkı gözetilmeksizin araştırma alanından toplanan tüm numunelerin toplu olarak karşılaştırılması..... | 78  |
| 4.3.1. Su numunelerin lokasyonlar bazında değerlendirilmesi.....                                                   | 78  |
| 4.3.2. Sediment numunelerinin tüm lokasyonlar bazında değerlendirilmesi .....                                      | 86  |
| 4.3.3. Nilüfer Türlerinin İlgili Kısımlarında Tespit Edilen Ağır Metal                                             |     |
| Konsantrasyonlarının Tüm Lokasyonlar Bazında Karşılaştırılması .....                                               | 90  |
| SONUÇ ve ÖNERİLER.....                                                                                             | 98  |
| KAYNAKLAR .....                                                                                                    | 101 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                     | 110 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cd değerleri (µg/L) .....                                           | 19 |
| Çizelge 4.2. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Co değerleri (µg/L) .....                                           | 21 |
| Çizelge 4.3. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cr değerleri (µg/L) .....                                           | 22 |
| Çizelge 4.4. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cu değerleri (µg/L) .....                                           | 24 |
| Çizelge 4.5. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Mn değerleri (µg/L) .....                                           | 25 |
| Çizelge 4.6. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Pb değerleri (µg/L) .....                                           | 27 |
| Çizelge 4.7. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cd değerleri (mg/kg).....                                     | 28 |
| Çizelge 4.8. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Co değerleri (mg/kg).....                                     | 30 |
| Çizelge 4.9. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cr değerleri (mg/kg).....                                     | 31 |
| Çizelge 4.10. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cu değerleri (mg/kg) .....                                   | 33 |
| Çizelge 4.11. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Mn değerleri (mg/kg) .....                                   | 34 |
| Çizelge 4.12. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Pb değerleri (mg/kg).....                                    | 36 |
| Çizelge 4.13. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cd değerleri (mg/kg) ..... | 37 |
| Çizelge 4.14. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Co değerleri (mg/kg) ..... | 40 |
| Çizelge 4.15. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden Alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cr değerleri (mg/kg).....  | 42 |
| Çizelge 4.16. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cu değerleri (mg/kg) ..... | 45 |
| Çizelge 4.17. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden Alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Mn değerleri (mg/kg) ..... | 47 |
| Çizelge 4.18. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nymphaea alba</i> türünün farklı bitki kısımlarında Pb değerleri (mg/kg).....  | 50 |
| Çizelge 4.19. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cd değerleri (µg/L) .....                                          | 53 |
| Çizelge 4.20. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Co değerleri (µg/L) .....                                          | 54 |
| Çizelge 4.21. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cr değerleri (µg/L) .....                                          | 54 |
| Çizelge 4.22. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cu değerleri (µg/L) .....                                          | 55 |
| Çizelge 4.23. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Mn değerleri (µg/L) .....                                          | 56 |

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.24. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Pb değerleri (µg/L) .....                                                            | 57 |
| Çizelge 4.25. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cd değerleri (mg/kg) .....                                                     | 58 |
| Çizelge 4.26. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Co değerleri (mg/kg) .....                                                     | 59 |
| Çizelge 4.27. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cr değerleri (mg/kg) .....                                                     | 60 |
| Çizelge 4.28. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cu değerleri (mg/kg) .....                                                     | 61 |
| Çizelge 4.29. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Mn değerleri (mg/kg) .....                                                     | 62 |
| Çizelge 4.30. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Pb değerleri (mg/kg) .....                                                     | 63 |
| Çizelge 4.31. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cd değerleri (mg/kg) .....                    | 64 |
| Çizelge 4.32. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Co değerleri (mg/kg) .....                    | 66 |
| Çizelge 4.33. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cr değerleri (mg/kg) .....                    | 69 |
| Çizelge 4.34. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Cu değerleri (mg/kg) .....                    | 71 |
| Çizelge 4.35. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Mn değerleri (mg/kg) .....                    | 74 |
| Çizelge 4.36. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan <i>Nuphar lutea</i> türünün farklı bitki kısımlarında Pb değerleri (mg/kg) .....                    | 76 |
| Çizelge 4.37. Tüm lokasyonlardan alınan su numunelerinde yıllık ortalama ağır metal değerleri (µg/L) .....                                                         | 78 |
| Çizelge 4.38. Araştırma alanında su numunelerinde tespit edilen ağır metaller ve ilgili skalalarla karşılaştırılması .....                                         | 80 |
| Çizelge 4.39. Araştırma alanında farklı lokalitelerden alınan su numunelerin pH değerleri .....                                                                    | 86 |
| Çizelge 4.40. Tespit edilen tüm lokasyonlardan toplanan sediment numunelerinde yıllık ortalama ağır metal değerleri (mg/kg) .....                                  | 86 |
| Çizelge 4.41. Gölbaşı göl sedimentinde tespit edilen ağır metallerin ilgili çalışmalar ile karşılaştırılması (mg/kg) .....                                         | 88 |
| Çizelge 4.42. Araştırma alanından toplanan <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarında yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) .....           | 90 |
| Çizelge 4.43. Araştırma alanında alınan <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) .....               | 91 |
| Çizelge 4.44. <i>Nymphaea alba</i> türünün gelişim gösterdiği lokasyonlarda su, sediment ve bitki kısımlarının korelasyon analizi yönünden değerlendirilmesi ..... | 96 |
| Çizelge 4.45. <i>Nuphar lutea</i> türünün gelişim gösterdiği lokasyonlarda su, sediment ve bitki kısımlarının korelasyon analizi yönünden değerlendirilmesi .....  | 97 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Araştırma alanında çalışılan lokaliteleri gösteren konum haritası.....                                                                                                                                                              | 10 |
| Şekil 3.2. Araştırma alanına ait bazı görseller .....                                                                                                                                                                                          | 11 |
| Şekil 3.3. Araştırma alanında tespit edilen lokalitelerden genel bir görünüm .....                                                                                                                                                             | 12 |
| Şekil 3.4. Lokasyonlardan toplanan numunelerin analize hazır hale getirilme ön işlemleri.....                                                                                                                                                  | 14 |
| Şekil 3.5. Laboratuvar ortamında numunelerin analize hazır hale getirilmesi .....                                                                                                                                                              | 15 |
| Şekil 3.6. Hazır hale getirilmiş numunelerin element analizi .....                                                                                                                                                                             | 17 |
| Şekil 4.1. Araştırma alanından tespit edilen <i>Nymphaea alba</i> (beyaz nilüfer).....                                                                                                                                                         | 18 |
| Şekil 4.2. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cd konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 20 |
| Şekil 4.3. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Co konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 21 |
| Şekil 4.4. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cr konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 23 |
| Şekil 4.5. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cu konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 24 |
| Şekil 4.6. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Mn konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 26 |
| Şekil 4.7. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Pb konantrasyonlarının ( $\mu\text{g/L}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....       | 27 |
| Şekil 4.8. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cd konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....  | 29 |
| Şekil 4.9. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Co konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) .....  | 30 |
| Şekil 4.10. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cr konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) ..... | 32 |
| Şekil 4.11. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cu konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) ..... | 33 |
| Şekil 4.12. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Mn konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) ..... | 35 |
| Şekil 4.13. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Pb konantrasyonlarının ( $\text{mg/kg}$ ) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: <i>Nymphaea alba</i> ; Lokalite 4-8: <i>Nuphar lutea</i> ) ..... | 36 |
| Şekil 4.14. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cd değerlerinin ( $\text{mg/kg}$ ) karşılaştırılması .....                                                                                           | 38 |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.15. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Co değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması ..... | 40 |
| Şekil 4.16. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cr değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması ..... | 43 |
| Şekil 4.17. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cu değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması ..... | 45 |
| Şekil 4.18. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Mn değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması ..... | 48 |
| Şekil 4.19. <i>Nymphaea alba</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Pb değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması ..... | 50 |
| Şekil 4.20. Araştırma alanından tespit edilen <i>Nuphar lutea</i> (Sarı Nilüfer).....                                                     | 52 |
| Şekil 4.21. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cd değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 64 |
| Şekil 4.22. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Co değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 67 |
| Şekil 4.23. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cr değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 69 |
| Şekil 4.24. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cu değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 72 |
| Şekil 4.25. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Mn değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 74 |
| Şekil 4.26. <i>Nuphar lutea</i> türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Pb değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....  | 77 |
| Şekil 4.27. Su numunelerinin lokalite bazında yıllık ortalama ağır metal değerlerinin (µg/L) karşılaştırılması .....                      | 79 |
| Şekil 4.28. Gölbaşı Gölü'nde kirliliğe neden olan bazı antropojenik etkiler.....                                                          | 83 |
| Şekil 4.29. Sediment numunelerinin lokalite bazında yıllık ortalama ağır metal değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....               | 87 |
| Şekil 4.30. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cd element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 92 |
| Şekil 4.31. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Co element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 93 |
| Şekil 4.32. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cr element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 93 |
| Şekil 4.33. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cu element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 94 |
| Şekil 4.34. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Mn element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 94 |
| Şekil 4.35. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Pb element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması .....         | 95 |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                  |                     |
|------------------|---------------------|
| Cd               | : Kadmiyum          |
| Co               | : Kobalt            |
| Cr               | : Krom              |
| Cu               | : Bakır             |
| Mn               | : Mangan            |
| Pb               | : Kurşun            |
| HNO <sub>3</sub> | : Nitrik asit       |
| Mg/kg            | : Miligram/kilogram |
| µg/L             | : Mikrogram/litre   |

### KISALTMALAR

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| EPA | : Environmental Protect Agency |
|-----|--------------------------------|

## 1. GİRİŞ

Kirlilik, doğrudan veya dolaylı olarak maddelerin veya enerjinin insan tarafından üretilmesi ve/veya çevreye verilmesi, insanlar da dahil olmak üzere canlı kaynaklar üzerinde zararlı etkilere yol açan ve çevrenin diğer kullanımına müdahale olarak tanımlanır (Don-Pedro, 1990; Bashir ve ark., 2020). Kirlilik, tüm dünyada özellikle gelişmekte olan ülkelerde insanların karşılaştığı başlıca çevresel sorunlardan birisidir. Antropojenik kökenli faaliyetler, ekosistemde mevcut doğal kaynaklar üzerinde zararlı etkiler oluşturabilmektedir (Mendil ve Uluözlu, 2007; Bashir ve ark., 2020). Sucul ekosistemlerde çeşitli kirleticilerin deşarjı, canlıların sağlığını tehdit eden ve su kütlelerini uygunsuz hale getirerek çevrenin kalitesini bozan sayısız antropojenik faaliyetlerin bir sonucudur (Abowel ve Sikoki, 2005; Ekubo ve Abowel, 2011). Sucul ortamlar, ister kimyasal ister katı kirleticiler olsun, antropojenik kirlilik ve endüstriyel atıklar ve sızıntılar için bir toplayıcı özelliğine sahiptir (Hampel ve ark., 2015; Bhat ve ark., 2017). Su kirliliği sorunlarına katkıda bulunan bu atıklar, özellikle de ağır metaller, deterjanlar, mikro-fiberler, plastik ve plastik kökenli olmayan diğer atıklar dikkat çekmektedir (Hampel ve ark., 2015). Akuatik ekosistemlere ulaşan bu kimyasallar arasında radyoaktif elementler, metaller, endüstriyel çözücüler ve uçucu organik bileşikler, gübre ve böcek ilaçları gibi zirai kimyasallar, deterjan ve boya gibi evsel ürünler ve fosil yakıtlar da verilebilir (Hughes ve ark., 2013; Larsson, 2014; Malaj ve ark., 2014; Hampel ve ark., 2015).

Akuatik ekosistemler, özellikle de tatlı su ekosistemleri, kentsel büyümelerde ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda suyun kullanılması ve sanayiden kaynaklanan deşarjların da bu ortamlara serbest bırakılması, diğer çevrelere nazaran daha fazla kirlenmeye maruz kalmasına sebep olmaktadır (Demirak ve ark., 2006; Fernandes ve ark., 2007; Bashir ve ark., 2020). Su kirliliği, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde dünya çapında git gide artan bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Mateo-Sagasta ve ark., 2017). Özellikle de küresel çapta, belediye atık sularının % 80'inin arıtılmadan su kaynaklarına deşarj edilmesi, ve sanayiden kaynaklı her yıl milyonlarca ton ağır metal, çözücüler, toksik çamur ve diğer atıkların sucul ortamlara boşaltılması, su kirliliğinin ana sorumlusu olarak dikkat çekmektedir (Mateo-Sagasta ve ark., 2017). Ayrıca küresel olarak suyun % 70'inin de tarımda kullanılması, organik maddeler, zirai

ilaç artıkları ve çökeltilerin bu ortamlara kolaylıkla salınmasında etkili olduğu için, bu durum su kirliliğinde de önemli bir rol oynar (Mateo-Sagasta ve ark., 2017). Akuatik ekosistemlerinin çoğu, kirliliği bir dereceye kadar seyreltme eğilimindedir, ancak bu ekosistemlerinin ciddi şekilde kirlenmesi, başta bu ekosistemlerde yaşayan mevcut flora ve fauna başta olmak üzere, insan sağlığında ve üretim faaliyetlerinde olumsuz yönde değişikliğe neden olabilir (Mateo-Sagasta ve ark., 2017). Kirleticiler, çevre üzerinde doğrudan tanımlanabilir etki ile birincil hasara, biyolojik besin ağının hassas dengesinde yalnızca uzun zaman aralıklarında tespit edilebilen küçük bozulmalar da ikincil hasara neden olabilir (Sharma, 2012; Al Naggat ve ark., 2014; Ghani, 2015). Bu nedenle, su ekosistemlerinin kalitesini korumak, 21. yüzyılda küresel toplumun karşı karşıya kaldığı en büyük zorluklardan birisini temsil etmektedir (Hampel ve ark., 2015; Bashir ve ark., 2020).

Bilim ve teknolojiye hızlı ilerlemeler, insanların doğal kaynakları büyük ölçüde kullanmasına olanak tanımasına karşılık, küresel ölçekte benzeri görülmemiş şekilde rahatsızlıklar da ortaya çıkmıştır (Rai, 2009). Farklı kaynaklardan salınan ağır metaller, su kütlelerine kolaylıkla giriş yaparak, insanlar da dahil olmak üzere besin zincirinin farklı trofik seviyelerinde ciddi tehditler oluşturur. Ağır metaller, spesifik özgül ağırlığı  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten yüksek olan ve atom numarası 20'den büyük olan metalik özelliklere sahip elementlerdir (Ahmad ve ark., 2016). Bu antropojenik kökenli ve toksik özellik gösteren ağır metallerin nispeten yakın zamanda ortaya çıkması ve bunların farklı çevrelere taşınması, özellikle de su ekosistemlerinin kendi kendini temizleme kapasitesi üzerinde olması, endişe verici boyutlarda ciddi bir baskıya neden olmuştur (Susarla ve ark., 2002; Rai, 2009). Biyosferin toksik metallerle kirlenmesi, sanayi devriminin başlangıcından bu yana, dramatik bir şekilde hızlanmıştır (Nriagu, 1979).

Ağır metal kirliliği sorunu, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte her zaman bir endişe konusu olarak ortaya çıkmaktadır. Japonya'da bir kimyasal tesisin neden olduğu civa kirliliği ile son birkaç on yılda Minamata hastalığı nedeniyle binlerce kişi etkilenmiştir (Kudo ve Miyahara, 1991). Son zamanlarda Bangladeş'teki yer altı suyundaki arsenik (As) kirliliği; Bolivya, Berlin ve Hong Kong'daki içme suyu kaynaklarında bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) kirliliği gibi büyük sorunlar ortaya çıkmıştır (Alam ve ark., 2003; Ho ve ark., 2003; Zietz ve ark., 2003; Miller ve ark., 2004).

Ağır metallerin çevrede uzun süreli kalıcı olma potansiyelleri, insan ve hayvan sağlığına yönelik tehditleri de gittikçe ağırlaştırmıştır (Gisbert ve ark., 2000). Örneğin, daha kalıcı metallere biri olan kurşun (Pb)'un toprakta 150-5000 yıllık bir tutunma süresine sahip olduğu tahmin edilmiş ve toprağa çamur uygulamasından sonra da yaklaşık 150 yıl kadar uzun bir süre boyunca yüksek konsantrasyonda kalabileceği bildirilmiştir (Kumar ve ark., 1995). Bu bilgilere ek olarak, kadmiyum (Cd)'un ortalama biyolojik yarı ömrünün yaklaşık 18 yıl olduğu tahmin edilmektedir (Forstner ve ark., 1995). Ağır metallerin besin zinciri yoluyla hayvanların ve/veya insanların vücutlarında kolaylıkla birikebilmesi ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Rai, 2009).

Su ekosistemlerindeki ağır metallerin kaynakları ve dağılımı 1950'lerin ortalarından 1960'ların başlarına kadar Japonya'daki kıyı, nehir ve sulama sistemlerinin imalat ve madencilikten gelen atık sularla kirlenmesinden kaynaklanan civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) kirliliği felaketlerinden beri, kapsamlı bir şekilde günümüze kadar dünyanın farklı coğrafyalarında yapılan çalışmalar ile belgelenmiştir (McCormac, 1991). Doğal sular, özellikle de haliçler ve tatlı su sistemleri şu anda sadece çeşitli derecelerde kirlenmekle kalmıyor, aynı zamanda geçmiş insan faaliyetlerinden kaynaklı tortularda biriken metaller nedeniyle de oldukça uzun vadeli kirliliğe de mahkum edilmektedir (Rai, 2009).

Ağır metaller su ekosistemine hem doğal hem de antropojenik kaynaklar olmak üzere, tüm akuatik ekosistemlere doğrudan deşarjların bir sonucu ve/veya atmosferik birikim ve yüzey akışı gibi dolaylı yollarla giriş yapabilmektedir (Biney ve ark., 1994). Önemli doğal kaynaklar olarak volkanik aktivitelerden ve kayaların ayrışmasından, aşınmasından ve erozyonun da etkisiyle ağır metaller çevreye giriş yapmaktadır (Förstner, 1987). Akuatik sistemdeki ağır metaller, genellikle düşük seviyelerde olan topraktan ve kayalardan suya yavaş sızıntıyla da doğal olarak zamanla birikebilir ve insan sağlığı üzerinde ciddi ölümcül etkilere neden olmaz (Chang ve ark., 2000; Rashid ve ark., 2019). Fakat, sanayi ve tarımın gelişmesi, ağır metal kirliliğinin hızla artmasını teşvik etmektedir. Genel olarak akuatik ekosistemlerde bu kirliliğe bakır, civa, çinko, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel gibi ağır metallerin neden olduğu farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Alloway, 2013; Bashir ve ark., 2020).

Ağır metaller, sudan uzaklaştırılmadıkları için, su rezervuarlarında birikirler ve böylece besin zincirine kolaylıkla giriş yapabilirler (Loska ve Wiechula, 2003). Belirli

Çevresel koşullar altında, ağır metaller oldukça toksik bir konsantrasyona kadar birikebilir ve ekolojik hasara neden olabilirler (Harguinteguy ve ark., 2014). Akuatik ortamlara bırakıldıktan sonra, genellikle partikül maddeye bağlanıp, çökelme sonucunda tortulara karışırlar. Uygun pH değerlerinde de suya salınarak ortamının daha fazla kirlenmesine yol açmaktadır (Xu ve Yang, 1996). Bu nedenle, sedimentler de akuatik ortamlara boşaltılan ağır metallerin bünyelerinde biriktirilmesinde önemli bir rol oynar (Gibbs, 1973; Bryan ve Langston, 1992; Harguinteguy ve ark., 2014).

Ayrıca, bitki türleri de sulak alanların jeokimyasında önemli bir rol oynar. Çünkü sucul bitkiler, aktif ve pasif absorpsiyon yoluyla bu metallerin canlı toplayıcıları ve taşıyıcılarıdır (Bose ve ark., 2008; Vodyanitskii ve Shoba, 2015; Bonanno ve ark., 2018). Sulak alan bitkileri, iyi gelişmiş kök sistemleri, toksisiteye toleransları, yüksek verimli biyokütleleri ve durağan yapıları sayesinde sudan ve tortulardan yüksek düzeyde bu metalleri biriktirebilirler (Miloşkovi  ve ark., 2013; Rezania ve ark., 2016). Özellikle sulak alanlar, bu metallerin girdilerine karşı oldukça savunmasızdır. Ağır metal kirliliğinin etkisi, etkilenen ekosistem hizmetleri için büyük endişe oluşturmaktadır (Mitsch ve Gosselink, 2007; Bonanno, 2014; Bonanno ve Vymazal, 2017). Bu nedenle, su ve   keltirlerdeki mevcut ağır metaller ile bitki türleri arasındaki ilişkinin araştırılması, bitkiler ile abiyotik bileşenlerin ara yüzündeki element translokasyon süreçlerine daha fazla ışık tutmak için son derece önemlidir (Bonanno ve ark., 2018).

Son zamanlarda akuatik sistemlerdeki ağır metal kirliliğinin yaygınlaşması nedeniyle, bu konu giderek daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Zhou ve ark., 2008). Bazı ağır metaller, organizmalarda biyolojik olarak birikebilir ve yüksek toksisiteye sahip kalıcı metalik bileşiklere dönüşebilir (Zhou ve ark., 2008). Böylelikle besin zincirinde artan konsantrasyonlarda birikerek, insan sağlığı da dahil olmak üzere ekosistem sağlığını da tehdit etmektedir (Jin, 1992; Zhou ve ark., 2008).

Bu tez çalışması kapsamında, Gölbaşı gölü (Kırıkhan-Hatay)'nden alınan su ve sedimentlerde ki (toprak) mevcut bazı ağır metaller (bakır, kadmiyum, kobalt, krom, kurşun ve mangan) ile iki farklı nilüfer bitki türü arasındaki ilişkinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Göller hidrolojik, biyojeokimyasal, jeomorfolojik, iklimsel ve diğer bir çok ekolojik işlevleri yerine getiren karmaşık özellik gösteren bir dinamik yapıdır. Ayrıca, bu tatlısu ekosistemleri pek çok önemli hizmetler de sunmaktadır. Bunlardan bazıları (a) Su, gıda, lif, yakıt, balık, ilaç, süs eşyaları gibi birçok alternatif biyolojik kaynak oluşturmaları; (b) Taşkın ve kuraklık azaltma fonksiyonu, akuatik biyolojik çeşitliliği barındırma, ekoton tampon kapasitesi oluşturma gibi önemli ekolojik hizmetlere katkıda bulunması; (c) Sosyo-ekonomik, estetik, dini, manevi, eğlence (özellikle de seyrüsefer rotaları), tarihi ve eğitimsel değerlerin kültürel hizmetlerini sunması; (d) Isı enerjisi bütçesi, jeolojik oluşum, besin döngüsü, su döngüsü, habitatlar ve gen havuzu ve birincil üretim hizmetlerini desteklemesi gibi kriterler verilebilir (Ozturk ve ark., 1996; MEA, 2005).

Önemli tatlı su ekosistemleri olan göller, su seviyesi, asitlenme, aşırı toksik kontaminasyon ve ötrofikasyon gibi olaylar, çevre ve insan sağlığı için önemli bir risk grubu oluşturan ciddi sorunlarla karşı karşıyadır (Gleeson ve ark., 2012; Li ve ark., 2013, 2016; Rosenberry ve ark., 2015). Bu ekosistemlerde su, sediment ve suda yaşayan organizmalarda ağır metallerin varlığı genellikle metalin çözünürlüğü, hareketliliği ve kalıcılığının yanı sıra ortamın adsorpsiyon özellikleri ile de artabilir (Kumar ve ark., 2013; Yao ve ark., 2014). Bu ekosistemler de ağır metallere maruz kalmış su, bitki ve balık tüketen bazı insanlarda böbrek ve karaciğer hastalıkları, beyin tümörü ve cilt problemleri gibi pek çok potansiyel sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir (Chopra ve Kumar, 2010; Obasohan ve ark., 2010). Böylelikle tatlı su ekosistemlerinde ağır metal kirliliğinin artması lokal, bölgesel hatta küresel boyutta önemli bir endişe kaynağı haline gelebilmektedir (Malik ve ark., 2010; Oronsaye ve ark., 2010; Ideriah ve ark., 2013; Tan ve ark., 2016).

Mevcut yaşam biçimleri için önemli bir doğal kaynak olan tatlı su ekosistemleri ağır metal kirliliği yönünden de risk altındadır (Adiyiah ve ark., 2013; Ali ve ark., 2013; Chukwuemeka ve ark., 2014; Jiang ve Sun, 2014; Abdel-Satar ve Gohler, 2017; Benson ve ark., 2017). Çünkü ağır metaller genel olarak suda düşük konsantrasyonlarda bulunsalar da, ancak tortularda ve biyota da çok daha fazla oranda bulunabilir. Bu nedenle, suyun ağır metal kirliliğine maruz kalması başta sucul canlı topluluğuna zarar veren ve ana kirlilik olarak dikkat çekmektedir. Bu nedenle hemen hemen mevcut tüm canlı

organizmalarda ağır metaller önemli ekotoksikolojik etkilere neden olabilir (Baldantoni ve ark., 2004; Ghori ve ark., 2019).

Sucul ekosistemlerde ağır metallerin varlığı genellikle doğal deşarjlar, şehrsel deşarj, kentleşme, madencilik ve tarımsal gibi antropojenik kökenli aktivitelerden kaynaklanmaktadır (Ozturk, 1989; Ozturk ve ark., 1996, 2008a, 2008b; Sekabira ve ark., 2010; Sarasiab ve ark., 2014; Stanley ve ark., 2015; Banunle ve ark., 2018; Karthikeyan ve ark., 2018; Patel ve ark., 2018). Böylelikle, bu ekosistemlerdeki biyolojik çeşitliliğin bileşenleri olarak pek çok balık ve bitki taksonu, insan faaliyetleri tarafından oluşturulan kirlilik etkilerinin izlenmesinde, güvenilir **biyo-indikatör** olarak kabul edilmektedir (Ozturk, 1989; Ozturk ve ark., 1996, 2008a, 2008b; Jia ve ark., 2017). Göller, bazı su bitkileri, balıklar ve çökeltilerdeki ağır metallerin son birkaç on yıldır önemli bir çevresel odak noktası olmasının nedeni de budur (Ozturk, 1989; Ozturk ve ark., 1996, 2008a, 2008b; Cetin ve ark., 2000).

Türkiye’de mevcut sulak alanlar, farklı araştırmacılar tarafından öncelikle floristik, ekolojik ve sintaksonomik yönden ele alınarak bazı çalışmalar yapılmıştır (Seçmen ve Leblebici, 1991, 1996, 1997; Behçet 1993, 1994; Behçet ve Altan, 1994; Küçüköğüt ve Ketenoğlu, 1996; Can ve Taş, 2012; Taş ve ark., 2018).

Ülkemizdeki bazı göllerde yayılış gösteren akuatik bitkilerde, balıklarda ve çökeltilerde ağır metal kirliliği üzerine yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları ise tarihsel sıra baz alınarak aşağıda sunulmuştur:

Ozturk ve arkadaşları (1996), Afyon Eber gölü’nde bitki örtüsü ve kirlenme ilişkileri üzerine yaptıkları çalışmada, göldeki mevcut kirliliğe karşı biyoindikatör özellik gösteren bitkilerin bol miktarda yayılış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Demirzen ve Aksoy (2006), ve Aksoy ve arkadaşları (2005), Kayseri Sultan sazlığında yayılış gösteren *Typha angustifolia* L. ve *Potamogeton pectinatus* L. türleri başta olmak üzere bazı sucul bitkilerin ağır metal birikimi üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Bir başka çalışmada ise, Ozturk ve arkadaşları (2008a), Demirköprü baraj gölü’nden alınan su, sediment ve bazı balıklarda ağır metallerin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Ozturk ve arkadaşları (2009), Avsar baraj gölünde yayılış gösteren bazı balıklarda, su ve sediment örneklerinde ağır metallerin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Karadede ve arkadaşları (1997), Atatürk Baraj Gölü'nde yayılış gösteren *Mastacembelus simack* balık türünün farklı dokularındaki mevcut ağır metal birikimleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya ek olarak, Keban Baraj Gölü'nde yayılış gösteren *Capoeta trutta* türünün (Çalta ve ark., 2000), Atatürk Baraj Gölü'nden alınan bazı balık türlerinin (Karadede ve Unlu, 2000) ve Hazar Gölü (Elazığ)'nde yayılış gösteren *Capoeta capoeta umbla* balık türünün (Çalta ve Canpolat, 2002) farklı dokularında mevcut ağır metal kirliliği incelenmiştir.

Ayrıca, bu çalışmalardan farklı olarak, Van Gölü'nden toplanan midye türünde de (*Unio stevenianus krynicki*) ağır metal kirliliği incelenmiştir (Yarsan ve Bilgili, 2000).

Gölbaşı gölü (Kırıkhan-Hatay), Doğu Akdeniz havzasında ve Akdeniz Bölgesinin Adana Bölümünün en doğusundaki Amik ovası yakınında yer alır. Gölün sahip olduğu coğrafi özellikler, benzerlerinden farklı bir sulak alan ekosisteminin oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca bu tatlısu ekosistemi 1992 yılında doğal sit alanı olarak koruma altına alınmıştır (Doğaner, 2001; Özşahin, 2011). Batıdan Amik ovasına açılan göl havzası, kuzeybatıdan bataklık, doğu, güney ve kısmen de kuzeyden anakaya (kireçtaşı ve bazalt) özelliğindeki yükseltilerle çevrili bir konumda bulunur. Gölbaşı gölü, bu yükseltilerin eteklerinden çıkan kaynak suları ile beslenmektedir (Özşahin, 2011). Gölbaşı gölü çevresindeki yerleşmeler, gölden tarımsal sulama başta olmak üzere içme ve kullanma suyu ve balıkçılık şeklinde istifade edilmektedir. Bu durum yerleşmelerdeki ekonomik faaliyetlerin de bu yönde gelişmesine ortam hazırlamıştır (Özşahin, 2011). Bu nedenle Gölbaşı gölü yerel halk tarafından tarım ve su ürünleri yetiştiriciliği için çok önem arz etmektedir.

Gölbaşı gölü'nde yapılmış mevcut araştırmalar irdelendiğinde, genel olarak tatlı su midyelerinin kabuk yapıları, üreme ve büyüme potansiyelleri, çevresel koşulları, kimyasal içerikleri ve bazı ekonomik potansiyelleri (Çek ve Şereflişan, 2006; Şereflişan ve ark., 2007, 2009; Ersoy ve Şereflişan, 2010; İşcan ve Şereflişan, 2014; Şereflişan, 2014a, b; Şereflişan ve Gökçe, 2016); fitoplankton ve zooplankton tür tespiti (Naz ve Türkmen, 2005; Türkmen ve ark., 2006; Bozkurt ve Tepe, 2011); gastropod faunası ve bazı zoolojik yeni kayıtlar (Bozkurt, 2007; Şereflişan ve ark., 2009; Arslan ve ark.,

2013); bazı balık türlerinde uzunluk-ağırlık ilişkisine yönelik biyometrik analizler (Özcan ve Altun, 2016); ve su kurbağası yetiştiriciliği (Alkaya, 2018) üzerine yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Ayrıca bu çalışmalara ek olarak, Gölbaşı gölünde meydana gelen değişimin coğrafik analizi (Özşahin, 2011) ve gölün mevcut su potansiyeli ve sürdürülebilir yönetimi üzerine yapılmış bazı çalışmalar da mevcuttur (Korkmaz ve ark., 2008).

Bu tez çalışması ile doğrudan ilgili araştırmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalardan birisi, Ciminli (2005) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, Gölbaşı gölü'nde iki balık (karabalık ve sarıbenli), midye ve su örneklerindeki mevcut ağır metal kirliliğini incelenmiştir. Araştırmacının elde ettiği tez bulgularına göre, çalışılan organizmalarda mevcut ağır metallerin kabul edilebilir sınırların altında olduğunu vurgulamıştır.

Bu çalışmaya ek olarak, Türkmen ve Ciminli (2011), farklı mevsimler dikkate alınarak Gölbaşı gölü'nde yaptıkları karşılaştırmalı bir çalışma da ise, göl suyunda bulunan bakır (Cu), demir (Fe) ve çinko (Zn) konsantrasyonlarının kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Bir başka çalışma da, Bozkurt ve Tepe tarafından 2011 yılında, Gölbaşı gölünün su kalitesi üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Bayar ve Yılmaz (2020), başta Gölbaşı gölü de dahil olmak üzere, Hatay ili'nin mevcut sulak alanlarında ki toprakların ağır metal kirliliği yönünden incelemişlerdir. Bu araştırmacıların elde ettikleri verilere göre, bu alanlardan krom (Cr) ve nikel (Ni) kirliliğinin öne çıktığını vurgulamışlardır.

Ancak, araştırma alanımız olan Gölbaşı gölü (Kırıkhan-Hatay)'nde, Nymphaeaceae familyasına mensup *Nuphar lutea* (L.) Sm. (**sarı nilüfer**) ve *Nymphaea alba* L. (**beyaz nilüfer**) türlerinde ağır metal kirliliği üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya ise rastlanılmamıştır. Böylelikle bu tez çalışması ile bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Gölbaşı gölünün su kalitesini ve ağır metal kirliliğinin bu sucul bitkiler üzerindeki etkisini gözden geçirmektir. Ayrıca, bu tez çalışması, sürdürülebilirlik kapsamında göl havzasının yönetimi ve izlenmesi ile ilgili ileriye dönük çalışmalara da katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

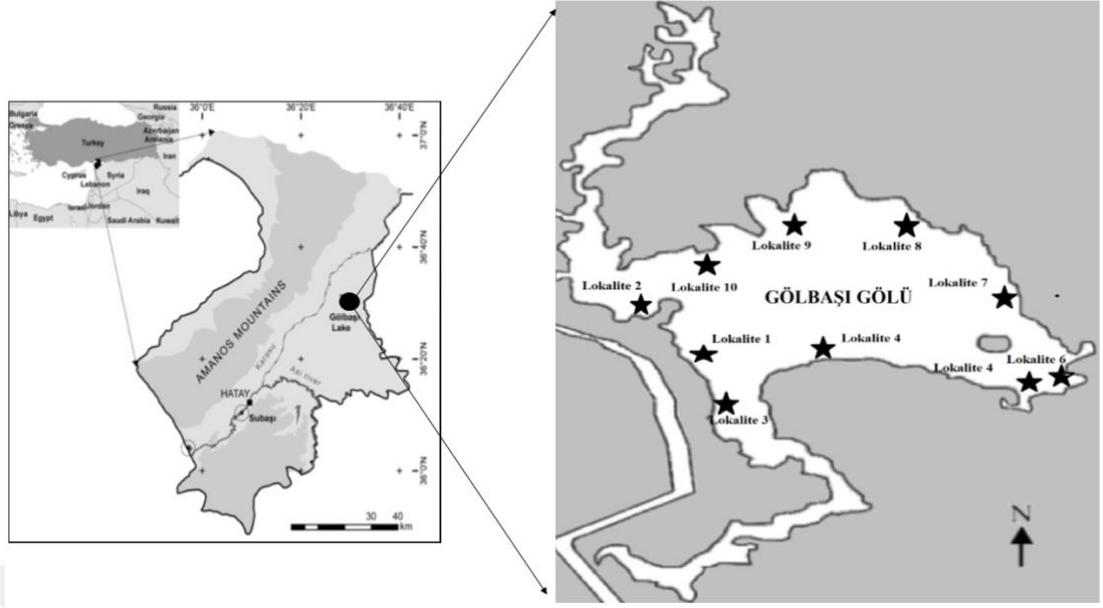
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışması kapsamında, araştırma alanından Nymphaeaceae (Nilüfergiller) familyasına mensup *Nuphar lutea* (**sarı nilüfer**) ve *Nymphaea alba* (**beyaz nilüfer**) türleri bitki materyali olarak seçilmiştir. Daha sonra bu türlere ait rizom, yaprak sapı ve yaprak örnekleri ile bu türlerin yetiştiği ortamdan alınan toprak (sediment) ve su örnekleri karşılaştırmalı olarak analiz edilebilmesi için laboratuvara getirilmiştir. Bu bitki numunelerine ait gerekli analizlerin yapılabilmesi için, ICP-OES PerkinElmer-Optima 7000 DV, Mikrodalga Berghof MWS2, derin dondurucu (-20 °C), pH metre, ultra saf su cihazı, etüv, hassas terazi, ultrasonik banyo, Vortex Shaker, Eppendorf mikropipetler (10-1000 µL), Spektrometre, Çeker ocak, Buz makinası, Otoklav gibi ekipmanlar kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

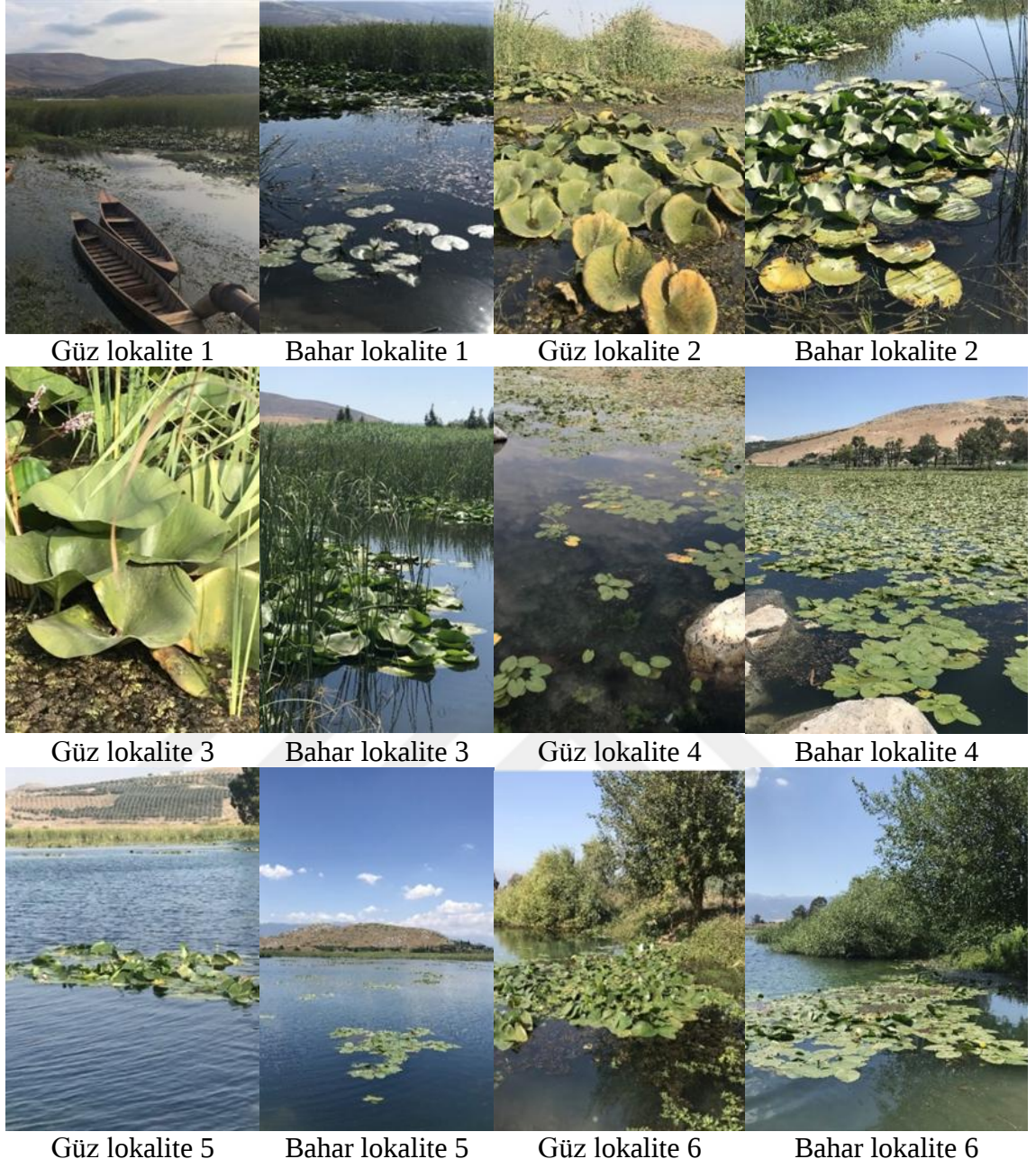
Tez çalışması kapsamında araştırma alanından toplanan bitkilerin populasyon yoğunluğu dikkate alınarak toplam 10 lokalite tespit edilmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Tespit edilen bu lokalitelerden beşi Sarı nilüfer (*Nuphar lutea*), kalan diğer beş lokalite ise Beyaz nilüfer (*Nymphaea alba*) olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu lokalitelerden güz ve bahar olmak üzere iki farklı vejetasyon döneminde toplanan bu bitki örnekleri (rizom, yaprak sapı ve yaprak), steril poşetlere aktarılarak izole edildi ve kurutma kağıdı içerisinde etüvde 80 °C’de 48 saat kurutuldu. Bitkinin yetiştiği ortamdan alınan su örnekleri de steril 50 ml falcon tüplere alınarak, pH değeri ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca alınan toprak (sediment) örnekleri de steril 50 ml falcon tüplere aktarıldı ve 80 °C’de 48 saatte kurutuldu (Şekil 3.4).



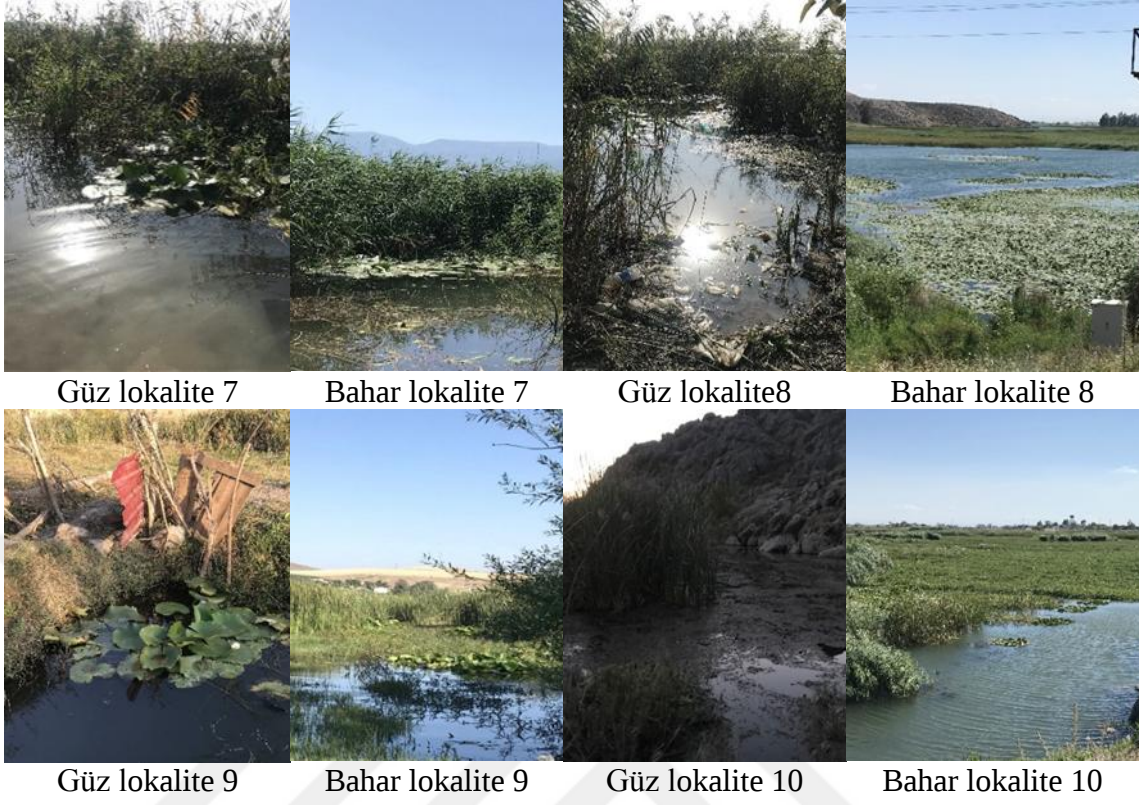
Şekil 3.1. Araştırma alanında çalışılan lokaliteleri gösteren konum haritası (Türkmen ve Ciminli, 2011; Atahan ve ark., 2015’den modifiye edilmiştir)



Şekil 3.2. Araştırma alanına ait bazı görseller



Şekil 3.3. Araştırma alanında tespit edilen lokalitelerden genel bir görünüm



Şekil 3.3. (Devam) Araştırma alanında tespit edilen lokalitelerden genel görünüm



Şekil 3.4. Lokasyonlardan toplanan numunelerin analize hazır hale getirilme ön işlemleri

Kurutulan toprak (sediment) numuneleri 2 mm por çapına sahip elik elekten geçirilerek tartıma hazır hale getirildi. Bitki kısımlarına ait numuneler ise, kurutulduktan sonra “Lavion 500 gr Yüksek Hızlı ğtc” ile toz haline getirilerek tartımları yapıldı. 0.200-0.250 g aralığında tartılan bu bitki numuneleri, Teflon yakma hücrelerine aktarıldı. Bu numuneler Teflon hücrelere 8 ml % 65’lik Merck marka  $\text{HNO}_3$  konuldu. Toprak (sediment) numuneler için ise; 6 ml % 65’lik Merck marka  $\text{HNO}_3$ , 3 ml % 37’lik Merck marka  $\text{HCl}$  ve 2 ml % 48’lik Merck marka  $\text{HF}$  konuldu. Hazırlanan bu rnekler “Berghof-MSW2” marka model mikrodalga cihazı kullanılarak çözündürme işlemi yapıldı. İşlem sonrası numuneler ultra saf su kullanılarak 50 ml’lik steril falcon tüplere mavi bant filtre kağıdı ile süzülerek aktarıldı. Toplam hacim ultra saf su ile 50 mL’ye tamamlanarak işlem bitirildi. (ekil 3.5).



Şekil 3.5. Laboratuvar ortamında numunelerin analize hazır hale getirilmesi

Steril 50 ml falcon tüplere alınan su örnekleri, laboratuvar ortamında mavi bant filtre kağıdından süzülerek başka bir steril 50 ml falcon tüplere aktarıldı. Aktarma işlemi tamamlandıktan sonra, ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy) cihazında analize hazır hale getirilmesi için seyreltme işlemi uygulanması gerekmektedir. Bunun sebebi lokalitelerden alınan su örneklerinde, cihazın kolaylıkla okuma yapabilmesi için üst limitlerinden çok daha yüksek konsantrasyonda mineral içeriğinin bulunması durumudur. Bu durum plazmaya zarar vereceği ve nebulizeri tıkamaya ihtimali belireceği için, alınan örneklerin mineral seviyesine göre 1e10 ile 1e100 oranları arasında seyreltme işlemi yapılması gerekmektedir. Çünkü direk 1e100 seyreltme işlemi yapmak, göl suyunda bulunan olası ağır metal konsantrasyonların cihazın okuma alt sınırının altında kalarak belirlenememesine neden olacaktır. Bu sebeple, maksimum miktarda element analizi yapılabilmesi için, optimum seyreltme oranının belirlenmesi gerekmektedir.

Böylelikle deneme yapılarak belirlenmesi gereken bu işlemler için, filtre edilmiş göl suyu örneklerinden yeni bir falcon tüpe % 1'lik Nitrik Asit ( $\text{HNO}_3$ ) kullanılarak, her lokaliteye ait bu su örnekleri 1e10'dan başlayarak okuma denemeleri yapılması planlanmıştır. Böylelikle en uygun seyreltme oranı ile element okumaları tamamlanmıştır.

Bahçeşehir Üniversitesi'nin bünyesinde yer alan ICP-OES "PerkinElmer - Optima 7000DV" marka model cihazında (Şekil 3.6) element miktarı belirlenme işlemine hazır hale getirilen bitki kısımlarında, toprak (sediment) ve göl suyu numunelerinde bakır (Cu), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), kurşun (Pb) ve mangan (Mn) elementlerinin miktarları mg/kg bazında kuru ağırlık olarak tespit edildi. Elde edilen sonuçlar SPSS istatistik programı ile korelasyon analizleri yapılarak su, toprak (sediment) ve bitki ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

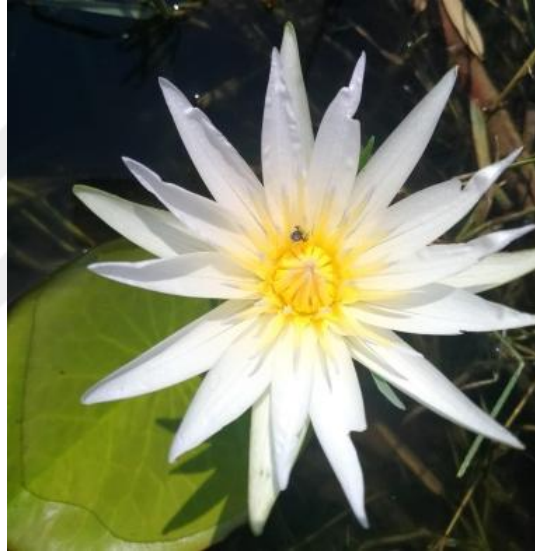


Şekil 3.6. Hazır hale getirilmiş numunelerin element analizi  
(ICP-OES “PerkinElmer - Optima 7000DV”)

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. *Nymphaea alba* (Beyaz nilüfer)

*Nymphaea alba* (Şekil 4.1), araştırma alanında güz ve bahar olmak üzere iki farklı vejetasyon döneminde, lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10 olmak üzere toplam 5 lokasyonda tespit edilmiştir. Bu türün yayılış gösterdiği alanlardan alınan su, sediment (toprak) ve bitki kısımlarına (rizom, yaprak sapı, yaprak) ait her lokaliteden alınan örnekler, Cd (Kadmiyum), Co (Kobalt), Cr (Krom), Cu (Bakır), Mn (Mangan) ve Pb (Kurşun) ağır metalleri bakımından incelenmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma alanından tespit edilen *Nymphaea alba* (beyaz nilüfer)

##### 4.1.1. *Nymphaea alba* Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlarda Su Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

###### 4.1.1.1 Kadmiyum (Cd)

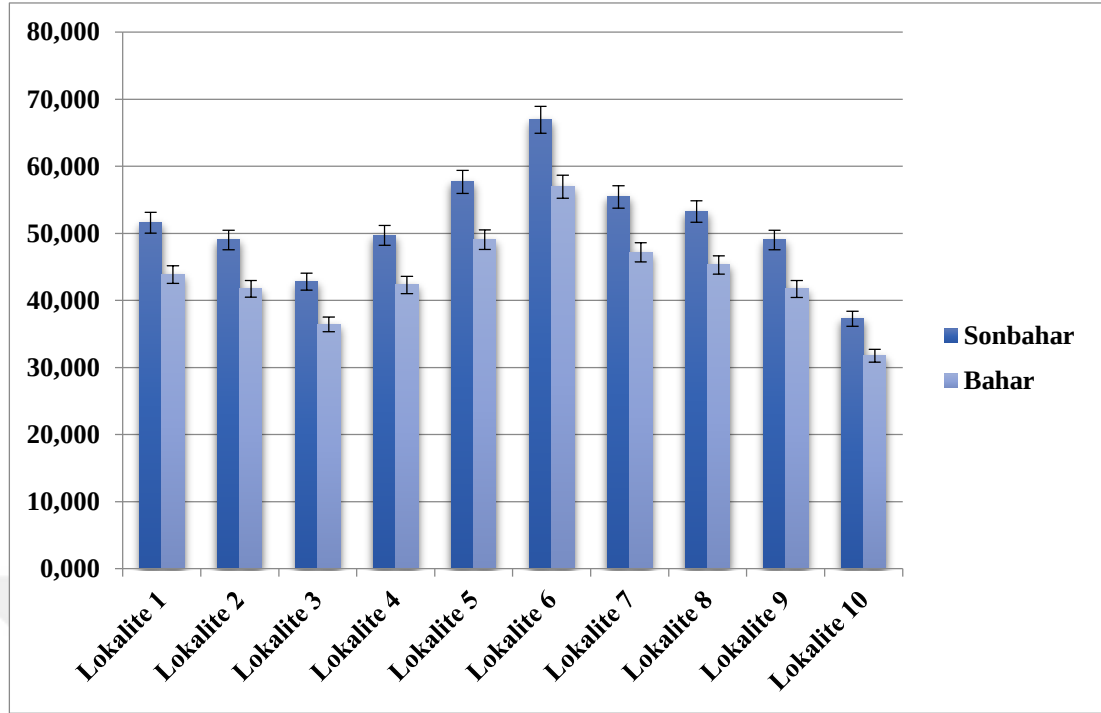
Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kadmiyum değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $37.284 \pm 0.032 \mu\text{g/L}$ , bahar da  $31.739 \pm 0.030 \mu\text{g/L}$ ), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da

51.576±0.013 µg/L, bahar da 43.867±0.014 µg/L) (Çizelge 4.1). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut kadmiyum değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması 10 < 3 < 9 < 2 < 1 şeklindedir.

Çizelge 4.1. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cd değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar     | Bahar        |
|-------------|--------------|--------------|
| Lokalite 1  | 51.576±0.013 | 43.867±0.014 |
| Lokalite 2  | 49.022±0.024 | 41.723±0.017 |
| Lokalite 3  | 42.808±0.019 | 36.423±0.038 |
| Lokalite 9  | 49.020±0.022 | 41.712±0.013 |
| Lokalite 10 | 37.284±0.032 | 31.739±0.030 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kadmiyum değerlerinin ortalaması 45.942±0.022 µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer 39.093±0.022 µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cd konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalle 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalle 4-8: *Nuphar lutea*)

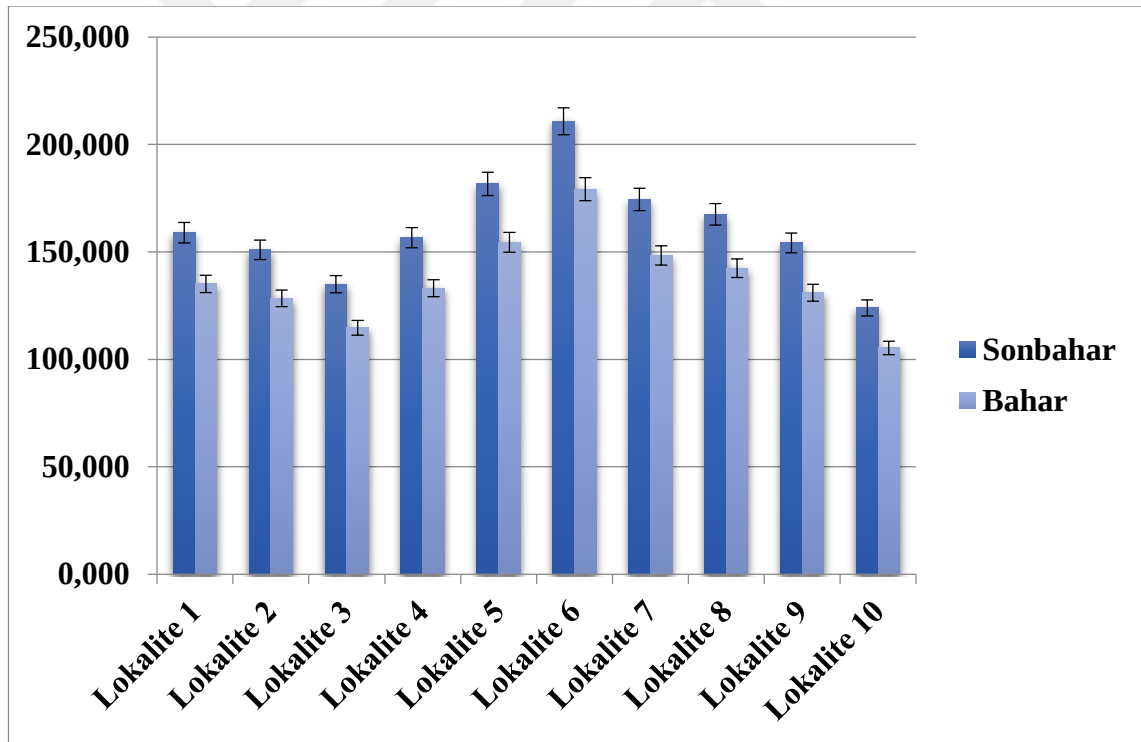
#### 4.1.1.2 Kobalt (Co)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kobalt değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $123.867 \pm 0.017$  µg/L, bahar da  $105.319 \pm 0.027$  µg/L), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $158.924 \pm 0.007$  µg/L, bahar da  $135.127 \pm 0.020$  µg/L) (Çizelge 4.2). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut kobalt değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $10 < 3 < 2 < 9 < 1$  şeklindedir.

Çizelge 4.2. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Co değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 1  | 158.924±0.007 | 135.127±0.020 |
| Lokalite 2  | 151.010±0.014 | 128.396±0.034 |
| Lokalite 3  | 134.941±0.029 | 114.737±0.044 |
| Lokalite 9  | 154.116±0.022 | 131.026±0.020 |
| Lokalite 10 | 123.867±0.017 | 105.319±0.027 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kobalt değerlerinin ortalaması 144.572±0.018 µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer 122.921±0.029 µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Co konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

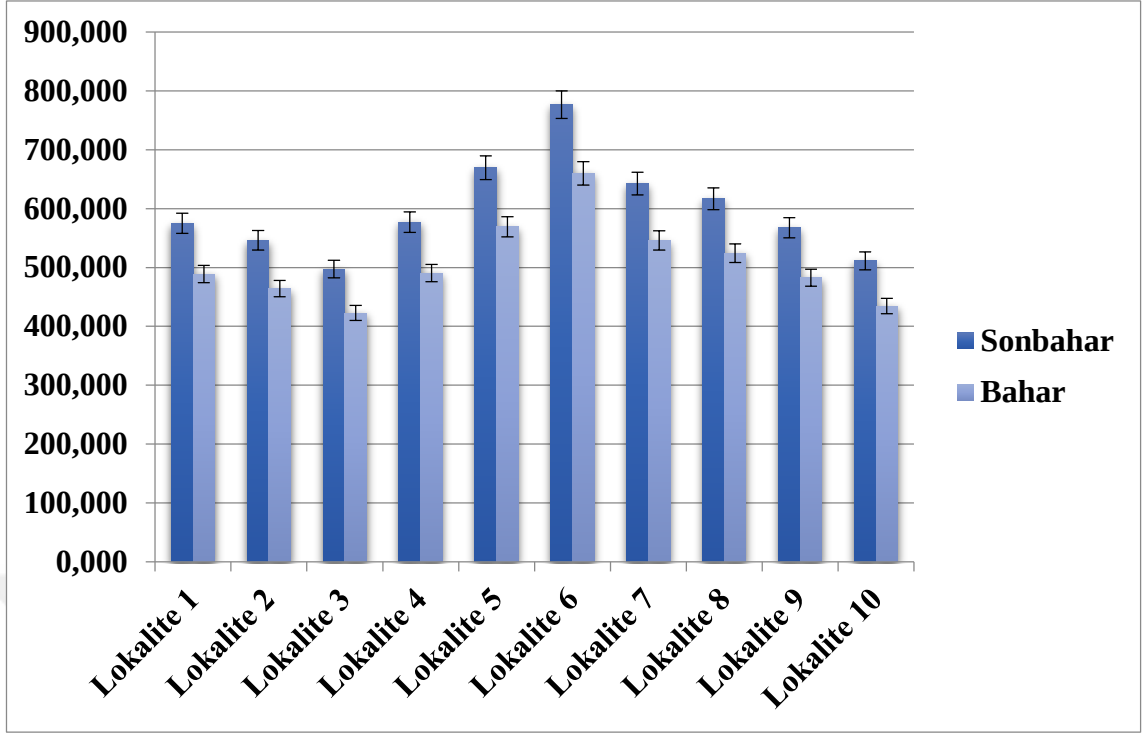
#### 4.1.1.3 Krom (Cr)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki krom değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $497.264 \pm 0.011$  µg/L, bahar  $422.710 \pm 0.023$  µg/L), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $574.903 \pm 0.015$  µg/L, bahar da  $488.717 \pm 0.019$  µg/L) (Çizelge 4.3). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut krom değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $3 < 10 < 2 < 9 < 1$  şeklindedir.

Çizelge 4.3. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cr değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar            | Bahar               |
|-------------|---------------------|---------------------|
| Lokalite 1  | $574.903 \pm 0.015$ | $488.717 \pm 0.019$ |
| Lokalite 2  | $546.211 \pm 0.024$ | $464.307 \pm 0.032$ |
| Lokalite 3  | $497.264 \pm 0.011$ | $422.710 \pm 0.023$ |
| Lokalite 9  | $567.530 \pm 0.022$ | $482.444 \pm 0.031$ |
| Lokalite 10 | $511.014 \pm 0.014$ | $434.387 \pm 0.033$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde krom değerlerinin ortalaması  $539.384 \pm 0.017$  µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer  $458.513 \pm 0.028$  µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cr konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

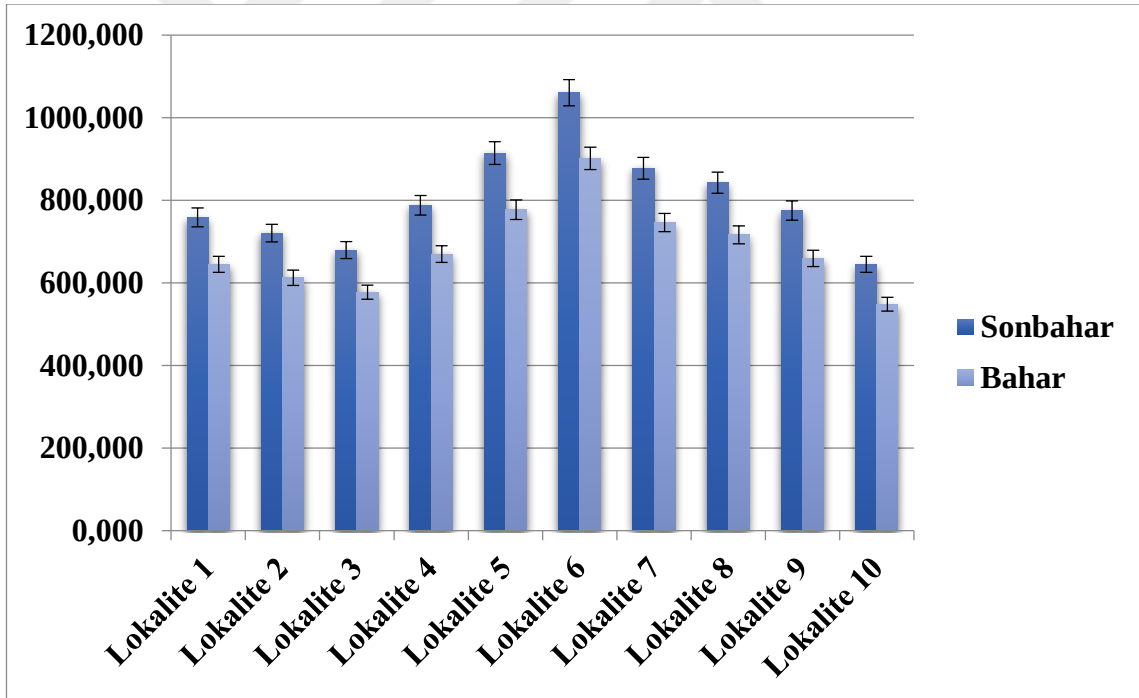
#### 4.1.1.4 Bakır (Cu)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki bakır değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $645.217 \pm 0.031$  µg/L, bahar  $548.477 \pm 0.044$  µg/L), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $775.208 \pm 0.033$  µg/L, bahar da  $658.963 \pm 0.041$  µg/L) (Çizelge 4.4). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut bakır değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.4. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cu değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 1  | 758.326±0.013 | 644.620±0.036 |
| Lokalite 2  | 720.454±0.024 | 612.432±0.021 |
| Lokalite 3  | 679.315±0.019 | 577.472±0.014 |
| Lokalite 9  | 775.208±0.033 | 658.963±0.041 |
| Lokalite 10 | 645.217±0.031 | 548.477±0.044 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde bakır değerlerinin ortalaması 715.704±0.024 µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer 608.393±0.031 µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Cu konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

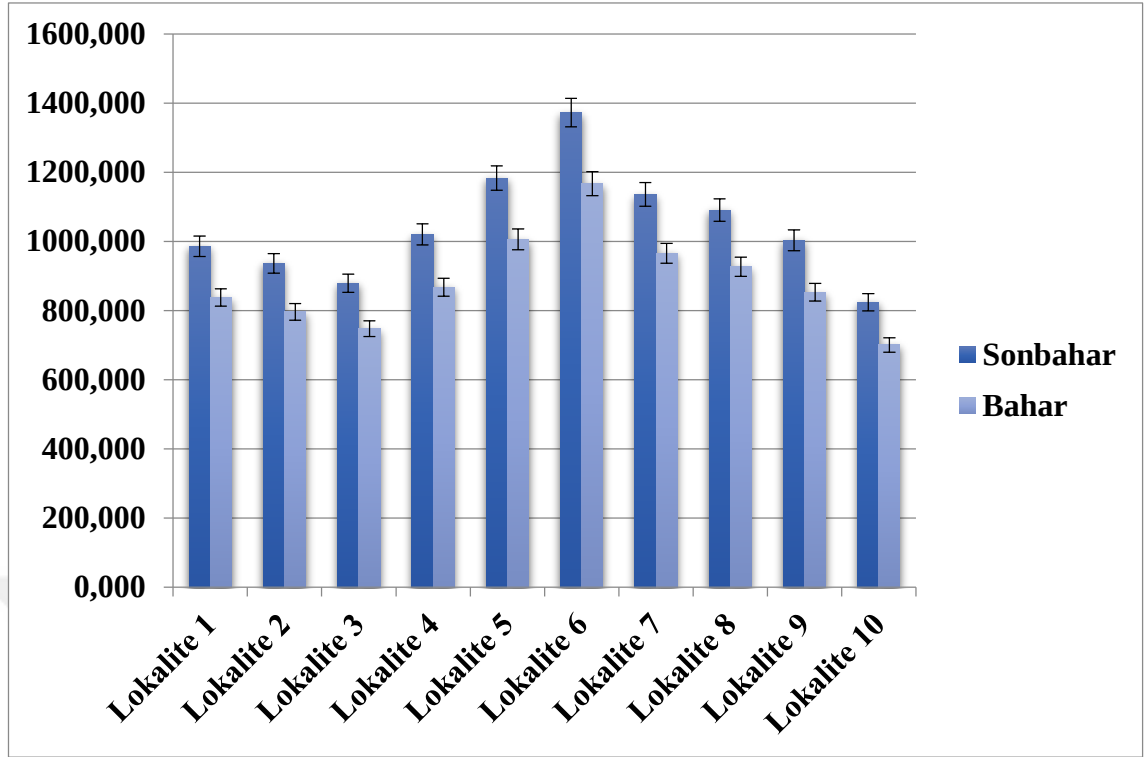
#### 4.1.1.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki mangan değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $823.803 \pm 0.016$   $\mu\text{g/L}$ , bahar  $700.278 \pm 0.033$   $\mu\text{g/L}$ ), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1003.313 \pm 0.025$   $\mu\text{g/L}$ , bahar da  $852.861 \pm 0.041$   $\mu\text{g/L}$ ) (Çizelge 4.5). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut mangan değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir

Çizelge 4.5. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Mn değerleri ( $\mu\text{g/L}$ )

| Lokalite No | Sonbahar             | Bahar               |
|-------------|----------------------|---------------------|
| Lokalite 1  | $985.681 \pm 0.014$  | $837.869 \pm 0.018$ |
| Lokalite 2  | $936.430 \pm 0.017$  | $796.014 \pm 0.010$ |
| Lokalite 3  | $879.243 \pm 0.025$  | $747.387 \pm 0.015$ |
| Lokalite 9  | $1003.313 \pm 0.025$ | $852.861 \pm 0.041$ |
| Lokalite 10 | $823.803 \pm 0.016$  | $700.278 \pm 0.033$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde mangan değerlerinin ortalaması  $925.694 \pm 0.019$   $\mu\text{g/L}$  iken, bahar döneminde ise bu değer  $786.882 \pm 0.023$   $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Mn konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokosite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokosite 4-8: *Nuphar lutea*)

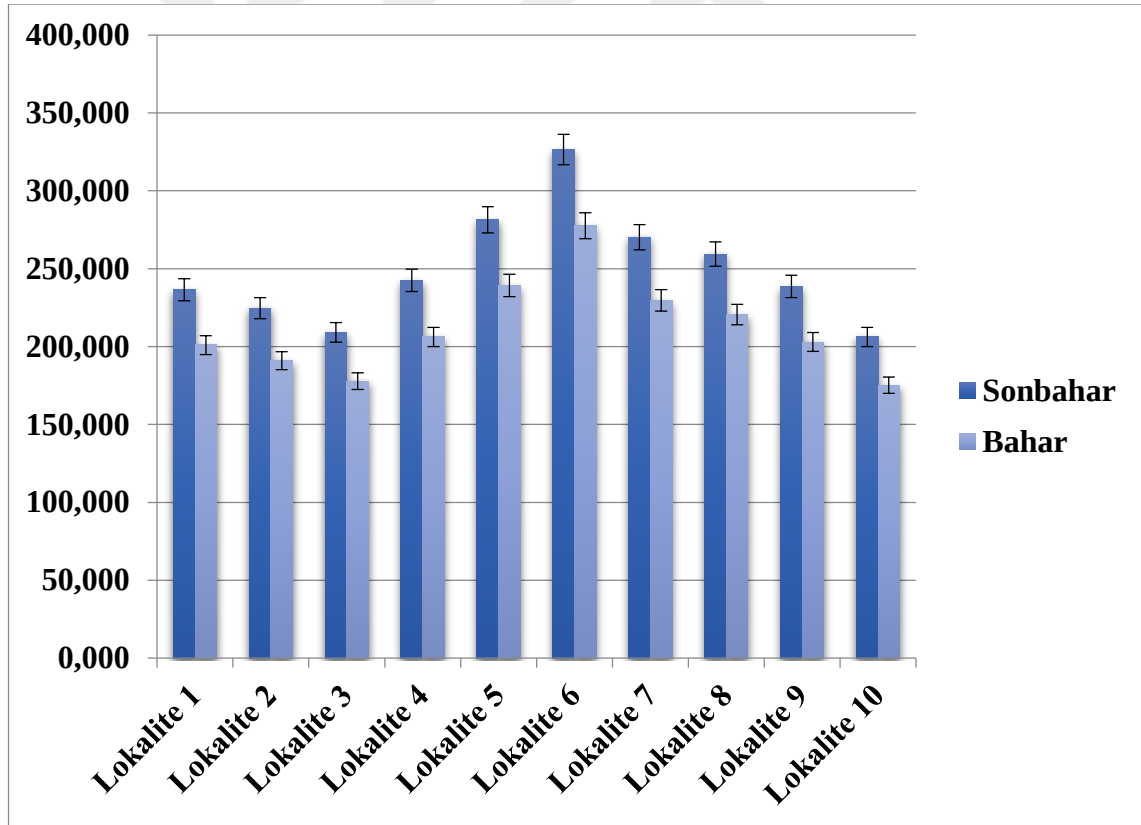
#### 4.1.1.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kurşun değerleri Çizelge 4.6'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $206.129 \pm 0.028$  µg/L, bahar  $175.230 \pm 0.019$  µg/L), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $238.693 \pm 0.013$  µg/L, bahar da  $202.937 \pm 0.030$  µg/L) (Çizelge 4.6). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut kurşun değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.6. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Pb değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 1  | 236.396±0.009 | 200.968±0.020 |
| Lokalite 2  | 224.601±0.012 | 190.940±0.026 |
| Lokalite 3  | 209.058±0.012 | 177.758±0.014 |
| Lokalite 9  | 238.693±0.013 | 202.937±0.030 |
| Lokalite 10 | 206.129±0.028 | 175.230±0.019 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kurşun değerlerinin ortalaması  $222.975 \pm 0.015$  µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer  $189.567 \pm 0.022$  µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Araştırma alanından alınan su örneklerinin ortalama Pb konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

#### 4.1.2. *Nymphaea alba* Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Sediment Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

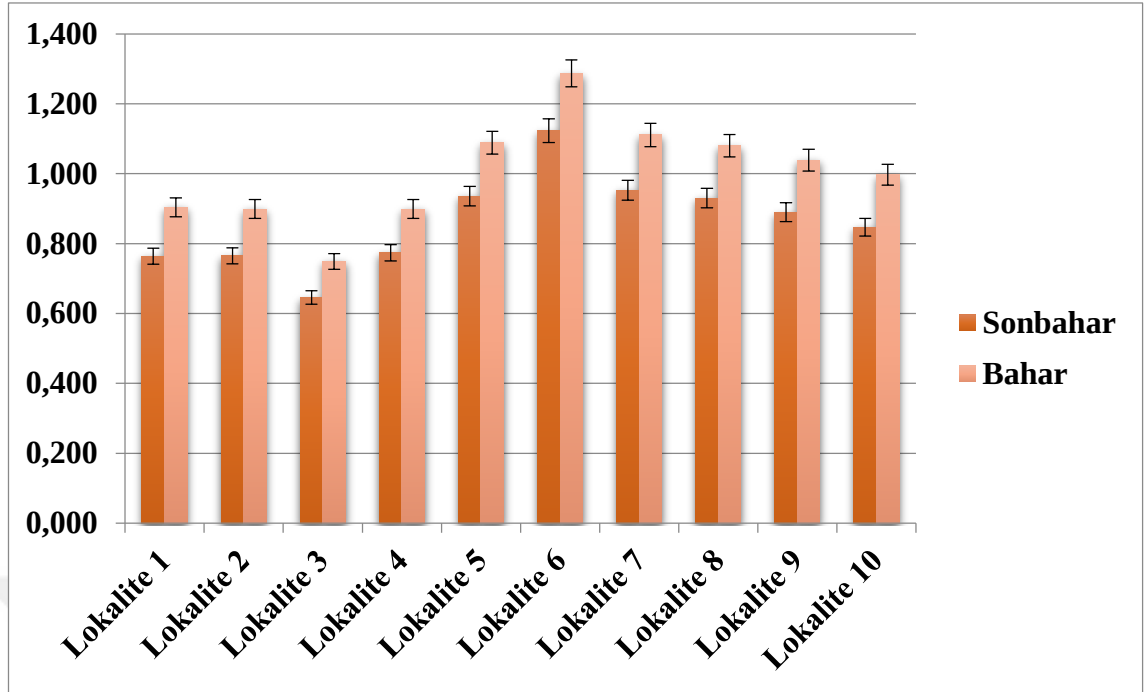
##### 4.1.2.1 Kadmiyum (Cd)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kadmiyum değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $0.646 \pm 0.027$  mg/kg, bahar da  $0.749 \pm 0.042$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $0.890 \pm 0.032$  mg/kg, bahar da  $1.039 \pm 0.052$  mg/kg) (Çizelge 4.7). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kadmiyum değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $3 < 1 < 2 < 10 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.7. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cd değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar          | Bahar             |
|-------------|-------------------|-------------------|
| Lokalite 1  | $0.764 \pm 0.015$ | $0.904 \pm 0.034$ |
| Lokalite 2  | $0.765 \pm 0.022$ | $0.899 \pm 0.037$ |
| Lokalite 3  | $0.646 \pm 0.027$ | $0.749 \pm 0.042$ |
| Lokalite 9  | $0.890 \pm 0.032$ | $1.039 \pm 0.052$ |
| Lokalite 10 | $0.847 \pm 0.023$ | $0.997 \pm 0.054$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kadmiyum değerlerinin ortalaması  $0.782 \pm 0.024$  mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer  $0.918 \pm 0.044$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cd konantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalte 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalte 4-8: *Nuphar lutea*)

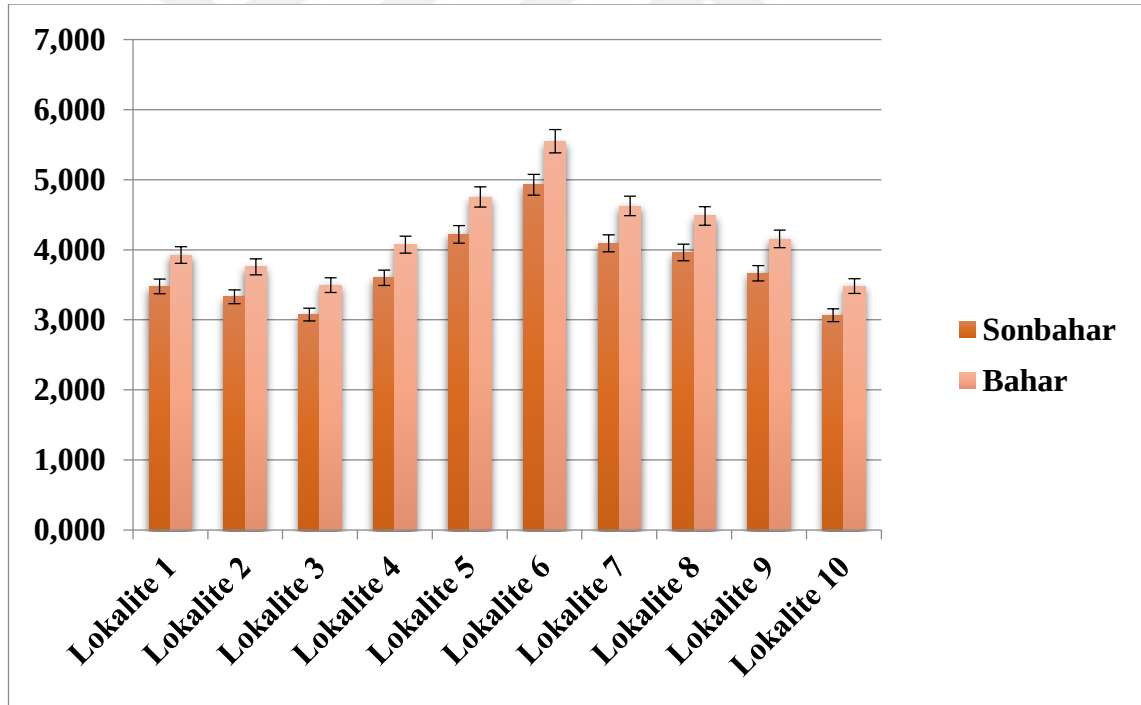
#### 4.1.2.2 Kobalt (Co)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kobalt değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $3.066 \pm 0.034$  mg/kg, bahar da  $3.482 \pm 0.033$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $3.666 \pm 0.017$  mg/kg, bahar da  $4.156 \pm 0.024$  mg/kg) (Çizelge 4.8). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kobalt değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.8. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Co değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar    | Bahar       |
|-------------|-------------|-------------|
| Lokalite 1  | 3.476±0.018 | 3.925±0.026 |
| Lokalite 2  | 3.329±0.016 | 3.756±0.042 |
| Lokalite 3  | 3.074±0.014 | 3.496±0.033 |
| Lokalite 9  | 3.666±0.017 | 4.156±0.024 |
| Lokalite 10 | 3.066±0.034 | 3.482±0.033 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kobalt değerlerinin ortalaması  $3.322 \pm 0.020$  mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer  $3.763 \pm 0.032$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Co konsantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

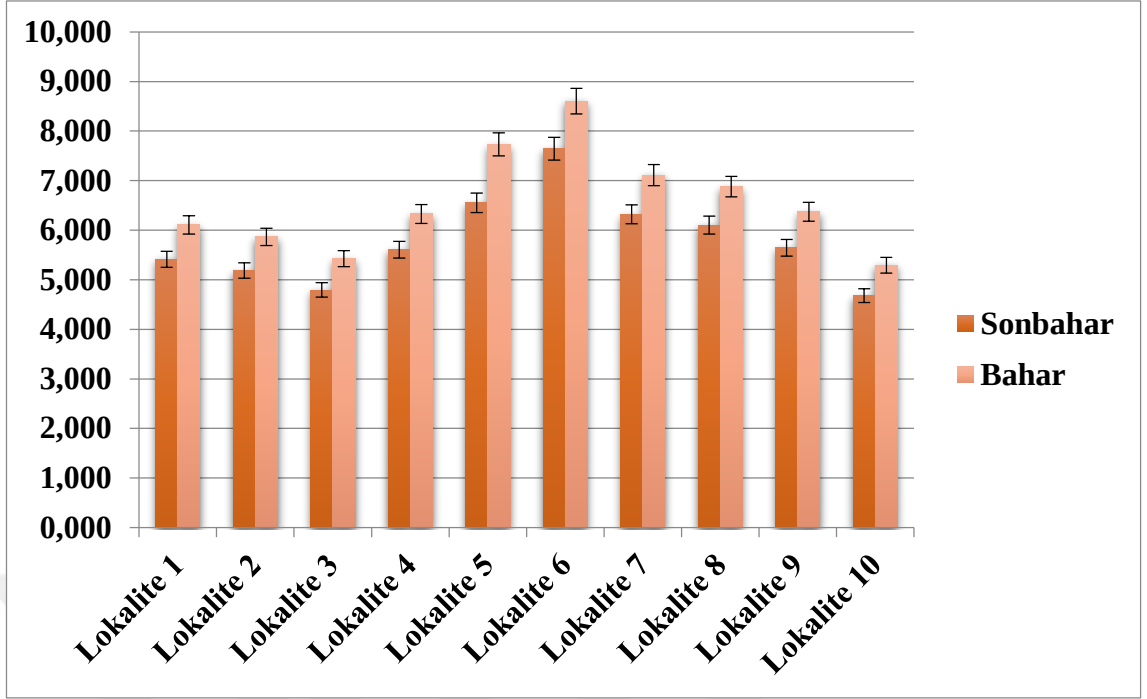
#### 4.1.2.3 Krom (Cr)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki krom değerleri Çizelge 4.9’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $4.680 \pm 0.023$  mg/kg, bahar da  $5.294 \pm 0.028$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $5.644 \pm 0.017$  mg/kg, bahar da  $6.370 \pm 0.033$  mg/kg) (Çizelge 4.9). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut krom değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.9. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cr değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar          | Bahar             |
|-------------|-------------------|-------------------|
| Lokalite 1  | $5.411 \pm 0.014$ | $6.108 \pm 0.030$ |
| Lokalite 2  | $5.187 \pm 0.022$ | $5.864 \pm 0.036$ |
| Lokalite 3  | $4.795 \pm 0.016$ | $5.425 \pm 0.011$ |
| Lokalite 9  | $5.644 \pm 0.017$ | $6.370 \pm 0.033$ |
| Lokalite 10 | $4.680 \pm 0.023$ | $5.294 \pm 0.028$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde krom değerlerinin ortalaması  $5.143 \pm 0.018$  mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer  $5.812 \pm 0.028$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cr konstantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalte 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalte 4-8: *Nuphar lutea*)

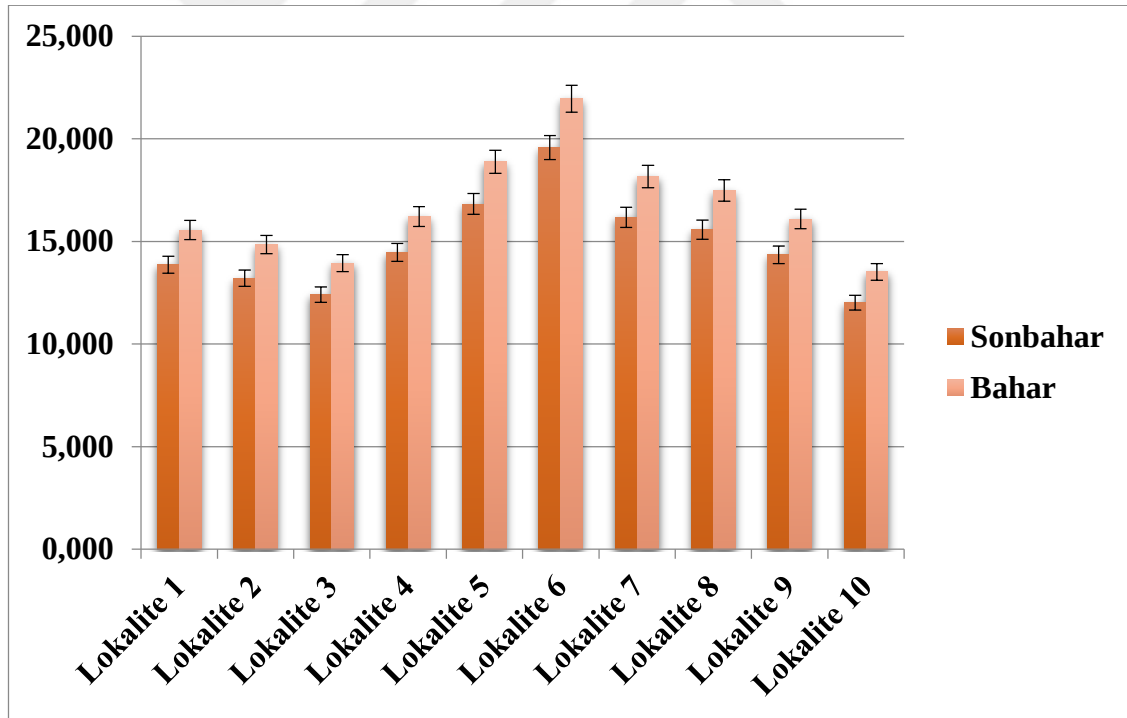
#### 4.1.2.4 Bakır (Cu)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki bakır değerleri Çizelge 4.10'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $12.011 \pm 0.029$  mg/kg, bahar da  $13.513 \pm 0.028$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $14.347 \pm 0.023$  mg/kg, bahar da  $16.094 \pm 0.029$  mg/kg) (Çizelge 4.10). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut bakır değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.10. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cu değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar     | Bahar        |
|-------------|--------------|--------------|
| Lokalite 1  | 13.868±0.010 | 15.559±0.023 |
| Lokalite 2  | 13.206±0.017 | 14.850±0.025 |
| Lokalite 3  | 12.410±0.018 | 13.939±0.050 |
| Lokalite 9  | 14.347±0.023 | 16.094±0.029 |
| Lokalite 10 | 12.011±0.029 | 13.513±0.028 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde bakır değerlerinin ortalaması 13.168±0.019 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 14.791±0.031 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Cu konsantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

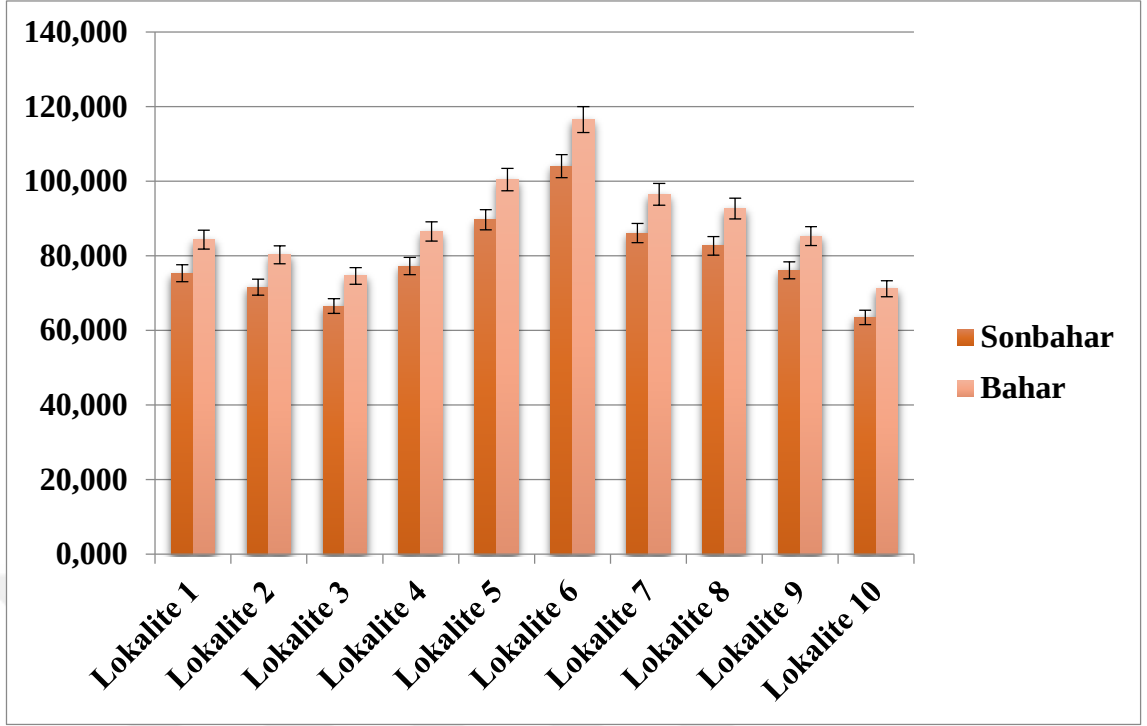
#### 4.1.2.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki mangan değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $63.498 \pm 0.024$  mg/kg, bahar da  $71.161 \pm 0.033$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $76.121 \pm 0.027$  mg/g, bahar da  $85.276 \pm 0.014$  mg/kg) (Çizelge 4.11). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut mangan değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir.

Çizelge 4.11. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Mn değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar           | Bahar              |
|-------------|--------------------|--------------------|
| Lokalite 1  | $75.315 \pm 0.014$ | $84.376 \pm 0.016$ |
| Lokalite 2  | $71.606 \pm 0.010$ | $80.261 \pm 0.019$ |
| Lokalite 3  | $66.540 \pm 0.021$ | $74.569 \pm 0.022$ |
| Lokalite 9  | $76.121 \pm 0.027$ | $85.276 \pm 0.014$ |
| Lokalite 10 | $63.498 \pm 0.024$ | $71.161 \pm 0.033$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde mangan değerlerinin ortalaması  $70.616 \pm 0.019$  mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer  $79.129 \pm 0.021$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Mn konantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalte 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalte 4-8: *Nuphar lutea*)

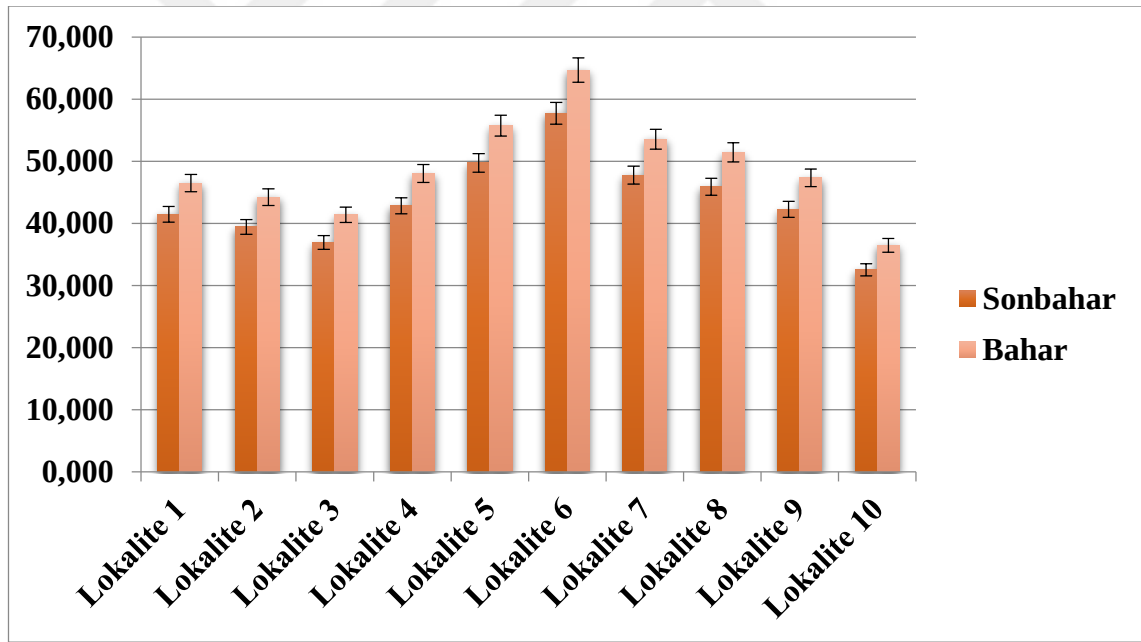
#### 4.1.2.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kurşun değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $32.535 \pm 0.032$  mg/kg bahar da  $36.481 \pm 0.047$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $42.262 \pm 0.026$  mg/kg bahar da  $47.355 \pm 0.042$  mg/kg) (Çizelge 4.12). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kurşun değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir

Çizelge 4.12. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Pb değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar     | Bahar        |
|-------------|--------------|--------------|
| Lokalite 1  | 41.473±0.018 | 46.469±0.036 |
| Lokalite 2  | 39.432±0.015 | 44.211±0.036 |
| Lokalite 3  | 36.913±0.031 | 41.388±0.027 |
| Lokalite 9  | 42.262±0.026 | 47.355±0.042 |
| Lokalite 10 | 32.535±0.032 | 36.481±0.047 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kurşun değerlerinin ortalaması  $38.523 \pm 0.024$  mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer  $43.181 \pm 0.038$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Araştırma alanından alınan sediment örneklerinin ortalama Pb konsantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel bazda karşılaştırılması (Lokalite 1, 2, 3, 9 ve 10: *Nymphaea alba*; Lokalite 4-8: *Nuphar lutea*)

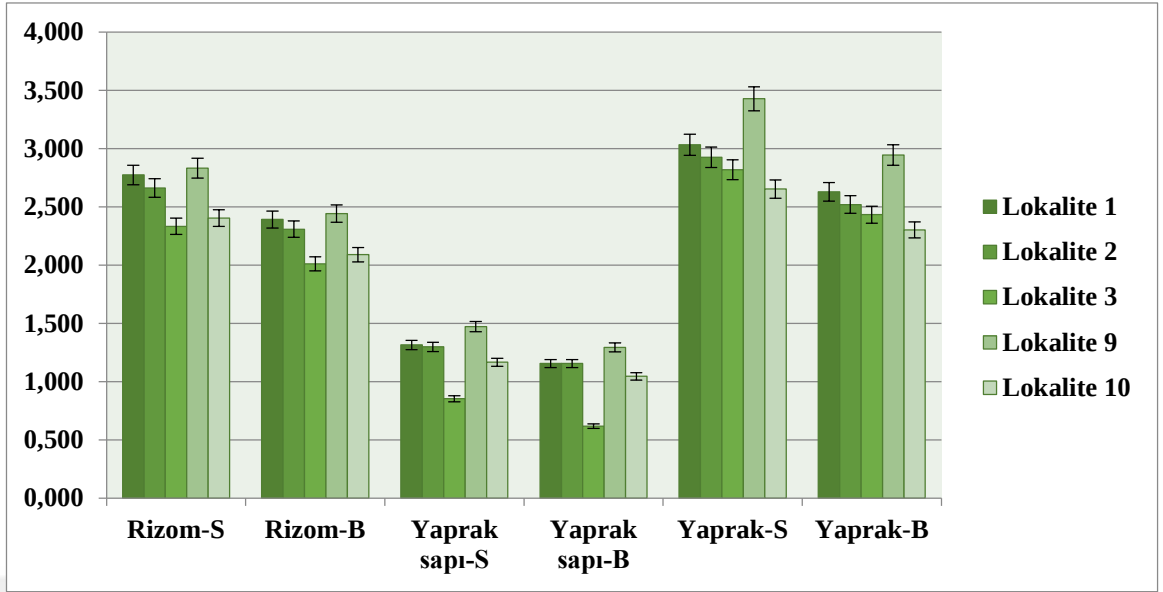
#### 4.1.3. *Nymphaea alba* Türünün Farklı Kısımlarında Mevcut Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

##### 4.1.3.1 Kadmiyum (Cd)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kadmiyum değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $2.334 \pm 0.018$  mg/kg ve bahar da  $2.010 \pm 0.030$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $2.832 \pm 0.014$  mg/kg ve bahar da  $2.443 \pm 0.043$  mg/kg) (Çizelge 4.13). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.601 \pm 0.032$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $2.249 \pm 0.032$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $3 < 10 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.14).

Çizelge 4.13. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Cd değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar          | Bahar             |
|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | $2.774 \pm 0.011$ | $2.392 \pm 0.035$ |
|                    | Lokalite 2  | $2.663 \pm 0.027$ | $2.309 \pm 0.032$ |
|                    | Lokalite 3  | $2.334 \pm 0.018$ | $2.010 \pm 0.030$ |
|                    | Lokalite 9  | $2.832 \pm 0.014$ | $2.443 \pm 0.043$ |
|                    | Lokalite 10 | $2.404 \pm 0.019$ | $2.090 \pm 0.020$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | $1.315 \pm 0.014$ | $1.156 \pm 0.015$ |
|                    | Lokalite 2  | $1.298 \pm 0.029$ | $1.156 \pm 0.047$ |
|                    | Lokalite 3  | $0.853 \pm 0.033$ | $0.618 \pm 0.036$ |
|                    | Lokalite 9  | $1.472 \pm 0.027$ | $1.294 \pm 0.039$ |
|                    | Lokalite 10 | $1.166 \pm 0.022$ | $1.046 \pm 0.026$ |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | $3.034 \pm 0.005$ | $2.630 \pm 0.031$ |
|                    | Lokalite 2  | $2.926 \pm 0.018$ | $2.520 \pm 0.030$ |
|                    | Lokalite 3  | $2.819 \pm 0.032$ | $2.434 \pm 0.053$ |
|                    | Lokalite 9  | $3.429 \pm 0.008$ | $2.946 \pm 0.020$ |
|                    | Lokalite 10 | $2.653 \pm 0.024$ | $2.303 \pm 0.034$ |



Şekil 4.14. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cd değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $0.853 \pm 0.033$  mg/kg ve bahar da  $0.618 \pm 0.036$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1.472 \pm 0.027$  mg/kg ve bahar da  $1.294 \pm 0.039$  mg/kg) (Çizelge 4.13). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde  $1.221 \pm 0.028$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $1.054 \pm 0.033$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $3 < 10 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.14).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $2.653 \pm 0.024$  mg/kg ve bahar da  $2.303 \pm 0.034$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $3.429 \pm 0.008$  mg/kg ve bahar  $2.946 \pm 0.020$  mg/kg) (Çizelge 4.13). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.972 \pm 0.017$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer

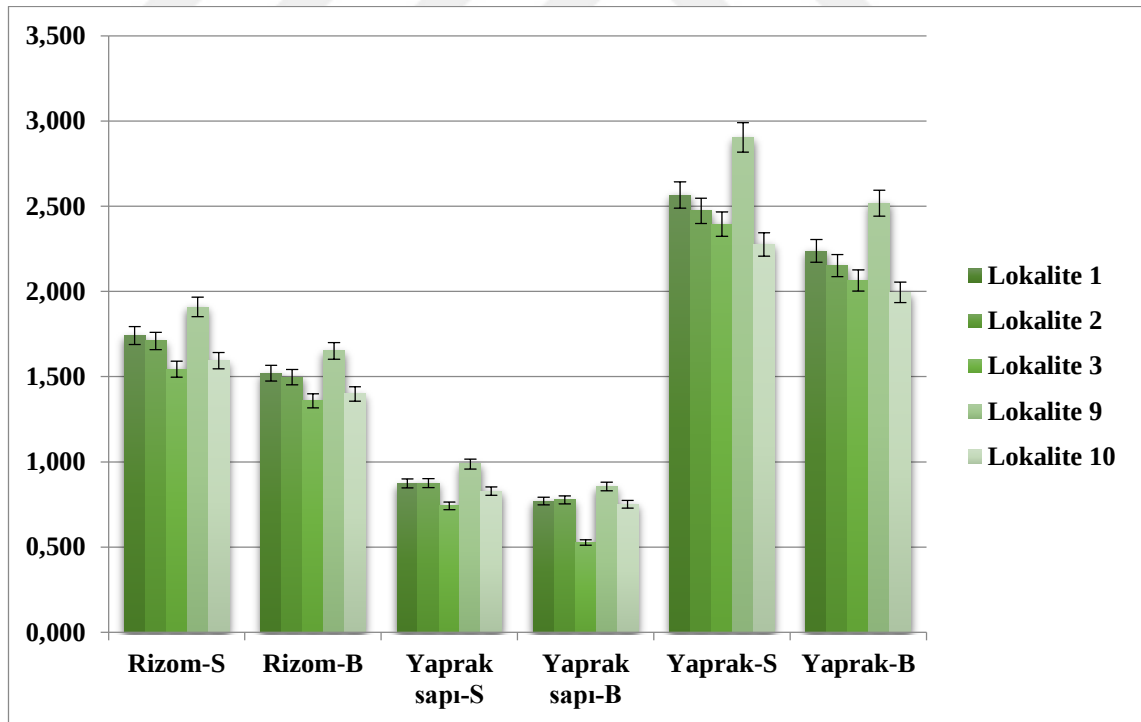
2.567±0.034 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Mevcut yaprak örneklerine ait Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, aynı bitkiye ait rizom ve yaprak sapı örneklerindeki mevcut Cd değerleri sıralamasından farklı olarak, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.14).

#### 4.1.3.2 Kobalt (Co)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kobalt değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 1.544±0.022 mg/kg, bahar da 1.358±0.010 mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 1.909±0.014 mg/kg, bahar da 1.651±0.040 mg/kg) (Çizelge 4.14). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Co ortalama değerleri sonbahar döneminde 1.699±0.027 mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer 1.485±0.027 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $3 < 10 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.15).

Çizelge 4.14. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Co değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar    | Bahar       |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | 1.741±0.012 | 1.520±0.036 |
|                    | Lokalite 2  | 1.709±0.023 | 1.497±0.034 |
|                    | Lokalite 3  | 1.544±0.022 | 1.358±0.010 |
|                    | Lokalite 9  | 1.909±0.014 | 1.651±0.040 |
|                    | Lokalite 10 | 1.593±0.009 | 1.399±0.017 |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | 1.315±0.014 | 1.156±0.015 |
|                    | Lokalite 2  | 1.298±0.029 | 1.156±0.047 |
|                    | Lokalite 3  | 0.853±0.033 | 0.618±0.036 |
|                    | Lokalite 9  | 1.472±0.027 | 1.294±0.039 |
|                    | Lokalite 10 | 1.166±0.022 | 1.046±0.026 |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | 2.566±0.016 | 2.238±0.027 |
|                    | Lokalite 2  | 2.473±0.014 | 2.151±0.032 |
|                    | Lokalite 3  | 2.395±0.015 | 2.064±0.025 |
|                    | Lokalite 9  | 2.904±0.017 | 2.518±0.029 |
|                    | Lokalite 10 | 2.276±0.007 | 1.995±0.022 |



Şekil 4.15. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Co değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $0.853 \pm 0.033$  mg/kg, bahar da  $0.618 \pm 0.036$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1.472 \pm 0.027$  mg/kg, bahar da  $1.294 \pm 0.039$  mg/kg) (Çizelge 4.14). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Co ortalama değerleri sonbahar döneminde  $0.861 \pm 0.023$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $0.736 \pm 0.029$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $3 < 10 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.15).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $2.276 \pm 0.007$  mg/kg, bahar da  $1.995 \pm 0.022$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $2.904 \pm 0.017$  mg/kg ve bahar  $2.518 \pm 0.029$  mg/kg) (Çizelge 4.14). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Co ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.523 \pm 0.014$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $2.193 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Mevcut yaprak örneklerine ait Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, aynı bitkiye ait rizom ve yaprak sapı örneklerindeki mevcut Co değerleri sıralamasından farklı olarak, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.15).

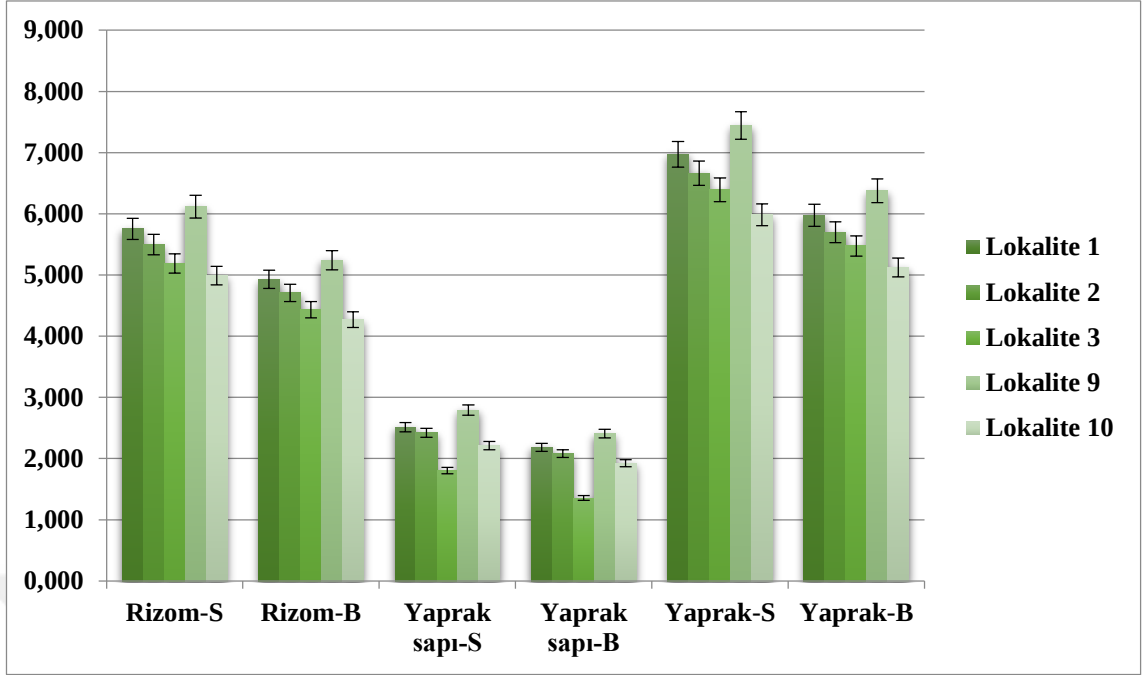
#### 4.1.3.3 Krom (Cr)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının krom değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $4.990 \pm 0.029$  mg/kg, bahar da  $4.272 \pm 0.032$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $6.117 \pm 0.026$  mg/kg, bahar da  $5.241 \pm 0.038$  mg/kg) (Çizelge 4.15). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye

ait rizom örneklerinin Cr ortalama değerleri sonbahar döneminde  $5.509 \pm 0.023$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $4.716 \pm 0.028$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.16).

Çizelge 4.15. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden Alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Cr değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar          | Bahar             |
|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | $5.752 \pm 0.017$ | $4.929 \pm 0.015$ |
|                    | Lokalite 2  | $5.497 \pm 0.025$ | $4.706 \pm 0.032$ |
|                    | Lokalite 3  | $5.188 \pm 0.018$ | $4.433 \pm 0.021$ |
|                    | Lokalite 9  | $6.117 \pm 0.026$ | $5.241 \pm 0.038$ |
|                    | Lokalite 10 | $4.990 \pm 0.029$ | $4.272 \pm 0.032$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | $2.514 \pm 0.015$ | $2.185 \pm 0.030$ |
|                    | Lokalite 2  | $2.420 \pm 0.019$ | $2.082 \pm 0.015$ |
|                    | Lokalite 3  | $1.804 \pm 0.014$ | $1.355 \pm 0.026$ |
|                    | Lokalite 9  | $2.792 \pm 0.022$ | $2.408 \pm 0.027$ |
|                    | Lokalite 10 | $2.212 \pm 0.026$ | $1.923 \pm 0.039$ |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | $6.970 \pm 0.014$ | $5.976 \pm 0.005$ |
|                    | Lokalite 2  | $6.663 \pm 0.027$ | $5.700 \pm 0.046$ |
|                    | Lokalite 3  | $6.391 \pm 0.013$ | $5.475 \pm 0.024$ |
|                    | Lokalite 9  | $7.444 \pm 0.011$ | $6.376 \pm 0.022$ |
|                    | Lokalite 10 | $5.984 \pm 0.020$ | $5.122 \pm 0.028$ |



Şekil 4.16. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cr değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $1.804 \pm 0.014$  mg/kg, bahar da  $1.355 \pm 0.026$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $2.792 \pm 0.022$  mg/kg, bahar da  $2.408 \pm 0.027$  mg/kg) (Çizelge 4.15). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cr ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.348 \pm 0.019$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $1.991 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, aynı bitkiye ait rizom ve yaprak örneklerindeki mevcut Cr değerleri sıralamasından farklı olarak, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $3 < 10 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.16).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $5.984 \pm 0.020$  mg/kg, bahar da  $5.122 \pm 0.028$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $7.444 \pm 0.011$  mg/kg, bahar da  $6.376 \pm 0.022$  mg/kg) (Çizelge 4.15). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cr ortalama değerleri sonbahar

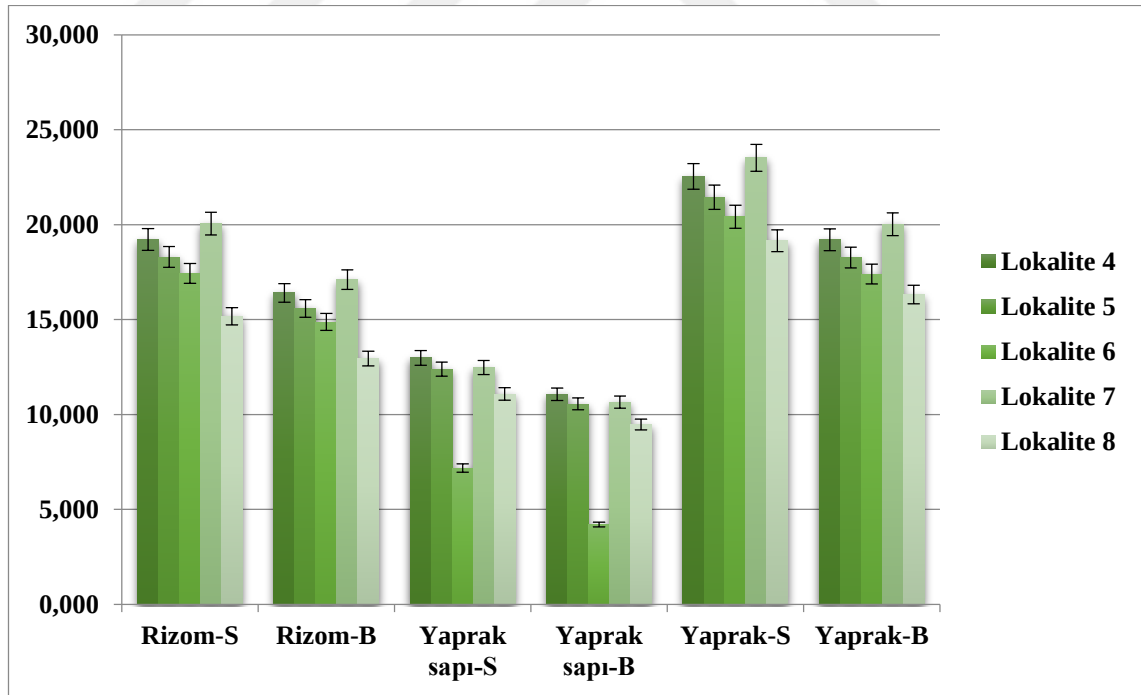
döneminde  $6.690 \pm 0.017$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $5.730 \pm 0.025$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

#### 4.1.3.4 Bakır (Cu)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının bakır değerleri Çizelge 4.16’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $15.171 \pm 0.030$  mg/kg, bahar da  $12.952 \pm 0.021$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $20.058 \pm 0.025$  mg/kg, bahar da  $17.098 \pm 0.039$  mg/kg) (Çizelge 4.16). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $18.036 \pm 0.023$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $15.381 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.17).

Çizelge 4.16. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Cu değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar     | Bahar        |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | 19.223±0.015 | 16.398±0.012 |
|                    | Lokalite 2  | 18.294±0.034 | 15.588±0.029 |
|                    | Lokalite 3  | 17.434±0.011 | 14.871±0.036 |
|                    | Lokalite 9  | 20.058±0.025 | 17.098±0.039 |
|                    | Lokalite 10 | 15.171±0.030 | 12.952±0.021 |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | 12.985±0.017 | 11.069±0.027 |
|                    | Lokalite 2  | 12.384±0.025 | 10.557±0.005 |
|                    | Lokalite 3  | 7.178±0.036  | 4.203±0.025  |
|                    | Lokalite 9  | 12.472±0.018 | 10.651±0.017 |
|                    | Lokalite 10 | 11.081±0.027 | 9.467±0.027  |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | 22.540±0.016 | 19.203±0.018 |
|                    | Lokalite 2  | 21.447±0.019 | 18.270±0.019 |
|                    | Lokalite 3  | 20.418±0.025 | 17.394±0.027 |
|                    | Lokalite 9  | 23.517±0.028 | 20.026±0.034 |
|                    | Lokalite 10 | 19.152±0.031 | 16.326±0.035 |



Şekil 4.17. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cu değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $7.178 \pm 0.036$  mg/kg, bahar da  $4.203 \pm 0.025$  mg/kg), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $12.985 \pm 0.017$  mg/kg, bahar da  $11.069 \pm 0.027$  mg/kg) (Çizelge 4.16). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $11.220 \pm 0.025$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $9.189 \pm 0.020$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, aynı bitkiye ait rizom ve yaprak örneklerindeki mevcut Cu değerleri sıralamasından farklı olarak, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $3 < 10 < 2 < 9 < 1$  şeklindedir (Şekil 4.17).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $19.152 \pm 0.031$  mg/kg, bahar da  $16.326 \pm 0.035$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $23.517 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $20.026 \pm 0.034$  mg/kg) (Çizelge 4.16). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $21.415 \pm 0.024$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $18.244 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.17).

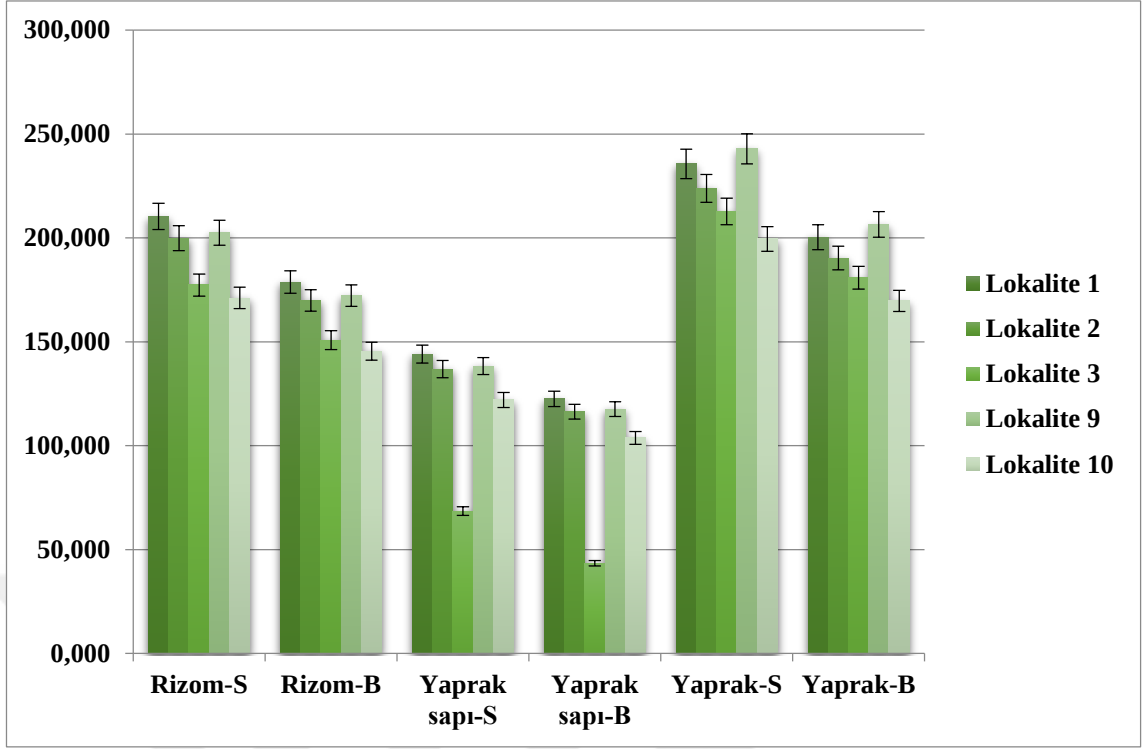
#### 4.1.3.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının mangan değerleri Çizelge 4.17’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $171.114 \pm 0.031$  mg/kg, bahar da  $145.483 \pm 0.016$  mg/kg), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $210.318 \pm 0.016$  mg/kg, bahar da  $178.813 \pm 0.033$  mg/kg) (Çizelge 4.17). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu

bitkiye ait rizom örneklerinin Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde  $199.222 \pm 0.022$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $163.428 \pm 0.024$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $10 < 3 < 2 < 9 < 1$  şeklindedir (Şekil 4.18).

Çizelge 4.17. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden Alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Mn değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar            | Bahar               |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | $210.318 \pm 0.016$ | $178.813 \pm 0.033$ |
|                    | Lokalite 2  | $199.849 \pm 0.019$ | $169.913 \pm 0.020$ |
|                    | Lokalite 3  | $177.321 \pm 0.023$ | $150.748 \pm 0.012$ |
|                    | Lokalite 9  | $202.509 \pm 0.023$ | $172.182 \pm 0.037$ |
|                    | Lokalite 10 | $171.114 \pm 0.031$ | $145.483 \pm 0.016$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | $144.035 \pm 0.016$ | $122.473 \pm 0.027$ |
|                    | Lokalite 2  | $136.855 \pm 0.012$ | $116.376 \pm 0.044$ |
|                    | Lokalite 3  | $68.498 \pm 0.049$  | $43.441 \pm 0.016$  |
|                    | Lokalite 9  | $138.315 \pm 0.018$ | $117.615 \pm 0.028$ |
|                    | Lokalite 10 | $121.990 \pm 0.021$ | $103.730 \pm 0.038$ |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | $235.634 \pm 0.010$ | $200.320 \pm 0.022$ |
|                    | Lokalite 2  | $223.878 \pm 0.024$ | $190.330 \pm 0.026$ |
|                    | Lokalite 3  | $212.734 \pm 0.023$ | $180.859 \pm 0.033$ |
|                    | Lokalite 9  | $242.856 \pm 0.022$ | $206.480 \pm 0.016$ |
|                    | Lokalite 10 | $199.521 \pm 0.022$ | $169.630 \pm 0.031$ |



Şekil 4.18. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Mn değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 3. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $68.498 \pm 0.049$  mg/kg, bahar da  $43.441 \pm 0.016$  mg/kg), 1. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $144.035 \pm 0.016$  mg/kg, bahar da  $122.473 \pm 0.027$  mg/kg) (Çizelge 4.17). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde  $121.939 \pm 0.023$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $100.727 \pm 0.031$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $3 < 10 < 2 < 9 < 1$  şeklindedir (Şekil 4.18).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $199.521 \pm 0.022$  mg/kg, bahar da  $169.630 \pm 0.031$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da

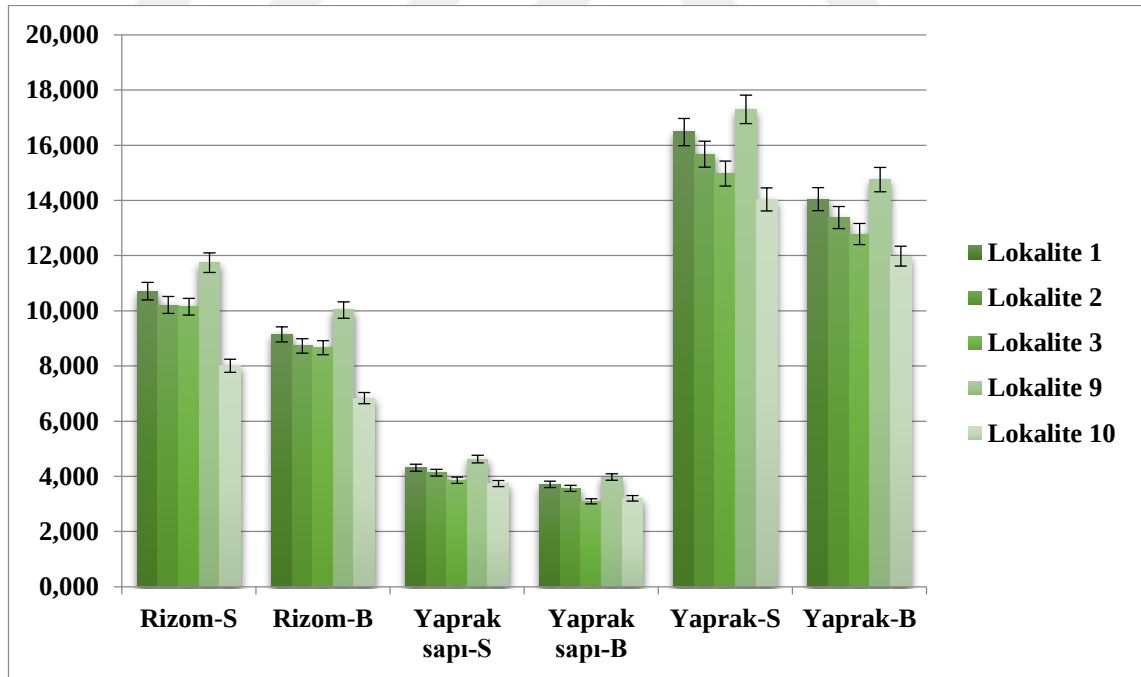
242.856±0.022 mg/kg, bahar da 206.480±0.016 mg/kg) (Çizelge 4.17). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde 222.925±0.020 mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer 189.524±0.026 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.18).

#### 4.1.3.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kurşun değerleri Çizelge 4.18’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 8.008±0.034 mg/kg, bahar da 6.832±0.036 mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 11.740±0.025 mg/kg, bahar da 10.026±0.043 mg/kg) (Çizelge 4.18). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde 10.163±0.020 mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer 8.679±0.034 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.19).

Çizelge 4.18. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nymphaea alba* türünün farklı bitki kısımlarında Pb değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar     | Bahar        |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 1  | 10.709±0.011 | 9.146±0.038  |
|                    | Lokalite 2  | 10.211±0.020 | 8.727±0.032  |
|                    | Lokalite 3  | 10.146±0.011 | 8.662±0.019  |
|                    | Lokalite 9  | 11.740±0.025 | 10.026±0.043 |
|                    | Lokalite 10 | 8.008±0.034  | 6.832±0.036  |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 1  | 4.314±0.014  | 3.710±0.033  |
|                    | Lokalite 2  | 4.136±0.016  | 3.562±0.030  |
|                    | Lokalite 3  | 3.857±0.015  | 3.100±0.024  |
|                    | Lokalite 9  | 4.628±0.028  | 3.975±0.039  |
|                    | Lokalite 10 | 3.740±0.025  | 3.203±0.034  |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 1  | 16.478±0.012 | 14.044±0.023 |
|                    | Lokalite 2  | 15.676±0.011 | 13.382±0.019 |
|                    | Lokalite 3  | 14.974±0.028 | 12.785±0.022 |
|                    | Lokalite 9  | 17.299±0.020 | 14.750±0.018 |
|                    | Lokalite 10 | 14.036±0.014 | 11.986±0.027 |



Şekil 4.19. *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Pb değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $3.740 \pm 0.025$  mg/kg, bahar da  $3.100 \pm 0.024$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $4.628 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $3.975 \pm 0.039$  mg/kg) (Çizelge 4.18). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde  $4.135 \pm 0.020$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $3.510 \pm 0.032$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklindedir (Şekil 4.19).

Araştırma alanından toplanmış *Nymphaea alba* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 10. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $14.036 \pm 0.014$  mg/kg, bahar da  $11.986 \pm 0.027$  mg/kg), 9. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $17.299 \pm 0.020$  mg/kg, bahar da  $14.750 \pm 0.018$  mg/kg) (Çizelge 4.18). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde  $15.693 \pm 0.017$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $13.389 \pm 0.020$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $10 < 3 < 2 < 1 < 9$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.19).

#### 4.2. *Nuphar lutea* (Sarı Nilüfer)

*Nuphar lutea* (Şekil 4.20), araştırma alanında Lokalite 4, 5, 6, 7 ve 8 olmak üzere toplam 5 lokasyonda tespit edilmiştir. Bu türün yayılış gösterdiği alanlardan alınan su ve sediment (toprak) örnekleri Cd (Kadmiyum), Co (Kobalt), Cr (Krom), Cu (Bakır), Mn (Mangan) ve Pb (Kurşun) elementlerinin miktarları mg/kg bazında kuru ağırlık olarak, güz ve bahar olmak üzere iki farklı vejetasyon döneminde her lokaliteden ayrı ayrı toplanan numuneler analiz edilmiştir.



Şekil 4.20. Araştırma alanından tespit edilen *Nuphar lutea* (Sarı Nilüfer)

##### 4.2.1. *Nuphar lutea* Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Su Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

###### 4.2.1.1 Kadmiyum (Cd)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kadmiyum değerleri Çizelge 4.19’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $49.709 \pm 0.019$  µg/L, bahar da  $42.303 \pm 0.012$  µg/L), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $66.939 \pm 0.023$  µg/L, bahar da  $56.952 \pm 0.014$  µg/L) (Çizelge 4.19). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut

kadmiyum değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.19. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cd değerleri ( $\mu\text{g/L}$ )

| Lokalite No | Sonbahar           | Bahar              |
|-------------|--------------------|--------------------|
| Lokalite 4  | 49.709 $\pm$ 0.019 | 42.303 $\pm$ 0.012 |
| Lokalite 5  | 57.685 $\pm$ 0.017 | 49.068 $\pm$ 0.031 |
| Lokalite 6  | 66.939 $\pm$ 0.023 | 56.952 $\pm$ 0.014 |
| Lokalite 7  | 55.425 $\pm$ 0.016 | 47.174 $\pm$ 0.037 |
| Lokalite 8  | 53.247 $\pm$ 0.025 | 45.291 $\pm$ 0.027 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kadmiyum değerlerinin ortalaması 56.601 $\pm$ 0.020  $\mu\text{g/L}$  iken, bahar döneminde ise bu değer 48.158 $\pm$ 0.024  $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.2).

#### 4.2.1.2 Kobalt (Co)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kobalt değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 156.577 $\pm$ 0.026  $\mu\text{g/L}$ , bahar da 133.118 $\pm$ 0.019  $\mu\text{g/L}$ ), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 210.770 $\pm$ 0.032  $\mu\text{g/L}$ , bahar da 179.200 $\pm$ 0.028  $\mu\text{g/L}$ ) (Çizelge 4.20). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut kobalt değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.20. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Co değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 4  | 156.577±0.026 | 133.118±0.019 |
| Lokalite 5  | 181.663±0.030 | 154.455±0.034 |
| Lokalite 6  | 210.770±0.032 | 179.200±0.028 |
| Lokalite 7  | 174.428±0.019 | 148.323±0.025 |
| Lokalite 8  | 167.492±0.013 | 142.397±0.035 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kobalt değerlerinin ortalaması 178.186±0.024 µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer 151.499±0.028 µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.3).

#### 4.2.1.3 Krom (Cr)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki krom değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 576.879±0.024 µg/L, bahar da 490.375±0.045 µg/L), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 776.326±0.018 µg/L, da bahar 659.929±0.023 µg/L) (Çizelge 4.21). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut krom değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.21. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cr değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 4  | 576.879±0.024 | 490.375±0.045 |
| Lokalite 5  | 669.221±0.028 | 568.870±0.025 |
| Lokalite 6  | 776.326±0.018 | 659.929±0.023 |
| Lokalite 7  | 642.495±0.025 | 546.150±0.040 |
| Lokalite 8  | 616.838±0.026 | 524.338±0.039 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde krom değerlerinin ortalaması  $656.352 \pm 0.024$  µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer  $557.932 \pm 0.034$  µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.4).

#### 4.2.1.4 Bakır (Cu)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki bakır değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $788.048 \pm 0.030$  µg/L, bahar da  $669.861 \pm 0.039$  µg/L), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1060.484 \pm 0.028$  µg/L, bahar da  $901.465 \pm 0.040$  µg/L) (Çizelge 4.22). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut bakır değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.22. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Cu değerleri (µg/L)

| Lokalite No | Sonbahar             | Bahar               |
|-------------|----------------------|---------------------|
| Lokalite 4  | $788.048 \pm 0.030$  | $669.861 \pm 0.039$ |
| Lokalite 5  | $914.187 \pm 0.017$  | $777.108 \pm 0.030$ |
| Lokalite 6  | $1060.484 \pm 0.028$ | $901.465 \pm 0.040$ |
| Lokalite 7  | $877.647 \pm 0.025$  | $746.044 \pm 0.031$ |
| Lokalite 8  | $842.577 \pm 0.020$  | $716.220 \pm 0.034$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde bakır değerlerinin ortalaması  $896.589 \pm 0.024$  µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer  $762.140 \pm 0.035$  µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5).

#### 4.2.1.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki mangan değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $1019.973 \pm 0.026$   $\mu\text{g/L}$ , bahar da  $867.019 \pm 0.033$   $\mu\text{g/L}$ ), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1372.574 \pm 0.015$   $\mu\text{g/L}$ , bahar da  $1166.738 \pm 0.021$   $\mu\text{g/L}$ ) (Çizelge 4.23). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut mangan değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.23. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Mn değerleri ( $\mu\text{g/L}$ )

| Lokalite No | Sonbahar             | Bahar                |
|-------------|----------------------|----------------------|
| Lokalite 4  | $1019.973 \pm 0.026$ | $867.019 \pm 0.033$  |
| Lokalite 5  | $1183.198 \pm 0.032$ | $1005.756 \pm 0.048$ |
| Lokalite 6  | $1372.574 \pm 0.015$ | $1166.738 \pm 0.021$ |
| Lokalite 7  | $1135.911 \pm 0.029$ | $965.563 \pm 0.044$  |
| Lokalite 8  | $1090.527 \pm 0.023$ | $926.997 \pm 0.032$  |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde mangan değerlerinin ortalaması  $1160.437 \pm 0.025$   $\mu\text{g/L}$  iken, bahar döneminde ise bu değer  $986.415 \pm 0.036$   $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.6).

#### 4.2.1.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan su örneklerindeki kurşun değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan su örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $242.544 \pm 0.025$   $\mu\text{g/L}$ , bahar da  $206.213 \pm 0.028$   $\mu\text{g/L}$ ), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar

da  $326.484 \pm 0.009$  µg/l, bahar da  $277.533 \pm 0.016$  µg/L) (Çizelge 4.24). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, su örneklerindeki mevcut kurşun değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.24. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan su örneklerinde mevcut Pb değerleri (µg/L).

| Lokalite No | Sonbahar            | Bahar               |
|-------------|---------------------|---------------------|
| Lokalite 4  | $242.544 \pm 0.025$ | $206.213 \pm 0.028$ |
| Lokalite 5  | $281.399 \pm 0.034$ | $239.212 \pm 0.037$ |
| Lokalite 6  | $326.484 \pm 0.009$ | $277.533 \pm 0.016$ |
| Lokalite 7  | $270.174 \pm 0.026$ | $229.685 \pm 0.021$ |
| Lokalite 8  | $259.409 \pm 0.029$ | $220.550 \pm 0.021$ |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kurşun değerlerinin ortalaması  $276.002 \pm 0.025$  µg/L iken, bahar döneminde ise bu değer  $234.639 \pm 0.025$  µg/L olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sudaki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde bahar mevsimine nazaran sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.7).

#### 4.2.2. *Nuphar lutea* Türünün Yayılış Gösterdiği Lokasyonlardaki Sediment Örneklerinin Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

##### 4.2.2.1 Kadmiyum (Cd)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kadmiyum değerleri Çizelge 4.25’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $0.774 \pm 0.021$  mg/kg, bahar da  $0.899 \pm 0.033$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1.123 \pm 0.032$  mg/kg, bahar da  $1.287 \pm 0.037$  mg/kg) (Çizelge 4.25). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kadmiyum değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir.

Çizelge 4.25. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cd değerleri (mg/kg)

| <b>Lokalite No</b> | <b>Sonbahar</b> | <b>Bahar</b> |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Lokalite 4         | 0.774±0.021     | 0.899±0.033  |
| Lokalite 5         | 0.936±0.031     | 1.089±0.041  |
| Lokalite 6         | 1.123±0.032     | 1.287±0.037  |
| Lokalite 7         | 0.953±0.017     | 1.111±0.010  |
| Lokalite 8         | 0.930±0.014     | 1.080±0.037  |

Lokalite farkı gözlemeksizin sonbahar döneminde kadmiyum değerlerinin ortalaması 0.943±0.023 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 1.093±0.032 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.8).

#### **4.2.2.2 Kobalt (Co)**

Bu türün yayılım gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kobalt değerleri Çizelge 4.26'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 3.601±0.034 mg/kg, bahar da 4.073±0.043 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 4.928±0.019 mg/kg, bahar da 5.550±0.048 mg/kg) (Çizelge 4.26). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kobalt değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.26. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Co değerleri (mg/kg)

| <b>Lokalite No</b> | <b>Sonbahar</b> | <b>Bahar</b> |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Lokalite 4         | 3.601±0.034     | 4.073±0.043  |
| Lokalite 5         | 4.221±0.025     | 4.754±0.016  |
| Lokalite 6         | 4.928±0.019     | 5.550±0.048  |
| Lokalite 7         | 4.092±0.027     | 4.626±0.042  |
| Lokalite 8         | 3.962±0.028     | 4.483±0.031  |

Lokalite farkı gözlemeksizin sonbahar döneminde kobalt değerlerinin ortalaması 4.164±0.027 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 4.697±0.036 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.9).

#### **4.2.2.3 Krom (Cr)**

Bu türün yayılım gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki krom değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 5.609±0.026 mg/kg, bahar da 6.328±0.039 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 7.646±0.019 mg/kg, bahar da 8.602±0.031 mg/kg) (Çizelge 4.27). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut krom değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.27. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cr değerleri (mg/kg)

| <b>Lokalite No</b> | <b>Sonbahar</b> | <b>Bahar</b> |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Lokalite 4         | 5.609±0.026     | 6.328±0.039  |
| Lokalite 5         | 6.553±0.014     | 7.730±0.024  |
| Lokalite 6         | 7.646±0.019     | 8.602±0.031  |
| Lokalite 7         | 6.319±0.025     | 7.114±0.037  |
| Lokalite 8         | 6.105±0.024     | 6.881±0.045  |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde krom değerlerinin ortalaması 6.446±0.022 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 7.331±0.035 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.10).

#### **4.2.2.4 Bakır (Cu)**

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki bakır değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 14.460±0.014 mg/kg, bahar da 16.215±0.037 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 19.573±0.018 mg/kg, bahar da 21.954±0.035 mg/kg) (Çizelge 4.28). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut bakır değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.28. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Cu değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar     | Bahar        |
|-------------|--------------|--------------|
| Lokalite 4  | 14.460±0.014 | 16.215±0.037 |
| Lokalite 5  | 16.823±0.026 | 18.881±0.029 |
| Lokalite 6  | 19.573±0.018 | 21.954±0.035 |
| Lokalite 7  | 16.173±0.024 | 18.157±0.044 |
| Lokalite 8  | 15.567±0.035 | 17.481±0.049 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde bakır değerlerinin ortalaması 16.519±0.023 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 18.538±0.039 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.11).

#### 4.2.2.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki mangan değerleri Çizelge 4.29’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 77.240±0.013 mg/kg, bahar da 86.536±0.038 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 104.026±0.022 mg/g, bahar da 116.537±0.020 mg/kg) (Çizelge 4.29). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut mangan değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.29. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Mn değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar      | Bahar         |
|-------------|---------------|---------------|
| Lokalite 4  | 77.240±0.013  | 86.536±0.038  |
| Lokalite 5  | 89.631±0.021  | 100.424±0.044 |
| Lokalite 6  | 104.026±0.022 | 116.537±0.020 |
| Lokalite 7  | 86.088±0.031  | 96.461±0.038  |
| Lokalite 8  | 82.694±0.013  | 92.657±0.032  |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde mangan değerlerinin ortalaması 87.936±0.020 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 98.523±0.034 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.12).

#### 4.2.2.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan sediment (toprak) örneklerindeki kurşun değerleri Çizelge 4.30'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, farklı lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 42.845±0.026 mg/kg, bahar da 48.029±0.041 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 57.716±0.024 mg/kg, bahar da 64.681±0.045mg/kg) (Çizelge 4.30). Ayrıca, her iki mevsimde de aynı sıralamaya sahip olmakla birlikte, sediment örneklerindeki mevcut kurşun değerleri lokalite bazında küçükten büyüğe doğru sıralanması ise 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir.

Çizelge 4.30. Farklı mevsimlerde lokalitelerden alınan sediment örneklerinde mevcut Pb değerleri (mg/kg)

| Lokalite No | Sonbahar     | Bahar        |
|-------------|--------------|--------------|
| Lokalite 4  | 42.845±0.026 | 48.029±0.041 |
| Lokalite 5  | 49.724±0.012 | 55.733±0.010 |
| Lokalite 6  | 57.716±0.024 | 64.681±0.045 |
| Lokalite 7  | 47.774±0.028 | 53.561±0.051 |
| Lokalite 8  | 45.893±0.012 | 51.429±0.022 |

Lokalite farkı gözetmeksizin sonbahar döneminde kurşun değerlerinin ortalaması 48.790±0.020 mg/kg iken, bahar döneminde ise bu değer 54.687±0.034 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu ağır metalin sedimentte ki mevcut konsantrasyon değerleri tüm lokalitelerde sonbahar mevsimine nazaran, bahar mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.13).

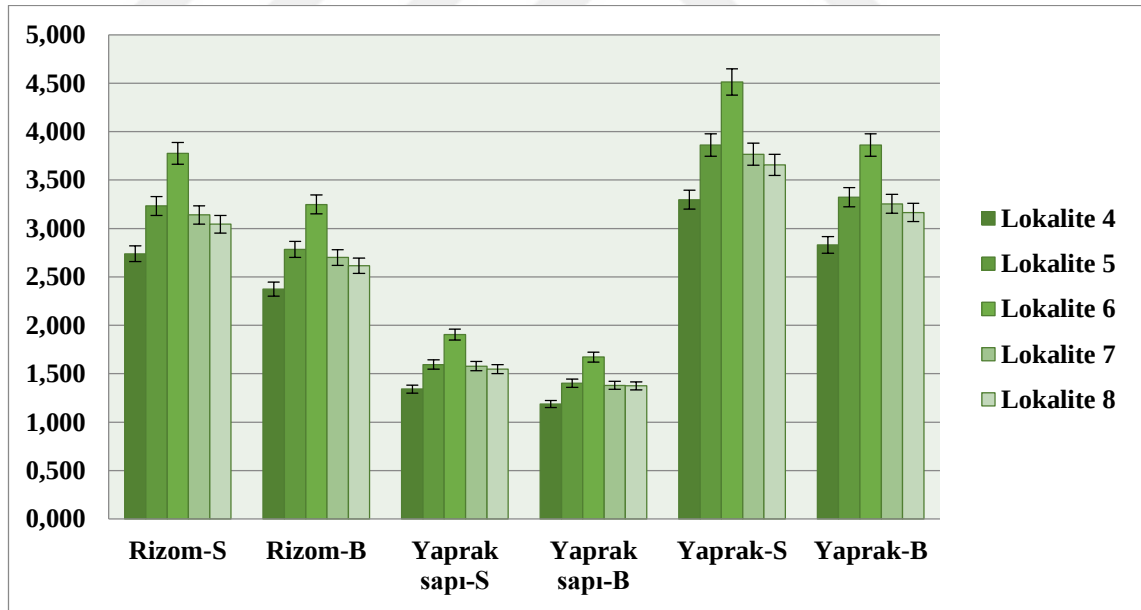
#### 4.2.3. *Nuphar lutea* Türünün Farklı Kısımlarında Mevcut Ağır Metal Konsantrasyonlarının İrdelenmesi

##### 4.2.3.1 Kadmiyum (Cd)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kadmiyum değerleri Çizelge 4.31’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da 2.739±0.019 mg/kg, bahar da 2.374±0.032 mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da 3.776±0.029 mg/kg, bahar da 3.247±0.028 mg/kg) (Çizelge 4.31). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde 3.186±0.022 mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer 2.744±0.026 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı 4 < 8 < 7 < 5 < 6 şeklindedir (Şekil 4.21).

Çizelge 4.31. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Cd değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar    | Bahar       |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | 2.739±0.019 | 2.374±0.032 |
|                    | Lokalite 5  | 3.232±0.015 | 2.784±0.032 |
|                    | Lokalite 6  | 3.776±0.029 | 3.247±0.028 |
|                    | Lokalite 7  | 3.141±0.021 | 2.701±0.026 |
|                    | Lokalite 8  | 3.044±0.025 | 2.615±0.010 |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | 1.341±0.011 | 1.188±0.024 |
|                    | Lokalite 5  | 1.594±0.013 | 1.402±0.016 |
|                    | Lokalite 6  | 1.904±0.023 | 1.672±0.027 |
|                    | Lokalite 7  | 1.578±0.029 | 1.380±0.039 |
|                    | Lokalite 8  | 1.548±0.019 | 1.375±0.024 |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | 3.298±0.019 | 2.830±0.021 |
|                    | Lokalite 5  | 3.863±0.024 | 3.323±0.020 |
|                    | Lokalite 6  | 4.512±0.016 | 3.861±0.025 |
|                    | Lokalite 7  | 3.767±0.013 | 3.255±0.021 |
|                    | Lokalite 8  | 3.657±0.022 | 3.165±0.009 |



Şekil 4.21. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cd değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $1.341 \pm 0.011$  mg/kg, bahar da  $1.188 \pm 0.024$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1.904 \pm 0.023$  mg/kg, bahar da  $1.672 \pm 0.027$  mg/kg) (Çizelge 4.31). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde  $1.593 \pm 0.019$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $1.403 \pm 0.026$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.21).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $3.298 \pm 0.019$  mg/kg, bahar da  $2.830 \pm 0.021$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $4.512 \pm 0.016$  mg/kg, bahar da  $3.861 \pm 0.025$  mg/kg) (Çizelge 4.31). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cd ortalama değerleri sonbahar döneminde  $3.819 \pm 0.019$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $3.287 \pm 0.019$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Cd değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.21).

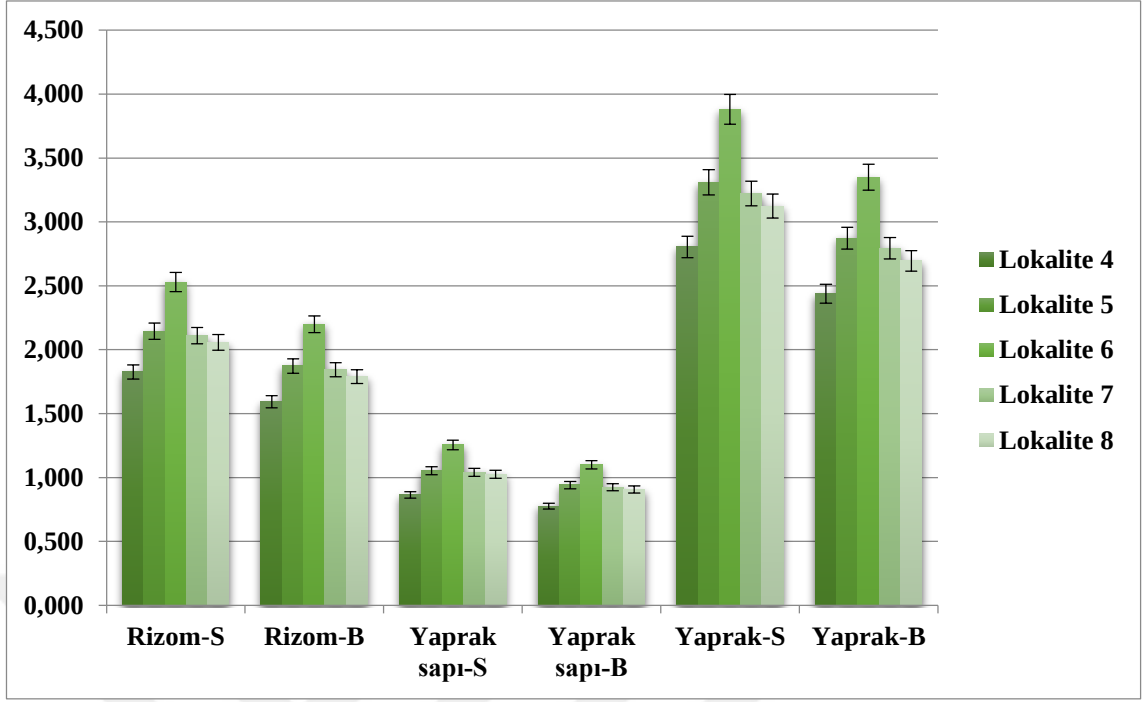
#### 4.2.3.2 Kobalt (Co)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kobalt değerleri Çizelge 4.32’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $1.826 \pm 0.013$  mg/kg, bahar da  $1.593 \pm 0.032$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $2.530 \pm 0.024$  mg/kg, bahar da  $2.199 \pm 0.031$  mg/kg) (Çizelge 4.32). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Co ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.134 \pm 0.024$  mg/kg

değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $1.859 \pm 0.030$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.22).

Çizelge 4.32. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Co değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar          | Bahar             |
|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | $1.826 \pm 0.013$ | $1.593 \pm 0.032$ |
|                    | Lokalite 5  | $2.145 \pm 0.015$ | $1.873 \pm 0.033$ |
|                    | Lokalite 6  | $2.530 \pm 0.024$ | $2.199 \pm 0.031$ |
|                    | Lokalite 7  | $2.110 \pm 0.026$ | $1.843 \pm 0.014$ |
|                    | Lokalite 8  | $2.057 \pm 0.017$ | $1.789 \pm 0.038$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | $0.864 \pm 0.023$ | $0.776 \pm 0.013$ |
|                    | Lokalite 5  | $1.053 \pm 0.021$ | $0.941 \pm 0.026$ |
|                    | Lokalite 6  | $1.255 \pm 0.022$ | $1.100 \pm 0.049$ |
|                    | Lokalite 7  | $1.041 \pm 0.030$ | $0.925 \pm 0.046$ |
|                    | Lokalite 8  | $1.026 \pm 0.025$ | $0.907 \pm 0.034$ |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | $2.805 \pm 0.028$ | $2.438 \pm 0.029$ |
|                    | Lokalite 5  | $3.310 \pm 0.015$ | $2.873 \pm 0.022$ |
|                    | Lokalite 6  | $3.880 \pm 0.016$ | $3.350 \pm 0.023$ |
|                    | Lokalite 7  | $3.223 \pm 0.015$ | $2.795 \pm 0.019$ |
|                    | Lokalite 8  | $3.124 \pm 0.027$ | $2.695 \pm 0.044$ |



Şekil 4.22. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Co değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $0.864 \pm 0.023$  mg/kg, bahar da  $0.776 \pm 0.013$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $1.255 \pm 0.022$  mg/kg, bahar da  $1.100 \pm 0.049$  mg/kg) (Çizelge 4.32). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Co ortalama değerleri sonbahar döneminde  $3.268 \pm 0.030$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $0.930 \pm 0.034$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.22).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $2.805 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $2.303 \pm 0.034$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $3.429 \pm 0.008$  mg/kg, bahar da  $2.946 \pm 0.020$  mg/kg) (Çizelge 4.32). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Co ortalama değerleri sonbahar döneminde  $2.972 \pm 0.017$

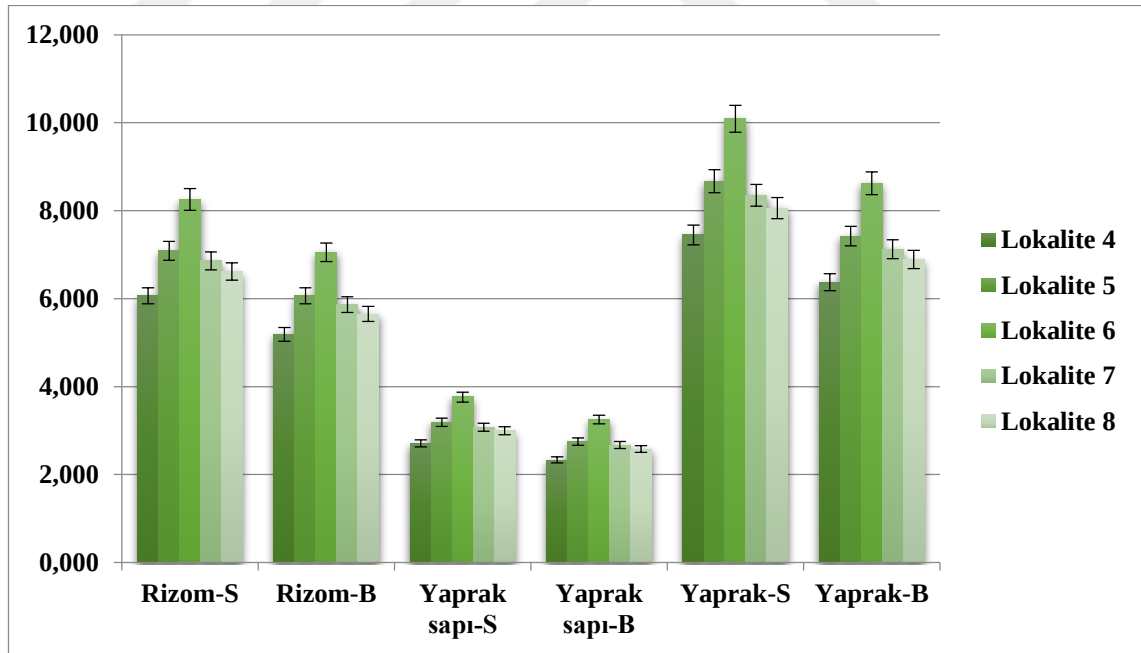
mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $2.567 \pm 0.034$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Co değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22).

#### 4.2.3.3 Krom (Cr)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının krom değerleri Çizelge 4.33'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $6.063 \pm 0.029$  mg/kg, bahar da  $5.189 \pm 0.045$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $8.253 \pm 0.020$  mg/kg, bahar da  $7.055 \pm 0.021$  mg/kg) (Çizelge 4.33). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Cr ortalama değerleri sonbahar döneminde  $6.697 \pm 0.025$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $5.965 \pm 0.032$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.23).

Çizelge 4.33. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Cr değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar     | Bahar       |
|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | 6.063±0.029  | 5.189±0.045 |
|                    | Lokalite 5  | 7.088±0.020  | 6.064±0.025 |
|                    | Lokalite 6  | 8.253±0.020  | 7.055±0.021 |
|                    | Lokalite 7  | 6.859±0.030  | 5.863±0.036 |
|                    | Lokalite 8  | 6.616±0.025  | 5.652±0.033 |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | 2.710±0.019  | 2.330±0.025 |
|                    | Lokalite 5  | 3.187±0.015  | 2.748±0.017 |
|                    | Lokalite 6  | 3.761±0.013  | 3.249±0.029 |
|                    | Lokalite 7  | 3.074±0.011  | 2.674±0.016 |
|                    | Lokalite 8  | 2.995±0.018  | 2.580±0.034 |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | 7.447±0.028  | 6.375±0.036 |
|                    | Lokalite 5  | 8.670±0.010  | 7.421±0.031 |
|                    | Lokalite 6  | 10.090±0.028 | 8.626±0.034 |
|                    | Lokalite 7  | 8.350±0.024  | 7.126±0.027 |
|                    | Lokalite 8  | 8.061±0.032  | 6.888±0.025 |



Şekil 4.23. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cr değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $2.710 \pm 0.019$  mg/kg bahar da  $2.330 \pm 0.025$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $3.761 \pm 0.013$  mg/kg, bahar da  $3.249 \pm 0.029$  mg/kg) (Çizelge 4.33). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cr ortalama değerleri sonbahar döneminde  $3.145 \pm 0.015$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $2.716 \pm 0.024$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.23).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $7.447 \pm 0.028$  mg/kg, bahar  $6.375 \pm 0.036$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $10.090 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $8.626 \pm 0.034$  mg/kg) (Çizelge 4.33). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cr ortalama değerleri sonbahar döneminde  $8.524 \pm 0.024$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $7.287 \pm 0.031$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Cr değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.23).

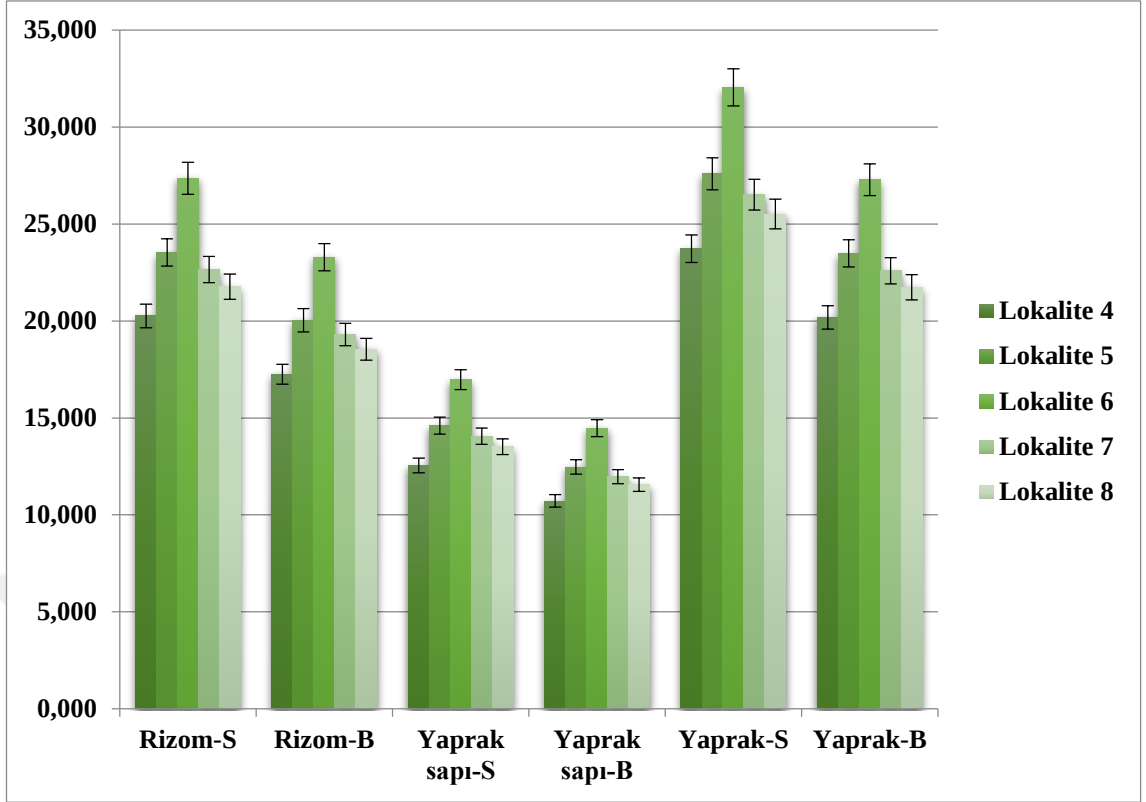
#### 4.2.3.4 Bakır (Cu)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının bakır değerleri Çizelge 4.34'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $20.265 \pm 0.029$  mg/kg, bahar da  $17.253 \pm 0.014$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $27.358 \pm 0.024$  mg/kg, bahar da  $23.294 \pm 0.030$  mg/kg) (Çizelge 4.34). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $23.116 \pm 0.024$  mg/kg

değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $19.688 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.24).

Çizelge 4.34. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Cu değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar           | Bahar              |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | $20.265 \pm 0.029$ | $17.253 \pm 0.014$ |
|                    | Lokalite 5  | $23.538 \pm 0.029$ | $20.042 \pm 0.034$ |
|                    | Lokalite 6  | $27.358 \pm 0.024$ | $23.294 \pm 0.030$ |
|                    | Lokalite 7  | $22.649 \pm 0.021$ | $19.304 \pm 0.033$ |
|                    | Lokalite 8  | $21.770 \pm 0.017$ | $18.545 \pm 0.025$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | $12.545 \pm 0.024$ | $10.717 \pm 0.022$ |
|                    | Lokalite 5  | $14.607 \pm 0.017$ | $12.470 \pm 0.035$ |
|                    | Lokalite 6  | $16.978 \pm 0.028$ | $14.474 \pm 0.031$ |
|                    | Lokalite 7  | $14.059 \pm 0.028$ | $11.970 \pm 0.039$ |
|                    | Lokalite 8  | $13.521 \pm 0.026$ | $11.552 \pm 0.023$ |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | $23.734 \pm 0.017$ | $20.191 \pm 0.008$ |
|                    | Lokalite 5  | $27.590 \pm 0.023$ | $23.487 \pm 0.015$ |
|                    | Lokalite 6  | $32.047 \pm 0.026$ | $27.293 \pm 0.029$ |
|                    | Lokalite 7  | $26.520 \pm 0.023$ | $22.582 \pm 0.023$ |
|                    | Lokalite 8  | $25.519 \pm 0.014$ | $21.741 \pm 0.025$ |



Şekil 4.24. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Cu değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $12.545 \pm 0.024$  mg/kg, bahar da  $10.717 \pm 0.022$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $16.978 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $14.474 \pm 0.031$  mg/kg) (Çizelge 4.34). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $14.342 \pm 0.025$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $12.237 \pm 0.030$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.24).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $23.734 \pm 0.017$  mg/kg, bahar da  $20.191 \pm 0.008$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $32.047 \pm 0.026$  mg/kg,

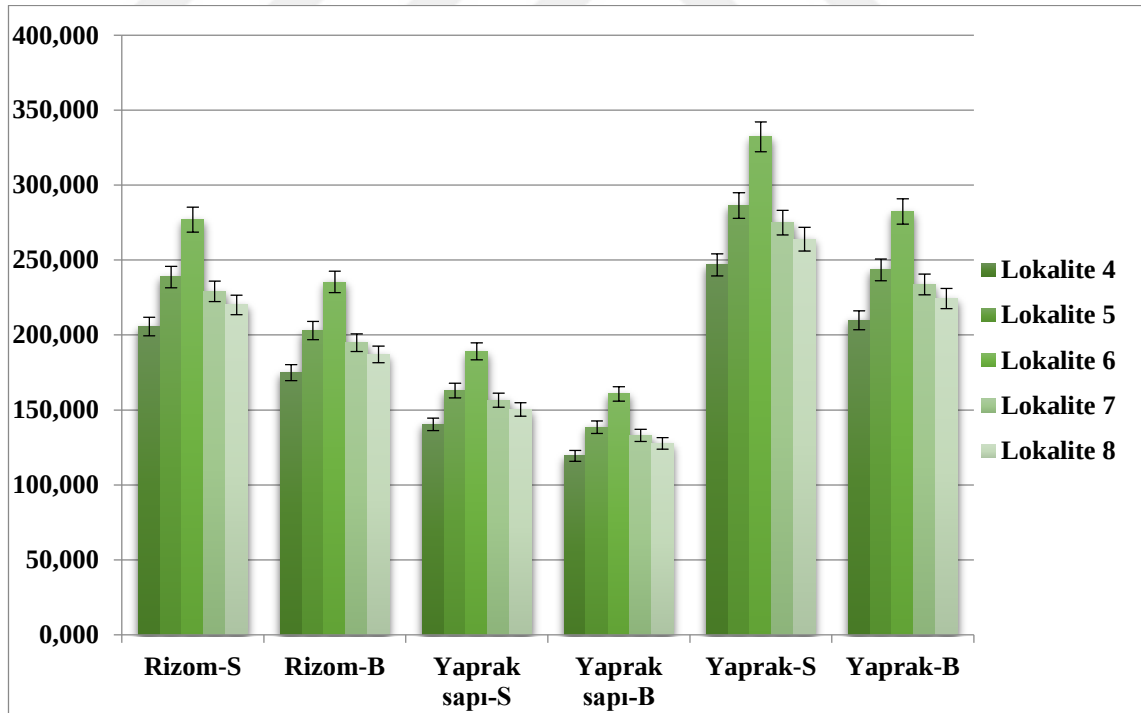
bahar da  $27.293 \pm 0.029$  mg/kg) (Çizelge 4.34). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Cu ortalama değerleri sonbahar döneminde  $27.082 \pm 0.021$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $23.059 \pm 0.020$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Cu değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.24).

#### 4.2.3.5 Mangan (Mn)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının mangan değerleri Çizelge 4.35'te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $205.733 \pm 0.032$  mg/kg, bahar da  $174.918 \pm 0.022$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $276.926 \pm 0.027$  mg/kg, bahar da  $235.437 \pm 0.049$  mg/kg) (Çizelge 4.35). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait rizom örneklerinin Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde  $234.122 \pm 0.030$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $199.045 \pm 0.036$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.25).

Çizelge 4.35. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Mn değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar      | Bahar         |
|--------------------|-------------|---------------|---------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | 205.733±0.032 | 174.918±0.022 |
|                    | Lokalite 5  | 238.689±0.030 | 202.928±0.036 |
|                    | Lokalite 6  | 276.926±0.027 | 235.437±0.049 |
|                    | Lokalite 7  | 229.194±0.031 | 194.849±0.045 |
|                    | Lokalite 8  | 220.070±0.029 | 187.092±0.029 |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | 140.460±0.010 | 119.430±0.014 |
|                    | Lokalite 5  | 162.971±0.029 | 138.572±0.027 |
|                    | Lokalite 6  | 189.067±0.021 | 160.750±0.038 |
|                    | Lokalite 7  | 156.503±0.033 | 133.070±0.034 |
|                    | Lokalite 8  | 150.287±0.028 | 127.786±0.043 |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | 246.804±0.025 | 209.838±0.017 |
|                    | Lokalite 5  | 286.341±0.024 | 243.419±0.026 |
|                    | Lokalite 6  | 332.206±0.028 | 282.413±0.028 |
|                    | Lokalite 7  | 274.916±0.029 | 233.706±0.043 |
|                    | Lokalite 8  | 263.939±0.019 | 224.384±0.019 |



Şekil 4.25. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Mn değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $140.460 \pm 0.010$  mg/kg, bahar da  $119.430 \pm 0.014$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $189.067 \pm 0.021$  mg/kg, bahar da  $160.750 \pm 0.038$  mg/kg) (Çizelge 4.35). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde  $158.858 \pm 0.021$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $135.922 \pm 0.031$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.25).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $246.804 \pm 0.025$  mg/kg, bahar da  $209.838 \pm 0.017$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $332.206 \pm 0.028$  mg/kg, bahar da  $282.413 \pm 0.028$  mg/kg) (Çizelge 4.35). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Mn ortalama değerleri sonbahar döneminde  $280.841 \pm 0.025$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $238.752 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Mn değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.25).

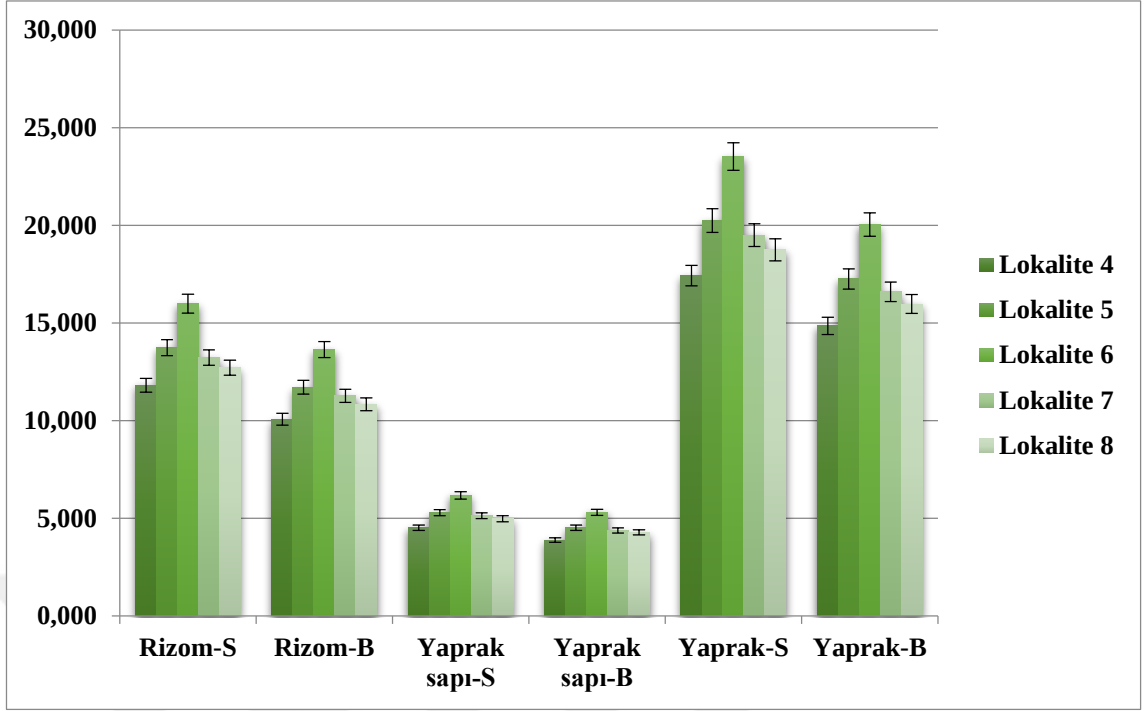
#### 4.2.3.6 Kurşun (Pb)

Bu türün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak ve yaprak sapının kurşun değerleri Çizelge 4.36’te verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **rizom** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar da  $11.819 \pm 0.026$  mg/kg, bahar da  $10.078 \pm 0.029$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $15.999 \pm 0.013$  mg/kg, bahar da  $13.649 \pm 0.020$  mg/kg) (Çizelge 4.36). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye

ait rizom örneklerinin Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde  $13.503 \pm 0.018$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $11.514 \pm 0.020$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Rizomlarda mevcut Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında ise küçükten büyüğe doğru sıralanışı  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.26).

Çizelge 4.36. Farklı mevsimlerde belirli lokalitelerden alınan *Nuphar lutea* türünün farklı bitki kısımlarında Pb değerleri (mg/kg)

| Bitki kısımları    | Lokaliteler | Sonbahar           | Bahar              |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | $11.819 \pm 0.026$ | $10.078 \pm 0.029$ |
|                    | Lokalite 5  | $13.743 \pm 0.021$ | $11.716 \pm 0.020$ |
|                    | Lokalite 6  | $15.999 \pm 0.013$ | $13.649 \pm 0.020$ |
|                    | Lokalite 7  | $13.232 \pm 0.018$ | $11.279 \pm 0.015$ |
|                    | Lokalite 8  | $12.723 \pm 0.012$ | $10.846 \pm 0.016$ |
| <b>Yaprak sapı</b> | Lokalite 4  | $4.522 \pm 0.019$  | $3.886 \pm 0.018$  |
|                    | Lokalite 5  | $5.289 \pm 0.020$  | $4.525 \pm 0.027$  |
|                    | Lokalite 6  | $6.182 \pm 0.019$  | $5.311 \pm 0.020$  |
|                    | Lokalite 7  | $5.137 \pm 0.016$  | $4.384 \pm 0.022$  |
|                    | Lokalite 8  | $4.981 \pm 0.029$  | $4.279 \pm 0.046$  |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | $17.431 \pm 0.022$ | $14.860 \pm 0.029$ |
|                    | Lokalite 5  | $20.256 \pm 0.029$ | $17.264 \pm 0.019$ |
|                    | Lokalite 6  | $23.533 \pm 0.019$ | $20.050 \pm 0.035$ |
|                    | Lokalite 7  | $19.501 \pm 0.021$ | $16.608 \pm 0.010$ |
|                    | Lokalite 8  | $18.754 \pm 0.012$ | $15.979 \pm 0.020$ |



Şekil 4.26. *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının mevsim ve lokalite bazında Pb değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Farklı lokalitelerden toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak sapı** örneklerinde, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $4.522 \pm 0.019$  mg/kg, bahar da  $3.886 \pm 0.018$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $6.182 \pm 0.019$  mg/kg, bahar da  $5.311 \pm 0.020$  mg/kg) (Çizelge 4.36). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde, bu bitkiye ait yaprak sapı örneklerinin Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde  $5.222 \pm 0.021$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $4.477 \pm 0.027$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak sapı örneklerine ait Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklindedir (Şekil 4.26).

Araştırma alanından toplanmış *Nuphar lutea* türüne ait **yaprak** örneklerinde ise, hem sonbahar hem de bahar mevsimlerinde, bu ağır metale ait konsantrasyon değerleri 4. lokalite de en düşük iken (sonbahar  $17.431 \pm 0.022$  mg/kg, bahar da  $14.860 \pm 0.029$  mg/kg), 6. lokalite ise en yüksek değeri içermektedir (sonbahar da  $23.533 \pm 0.019$  mg/kg, bahar da  $20.050 \pm 0.035$  mg/kg) (Çizelge 4.36). Mevsimsel bazda değerlendirildiğinde,

bu bitkiye ait yaprak örneklerinde Pb ortalama değerleri sonbahar döneminde  $19.895 \pm 0.021$  mg/kg değerine sahip iken, bahar mevsiminde ise bu değer  $16.952 \pm 0.023$  mg/kg olarak tespit edilmiştir Araştırma alanından toplanmış mevcut yaprak örneklerine ait Pb değerleri, lokaliteler bazında değerlendirilme yapıldığında, küçükten büyüğe doğru sıralanış  $4 < 8 < 7 < 5 < 6$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.26).

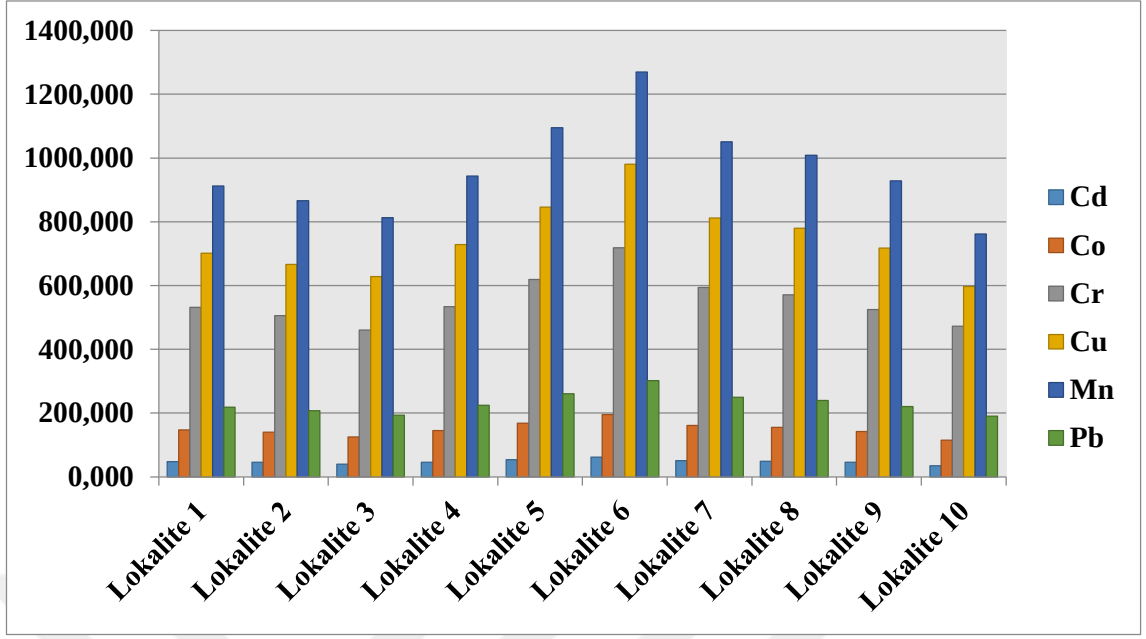
#### 4.3. Mevsim farkı gözetilmeksizin araştırma alanından toplanan tüm numunelerin toplu olarak karşılaştırılması

##### 4.3.1. Su numunelerin lokasyonlar bazında değerlendirilmesi

Gölbaşı gölü'nde tespit edilen toplam 10 lokaliteden alınan su numunelerinde, ağır metallerin yıllık (bahar + sonbahar) ortalama değerleri Çizelge 4.37 ve Şekil 4.27'de sunulmuştur.

Çizelge 4.37. Tüm lokasyonlardan alınan su numunelerinde yıllık ortalama ağır metal değerleri ( $\mu\text{g/L}$ )

| Lokalite No | Cd     | Co      | Cr      | Cu      | Mn       | Pb      |
|-------------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Lokalite 1  | 47.722 | 147.026 | 531.810 | 701.473 | 911.775  | 218.682 |
| Lokalite 2  | 45.373 | 139.703 | 505.259 | 666.443 | 866.222  | 207.771 |
| Lokalite 3  | 39.616 | 124.809 | 459.987 | 628.394 | 813.315  | 193.408 |
| Lokalite 4  | 46.006 | 144.848 | 533.627 | 728.955 | 943.496  | 224.379 |
| Lokalite 5  | 53.377 | 168.059 | 619.046 | 845.648 | 1094.477 | 260.306 |
| Lokalite 6  | 61.946 | 194.985 | 718.128 | 980.975 | 1269.656 | 302.009 |
| Lokalite 7  | 51.300 | 161.676 | 594.323 | 811.846 | 1050.737 | 249.930 |
| Lokalite 8  | 49.269 | 154.945 | 570.588 | 779.399 | 1008.762 | 239.980 |
| Lokalite 9  | 45.366 | 142.571 | 524.987 | 717.086 | 928.087  | 220.815 |
| Lokalite 10 | 34.512 | 114.593 | 472.701 | 596.847 | 762.041  | 190.680 |



Şekil 4.27. Su numunelerinin lokalite bazında yıllık ortalama ağır metal değerlerinin (µg/L) karşılaştırılması

Araştırma alanında tespit edilen tüm lokalitelerden alınan su örneklerinde, analiz edilen ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralandığında  $Mn > Cu > Cr > Pb > Co > Cd$  şeklindedir (Çizelge 4.38). Aynı araştırma alanında, daha önce yapılmış bir çalışmada ise,  $Mn > Cu > Co > Cr > Pb > Cd$  şeklinde bir sıralama tespit edilmiştir (Türkmen ve Ciminli, 2011). Bu çalışmada elde edilen verilerin, kendi tespit ettiğimiz sıralama ile kıyaslandığında, Mn ve Cu ağır metallerin en yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olması, Cd'un ise en düşük konsantrasyona sahip olması durumu ile tutarlılık göstermektedir. Ayrıca diğer ağır metallerin de kendi aralarındaki sıralamasında farklılıklar görülmektedir (Çizelge 4.38). Ülkemizde yapılmış diğer farklı çalışmalardan özellikle de Atatürk Baraj gölü (Karadede ve Unlu, 2000) ve Beyşehir göl (Tekin-Özen, 2008)'nde elde edilen veriler ile kıyaslandığında, Mn ve Cu ağır metal konsantrasyonlarının da en yüksek olması durumu, bizim verilerimiz ile de tutarlılık göstermektedir (Çizelge 4.38). Sadece bu durumdan farklı olarak, Gala Gölü (Tekirdağ)'nde yapılmış bir çalışmada Mn en yüksek konsantrasyona sahip iken, Cu ağır metali ise en düşük konsantrasyon değerine sahip olduğu vurgulanmıştır (Dinçer ve Dökmeci, 2006). Yapılan bu kıyaslamalara ek olarak, Gölbaşı gölü'nde tespit ettiğimiz değerler, hem Beyşehir gölü hem de Atatürk Baraj gölünde

tespit edilen değerlerden oldukça çok fazla olmasına rağmen, Gala Gölü'nde tespit edilen değerlerden ise oldukça düşük olduğu görülmektedir (Cu ağır metali hariç).

Çizelge 4.38. Araştırma alanında su numunelerinde tespit edilen ağır metaller ve ilgili skalalarla karşılaştırılması

(\*Not: **A:** Bu tez çalışmasında mevcut ağır metallerin yıllık min.-max. ortalama değerleri, **B:** Gölbaşı Gölü (Türkmen ve Ciminli, 2011); **C:** Beyşehir Gölü (Tekin-Özen, 2008), **D:** Atatürk Baraj Gölü (Karadede ve Unlu, 2000), **E:** EPA (2002), **F:** Anonim (2004) - Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)

|           | <b>A</b>         | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b>                | <b>F</b>                                |
|-----------|------------------|----------|----------|----------|-------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Cd</b> | 34.512-61.946    |          |          |          | 1.1                     | a) 3<br>b) 5<br>c) 10<br>d) >10         |
| <b>Co</b> | 114.593-194.985  | 10.600   |          |          |                         | a) 10<br>b) 20<br>c) 200<br>d) >200     |
| <b>Cr</b> | 459.987-718.128  | 9.310    |          |          | 570 Cr (3)<br>16 Cr (4) | a) 20<br>b) 50<br>c) 200<br>d) >200     |
| <b>Cu</b> | 596.847-980.975  | 22.900   | 100      | 25-200   | 12.0                    | a)20<br>b) 50<br>c) 200<br>d) >200      |
| <b>Mn</b> | 762.041-1269.656 | 73.500   | 20-520   | 3.9-4.1  |                         | a) 100<br>b) 500<br>c) 3000<br>d) >3000 |
| <b>Pb</b> | 190.680-302.009  | 5.210    |          |          | 3.2                     | a) 10<br>b) 20<br>c) 50<br>d) >50       |

2011 yılında aynı alanda yapılmış araştırma (Türkmen ve Ciminli, 2011) verileri ile kıyaslandığında, inanılmaz derecede artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu artış özellikle de Mn için 10-17, Cu için 26-42, Cr için 49-77, Pb için 36-57 ve Co için 11-18 kat daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.38). Gölbaşı Gölü'nde ki mevcut

potansiyel kirlilik, Türkmen ve Ciminli (2011)'nin tespit ettiği veriler göz önüne alındığında, ağır metallerden kaynaklı herhangi bir kirlilikten bahsedilmezken, maalesef geçen 10 yıl süreç içerisinde, bizim yapmış olduğumuz bu tez çalışması ile gölde ağır metal konsantrasyonlarının artış gösterdiği tespit edilmiş, hatta ağır metaller için kabul edilebilir sınır değerlerini de aşmıştır.

Ayrıca bu tez çalışmasında elde ettiğimiz analiz değerleri, hem ulusal hem de uluslararası su kalite kriterlerine göre bazı skalalar ile kıyaslama yapılmıştır. Ulusal ölçekte, Türkiye su kirliliği kontrol yönetmeliği skalası su kalite kriterlerine göre (Anonim, 2004), içme suyu ve tarımsal sulama kullanılabilirliği baz alınarak 4 sınıf altında gruplandırılmıştır. Bu gruplandırılmada “**Sınıf 1:** Yüksek kaliteli su”; “**Sınıf 2:** Az kirlenmiş su”; “**Sınıf 3:** Kirli su”; “**Sınıf 4:** Çok kirlenmiş su” şeklinde temsil edilmektedir (Çizelge 4.38). Ulusal ölçekli bu skalaya göre (Anonim, 2004), araştırma alanından temin edilen su örneklerinde Cd, Cr, Cu ve Pb ağır metallerine ait konsantrasyon değerleri çok kirlenmiş suyu temsil eden sınıf 4 grubunu da aşarken, Co ve Mn ağır metallerine ait konsantrasyon değerleri ise, sınıf 2 ve sınıf 3 grupları arasında kabul edilebilir maximum sınır değerlerine yaklaşmıştır (Çizelge 4.38). Yine bu skala da belirtilen (Anonim, 2004) parametrelerden sınıf 4 kriteri göz önüne alındığında, Cu için en fazla 5 kat, Cr için en fazla 4 kat, Pb ve Cd için 6’şar kat daha fazla kirlilik tespit edilmiştir. Bu durumun aksine, Co ve Mn değerleri için kabul edilebilir maksimum sınır değerlerine yakın değerlerde olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.38). Uluslararası ölçekli EPA (2002) skala verileri ile karşılaştırıldığında, Gölbaşı gölü’nde ki mevcut kirlilik, Pb için 94 kat, Cu için 82 kat, Cd için 56 kat ve Cr için 1.23 kat daha fazla birikim gösterdiği anlaşılmıştır (Çizelge 4.38).

Tezimizin giriş bölümünde de vurgulandığı gibi, ağır metallerin su ekosistemlerine doğrudan deşarjların bir sonucu ve atmosferik birikim ve yüzey akışı gibi dolaylı yollarla kolaylıkla giriş yapabilmektedir (Biney ve ark., 1994). Ayrıca, ağır metal kirliliğinin artmasına sebebiyet veren sanayi ve tarımsal faaliyetlerin hızla gelişmesi sucul ekosistemlerde Cu, Pb, Cd ve Cr gibi ağır metallerin zamanla giderek çok daha fazla artış göstermesine neden olur (Alloway, 2013; Bashir ve ark., 2020). Bu ağır metallerden özellikle kadmiyum ve bakır ağır metalleri, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin bir sonucu olarak, özellikle de yağmur suyu ve atık su deşarjları yoluyla yüksek konsantrasyonlarda sucul ekosistemlere kolaylıkla aktarılmaktadır (Alloway,

2013). Bu nedenle bu ağır metallerin su ekosistemlerinde yüksek toksiteleri ve kalıcılıkları nedeniyle “**Toksik Kirletici Maddeler**” grubunu temsil etmektedir (Fifield ve Haines, 2000; Wu ve Zhao, 2006; Zhou ve ark., 2008).

Araştırma alanımızda da Cd, Cr, Cu ve Pb ağır metallerinin yüksek oranlarda bulunması, Gölbaşı gölü’nün yakın çevresi, hem sanayi hem de tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu ile birlikte, transit ulaşım yollarına çok yakın konumda bulunması, bu gölde ağır metal oranlarının çok yüksek değerlerde olmasını tetiklediğini düşünmekteyiz. Ayrıca bu etkilere ek olarak, antropojenik faaliyetlerin özellikle de bahar ve yaz dönemlerinde göl ve yakın çevresinin turizm amaçlı günübirlik faaliyetlerin de çok yoğun olması, ağır metal kirliliğinin artış göstermesinde etkili olabileceği kanısındayız (Şekil 4.28). Araştırma alanı ve yakın çevresi jeolojik yağışında serpantin kayaçların yaygın olduğu ve bu alanlarda krom madeni işletmeciliğinin aktif olarak faaliyet göstermesi, atmosfere salınan Cr elementinin iklimsel faktörler özellikle rüzgar ve yağmur ile göl suyuna kolaylıkla kontamine olabilmektedir (Abacı Bayan, 2016). Araştırma alanında krom ağır metalinin yüksek olması bu durum ile açıklanabilir. Ayrıca bu antropojenik faaliyetlerin sıklığı zamanla giderek arttıkça, göl ekosisteminin kendi kendini temizleme kapasitesinin çok çok üzerinde olmasına neden olmakla birlikte, zamanla bu durum daha da endişe bir hal olmasına neden olacaktır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Gölbaşı Gölü’nde kirliliğe neden olan bazı antropojenik etkiler



Şekil 4.28. (Devam) Gölbaşı Gölü'nde kirliliğe neden olan bazı antropojenik etkiler



Şekil 4.28 (Devam) Gölbaşı Gölü’nde kirliliğe neden olan bazı antropojenik etkiler

Ulusal ölçekte Türkiye su kirliliği kontrolü yönetmenliğine göre (Anonim, 2004), kıta içi su kaynaklarının sınıf kalite iç sularında genel olarak pH değerleri 6.5-8.5 arasında değişkenlik göstermektedir (Anonim, 2004). Araştırma alanımızda çalışılan lokalitelerin pH değerleri sonbaharda 6.47-7.78 değerleri arasında iken, bahar mevsiminde ise 6.33-7.79 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu pH değerleri Çizelge 4.39’de detaylı olarak sunulmuştur. Aynı çalışma alanında daha önce Bozkurt ve Tepe (2011) tarafından yapılan bir araştırmada, pH değerlerinin 7.19-7.89 arasında değişkenlik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu değerler çalışma alanımızda tespit edilen pH değerleri ile az çok uyumluluk göstermektedir (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Araştırma alanında farklı lokalitelerden alınan su numunelerin pH değerleri

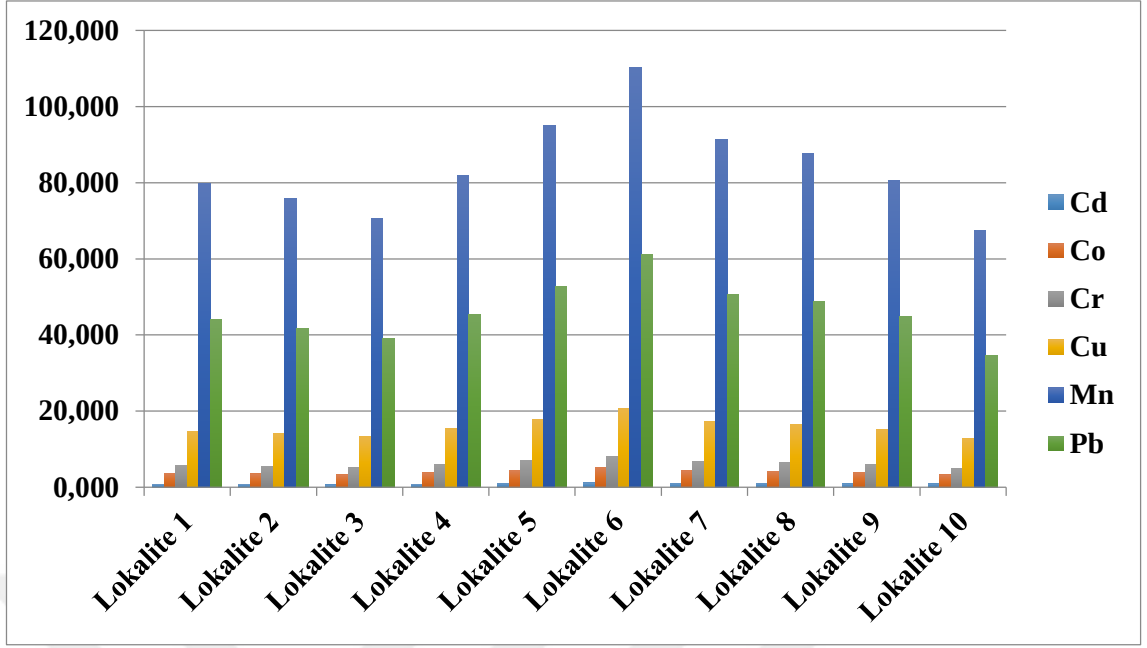
| <b>Lokalite No</b> | <b>Sonbahar</b> | <b>Bahar</b> |
|--------------------|-----------------|--------------|
| Lokalite 1         | 6.50            | 7.78         |
| Lokalite 2         | 6.50            | 7.75         |
| Lokalite 3         | 6.73            | 6.65         |
| Lokalite 4         | 6.60            | 7.78         |
| Lokalite 5         | 6.47            | 6.67         |
| Lokalite 6         | 7.78            | 7.78         |
| Lokalite 7         | 6.73            | 7.79         |
| Lokalite 8         | 6.90            | 7.79         |
| Lokalite 9         | 6.82            | 6.56         |
| Lokalite 10        | 6.71            | 6.33         |

#### 4.3.2. Sediment numunelerinin tüm lokasyonlar bazında değerlendirilmesi

Gölbaşı gölü’nde tespit edilen tüm lokalitelerden alınan sediment numunelerinde tespit edilen ağır metallerin yıllık (bahar + sonbahar) ortalama değerleri Çizelge 4.40 ve Şekil 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Tespit edilen tüm lokasyonlardan toplanan sediment numunelerinde yıllık ortalama ağır metal değerleri (mg/kg)

| <b>Lokalite No</b> | <b>Cd</b> | <b>Co</b> | <b>Cr</b> | <b>Cu</b> | <b>Mn</b> | <b>Pb</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lokalite 1         | 0.834     | 3.701     | 5.790     | 14.714    | 79.846    | 43.971    |
| Lokalite 2         | 0.832     | 3.543     | 5.526     | 14.028    | 75.934    | 41.822    |
| Lokalite 3         | 0.698     | 3.285     | 5.110     | 13.175    | 70.555    | 39.151    |
| Lokalite 4         | 0.837     | 3.837     | 5.969     | 15.338    | 81.888    | 45.437    |
| Lokalite 5         | 1.013     | 4.488     | 7.142     | 17.852    | 95.028    | 52.729    |
| Lokalite 6         | 1.205     | 5.239     | 8.124     | 20.764    | 110.282   | 61.199    |
| Lokalite 7         | 1.032     | 4.359     | 6.717     | 17.165    | 91.275    | 50.668    |
| Lokalite 8         | 1.005     | 4.223     | 6.493     | 16.524    | 87.676    | 48.661    |
| Lokalite 9         | 0.965     | 3.911     | 6.007     | 15.221    | 80.699    | 44.809    |
| Lokalite 10        | 0.922     | 3.274     | 4.987     | 12.762    | 67.330    | 34.508    |



Şekil 4.29. Sediment numunelerinin lokalite bazında yıllık ortalama ağır metal değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Araştırma alanında tüm lokalitelerden alınan sediment örneklerinde, ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralandığında  $Mn > Pb > Cu > Cr > Co > Cd$  şeklindedir (Çizelge 4.40). Ülkemizde farklı göl sedimentlerinde yapılmış ağır metal analiz çalışmalarında, özellikle de Gala (Tekirdağ) ve Sapanca (Adapazarı) gölleri ile kıyaslandığında, Mn ağır metalinin konsantrasyon değeri en yüksek, Cd konsantrasyon değeri ise en düşük oranlarda bulunma durumu ile tutarlılık göstermektedir (Dincer ve Dökmeci, 2006; Duman ve ark., 2007). Diğer ağır metallerin kendi arasında sıralanması ise farklılık göstermektedir (Çizelge 4.41).

Literatür bilgileri doğrultusunda, Blum ve arkadaşları (2004) tarafından ortaya konulan sediment/toprakta kabul edilebilir referans minimum ve maksimum değerler Mn için 300-1000 mg/kg, Co için 1-10 mg/kg, Cu için 10-40 mg/kg, Cd için 0.05-1 mg/kg, Cr için 10-50 mg/kg ve Pb için 10-30 mg/kg dır (Çizelge 4.41). Referans alınan bu kabul edilebilir sınır değerleri, çalışma alanımızda tespit ettiğimiz veriler ile kıyaslandığında, Gölbaşı Gölü sedimentlerinde Mn ve Cr kabul edilebilir sınır değerlerin altında iken, Co ve Cu kabul edilebilir minimum ve maksimum sınır değerler arasındadır. Fakat Cd, araştırma alanının bazı lokalitelerinde kabul edilebilir minimum-maksimum sınır değerler arasında iken, bazı lokalitelerde maksimum sınır değerleri de

aşmıştır. Bu bilgilere ek olarak, Pb ağır metali de tüm lokalitelerde maksimum sınır değerleri aştığı görülmüştür. Bu değerlendirme ışığında, Gölbaşı Gölü'nden alınan sediment örneklerinde Mn, Co, Cr ve Cu'ya ait konsantrasyon değerleri kabul edilebilir sınır değerleri aşmaz iken, Cd ve Pb değerleri ise sınır değerleri aşarak sedimentlerde kirlilik yönünden bir problem teşkil etmektedir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Gölbaşı göl sedimentinde tespit edilen ağır metallerin ilgili çalışmalar ile karşılaştırılması (mg/kg)

|           | <b>Bu tez çalışması verileri</b> | <b>Dincer ve Dökmeci (2006) - Gala Gölü (Tekirdağ)</b> | <b>Duman ve ark. (2007) - Sapanca Gölü (Adapazarı)</b> | <b>Blum ve ark. (2004) – [Kabul Edilebilir Referans Veriler]</b> |
|-----------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Cd</b> | 0.698-1.205                      | 1.55                                                   | 0.13-0.05                                              | 0.05-1                                                           |
| <b>Co</b> | 3.274-5.239                      | 3.35-39.55                                             | -                                                      | 1-10                                                             |
| <b>Cr</b> | 4.987-8.124                      | 27.20-95.20                                            | 13.11-22.51                                            | 10-50                                                            |
| <b>Cu</b> | 12.762-20.764                    | 7.85-27.90                                             | 17.27-35.51                                            | 10-40                                                            |
| <b>Mn</b> | 67.330-110.282                   | 136.30-558.50                                          | 203.12-433.57                                          | 300-1000                                                         |
| <b>Pb</b> | 34.508-61.199                    | 5.90-190.40                                            | 12.94-17.80                                            | 10-30                                                            |

Tatlı su ekosistemleri çeşitli derecelerde kirlenmekle kalmıyor, aynı zamanda geçmiş insan faaliyetlerinden kaynaklı tortularda biriken ağır metaller nedeniyle oldukça uzun vadeli kirliliğe maruz bırakılmaktadır (Rai, 2009). Çünkü, akuatik ortamlara bırakıldıktan sonra, genellikle partikül maddeye bağlanıp, çökelme sonucunda tortulara karışırlar. Uygun pH değerlerinde de suya salınarak ortamının daha fazla kirlenmesine neden olabilmektedir (Xu ve Yang, 1996). Bu nedenle sedimentler de, akuatik ortamlara bırakılan ağır metallerin bünyelerinde biriktirilmesinde önemli bir rol oynar (Gibbs, 1973; Bryan ve Langston, 1992; Harguinteguy ve ark., 2014).

Ağır metal içeriği yüksek olan bazı kaynaklardan özellikle de tarımsal amaçlı sulamalar, kimyasal gübreler ve tarım zararlıları için kullanılan pestisitlerden kaynaklı oluşan kalıntılar, toprak üzerinde ağır metal konsantrasyonunun artmasına neden olabilmektedir (Long ve ark., 2002; Abacı-Bayar ve Yılmaz, 2020).

Ayrıca bu bilgiler doğrultusunda, bu ağır metallere ek olarak, Pb genellikle yol akışından kaynaklanan yaygın bir kirlenici olarak bilinmektedir (Ahmad ve ark., 2016). Bu ağır metallerden Cd ve Pb'nin kayda değer şekilde araştırma alanının sediment

örneklerinde yüksek oranda bulunması, göl ve yakın çevresinin transit yol geçişleri ile çevrili olması önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle de bu ağır metal kirliliğine katkıda bulunan diğer etkenler ise, fosil yakıtlar, zirai amaçlı kullanılan peptisit ve kimyasal gübrelerin kullanımı, yerleşim yerlerinde yakıt olarak kömürün yaygın bir şekilde kullanılması ve yerleşim yerlerinden göl ortamına bırakılan evsel atıkların, plastiklerin, özellikle de deterjanların, bu kirlilikte önemli bir rol oynadığını düşünmekteyiz (Rana ve Maiti, 2020; Bashir ve ark., 2020).

Daha da kötüsü, Pb'in toprakta 150-5000 yıllık gibi bir tutunma süresine sahip olması ve Cd'in de ortalama biyolojik yarı ömrünün yaklaşık 18 yıl olması, sucul ekosistemlerin sedimentlerinde yüksek değerlerde ve toksik düzeyde bulunabilmesi, bu ağır metallerin neden olduğu kirlilik uzun vadede git gide daha da tehlikeli bir boyuta gelmesine neden olabilmektedir (Kumar ve ark., 1995; Forstner ve ark., 1995).

#### 4.3.3. Nilüfer Türlerinin İlgili Kısımlarında Tespit Edilen Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tüm Lokasyonlar Bazında Karşılaştırılması

*Nymphaea alba* (Beyaz Nilüfer) türünün yayılış gösterdiği her bir lokaliteden alınan rizom, yaprak sapı ve yaprak numunelerine ait ağır metal konsantrasyonlarının yıllık (bahar + sonbahar) ortalama değerleri Çizelge 4.42’ da verilmiştir.

Çizelge 4.42. Araştırma alanından toplanan *Nymphaea alba* türüne ait bitki kısımlarında yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

|             | Lokalite No | Cd    | Co    | Cr    | Cu     | Mn      | Pb     |
|-------------|-------------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|
| Rizom       | Lokalite 1  | 2.583 | 1.631 | 5.341 | 17.811 | 194.566 | 9.928  |
|             | Lokalite 2  | 2.486 | 1.603 | 5.102 | 16.941 | 184.881 | 9.469  |
|             | Lokalite 3  | 2.172 | 1.451 | 4.811 | 16.153 | 164.035 | 9.404  |
|             | Lokalite 9  | 2.638 | 1.780 | 5.679 | 18.578 | 187.346 | 10.883 |
|             | Lokalite 10 | 2.247 | 1.496 | 4.631 | 14.062 | 158.299 | 7.420  |
| Yaprak Sapı | Lokalite 1  | 1.236 | 0.822 | 2.350 | 12.027 | 133.254 | 4.012  |
|             | Lokalite 2  | 1.227 | 0.826 | 2.251 | 11.471 | 126.616 | 3.849  |
|             | Lokalite 3  | 0.736 | 0.635 | 1.580 | 5.691  | 55.970  | 3.479  |
|             | Lokalite 9  | 1.383 | 0.921 | 2.600 | 11.562 | 127.965 | 4.302  |
|             | Lokalite 10 | 1.106 | 0.790 | 2.068 | 10.274 | 112.860 | 3.472  |
| Yaprak      | Lokalite 1  | 2.832 | 2.402 | 6.473 | 20.872 | 217.977 | 15.261 |
|             | Lokalite 2  | 2.723 | 2.312 | 6.182 | 19.859 | 207.104 | 14.529 |
|             | Lokalite 3  | 2.627 | 2.230 | 5.933 | 18.906 | 196.797 | 13.880 |
|             | Lokalite 9  | 3.188 | 2.711 | 6.910 | 21.772 | 224.668 | 16.025 |
|             | Lokalite 10 | 2.478 | 2.136 | 5.553 | 17.739 | 184.576 | 13.011 |

*Nymphaea alba*’nın yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan, rizom, yaprak sapı ve yaprak numunelerinde, yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralanışı genellikle her bitki kısmında aynı olup,  $Co < Cd < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir (Çizelge 4.42). Blum ve arkadaşları (2004), bitki bünyesinde bulunabilecek referans minimum ve maksimum kabul edilebilir sınır değerlerin Mn için 20-400 mg/kg, Co için 0.02-0.05 mg/kg, Cu için 3-12 mg/kg, Cd için 0.05-0.5 mg/kg, Cr için 0.1-0.5 mg/kg ve Pb için 0.1-0.5 mg/kg olacak şekilde uluslararası ölçekli bir skala hazırlamışlardır. Bu skalaya göre, araştırma alanında tespit edilen verilerimiz ile kıyaslama yapıldığında, bu nilüfer türünde, Mn tüm bitki kısımlarında, Cu ise sadece yaprak sapında kabul edilebilir sınır değerler arasındadır. Geriye kalan diğer tüm ağır

metaller ise, bitkinin tüm kısımlarında referans sınır değerleri aşarak çok fazla birikime neden olmuştur.

*Nuphar lutea* türünün yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan rizom, yaprak sapı ve yaprak örneklerinde ise, mevcut ağır metal konsantrasyonlarının yıllık (bahar + sonbahar) ortalama değerleri Çizelge 4.43’ da verilmiştir.

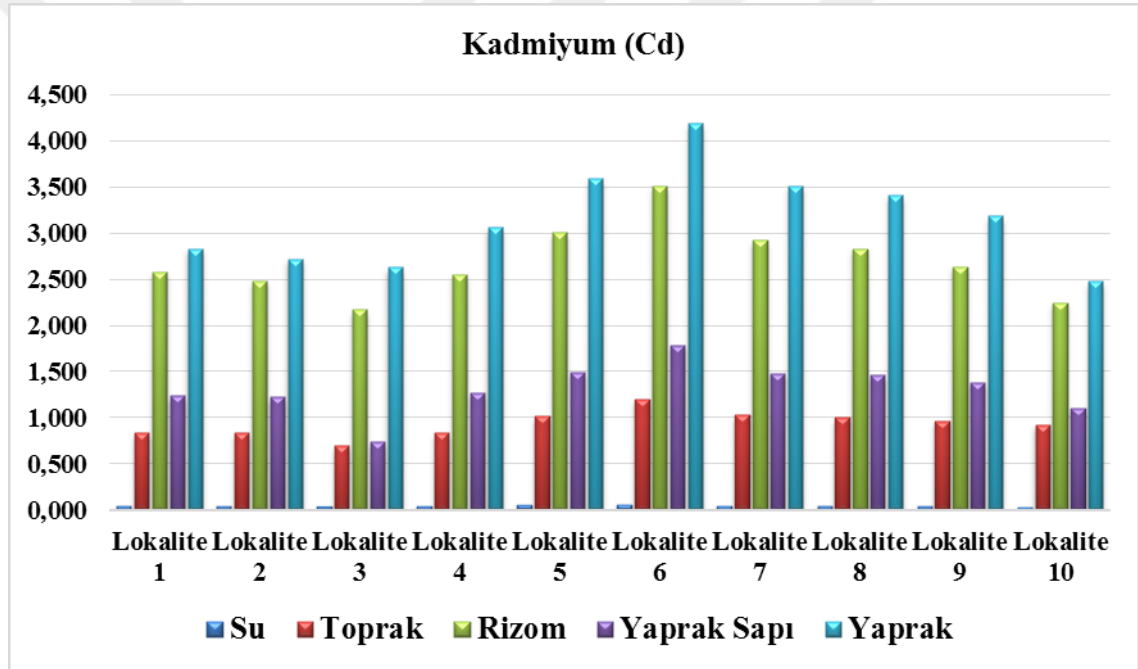
Çizelge 4.43. Araştırma alanında alınan *Nuphar lutea* türüne ait bitki kısımlarının yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

|                    | Lokalite No | Cd    | Co    | Cr    | Cu     | Mn      | Pb     |
|--------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|
| <b>Rizom</b>       | Lokalite 4  | 2.557 | 1.710 | 5.626 | 18.759 | 190.326 | 10.949 |
|                    | Lokalite 5  | 3.008 | 2.009 | 6.576 | 21.790 | 220.809 | 12.730 |
|                    | Lokalite 6  | 3.512 | 2.365 | 7.654 | 25.326 | 256.182 | 14.824 |
|                    | Lokalite 7  | 2.921 | 1.977 | 6.361 | 20.977 | 212.022 | 12.256 |
|                    | Lokalite 8  | 2.830 | 1.923 | 6.134 | 20.158 | 203.581 | 11.785 |
| <b>Yaprak Sapı</b> | Lokalite 4  | 1.265 | 1.791 | 2.520 | 11.631 | 129.945 | 4.204  |
|                    | Lokalite 5  | 1.498 | 2.126 | 2.968 | 13.539 | 150.772 | 4.907  |
|                    | Lokalite 6  | 1.788 | 2.490 | 3.505 | 15.726 | 174.909 | 5.747  |
|                    | Lokalite 7  | 1.479 | 2.074 | 2.874 | 13.015 | 144.787 | 4.761  |
|                    | Lokalite 8  | 1.462 | 2.016 | 2.788 | 12.537 | 139.037 | 4.630  |
| <b>Yaprak</b>      | Lokalite 4  | 3.064 | 1.507 | 6.911 | 21.963 | 228.321 | 16.146 |
|                    | Lokalite 5  | 3.593 | 1.546 | 8.046 | 25.539 | 264.880 | 18.760 |
|                    | Lokalite 6  | 4.187 | 1.582 | 9.358 | 29.670 | 307.310 | 21.792 |
|                    | Lokalite 7  | 3.511 | 1.722 | 7.738 | 24.551 | 254.311 | 18.055 |
|                    | Lokalite 8  | 3.411 | 1.451 | 7.457 | 23.630 | 244.162 | 17.736 |

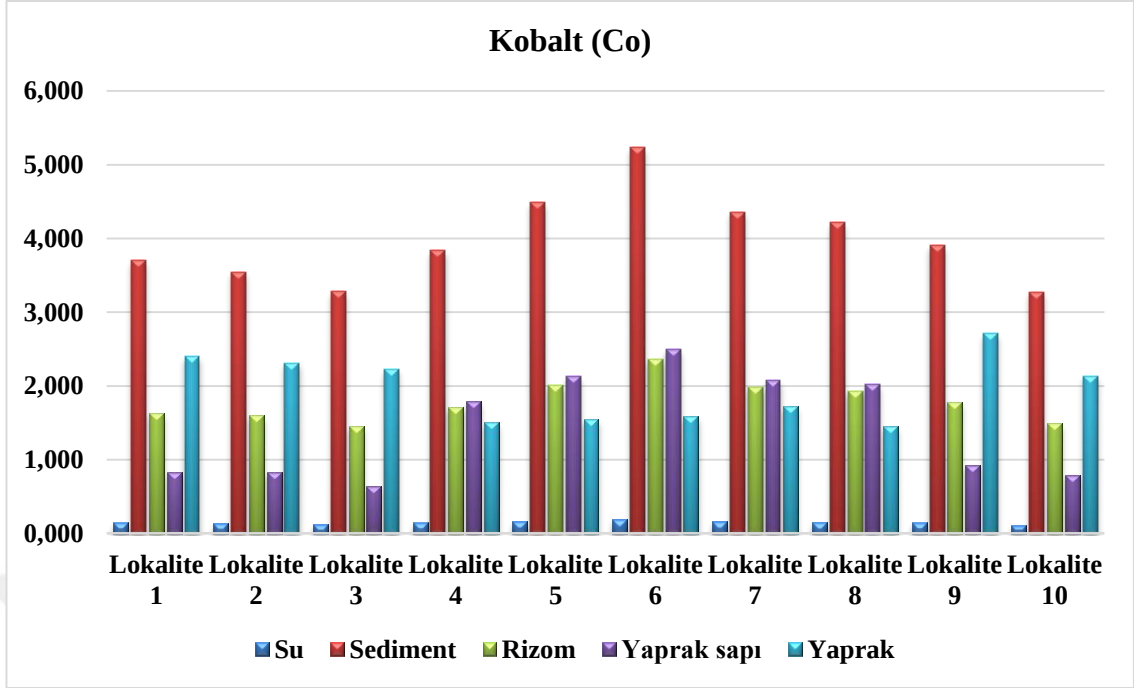
*Nuphar lutea* türünde de rizom ve yaprak örneklerinde yıllık ağır metal konsantrasyon ortalamalarının büyükten küçüğe doğru sıralanışı aynı olup,  $Co < Cd < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir. Bu durumun aksine yaprak sapında ise, rizom ve yaprakta tespit edilen sıralamadan farklı olarak,  $Cd < Co < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir (Çizelge 4.43). Bu bitki türü için tespit edilen ağır metal konsantrasyon değerleri, bitkilerde mevcut referans kabul edilebilir sınır değerler (Blum ve ark., 2004) ile kıyaslama yapıldığında, Mn tüm bitki kısımlarında kabul edilebilir sınır değerler arasındadır. Geriye kalan diğer tüm ağır metaller ise, bitkinin tüm kısımlarında kabul

edilebilir referans sınır değerlerini aşarak toksik düzeyde birikim özelliği göstermektedir.

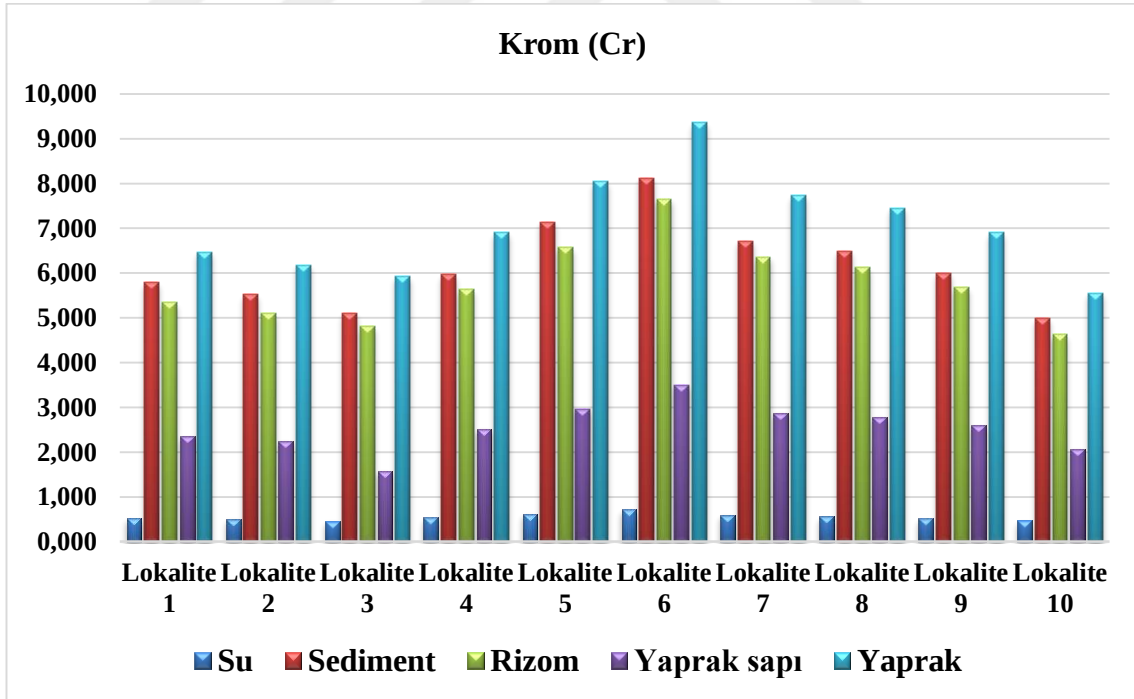
Araştırma alanında tespit edilen tüm lokalitelerde, her iki nilüfer türünün gelişim gösterdiği lokasyonlardan alınan su, sediment ve bitki kısımlarına ait örnekler, birbirleri ile kıyaslama yapıldığında, ağır metal konsantrasyonları yönünden en çok bitki kısımlarında (özellikle de yapraklarda) görülürken, en az ise su örneklerinde tespit edilmiştir. Bu bilgilerden farklı olarak, sadece Co ve Pb ağır metal konsantrasyonları sediment örneklerinde en yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Çalışılan ağır metallere ait tüm numunelere ait verilerin tüm lokasyonlar bazında topluca değerlendirilmesi Şekil 4.30 - 4.35’de detaylı olarak sunulmuştur.



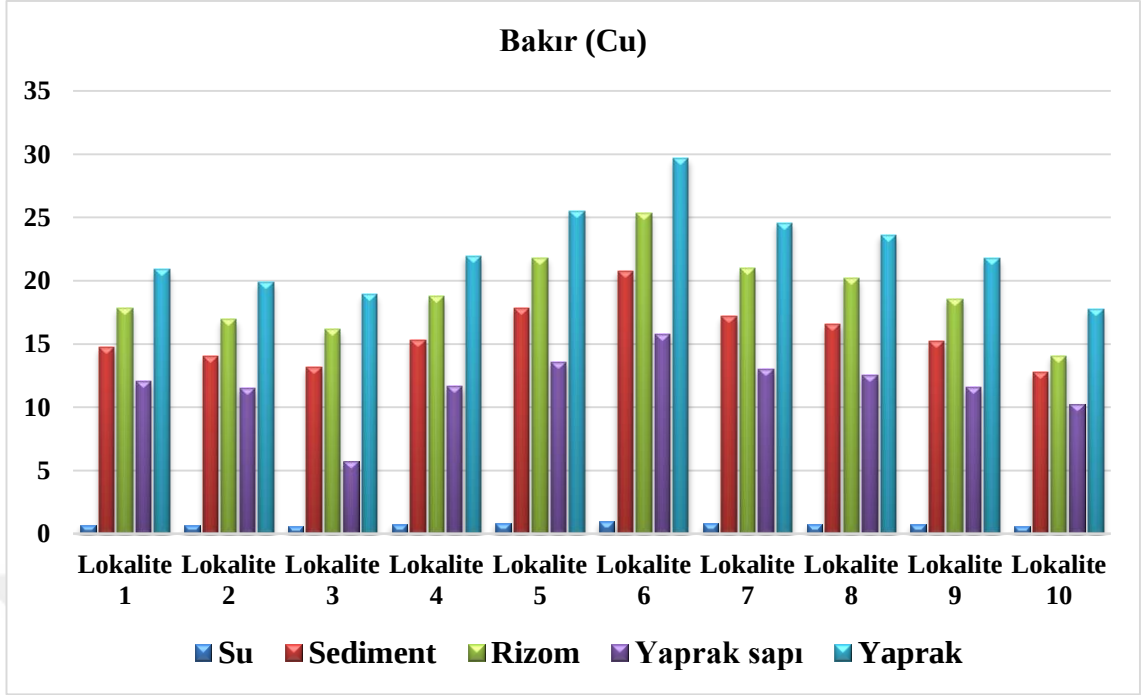
Şekil 4.30. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cd element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması



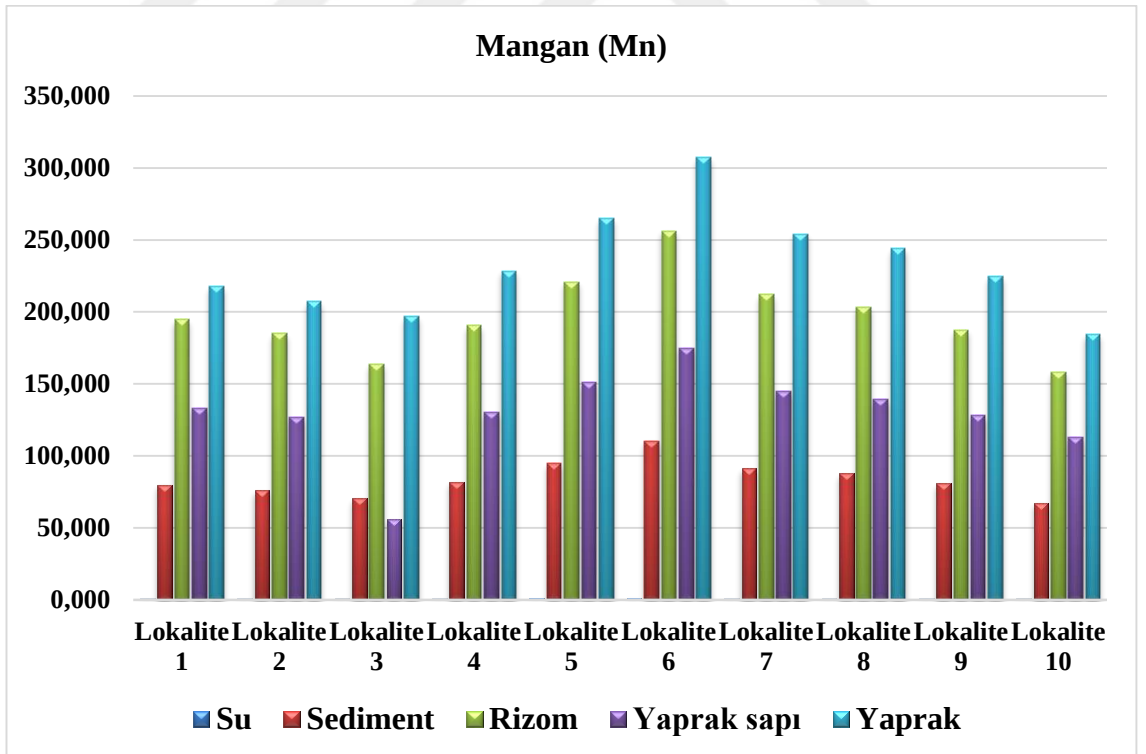
Şekil 4.31. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Co element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması



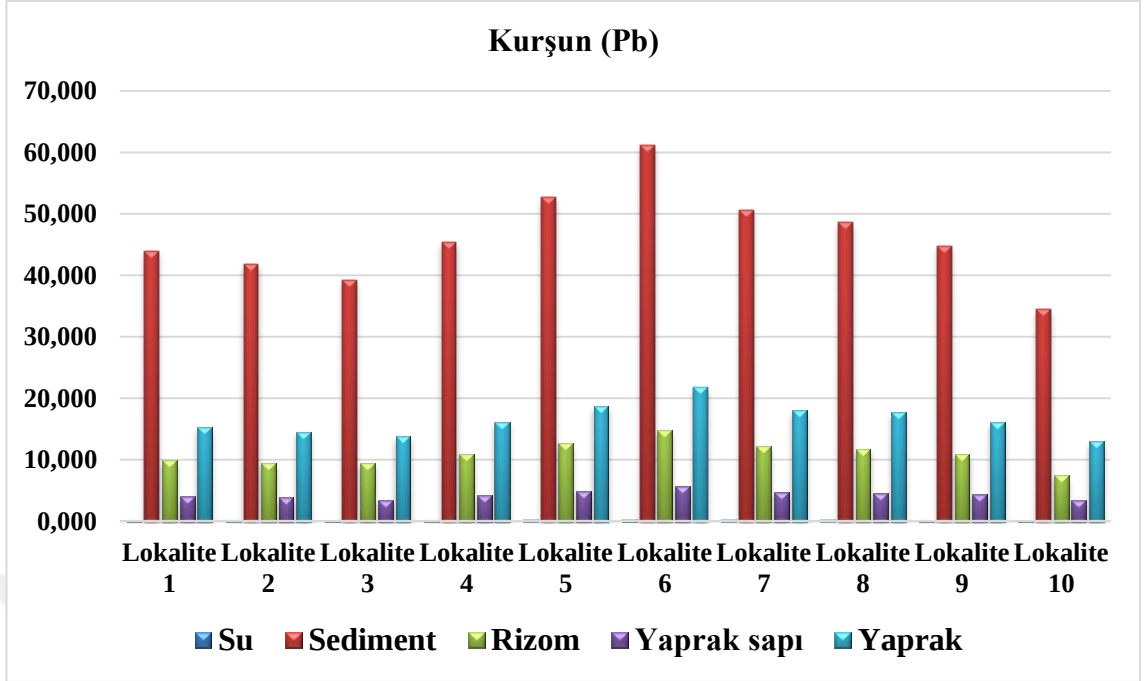
Şekil 4.32. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cr element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması



Şekil 4.33. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Cu element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması



Şekil 4.34. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Mn element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması



Şekil 4.35. Araştırma alanından alınan su, sediment ve bitki kısımlarında Pb element değerlerinin (mg/kg) karşılaştırılması

Bazı makrofitlerde yaprak sapları kök ve rizomlara nazaran daha düşük konsantrasyonlarda ağır metal biriktirebildiğine dair bilgiler, bir çok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Baldantoni et al., 2005; Mazej ve Germ, 2009; Grudnik, 2010). Böylelikle çalıştığımız nilüfer türlerinin yaprak saplarında, ağır metal konsantrasyonlarının düşük çıkması, literatür bilgileri ile de tutarlılık göstermektedir.

Sudaki toplam çözünür ağır metal konsantrasyonları, muhtemelen tortul bir süreç gerçekleştiği ve daha az çözünür formların askıda ve/veya sediment fazda biriktiği için çok küçüktür. Bu durum bitkilerin toprak üstü kısımlarındaki ağır metal miktarının, ağırlıklı olarak toprak altı kısımlarında (özellikle de kök ve/veya rizomlarda) yer değiştirmelerinin bir sonucu olduğu rapor edilmiştir (Duman ve ark., 2006). Ayrıca çevredeki mevcut ağır metal konsantrasyonları yüksek olduğunda da, yapraklar tarafından alım daha da önemli bir hal almaktadır (Guilizzoni, 1991; Grudnik, 2010).

Biyo-indikatör özellik gösteren bu sucul bitkiler, aktif ve pasif absorpsiyon yoluyla, bu ağır metallerin canlı toplayıcıları ve taşıyıcıları özelliği göstermektedir (Bose ve ark., 2008; Vodyanitskii ve Shoba, 2015; Bonanno ve ark., 2018). Çünkü, sucul ekosisteme ait bazı bitkiler iyi gelişmiş kök ve rizom sistemlerine sahip olması, toksisiteye karşı toleranslarının yüksek olması, yüksek verimli biyokütlelere sahip

olması ve durağan yapıları sayesinde, sudan ve tortulardan yüksek düzeyde ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilirler (Milošković ve ark., 2013; Rezania ve ark., 2016). Bu bilgiler doğrultusunda araştırma alanında incelenen su örneklerinde, sediment ve çalışılan bitkilerdeki ilgili kısımlara kıyasla, ağır metal konsantrasyonları daha düşük çıkmıştır. Ayrıca genellikle çalışılan numunelerde yaprak örneklerinde ki mevcut ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olması durumu da, bir çok çalışma ile tutarlılık göstermektedir (Guilizzoni, 1991; Duman ve ark., 2006; Grudnik, 2010).

Yine literatür bilgilerinde vurgulandığı gibi (Guilizzoni, 1991; Szymanowska ve ark., 1999; Prasad ve ark., 2001, 2005; Duman ve ark., 2006; Grudnik, 2010), tez çalışması kapsamında çalışılan su, sediment ve her iki nilüfer türünün ilgili kısımlarında (rizom, yaprak sapı ve yaprak) tespit edilen ağır metallerin korelasyon analizlerine bakıldığında da, tüm ağır metallerin pozitif yönde bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.44 ve 4.45).

Çizelge 4.44. *Nymphaea alba* türünün gelişim gösterdiği lokasyonlarda su, sediment ve bitki kısımlarının korelasyon analizi yönünden değerlendirilmesi

| Correlation Matrix (R) |    |        |        |        |        |        |
|------------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pearson Correlation    | Cd | Co     | Cr     | Cu     | Mn     | Pb     |
| Cd                     | 1  | .598** | .796** | .827*  | .720** | .879*  |
| Co                     |    | 1      | .639*  | .593** | .684** | .832** |
| Cr                     |    |        | 1      | .919** | .653*  | .561** |
| Cu                     |    |        |        | 1      | .871** | .883** |
| Mn                     |    |        |        |        | 1      | .907*  |
| Pb                     |    |        |        |        |        | 1      |

\*\* p < 0.01; \* p < 0.05

Çizelge 4.45. *Nuphar lutea* türünün gelişim gösterdiği lokasyonlarda su, sediment ve bitki kısımlarının korelasyon analizi yönünden değerlendirilmesi

| Correlation Matrix (R) |    |       |        |        |        |        |
|------------------------|----|-------|--------|--------|--------|--------|
| Pearson Correlation    | Cd | Co    | Cr     | Cu     | Mn     | Pb     |
| Cd                     | 1  | .587* | .799** | .831** | .733** | .881*  |
| Co                     |    |       | .648** | .589** | .676*  | .838** |
| Cr                     |    |       |        | .921** | .656** | .559*  |
| Cu                     |    |       |        |        | .888** | .886** |
| Mn                     |    |       |        |        |        | .910** |
| Pb                     |    |       |        |        |        | 1      |

\*\* p < 0.01; \* p < 0.05

Çizelge 4.44 ve 4.45 incelendiğinde *Nymphaea alba* ve *Nuphar lutea* türlerinin ilgili kısımları (rizom, yaprak sapı ve yaprak) ile sediment ve su numunelerinde çalışılan tüm ağır metal değerleri arasında pozitif yönlü yüksek korelasyon olduğu görülmektedir (>56, >92). Her iki çizelgede de, bu anlamlı korelasyonlar, tez çalışmamızda tespit edilen ağır metal miktarlarından kaynaklı kirliliğin çeşitli kaynakların sebep olduğunu ve spesifik bir ağır metal içeriğine ait bir kirlenmenin olmadığını göstermektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında, Gölbaşı gölü'nde beş lokalite *Nymphaea alba* (beyaz nilüfer) ve beş lokalite de *Nuphar lutea* (sarı nilüfer) olmak üzere toplam 10 lokalite de çalışılmıştır. Bu nilüfer türlerine ait rizom, yaprak sapı ve yaprak örnekleri ile bu türlerin yetiştiği ortamdan alınan sediment ve su örneklerinde, Cd (kadmiyum), Co (kobalt), Cr (krom), Cu (bakır), Mn (mangan) ve Pb (kurşun) ağır metalleri yönünden değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında, mevsimsel bazda bir değerlendirme yapıldığında, su ve bitki numunelerinde ağır metal konsantrasyonları sonbahar mevsiminde daha yüksek iken, sediment örneklerinde ise bahar mevsiminde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma alanında tüm lokalitelerden alınan **su örneklerinde**, ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralandığında  $Mn > Cu > Cr > Pb > Co > Cd$  şeklindedir. Elde edilen bulgularımız, ulusal ölçekte izin verilebilir sınır değerler ile karşılaştırıldığında Cd, Cr, Cu ve Pb ağır metallerine ait konsantrasyon değerleri çok kirlenmiş suyu temsil eden sınıf 4 grubunu aşarken, Co ve Mn ağır metallerine ait konsantrasyon değerleri ise, sınıf 2 ve sınıf 3 grupları arasında kabul edilebilir maximum sınır değerlerine yaklaşmıştır.

Araştırma alanında tüm lokalitelerden alınan **sediment örneklerinde**, ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralandığında ise  $Mn > Pb > Cu > Cr > Co > Cd$  şeklindedir. Araştırma alanında tespit edilen bu ağır metallerden Mn, Co, Cr ve Cu'ya ait konsantrasyon değerleri kabul edilebilir sınır değerleri aşmaz iken, Cd ve Pb değerleri ise sınır değerleri aşarak kirlilik yönünden bir problem teşkil etmektedir.

*Nymphaea alba*'nın yayılış gösterdiği lokalitelerden alınan, **rizom, yaprak sapı ve yaprak numunelerinde**, yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru sıralanışı genellikle her bitki kısmında aynı olup,  $Co < Cd < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir. Bu nilüfer türünde, Mn tüm bitki kısımlarında, Cu ise sadece yaprak sapında kabul edilebilir sınır değerler arasındadır. Geriye kalan diğer tüm ağır metaller ise, bitkinin tüm kısımlarında referans sınır değerleri aşarak çok fazla birikime neden olmuştur.

*Nuphar lutea* türünde ise, **rizom ve yaprak örneklerinde** yıllık ağır metal konsantrasyon ortalamalarının büyükten küçüğe doğru sıralanışı aynı olup,  $Co < Cd < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir. Bu durumun aksine **yaprak sapında** ise,  $Cd < Co < Cr < Pb < Cu < Mn$  şeklindedir.

Her iki nilüfer türü için tespit edilen ağır metal konsantrasyon değerleri, bitkilerde mevcut referans kabul edilebilir sınır değerler ile karşılaştırıldığında, Mn tüm bitki kısımlarında kabul edilebilir sınır değerler arasındadır. Geriye kalan diğer tüm ağır metaller ise, bitkinin tüm kısımlarında kabul edilebilir referans sınır değerlerini aşarak toksik düzeyde birikim özelliği göstermektedir.

Araştırma alanında tespit edilen tüm lokalitelerde, her iki nilüfer türünün gelişim gösterdiği lokasyonlarda, su, sediment ve bitki kısımlarına ait örnekler birbirleri ile kıyaslama yapıldığında, ağır metal konsantrasyonları yönünden en çok bitki kısımlarında (özellikle de yapraklarda) görülürken, en az birikim ise su örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca çalışılan tüm lokasyonlarda su, sediment ve her iki nilüfer türüne ait ilgili kısımlarında (rizom, yaprak sapı ve yaprak) çalışılan tüm ağır metaller pozitif yönde bir korelasyon göstermiştir.

Sucul ekosistemlerinin bozulması ve/veya zarar görmesi, büyük ölçüde insan faaliyetlerinden özellikle de tarımsal faaliyetler ile birlikte, transit ulaşım yollarının yoğunluğundan kaynaklı etkiler ön plandadır. Bu etkiler sonucunda, Gölbaşı gölünde katı, tarımsal ve evsel atıkların boşaltılması gibi su kirliliğine neden olan antropojenik faaliyetler acilen engellenmelidir. Ayrıca, bu sucul ekosistemde kirliliğin azaltılması için ilgili kurumlar desteği ile acilen yörede çevre eğitimi uygulamaları kapsamında bilinçlendirme çalışmaları da başlatılmalıdır.

Gölbaşı gölüne çok yakın bulunan tarım arazilerinde kullanılan kimyasal gübreler ve tarım zararlıları için kullanılan pestisitler ivedilikle ilgili tarım müdürlükleri tarafından sürekli kontrol edilmelidir. En azından ağır metal içeren kimyasalların kullanımının sınırlandırılması sağlanmalıdır.

Evsel atıkların düzenlenmesi ve kanalizasyon sistemlerinin geliştirilmesi yönünde önlemler acilen alınmalıdır. Gölün eko-sürdürülebilirlik kapsamında, göl ekosistemine boşaltılmadan önce, ağır metallerin etkili bir şekilde işlenmesi zorunludur.

Araştırma alanının belirli periyodlarla (en azından yılda bir kez) tekrarlanarak kirliliğin boyutları kontrol edilmelidir.

Gölbaşı gölü ve yakın çevresinde gelişim gösteren sucul doğal bitki örtüsü de korunmalıdır. Özellikle de bu sucul ekosistemin sürdürülebilirliği, ağır metal kirliliği yönünden filtre görevi yapabilmesi, hem de peyzaj özelliği taşıması yönünden dikkat çekmektedir. Bu değerlendirme ışığında, araştırma alanında çalışılan her iki nilüfer türü de hem ağır metal kirliliği yönünden filtre görevi yapabilmesi, hem de peyzaj özelliği taşıması yönünden sucul ekosistemlerde önem arz eden sucul bitkiler olarak karşımıza çıkmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Abacı Bayan, A.A., 2016. Doğu Akdeniz Bölgesinde yer alan sulak alanlarda oluşan toprakların özellikleri, verimlilik düzeyleri ve sorunları. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalı, Doktora tezi.
- Abacı- Bayar, A.A. ve Yılmaz, K., 2020. Adıyaman, Kahramanmaraş ve Hatay sulak alanı topraklarında bazı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. **Black Sea Journal of Agriculture**, 3(2), 128-134.
- Abdel-Satar, A.M. and Gohler, M.E., 2017. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, 43(1), 21-29.
- Abowel, J.F.N. and Sikoki, F.D., 2005. Water pollution management and control. **Double Trust**, Port Harcourt.
- Adiyiah, N.J., Aboagye-Larbi, H., Acheampong, M., 2013. Comparative assessment of the upstream and downstream water qualities of the River Tano in Ghana. **Journal of Environmental Science and Engineering**, A2: Formerly part of Environmental Science and Engineering, 283-292.
- Ahmad, S.S., Reshi, Z.A., Shah, M.A., Rashid, I., 2016. Constructed wetlands: role in phytoremediation of heavy metals. In: Ansari A.A. et al. (eds), **Phytoremediation**. Chapter 10, Springer international publishing switzerland, pp. 291-304.
- Aksoy, A., Demerizen, D., Duman, F., 2005. Bioaccumulation, detection and analyses of heavy metal pollution in Sultan marsh and its environment. **Water, Air and Soil Pollution**, 164, 241-255.
- Ali, H., Khan, E., Sajad, M.A., 2013. Phytoremediation of heavy metals-concepts and applications. **Chemosphere**, 91(7) , 869-881.
- Alam, M.G.M., Snow, E.T., Tanaka, A., 2003. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. **Sci. Total Environ.**, 308, 83-96.
- Alkaya, A., 2018. Türkiye’de yenilebilir su kurbagası *Pelophylax ridibundus* (Pallas,1771)’un yetiştiricilik potansiyeli bakımından bazı özelliklerinin değerlendirilmesi. **İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora tezi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Hatay.
- Al Naggar, Y., Naiem, E., Mona, M., Giesy, J., Seif, A., 2014. Metals in agricultural soils and plants in Egypt. **Toxicol. Environ. Chem.**, 96(5):730-742.
- Alloway, B.J., 2013. Introduction: in heavy metals in soils. **Springer**, Dordrecht, pp 3-9
- Anonim, 2004. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 15.06.2021)
- Arslan, N., Kara, D., Odabaşı, D.A., 2013. Twelve new records (*Clitellata* Chironomidae ve *Gastropoda*) from lake Gölbaşı (Hatay-Turkey). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 13, 869-873.
- Atahan, A., Gül, O., Atahan, M., Gül, M., 2015. Unusual wintering records of pipits (*Aves: Motacillidae*) in Hatay, Eastern Mediterranean Region of Turkey. **Turkish Journal of Zoology**, 39, 74-79.
- Baldantoni, D., Alfani, A., Tommasi, P.D., 2004. Assessment of macro and micro element accumulation capability of two aquatic plants. **Environmental Pollution**, 130, 149-156.

- Baldantoni, D., Maisto, G., Bartoli, G., Alfani, A., 2005. Analyses of three native aquatic plant species to assess spatial gradient of lake trace element contamination. **Aquatic Botany**, 83, 48–60.
- Blum, W.E.H., Horak, O., Mentler, A., Puschenreiter, M., 2004. Trace elements. environmental and ecological chemistry, sabljic a.(éditeur). **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**, Developed under the Auspices of the UNESCO, Oxford, UK.
- Banunle, A., Fei-Baffoe, B., Otchere, K., 2018. Determination of the physico-chemical properties and heavy metal status of the Tano River along the catchment of the ahafo mine in the brongahafo region of Ghana. **Journal of Environmental & Analytical Toxicology**, 8(3).
- Bashir, I., Lone, F.A., Bhat, R.A., Mir, S.A., Dar, Z.A., Dar S.A., 2020. Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. In: Hakeem K.R. et al. (eds), **Bioremediation and Biotechnology**. Chapter 1, Springer nature switzerland, pp. 1-26.
- Bayar, A.A.A. ve Yılmaz, K., 2020. Adıyaman, Kahramanmaraş ve Hatay sulak alanlarında bazı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. **Black Sea Journal of Agriculture**, 3(2), 128-134.
- Behçet, L., 1993. Erçek, Turna ve Bostaniçi (Van) Göllerinin vejetasyonu. **Tr. J. of Botany**, 18, 305-312.
- Behçet, L. ve Altan, Y., 1994. Van, Erçek, Turna ve Bostaniçi göllerinin sucul florası. **Tr. J. of Botany**, 18, 91-98.
- Behçet, L., 1994. Van gölü makrofitik vejetasyonunun fitososyolojik yönden araştırması. **Tr. J. of Botany**, 18, 229-243.
- Benson, N.U., Anake, W.U., Essien, J.P., Enyong, P., Olajire, A.A., 2017. Distribution and risk assessment of trace metals in *Leptodius exarata*, surface water and sediments from Douglas Creek in the Qua Iboe Estuary. **Journal of Taibah University for Science**, 11(3), 434-449.
- Bhat, R.A., Shafiq-ur-Rehman, M.M.A., Dervash, M.A., Mushtaq, N., Bhat, J.I.A., Dar, G.H., 2017. Current status of nutrient load in Dal Lake of Kashmir Himalaya. **J Pharmacog. Phytochem.**, 6(6), 165–169.
- Biney, C., Amuzu, A.T., Calamari, D., Kaba, N., Mbome, I.L., Naeve, H., Ochumba, P.B., Osibanjo, O., Radegonde, V., Saad, M.A., 1994. Review of heavy metals in the African aquatic environment. **Ecotoxicol. Environ.**, 28(2), 134–159.
- Bonanno, G., 2014. *Ricinus communis* as an element biomonitor of atmospheric pollution in urban areas. **Water Air Soil Pollut.**, 225 (2), 1852–1859.
- Bonanno, G. and Orlando-Bonaca, M., 2018. Trace elements in Mediterranean seagrasses and macroalgae. A review. **Sci. Total Environ.**, 618C, 1151–1158.
- Bonanno, G. and Vymazal, J., 2017. Compartmentalization of potentially hazardous elements in macrophytes: insights into capacity and efficiency of accumulation. **J. Geochem. Explor.**, 181, 22–30.
- Bonanno, G., Vymazal, J., Cirelli, G.L., 2018. Translocation, accumulation and bioindication of trace elements in wetland plants. **Science of total environment**, 252-261.
- Bose, S., Vedamati, J., Rai, V., Ramanathan, A.L., 2008. Metal uptake and transport by *Typha angustata* L. grown on metal contaminated waste amended soil: an implication of phytoremediation. **Geoderma**, 145, 136–142.

- Bozkurt, A. and Tepe, Y., 2011. Zooplankton composition and water quality of lake Gölbaşı (Hatay-Turkey). **Fresenius Environmental Bulletin.**, 20, 166-174.
- Bozkurt, A., 2007. Two new records of harpacticoid copepods of for türkış inland waters (Copepoda, Harpacticoida) *Phyllognathopus vigueri* (Maupas, 1892) and leptocaris brevicornis (Van Douwe,1904). **Crustaceana**, 80(9), 1033-1042.
- Bryan, G.W., Langston, W.J., 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. **Environ. Pollut.**, 76(2), 89–131.
- Can, Ö. ve Taş, B., 2012. Ramsar alanı içinde yer alan Cernek gölü ve sulak alanının (Kızılırmak deltası, Samsun) ekolojik ve sosyo-ekonomik önemi. **TUBAV Bilim Dergisi**, 5(2), 1-11.
- Cetin, E., Unlu, Y., Ozturk, M., Tulu, M., 2000. Trace element studies on Halilurrahman Lake Sanliurfa-Turkey. **Chemia I Inzynieria Ekologiczna**, 7(11), 1143-1151.
- Chang, X.X., Wen, C.H., Wang, H.J., 2000. Effect of heavy metal pollution on human health and sustainable development. **Yunnan Environ. Sci.**, 19, 59–61.
- Chopra, A.K. and Kumar, V., 2010. Enrichment and translocation of heavy metals in soil and plant of *Vicia faba* L. (Faba bean) after fertiligation with distillery effluent. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, 1(5), 131-141.
- Chukwuemeka, A., Godwin, J., Alfreda, O., Emmanuel, E., 2014. Dry and wet seasons' dynamics in concentrations of Ni, V, Cd, Pb, Mn, Fe, Co and Zn in soil samples within farm lands in Ibeno Coastal Area, Akwa Ibom State, Niger Delta, Nigeria. **International Journal of Scientific & Technology Research**, 3(12), 96-106.
- Ciminli, C.S., 2005. Gölbaşı gölünde su ve bazı organizmalarda ağır metal birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Su Ürünleri Anabilim dalı, Hatay.
- Çalta, M., Canpolat, Ö., Nacar, A., 2000. **Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu**, 28-30 Haziran 2000, Erzurum, 799-811.
- Çalta, M. ve Canpolat, Ö., 2002. Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel,1843)' de bazı ağır metal miktarlarının tespiti. F.Ü. **Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 14 (1), 225-230.
- Çek, Ş. ve Şerflişan, H., 2006. Certain reproductive characteristics of the freshwater mussel *Unio terminalis delicatus* (Lea, 1863) in Gölbaşı Lake, Turkey. **Aquaculture Research**, 37, 1305-1315.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Levent Tuna, A., Ozdemir, N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. **Chemosphere** 63(9), 1451–1458.
- Demirzen, D. and Aksoy, A., 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). **Chemosphere**, 56, 685-696.
- Demirzen, D. and Aksoy, A., 2006. Common hydrophytes as bioindicators of iron and manganese pollutions. **Ecological Indicators**, 6, 388-393.
- Dincer, A.R. and Dökmeci, A.H., 2006. Concentrations of some heavy metals in the Gala Lake water, sediments and pollution sources. **Journal of Environmental Protection and Ecology** 7, 4, 759-765.

- Doğaner, S., 2001. **Türkiye Turizm Coğrafyası**. Çantay Kitabevi Yayınları, İstanbul
- Don-pedro, K.N., 1990. Pesticide pollution-biological resources for control and management. in: Proceedings of the conference on pesticide pollution detection and management at the University of Agriculture. **Abeokuta**, Nigeria
- Duman, F., Obali, O., Demirezen, D., 2006. Seasonal changes of metal accumulation and distribution in shining pondweed (*Potamogeton lucens*). **Chemosphere**, 65, 2145–2151.
- Duman, F., Aksoy, A., Demirzen, D., 2007. Seasonal variability of heavy metals in surface sediment of lake Sapanca, Turkey. **Environ. Monit. Assess.**, 133, 277–283.
- Ekubo, A.J., Abowel, J.F.N., 2011 Aspects of aquatic pollution in Nigeria. **Res. J. Environ. Earth Sci.**, 3:673–693.
- EPA., 2002. National recommended water quality criteria correction office of water, **EPA**, 822-Z-99-001.
- Ersoy, B. and Şereflişan, H., 2010. The proximate composition and fatty acid profiles of edible parts of two freshwater mussels. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 10, 71–74.
- Fernandesa, C., Fontainhas, F.A., Peixotoc, F., Salgadod, M.A, 2007. Bioaccumulation of heavy metals in *Liza saliens* from the Esmoriz –Paramos coastal lagoon, Portugal. **Ecotoxicol Environ. Saf.**, 66(3):426–431.
- Fifield, F.W. and Haines, P.J., 2000. **Environmental Analytical Chemistry**. Wiley-Blackwell, Hoboken, N.J.
- Forstner, U. 1987. Metal speciation in solid wastes-factors affecting mobility, speciation of metals in water, sediment and soil systems. **Springer**, Berlin, Heidelberg, pp 11–41.
- Forstner, U., 1995. Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem. In Allen, H.E., Huang, C.P., Bailey, G.W., and Bowers, A.R. (eds.). **Metal Speciation and Contamination of Soil**. Boca Raton, Fla.: CRC Press, pp. 1–33.
- Ghani, S.A.A., 2015. Trace metals in seawater, sediments and some fish species from Marsa matrouh beaches in North-Western Mediterranean coast, Egypt. **Egypt. J. Aquat. Res.**, 41(2),145–154.
- Ghori, N. H., Ghori, T., Hayat, M. Q., Imadi, S. R., Gul, A., 2019. Heavy metal stress and responses in plants. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 16(3), 1807-1828.
- Gibbs, R.J., 1973. Mechanisms of trace metal transport in rivers. **Science**, 180(4081), 71–73.
- Gisbert, C., Ros, R., De, H. A., Walker, D.J., Bernal, M.P., Serrano, R., Navarro-Avino, J., 2000. A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, 303, 440–445.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F., van Beek, L. P., 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. **Nature**, 488(7410), 197–200.
- Grudnik, Z. M., 2010. Seasonal changes in the concentration of some trace elements in macrophyte shoots. **Acta Biol. Slo.**, 53, 55–61.
- Guilizzoni, P., 1991. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submerged macrophytes. **Aquatic Bot.**, 41, 87–109.

- Hampel, M., Blasco, J., Segner, H., 2015. Molecular and cellular effects of contamination in aquatic ecosystems. **Environ. Sci. Pollut. Res.**, 22, 17261–17266.
- Harguinteguy, C.A., Cirelli, A.F., Pignata, M.I., 2014. Heavy metal accumulation in leaves of aquatic plant *Stuckenia filiformis* and its relationship with sediment and water in the Suquia river (Argentina). **Microchem. J.**, 114, 111–118.
- Ho, K.C., Chow, Y.L., Yau, J.T.S., 2003. Chemical and microbiological qualities of the east river (Dongjiang) water, with particular reference to drinking water supply in Hong Kong. **Chemosphere**, 52, 1441–1450.
- Hughes, S.R., Kay, P., Brown, L.E., 2013. Global synthesis and critical evaluation of pharmaceutical data sets collected from river systems. **Environ. Sci. Technol.**, 47, 661–677.
- Ideriah, J.K., Ikpee, F.N., Nwanjoku, M., 2013. Distribution and speciation of heavy metals in crude oil contaminated soils from Niger Delta, Nigeria. **World Environment**, 3(1), 18-28.
- İşcan, Y. Ve Şereflişan, H., 2014. Gölbaşı Gölü (Hataya) tatlısu midyelerinin kabuk yapısının kristalize düzeyde incelenmesi. **Yunus Araştırma Bülteni**, 3, 13-21.
- Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., Wang, C., Yang, Z., 2017. Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: species, tissues, and sizes. **Environmental Science and Pollution Research**, 24, 9379-9386.
- Jiang, B.F., Sun, W.L., 2014. Assessment of heavy metal pollution in sediment from Xiangjiang River (China) using sequential extraction and lead isotope analysis. **Journal of Central South Unity**, 21, 2349-2358.
- Jin, L., 1992. **Environmental Bionomy**, 1st edn. High Education Press, Beijing
- Karadede, H., Cengiz, E., Ünlü, E., 1997. **IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu**, (17-19 Eylül 1997), Egirdir, Isparta, Pp. 399-407.
- Karadede, H. and Unlu, E., 2000. Concentration of some heavy metal in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. **Chemosphere**, 41, 1371-1376.
- Karthikeyan, P., Vennila, G., Venkatachalapathy, R., Subramani, T., Prakash, R., Aswini, M.K., 2018. Assessment of heavy metals in the surface sediments of the Emerald Lake using of spatial distribution and multivariate techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, 190, 668.
- Korkmaz, H., Karabulut, M., Gürbüz, M., 2008. Water potential of the Gölbaşı lakes and their sustainable management. **J. Int. Environmental Application & Science**, 3(5), 390-398.
- Kudo, A. and Miyahara, S., 1991. A case history: Minamata mercury pollution in Japan from loss of human lives to decontamination. **Water Sci. Technol.**, 23,283.
- Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, V., Motto, H., Raskin, I., 1995. Phytoextraction—the use of plants to remove heavy metals from soils. **Environ. Sci. Technol.**, 29,1232–1238.
- Kumar, R.N., Solanki, R., Kumar, J.I.N., 2013. Seasonal variation in heavy metal contamination in water and sediments of river Sabarmati and Kharicut canal at Ahmedabad, Gujarat. **Environmental Monitoring and Assessment**, 185, 359-368.
- Küçüköçük, M. and Ketenoğlu, O., 1996. Beyşehir Gölü'nün makrofitik vejetasyonu. **Tr. J. of Botany**, 20, 189-198.

- Larsson, D.G.J., 2014. Pollution from drug manufacturing: review and perspectives. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.**, 369(1656), 20130571.
- Li, P., Feng, W., Xue, C., Tian, R., Wang, S., 2016. Spatiotemporal variability of contaminants in lake water and their risks to human health: a case study of the Shahu Lake tourist area, northwest China. **Expo Health**, 9(3), 213-225.
- Li, P., Wu, J., Qian, H., 2013. Assessment of groundwater quality for irrigation purposes and identification of hydrogeochemical evolution mechanisms in Pengyang County, China. **Environ. Earth Sci.**, 69(7), 2211-2225.
- Long, X.X., Yang, X.E., Ni, W.Z., 2002. Current status and perspective on phytoremediation of heavy metal polluted soils. **J. Applied Ecol.**, 13, 757-762.
- Loska, K. and Wiechula, D., 2003. Application of principal component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik reservoir. **Chemosphere**, 51(8), 723-733.
- Malaj, E., von der Ohe, P.C., Grote, M., Kühne, R., Mondy, C.P., Usseglio-Polatera, P., Brack, W., Schäfer, R.B., 2014. Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, 111, 9549-9554.
- Malik, N., Biswas, A.K., Qureshi, T.A., Borana, K., Virba, R., 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish and freshwater lake of Bhopal. **Environmental Monitoring and Assessment**, 160, 267-277.
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S.M., Turrall, H., Burke, J., 2017. **Water pollution from agriculture: a global review**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems Research Program, Colombo.
- Mazej, Z. and Germ, M., 2009. Trace element accumulation and distribution in four aquatic macrophytes. **Chemosphere**, 74, 642-647.
- McCormac, B.M., (ed.). (1991). Mercury in the Swedish environment. **Water Air Soil Pollut.**, 55, 1-126.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. **Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends**. Island Press, Washington, DC.
- Mendil, D. and Uluözlu, Ö.D., 2007. Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. **Food Chem.**, 101(2), 739-745.
- Miller, J.R., Hudson-Edwards, K.A., Lechler, P.J., Preston, D., and Macklin, M.G., 2004. Heavy metal contamination of water, soil and produce with in riverine communities of the R o Pilcomayo basin, Bolivia. **Sci. Total Environ.**, 320, 189-209.
- Milošković, A., Branković, S., Simić, V., Kovačević, S., Ćirković, M., Manojlović, D., 2013. The accumulation and distribution of metals in water, sediment, aquatic Macrophytes and fishes of the Gruža reservoir, Serbia. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 90 (5), 563-569.
- Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G., 2007. **Wetlands**. John Wiley & Sons, Inc., New York (582 pp.).
- Morillo, J., Usero, J., Gracia, I., 2002. Partitioning of metals in sediments from the Odiel River (Spain). **Environ. Inter.**, 28, 263-271.
- Naz, M. and Türkmen, M., 2005. Phytoplankton Biomass and Species Composition of Lake Gölbaşı (Hatay-Turkey). **Turk J. Biol.**, 29, 49-56.

- Nriagu, J.O., 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emission of trace metals to the atmosphere. **Nature**, 279, 409–411.
- Obasohan, E.E, Agbonlahor, D.E., Obano, E.E., 2010. Water pollution: a review of microbial quality and health concerns of water, sediment and fish in the aquatic ecosystem. **African Journal of Biotechnology**, 9(4), 423-427.
- Oronsaye, J.A.O., Wangboje, O.M., Oguzie, F.A., 2010. Trace metals in some benthic fishes of the Ikpoba river dam, Benin City, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, 9, 8860-8864.
- Ozturk, M., 1989. **Plants and pollutants in developed and developing countries**. Ege University Press, Izmir, Turkey.
- Ozturk, M., Secmen, O., Leblebici, E., 1996. Plants and pollutants in the Eber Lake. **Ekoloji**, 20, 14-16.
- Ozturk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., 2008a. Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the Demirköprü Dam Lake (Turkey). **Journal of Applied Biological Sciences**, 2, 99-104.
- Ozturk, M., Yucel, E., Gucel, S., Sakcali, S., Aksoy, A. 2008b. Plants as biomonitors of trace elements pollution in soil. In: **Trace Elements: Environmental Contamination, Nutritional Benefits and Health Implications**. Chapter 28, pp. 723-744, John Wiley & Sons, USA.
- Ozturk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., 2009. Determination of heavy metals in fish, water anda sediments of Avsar dam lake in Turkey. **Iran J. Environ. Health. Sci. Eng.**, 6(2), 73-80.
- Özcan, G. and Altun, A., 2016. Length–weight and length-length relationships for four freshwater fish species from Gölbaşı Lake (Hatay), Turkey. **J. Appl. Ichthyol**, 32, 1350-1352.
- Özşahin, E., 2011. Gölbaşı (Balık) Gölü’nde (Hatay) meydana gelen değişimin coğrafi analizi. **Turkish Studies**, 6(1), 1604-1621.
- Patel, P., Raju, N.J., Reddy, B.C.S.R., Suresh, U., Sankar, D.B., Reddy, T.V.K., 2018. Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implication. **Environmental Geochemical Health**, 40(2), 609-623.
- Prasad, M.N.V., Greger M., Smith, B.N., 2001. Aquatic macrophytes, in Metals in the Environment: **Analysis by biodiversity**. In: Prasad MNV (ed) Marcel Dekker Inc., New York, 259.
- Prasad, M.N.V., Greger M., Aravind, P., 2005. Biogeochemical cycling of trace element by aquatic and wetland plants: relevance to phytoremediation. In: Prasad MNV, Sajwan KS, Naidu R (eds), **Trace elements in the enviroment: Biogeochemistry, Biotechnology and Bioremediation**. CRC Press, Florida, USA, Now Taylor and Francis, Chap 24, pp 443-474.
- Rai, P.K., 2009. Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosystems with Special Reference to Macrophytes. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 39:697–753.
- Rana, V. and Maiti, S.k., 2020. Municipal and endustrial wastewater treatment using constructed Wetlands. In: Shmaefsky, B.R. (ed), **Phytoremediation, Concepts and Strategies in Plants Sciences**. Chapter 10, Springer Nature Switzerland, pp. 329-367.

- Rashid, A., Bhat, R.A., Qadri, H., Mehmood, M.A., 2019. Environmental and socioeconomic factors induced blood lead in children: an investigation from Kashmir, India. **Environ. Monit. Assess.**, 191(2):76.
- Rezania, S., Taib, S.M., Din, M.F.M., Dahalan, F.A., Kamyab, H., 2016. Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. **J. Hazard. Mater.** 318, 587–599.
- Rosenberry, D. O., Lewandowski, J., Meinikmann, K., Nutzmann, G., 2015. Groundwater-the disregarded component in lake water and nutrient budgets part 1: effects of groundwater on hydrology. **Hydrol. Process**, 29(13), 2895-2921.
- Roy, S., Labelle, S., Mehta, P., 2005. Phytoremediation of heavy metal and PAH-contaminated brownfield sites. **Plant and Soil**, 272(1–2):277–290.
- Sarasiab, A.R., Mirsalari, Z., Hosseini, M., 2014. Distribution and seasonal variation of heavy metal in surface sediments from Arvand River, Persian Gulf. **Journal of Marine Science Research & Development**, 4(3), 1.
- Seçmen, Ö. and Leblebici, E., 1991. Aquatic flora of Thrace (Turkey). **Willdenowia**, 20, 53-66.
- Seçmen, Ö. ve Leblebici, E., 1997. **Türkiye Sulak Alan Bitkileri ve Bitki Örtüsü**. E.Ü. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 158, Bornova, İzmir, 404 s
- Seçmen, Ö. Ve Leblebici, E., 1996. Marmara bölgesi sulak alanlarının bitki örtüsü. **Tr. J. of Botany**, 20, 171-187.
- Sekabira, K., Origa, H.O., Basamba, T.A., Mutumba, G., Kakudidi, E., 2010. Assessment of heavy metal pollution in urban stream sediments and its tributaries. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 7(3), 435-446.
- Sharma, Y.C., 2012, **A guide to the economic removal of metals from aqueous solutions**. Wiley, Hoboken, N.J.
- Stanley, M.C., Beggs, J.R., Bassett, I.E., Burns, B.R., Dirks, K.N., Jones, D.N., Gaston, K.J., 2015. Emerging threats in urban ecosystems: a horizon scanning exercise. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 13(10), 553-560.
- Susarla, S., Medina, V.F., McCutcheon, S.C. 2002. Phytoremediation: An ecological solution to organic chemical contamination. **Ecol. Eng.**, 18, 647–658.
- Szymanowska, A., Samecka-Cymerman, A., Kempers, A. J., 1999. Heavy metals in three lakes in West Poland. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 43(1), 21-29.
- Şereflişan, H., 2014a. Gölbaşı Gölü'nde bulunan tatlısu midyelerinin (Unionidae) çevresel koşullarının belirlenmesi. **Yunus Araştırma Bülteni**, 4 (4), 29-36.
- Şereflişan, H., 2014b. Gölbaşı Gölü (Hatay) tatlısu midyelerinin ekonomik değer taşıyan özelliklerinin araştırılması. **Yunus Araştırma Bülteni**, 3, 43-49.
- Şereflişan, H., Basusta, N., Ceviker, D., 2007. First record of Ubiquitous Peacclam *Psidium casertanum* (Poli,1791) (Bivalvia) from the Gölbaşı lake (Hatay-Turkey). **Journal of Applied Biological Sciences**, 1(1), 75.
- Şereflişan, H., Şereflişan, M., Soylu, S., 2009. Description of glochidia of three species of freshwater mussels (unionidae) from southeastern Turkey. **Malacologia**, 51(1), 165-172.
- Şereflişan, H., Yıldırım, Z., Şereflişan, M., 2009. The gastropod fauna and their abundance, and some physicochemical parameters of lake Gölbaşı (Hatay, Turkey). **Turk J. Zool.**, 33, 287-296.

- Şereflişan, H. and Gökçe, M.A., 2016. Growth Performance of the freshwater mussel, *Unio terminalis delicatus* (Lea,1863) (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) in the Gölbaşı lake, Turkey. **Pakistan J. Zool.**, 48(4), 1109-1115.
- Tan, W.H., Tair, R., Ali, S.O.M., Taibe, A., Sualin, F., Payus, C. 2016. Distribution of heavy metals in seawater and surface sediment in coastal area of Tuaran, Sabah. **Transactions on Science and Technology**, 3(1-2), 114-122.
- Taş, B., Şahin, H., Yarılguç, T., 2018. Ulugöl’de (Ulugöl Tabiat Parkı Ordu) hidrofitlerin artışı üzerine bir ön inceleme. **Akademik Ziraat Dergisi**, 7(1), 111-120.
- Tekin-Özan, S., 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). **Environmental Monitoring and Assessment**, 145:95-302.
- Türkmen, M., Naz, M., Dinler, M., 2006. Gölbaşı Gölünün zooplankton tür kompozisyonu ve biyomasi(Hatay, Türkiye). **E.Ü Su Ürünleri Dergisi**, 23, (1/1), 163-167.
- Türkmen, M. and Ciminli, C., 2011. Seasonal Variations of the metal concentrations in the waters of lake Gölbaşı in northern east mediterranean area of Turkey. **The Black Sea Journal of Sciences**, 1 (3), 86-93.
- Vodyanitskii, Y.N. and Shoba, S.A., 2015. Biogeochemistry of carbon, iron, and heavymetals in wetlands (analytical review). **Moscow Univ. Soil Sci. Bull.**, 70 (3), 89–97.
- Wu, S.D. and Zhao, H.F., 2006. **The analytical methods in the monitoring of water and wastewater**. China Environmental Science Press, Beijing.
- Xu, J.L. and Yang, J.R., 1996. **Heavy metals in terrestrial ecosystem**. China. Environmental Science Press, Beijing.
- Yao, H., Qian, X., Gao, H., Wang, Y., Xia, B., 2014. Seasonal and spatial variations of heavy metals in two typical Chinese rivers: concentrations, environmental risks, and possible sources. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 11(11), 11860-11878.
- Yarsan, E. ve Bilgili, A., 2000. Van Gölü’nden toplanan midye (*unio stevenianus krynicki*) örneklerinde ağır metal düzeyleri. **Türk J. Vet. Anim. Sci.**, 24:93-96.
- Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., Jiang, G. 2008. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. **Anal. Chim. Acta.**, 606(2):135–150.
- Zietz, B.P., Dieter, H., Lakomek, M., Schneider, H., Gaedtke, K.B., Dunkelberg, H., 2003. Epidemiological investigation on chronic copper toxicity to children exposed via the public drinking water supply. **Sci. Total Environ.**, 302, 127–144.