



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULUABAT GÖLÜ SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
ORTAMINDA ANALİZLENMESİ

SAADET İLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULUABAT GÖLÜ SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
ORTAMINDA ANALİZLENMESİ

Saadet İLERİ
Doç. Dr. Feza KARAER
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULUABAT GÖLÜ SU VE SEDİMENT KALİTESİNİN
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
ORTAMINDA ANALİZLENMESİ

SAADET İLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Feza KARAER
(Danışman)

.....
Prof. Dr. Hüseyin Savaş
BAŞKAYA

.....
Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

ÖZET

Bu çalışmada, Uluabat Gölü su ve sediment kalitesi 2008 Haziran ile 2009 Mayıs tarihleri arasında izlenmiştir. İzleme sürecinde, göl içerisinde belirlenen sekiz adet istasyonda suda, pH, iletkenlik, sıcaklık, çözülmüş oksijen, alkalinite, sertlik, AKM, KOI, BOI, seki derinliği, su seviyesi, klorofil a, NH₄-N, NO₃-N, toplam azot, PO₄-P ve toplam fosfor, sedimentte ise pH, iletkenlik, organik madde içeriği, nem içeriği ile azot ve fosfor formları incelenmiştir. Bu parametreler dışında suda çözülmüş halde ve sedimentte on farklı ağır metal (As, Cr, Cd, Pb, Cu, Ni, B, Fe, Mn, Zn) dağılımları incelenmiştir. Uluabat Gölü'nde çözülmüş formda ve sedimentte bulunan ağır metaller incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir, ağır metal birikimi su örneklerinde B>Fe>Zn>Cr>Pb>Ni>As>Cu>Mn>Cd; sediment örneklerinde ise Fe>Mn>Ni>B>Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd şeklinde gözlenmiştir. Ayrıca gölün farklı noktalarından, gölü besleyen akarsulardan ve noktasal kirlilik kaynaklarından alınan örneklerde de ağır metaller ile diğer su ve sediment kalitesi parametreleri ölçülmüştür. Tüm ölçüm sonuçları Coğrafi Bilgi Sistemi ile haritalandırılmıştır. Çalışma kapsamında bize ihtiyaç duyduğumuz araçları sağlayan CBS uygulamaları ArcGIS 9.3 programı ile haritalar oluşturulmuştur. Bu çalışma sayesinde hem parametrelerin göl içerisindeki konsantrasyon dağılımları elde edilmiş hem de gölde nasıl bir dağılım gösterdikleri ortaya konulmuştur. Bu sayede parametreler bazında gölün hangi bölgelerinin daha fazla baskı altında olduğu ve bunun nedenlerinin neler olabileceği hakkındaki yorumlara da yer verilmiştir. CBS uygulamalarının son aşamasında elde edilen tüm dağılım haritaları karşılaştırılmış ve sonuçta çok parametrelili bir değerlendirilmenin yapıldığı sonuç haritaları elde edilmiştir. Bu haritalara göre gölün genel durumu standartlar ile kıyaslandığında, Uluabat Gölü'nün su kalitesi açısından 4. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Sediment kalitesi açısından ise NOAA'ya göre tüm ağır metal verilerinin yüksek etki eşiğinin üzerinde olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm sonuçlar, Uluabat Gölü'nün önemli baskılar altında kaldığını göstermektedir. Bu nedenle gerekli önlemlerin bir an önce alınması gerekmektedir. Göle gelen dışsal yükler minimum düzeye indirilmeli ve daha sonra gölün iyileşme sürecini hızlandıracak bütünsel çözüm yöntemlerine başvurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Uluabat Gölü, ağır metaller, su kalitesi, sediment, CBS.

ABSTRACT

In this study, Uluabat Lake water and sediment quality were monitored between June 2008 and May 2009. In the process of monitoring, eight stations in the lake have been determined. In these stations, in water, pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, alkalinity, hardness, TSS, COD, BOD, secchi disc, water level, chlorophyll a, NH₄-N, NO₃-N, total N, PO₄-P and total phosphorus, in sediment, pH, conductivity, organic matter content, moisture content and form of nitrogen and phosphorus were investigated. Outside these parameters, dissolved in water and sediments ten different heavy metals (As, Cr, Cd, Pb, Cu, Ni, B, Fe, Mn, Zn) distributions were investigated. In Uluabat Lake, in the form of dissolved heavy metals and in sediments with heavy metals were examined and the following results were obtained, accumulation of heavy metals in water samples the B>Fe>Zn>Cr>Pb>Ni>As>Cu>Mn>Cd; sediment samples, the Fe> Mn> Ni> B> Zn> Cr> Pb> Cu> As> Cd. Moreover, different points of the lake, which fed the lake from rivers and point sources of pollution of heavy metals in the samples with other water and sediment quality parameters were measured. All measurement results have been mapped with Geographic Information System. In this study, GIS maps created with ArcGIS 9.3 software. Through this study, the concentration distributions of the parameters were obtained in the lake and the lake showing how the distribution was revealed. In this way, the parameters on the basis of which area of the lake is under more pressure and this could be the cause of what their rights are also included in the comments. In the final stage of GIS applications, all distribution maps were obtained conflicting results on the assessment and a multi-parameter maps were obtained. According to this map, the lake's overall status compared with standard, the water quality in Lake Uluabat have been determined to be in class 4 quality. Sediment in terms of quality, the NOAA according to the highest impact of all the heavy metal data were found to be above the threshold. The results showed that Uluabat Lake is under significant pressure. Therefore the essential precautions for the sake of the lake should be taken soon. The external loads should be minimized and holistic solutions should be applied to accelerate the recovery of the lake.

Key Words: Lake Uluabat, heavy metals, water quality, sediment, GIS.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Gölün Tanımı ve Genel Özellikleri.....	3
2.2. Uluabat Gölü Genel Özellikleri.....	5
2.3. Uluabat Gölü'nün Ekolojik Değerleri.....	6
2.4. Uluabat Gölü Su Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	8
2.5. Uluabat Gölü Sorunları	11
2.6. Uluabat Gölü'nü Korumaya Yönelik Çalışmalar.....	11
2.7. Literatür Araştırması	13
2.8. Sediment Tanımı, Yapısı ve Kirleticileri	23
2.9. İncelenen Ağır Metaller ve Özellikleri.....	27
2.9.1. Arsenik (As).....	28
2.9.2. Bakır (Cu).....	29
2.9.3. Bor (B)	29
2.9.4. Kadmiyum (Cd)	29
2.9.5. Krom (Cr).....	30
2.9.6. Demir (Fe).....	31
2.9.7. Mangan (Mn)	31
2.9.8. Nikel (Ni)	32
2.9.9. Kurşun (Pb)	32
2.9.10. Çinko (Zn).....	33
3. MATERYAL VE METOT	34
3.1. Çalışma Alanı ve Numune Alma İstasyonları.....	34
3.2. Parametre Seçimi ve Ölçüm Alma Sıklığı	35
3.2.1. Parametre Seçimi.....	35
3.2.2. Ölçüm Alma Sıklığı	35

3.3. Numune Alma Yöntemleri	36
3.4. Fiziksel ve Kimyasal Analizler	37
3.5. Ağır Metal Analizleri	41
3.5.1. ICP-OES Cihazı Çalışma Prensibi	42
3.5.2. ICP Cihazı İçin Mikrodalga Parçalama Yöntemi	43
3.5.3 Ağır Metal Tayini	44
4. ULUABAT GÖLÜ'NDE CBS UYGULAMALARI	47
4.1. Yöntem	49
4.1.1. CBS Uygulamaları	49
4.1.2. Arazi Çalışmaları ve Örnekleme	50
4.1.3. İncelenen Parametrelerin Analizleri	50
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	51
5.1. Uluabat Göl Suyunda İncelenen Parametreler	52
5.1.1. Sıcaklık	52
5.1.2. pH	54
5.1.3. İletkenlik	55
5.1.4. Seki Derinliği	57
5.1.5. Çözülmüş Oksijen	59
5.1.6. Alkalinite	61
5.1.7. Sertlik	63
5.1.8. Askıda Katı Madde (AKM)	64
5.1.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	66
5.1.10. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI)	68
5.1.11. Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	70
5.1.12. Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	72
5.1.13. Toplam Azot (TN)	74
5.1.14. Fosfat Fosforu (PO ₄ -P)	76
5.1.15. Toplam Fosfor (TP)	77
5.1.16. Klorofil A	79
5.2. Uluabat Gölü Sedimentte İncelenen Parametreler	81
5.2.1. pH	81
5.2.2. İletkenlik	83
5.2.3. Nem İçeriği	84
5.2.4. Organik Madde İçeriği	86
5.2.5. Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	87
5.2.6. Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	89
5.2.7. Toplam Azot (TN)	90

5.2.8. Fosfat Fosforu (PO ₄ -P).....	92
5.2.9. Toplam Fosforu (TP)	93
5.3. Uluabat Göl Suyunda Çözünmüş Formda İncelenen Ağır Metaller	95
5.3.1. Arsenik (As).....	95
5.3.2. Krom (Cr).....	97
5.3.3. Kadmiyum (Cd).....	99
5.3.4. Kurşun (Pb).....	101
5.3.5. Bakır (Cu)	103
5.3.6. Nikel (Ni).....	105
5.3.7. Bor (B).....	107
5.3.8. Demir (Fe).....	109
5.3.9. Mangan (Mn).....	111
5.3.10. Çinko (Zn)	113
5.4. Uluabat Gölü Sedimentinde İncelenen Ağır Metaller.....	116
5.3.1. Arsenik (As).....	116
5.3.2. Krom (Cr).....	117
5.3.3. Kadmiyum (Cd).....	119
5.3.4. Kurşun (Pb).....	120
5.3.5. Bakır (Cu)	122
5.3.6. Nikel (Ni).....	123
5.3.7. Bor (B).....	125
5.3.8. Demir (Fe).....	126
5.3.9. Mangan (Mn).....	128
5.3.10. Çinko (Zn)	129
5.5. Uluabat Gölü Fiziko-kimyasal Parametrelerin Kıyaslanması.....	131
5.5.1. Su Kalitesi Parametrelerinin Standartlar ile Kıyaslanması	137
5.5.2. Sediment Kalitesi Parametrelerinin Standartlar ile Kıyaslanması	142
5.6. Su-Sediment Ara Kesiti	165
5.7. Sediment İyileştirme Çalışmaları	177
5.7.1. Yerinde İyileştirme Teknikleri.....	179
5.7.1.1. Kaplama	179
5.7.1.2. Katılaştırma/Kararlı Hale Getirme	180
5.7.1.3. Biyolojik Arıtım.....	181
5.7.1.4. Kimyasal Arıtım.....	182
5.7.1.5. Toprağın Dondurulması	182
5.7.1.5. Fitoremediasyon.....	183
5.7.2. Alan Dışı (Uzaklaştırarak) İyileştirme	184

5.7.2.1. Yıkama	184
5.7.2.2. Elektrokimyasal Remediasyon	184
5.7. Kirletici Kaynaklar	185
6. TARTIŞMA.....	192
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	216
KAYNAKLAR	222
TEŞEKKÜR.....	234
ÖZGEÇMİŞ.....	235

SİMGELER DİZİNİ

AKM	-	Askıda Katı Madde
As	-	Arsenik
B	-	Bor
BOİ	-	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
C	-	Karbon
CaCO ₃	-	Kalsiyum Karbonat
Cd	-	Kadmiyum
Co	-	Kobalt
Cr	-	Krom
Cu	-	Bakır
ÇO	-	Çözünmüş Oksijen
EC	-	Elektriksel İletkenlik
Fe	-	Demir
J	-	Akı
Kd	-	Dağılım Katsayısı
KOİ	-	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Mn	-	Mangan
N	-	Azot
NH ₄ -N	-	Amonyum Azotu
Ni	-	Nikel
NO ₃ -N	-	Nitrat Azotu
Pb	-	Kurşun
PO ₄ -P	-	Fosfat Fosforu
TDS	-	Toplam Çözünmüş Madde
TN	-	Toplam Azot
TOC	-	Toplam Organik Karbon
TP	-	Toplam Fosfor
Zn	-	Çinko

KISALTMALAR DİZİNİ

APHA	-	Amerikan Halk Sağlığı Kuruluşu
CBS	-	Coğrafik Bilgi Sistemi
ÇH	-	Çözünmüş Halde Bulunan Metaller
DSİ	-	Devlet Su İşleri
EC	-	Avrupa Birliği
EİE	-	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
FAO	-	Gıda ve Tarım Örgütü
IAEA	-	Uluslararası Atomik Enerji Kuruluşu
ICP-OES	-	İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometri
JECFA	-	Gıda Maddeleri FAO/WHO Uzman Komitesi Dergileri
LEL	-	Düşük Etki Seviyesi
MKP Çayı	-	Mustafakemalpaşa Çayı
NKK	-	Noktasal Kirlilik Kaynakları
NOAA	-	ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi
OECD	-	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PEL	-	Olası Etki Aralığı
PEL-HA28	-	Hyalella azteca İçin Geliştirilen Olası Etki Seviyesi
SEL	-	Şiddetli Etki Seviyesi
SKKY	-	Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
SQV	-	Sediment Kalite Değerleri
SÜY	-	Su Ürünleri Yönetmeliği
TEAŞ	-	Türkiye Elektrik Anonim Şirketi
TET	-	Toksik Etki Sınırı
TS	-	Türk Standartları
TSI	-	Trofik Seviye İndeksi
UET	-	Yüksek Etki Seviyesi
USEPA	-	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
WHO	-	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa No:**

Şekil 3.1. Uluabat Gölü'nde Örnek Alma Noktalarının Dağılımı	34
Şekil 5.1. Uluabat Gölü Su Sıcaklığının Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	52
Şekil 5.2. Uluabat Gölü Sıcaklık Dağılım Haritası	53
Şekil 5.3. Uluabat Gölü pH'ın Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	54
Şekil 5.4. Uluabat Gölü pH Dağılım Haritası.....	55
Şekil 5.5. Uluabat Gölü İletkenlik Değerinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi .	56
Şekil 5.6. Uluabat Gölü İletkenlik Dağılım Haritası	56
Şekil 5.7. Uluabat Gölü Seki Derinliğinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	57
Şekil 5.8. Uluabat Gölü Seki Derinliği Dağılım Haritası	58
Şekil 5.9. Uluabat Gölü Çözünmüş Oksijenin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim.	60
Şekil 5.10. Uluabat Gölü Çözünmüş Oksijen Dağılım Haritası.....	61
Şekil 5.11. Uluabat Gölü Alkalinitesinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	62
Şekil 5.12. Uluabat Gölü Alkalinite Dağılım Haritası	62
Şekil 5.13. Uluabat Gölü Sertlik Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi...	63
Şekil 5.14. Uluabat Gölü Sertlik Dağılım Haritası	64
Şekil 5.15. Uluabat Gölü AKM Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	65
Şekil 5.16. Uluabat Gölü AKM Dağılım Haritası.....	66
Şekil 5.17. Uluabat Gölü KOI Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	67
Şekil 5.18. Uluabat Gölü KOI Dağılım Haritası	68
Şekil 5.19. Uluabat Gölü BOI Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi	69
Şekil 5.20. Uluabat Gölü BOI Dağılım Haritası	70
Şekil 5.21. Uluabat Gölü NH ₄ -N Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim ...	71
Şekil 5.22. Uluabat Gölü NH ₄ -N Dağılım Haritası.....	72
Şekil 5.23. Uluabat Gölü NO ₃ -N Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim ...	73
Şekil 5.24. Uluabat Gölü NO ₃ -N Dağılım Haritası.....	74
Şekil 5.25. Uluabat Gölü TN Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim	75
Şekil 5.26. Uluabat Gölü TN Dağılım Haritası.....	75
Şekil 5.27. Uluabat Gölü PO ₄ -P Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim	76
Şekil 5.28. Uluabat Gölü PO ₄ -P Dağılım Haritası	77
Şekil 5.29. Uluabat Gölü TP Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim.....	78
Şekil 5.30. Uluabat Gölü TP Dağılım Haritası	78

Şekil 5.31. Uluabat Gölü'nde Klorofil-a Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.....	79
Şekil 5.32. Uluabat Gölü Klorofil-a Dağılım Haritası	80
Şekil 5.33. Uluabat Gölü Sedimentinde pH Parametresinin Değişimi	82
Şekil 5.34. Uluabat Gölü Sediment pH Dağılım Haritası	82
Şekil 5.35. Uluabat Gölü Sedimentinde İletkenlik Parametresinin Değişimi	83
Şekil 5.36. Uluabat Gölü Sediment İletkenlik Dağılım Haritası.....	84
Şekil 5.37. Uluabat Gölü Sedimentinde Nem İçeriği Parametresinin Değişimi	85
Şekil 5.38. Uluabat Gölü Sediment Nem İçeriği Dağılım Haritası.....	85
Şekil 5.39. Uluabat Gölü Sedimentinde Organik Madde İçeriğinin Değişimi	86
Şekil 5.40. Uluabat Gölü Sediment Organik Madde İçeriği Dağılım Haritası	87
Şekil 5.41. Uluabat Gölü Sedimentinde NH ₄ -N Parametresinin Değişimi	88
Şekil 5.42. Uluabat Gölü Sediment NH ₄ -N Dağılım Haritası.....	88
Şekil 5.43. Uluabat Gölü Sedimentinde NO ₃ -N Parametresinin Değişimi	89
Şekil 5.44. Uluabat Gölü Sediment NO ₃ -N Dağılım Haritası.....	90
Şekil 5.45. Uluabat Gölü Sedimentinde TN Parametresinin Değişimi	91
Şekil 5.46. Uluabat Gölü Sediment TN Dağılım Haritası.....	91
Şekil 5.47. Uluabat Gölü Sedimentinde PO ₄ -P Parametresinin Değişimi	92
Şekil 5.48. Uluabat Gölü Sediment PO ₄ -P Dağılım Haritası	93
Şekil 5.49. Uluabat Gölü Sedimentinde TP Parametresinin Değişimi.....	94
Şekil 5.50. Uluabat Gölü Sediment TP Dağılım Haritası	94
Şekil 5.51. Uluabat Gölü Arsenik Konsantrasyonunun Değişimi	96
Şekil 5.52. Uluabat Gölü Suda Arsenik Dağılımı	97
Şekil 5.53. Uluabat Gölü Krom Konsantrasyonunun Değişimi	98
Şekil 5.54. Uluabat Gölü Suda Krom Dağılımı	99
Şekil 5.55. Uluabat Gölü Kadmiyum Konsantrasyonunun Değişimi	100
Şekil 5.56. Uluabat Gölü Suda Kadmiyum Dağılımı.....	101
Şekil 5.57. Uluabat Gölü Kurşun Konsantrasyonunun Değişimi	102
Şekil 5.58. Uluabat Gölü Suda Kurşun Dağılımı.....	103
Şekil 5.59. Uluabat Gölü Bakır Konsantrasyonunun Değişimi	104
Şekil 5.60. Uluabat Gölü Suda Bakır Dağılımı.....	105
Şekil 5.61. Uluabat Gölü Nikel Konsantrasyonunun Değişimi	106
Şekil 5.62. Uluabat Gölü Suda Nikel Dağılımı.....	107
Şekil 5.63. Uluabat Gölü Bor Konsantrasyonunun Değişimi	108
Şekil 5.64. Uluabat Gölü Suda Bor Dağılımı.....	109

Şekil 5.65. Uluabat Gölü Demir Konsantrasyonunun Değişimi	110
Şekil 5.66. Uluabat Gölü Suda Demir Dağılımı	111
Şekil 5.67. Uluabat Gölü Mangan Konsantrasyonunun Değişimi	112
Şekil 5.68. Uluabat Gölü Suda Mangan Dağılımı.....	113
Şekil 5.69. Uluabat Gölü Çinko Konsantrasyonunun Değişimi	114
Şekil 5.70. Uluabat Gölü Suda Çinko Dağılımı	115
Şekil 5.71. Uluabat Gölü Sedimentinde Arsenik Konsantrasyonunun Değişimi	116
Şekil 5.72. Uluabat Gölü Sedimentinde Arsenik Dağılımı	117
Şekil 5.73. Uluabat Gölü Sedimentinde Krom Konsantrasyonunun Değişimi	118
Şekil 5.74. Uluabat Gölü Sedimentinde Krom Dağılımı	118
Şekil 5.75. Uluabat Gölü Sedimentinde Kadmiyum Konsantrasyonunun Değişimi ...	119
Şekil 5.76. Uluabat Gölü Sedimentinde Kadmiyum Dağılımı.....	120
Şekil 5.77. Uluabat Gölü Sedimentinde Kurşun Konsantrasyonunun Değişimi	121
Şekil 5.78. Uluabat Gölü Sedimentinde Kurşun Dağılımı	121
Şekil 5.79. Uluabat Gölü Sedimentinde Bakır Konsantrasyonunun Değişimi	122
Şekil 5.80. Uluabat Gölü Sedimentinde Bakır Dağılımı.....	123
Şekil 5.81. Uluabat Gölü Sedimentinde Nikel Konsantrasyonunun Değişimi	124
Şekil 5.82. Uluabat Gölü Sedimentinde Nikel Dağılımı.....	124
Şekil 5.83. Uluabat Gölü Sedimentinde Bor Konsantrasyonunun Değişimi	125
Şekil 5.84. Uluabat Gölü Sedimentinde Bor Dağılımı.....	126
Şekil 5.85. Uluabat Gölü Sedimentinde Demir Konsantrasyonunun Değişimi	127
Şekil 5.86. Uluabat Gölü Sedimentinde Demir Dağılımı	127
Şekil 5.87. Uluabat Gölü Sedimentinde Mangan Konsantrasyonunun Değişimi	128
Şekil 5.88. Uluabat Gölü Sedimentinde Mangan Dağılımı	129
Şekil 5.89. Uluabat Gölü Sedimentinde Çinko Konsantrasyonunun Değişimi	130
Şekil 5.90. Uluabat Gölü Sedimentinde Çinko Dağılımı	130
Şekil 5.91. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Sıcaklık Parametresi Sınıfı.....	147
Şekil 5.92. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde pH Parametresi Sınıfı	147
Şekil 5.93. SKKY'ne Göre Gölde Çözünmüş Oksijen Parametresi Sınıfı	148
Şekil 5.94. SKKY'ne Göre Gölde Amonyum Azotu Parametresi Sınıfı	148
Şekil 5.95. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Nitrat Azotu Parametresi Sınıfı.....	149
Şekil 5.96. SKKY'ne Göre Gölde Toplam Fosfor Parametresi Sınıfı	149
Şekil 5.97. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde KOİ Parametresi Sınıfı.....	150
Şekil 5.98. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde BOİ Parametresi Sınıfı	151

Şekil 5.99. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Kjeldahl Azotu Sınıfı	151
Şekil 5.100. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Kadmiyum Parametresi Sınıfı	152
Şekil 5.101. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Kurşun Parametresi Sınıfı	153
Şekil 5.102. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Arsenik Parametresi Sınıfı	153
Şekil 5.103. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Bakır Parametresi Sınıfı	154
Şekil 5.104. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Krom Parametresi Sınıfı.....	154
Şekil 5.105. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Nikel Parametresi Sınıfı	155
Şekil 5.106. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Çinko Parametresi Sınıfı	155
Şekil 5.107. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Demir Parametresi Sınıfı.....	156
Şekil 5.108. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Mangan Parametresi Sınıfı.....	156
Şekil 5.109. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Bor Parametresi Sınıfı	157
Şekil 5.110. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları.....	158
Şekil 5.111. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Organik Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları	158
Şekil 5.112. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde İnorganik Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları	159
Şekil 5.113. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü Su Kaynağı Kalite Sınıfları	160
Şekil 5.114. NOAA'ya Göre Sediment Arsenik Etki Derecesi Haritası.....	161
Şekil 5.115. NOAA'ya Göre Sediment Bakır Etki Derecesi Haritası.....	162
Şekil 5.116. NOAA'ya Göre Sediment Çinko Etki Derecesi Haritası.....	162
Şekil 5.117. NOAA'ya Göre Sediment Krom Etki Derecesi Haritası	163
Şekil 5.118. NOAA'ya Göre Sediment Kurşun Etki Derecesi Haritası.....	163
Şekil 5.119. NOAA'ya Göre Sediment Nikel Etki Derecesi Haritası.....	164
Şekil 5.120. NOAA'ya Göre Sediment Etki Derecesi Sonuç Haritası	164
Şekil 5.121. İncelenen Ağır Metal Log (K_D) Değerlerinin Aylara Göre Değişimleri .	175
Şekil 6.1. Klorofil a- Seki Derinliği İlişkisi	192
Şekil 6.2. Sıcaklık Yüzey-Dip İlişkisi.....	193
Şekil 6.3. Çözünmüş Oksijen-Sıcaklık İlişkisi.....	194
Şekil 6.4. Alkalinite-Sertlik İlişkisi.....	195
Şekil 6.5. AKM-Klorofil a İlişkisi	196
Şekil 6.6. AKM İstasyonlara Göre Değişim	196
Şekil 6.7. İstasyonlara Göre KOI-BOI-ÇO İlişkisi	197
Şekil 6.8. Aylara Göre KOI-BOI-ÇO İlişkisi	197

Şekil 6.9. Azot Formları.....	198
Şekil 6.10. Fosfor Formları	199
Şekil 6.11. Sedimentte Fosfor Formları	200
Şekil 6.12. Sedimentte Azot Formları.....	201
Şekil 6.13. Arsenik Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi.....	204
Şekil 6.14. Bakır Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	205
Şekil 6.15. Bor Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	206
Şekil 6.16. Demir Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	206
Şekil 6.17. Krom Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	207
Şekil 6.18. Kurşun Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	208
Şekil 6.19. Mangan Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	209
Şekil 6.20. Kadmiyum Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi ...	209
Şekil 6.21. Çinko Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	210
Şekil 6.22. Nikel Konsantrasyonunun Su ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi	211

TABLolar DİZİNİ**Sayfa No:**

Tablo 3.1. Göl İçi İstasyon Koordinatları.....	34
Tablo 3.2. ICP-OES cihazı çalışma koşulları	45
Tablo 3.3. Elementlerin okumalarında kullanılan dalga boyları	45
Tablo 3.4. Mikrodalga aletinin çalışma koşulları.....	45
Tablo 5.1. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri İstatistik Değerler	81
Tablo 5.2. Uluabat Gölü Sedimenti Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri İstatistik Değerler.....	95
Tablo 5.3. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri Çözünmüş Formdaki Ağır Metal İstatistik Değerleri	115
Tablo 5.4. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri Sediment Ağır Metal İstatistik Değerleri.....	131
Tablo 5.5. Uluabat Gölü'nde Yapılan Farklı Çalışmalar	132
Tablo 5.6. Farklı Göllerde Yapılan Çalışmalar	133
Tablo 5.7. Uluabat Göl Sedimentinde Yapılan Farklı Çalışmalar	134
Tablo 5.8. Farklı Göllerde Yapılan Sediment Çalışmaları.....	134
Tablo 5.9. Farklı Çalışmalarda Suda Ölçülen Ağır Metaller	135
Tablo 5.10. Farklı Çalışmalarda Sedimentte Ölçülen Ağır Metaller	136
Tablo 5.11. Su Kalite Değerleri ve Standartlar 1	138
Tablo 5.12. Su Kalitesi Değerleri ve Standartlar 2	139
Tablo 5.13. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri bakımından Uluabat Gölü'nün değerlendirilmesi.....	140
Tablo 5.14. Sediment Kalite Değerleri ve Kriterler.....	144
Tablo 5.15. Uluabat Gölü İçin Tespit Edilen Log (K_D) Değerlerinin Mevsimsel Değişimi	171
Tablo 5.16. Uluabat Gölü İçin Tespit Edilen Ortalama Log (K_D) Değerleri	172
Tablo 5.17. Yüzeysel Sular İçin Literatürde Verilen Log (K_D) Değerleri	172
Tablo 5.18. Kirletici Kaynaklar Koordinatları	185
Tablo 5.19. Mustafakemal Paşa Çayı Genel Parametre Değerleri.....	186
Tablo 5.20. Mustafakemal Paşa Çayı Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması	186
Tablo 5.21. Kocasu Çayı Genel Parametre Değerleri	187

Tablo 5.22. Kocasu ayı özünmüş Ağır Metal Ortalaması.....	187
Tablo 5.23. Akçalar Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri	188
Tablo 5.24. Akçalar Pompa İstasyonu özünmüş Ağır Metal Ortalaması	188
Tablo 5.25. Atabay Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri	189
Tablo 5.26. Atabay Pompa İstasyonu özünmüş Ağır Metal Ortalaması	189
Tablo 5.27. Karaoğlan Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri	190
Tablo 5.28. Karaoğlan Pompa İstasyonu özünmüş Ağır Metal Ortalaması	190
Tablo 5.29. Uluabat Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri	191
Tablo 5.30. Uluabat Pompa İstasyonu özünmüş Ağır Metal Ortalaması	191

1. GİRİŞ

Su, bütün canlıların yaşayıp gelişmesi için vazgeçilmez, doğal ve sınırlı bir kaynak olmasının yanında toplumun ekonomik gelişmesini etkilemektedir.

Genel olarak su kirliliği, kentsel atıklardan, sanayiden, tarımsal faaliyetlerden, taşımacılık, termik ve nükleer santrallerden kaynaklanmaktadır. Başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tuzlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri, atık ısı vb.dir. Çeşitli insan aktiviteleri sonucunda oluşan ve çok değişken yapıya sahip olan atık sular nehir, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara boşaltıldıklarında ortam suyunun fizikokimyasal ve biyolojik yapısını önemli ölçüde değiştirmekte ve suyun dip yapısında da önemli değişikliklere neden olmaktadır (Kökmen 2007).

Göller oldukça büyük arazi parçalarının drenaj sularını aldıklarından göl ve gölü çevreleyen kara arasında sürekli bir alışveriş vardır. Yüzey ve yüzey altı akışlar göle girer ve çıkarlar. Bu akışlar da çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri, organik maddeleri, tortu ve diğer pek çok maddeyi beraberinde sürüklerler. Bu akışların hızı gölün coğrafi yapısı, iklim ve mevsimsel şartlara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Akarsulara göre akış kısıtlaması olan göllerdeki kirliliğin boyutları daha farklıdır. Bir gölün drenaj alanındaki kaya tipi, göl suyunun inorganik bileşimini belirleyen en önemli unsurdur. Özellikle dışarıya akışı olmayan göllerde ağır metaller, zor parçalanabilen pestisitler gibi bozunmayan kirleticilerin giderek kirlilik potansiyelini arttırmaları, yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluşturan göllerin korunmasında ne denli hassas olunması gerektiğini ortaya koymaktadır (Ünlü 2008).

Çalışma alanımız olan Uluabat Gölü, Bursa kent merkezinin 34 km batısında yer almaktadır ve bölgenin en önemli sulak alanlarından birisidir. Nisan 1998 tarihinde Ramsar sözleşmesi kapsamına alınmıştır. Ancak, son yıllarda bölgemiz için çok değerli bir sulak alan olan Uluabat Gölü birçok önemli değerini kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya bulunmaktadır.

Göldeki en önemli problemler, ötrofikasyon, yüksek askıda katı madde (AKM) girişi ve havza içerisinde yer alan farklı işletmelerden gelen çeşitli ağır metallerdir. Özellikle yaz aylarında ciddi boyutlarda ortaya çıkan ötrofikasyon ve göle gelen yüksek AKM nedeniyle göl yıldıan yıla sığılaşmaktadır. Bunların haricinde, son yıllarda yapılan çalışmalar da göl suyunda ve sedimentinde ağır metal kirliliğine rastlanmıştır (Katip 2010). Havzada Orhaneli Çayı üzerinde yapımı devam eden hidroelektrik güç üretimi ve taşkın kontrolü amaçlı, Çınarcık Barajı'nın etkisiyle gelecekteki su seviyesinde meydana gelebilecek farklılık nedeni ile göl sisteminin hidrolojik olarak ve su kalitesi yönünden tehlikeye gireceği düşünülmektedir. Bu durum Uluabat Gölü'nün geleceği hakkındaki endişelerin giderek artmasına neden olmaktadır. Ortaya çıkan bu kaygılar, göl üzerinde yapılan veya yapılması gereken birçok bilimsel araştırmayı gerekli kılmaktadır.

Çalışmamız kapsamında, gölden bir yıl boyunca her ay su ve sediment numuneleri alınarak çeşitli analizler yapılmış, gölün hangi mevsimlerde, hangi bölgelerde ve ne ölçüde kirlendiği tespit edilmiştir. Bu duruma sebep olan kirlilik kaynakları ortaya konulmuştur. Bunun yanında çalışmamız kapsamında değerlendirilen parametrelerin mevsimsel değişimleri ve birbirleri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. Ayrıca sediment ölçümleri yapılarak, gölün sediment kalitesi belirlenmiştir. Çeşitli ağır metallerin suda ve sedimentteki konsantrasyonları ölçülmüş, gölde nasıl bir dağılım gösterdikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Gölün Tanımı ve Genel Özellikleri

Göller karasal ortamlardaki büyük çukurların sularla dolması sonucu oluşan buharlaşma ile kurumayan ve suları doğal olarak tamamen boşaltılamayan durgun sulardır. İç suların önemli bir bölümünü oluştururlar (Kurtoğlu 2006). Yeryüzünde kullanılabilir tatlı suların % 98 'i göllerde toplanmıştır. Göller, konutsal ve endüstriyel su temini ile rekreasyonel, taşkın kontrolü, ticari balıkçılık, sulama ve enerji üretimi gibi amaçlarla kullanılırlar. Bu kullanımlara ek olarak göllere evsel ve endüstriyel atıklar da boşaltılır. Göller, oldukça büyük arazi parçalarının drenaj sularını da alırlar. Bu sular bir süre göllerde bekletildikten sonra ya denize doğru boşalır ya da buharlaşma yoluyla atmosfere yükselirler (Akdeniz 2005).

Yüzeysel sular içinde kirlenmeye karşı en hassas olan göllerdir. Özellikle dışarıya akışlı olmayan göllerin havzasında toplanarak, gerek akarsular ve gerekse de yüzey akışıyla gelen her türlü çözülmüş ve askıdaki maddeler gölde birikmeye başlar. Göle giren suların antropojen etkilerle kirlenmiş olması, su kalitesinin giderek bozulması sonucunu doğurur. Özellikle göle giren kirleticiler örneğin ağır metaller, güç parçalanabilir pestisitler gibi, bozunmayan tipte ise, bu kirleticiler gölde giderek artan konsantrasyonlar meydana getirirler. Askıda maddeler göl tabanına çökerek birikim yapar ve gölün dolmasına neden olurlar. Kolay parçalanabilir organik maddeler, gölde doğal biyokimyasal süreçler aracılığı ile son ürünlere dönüşerek stabilize olurlar. Ancak gölün doğal arıtma kapasitesini (asimilasyon) aşan organik yükler, göldeki oksijeni tüketerek gölün anaerobik duruma dönüşmesine sebep olurlar (Bartolomeo 2004).

Göllerin; akarsulardan, yağışlardan, kıyı erozyonu, kirletici kaynaklar ve biyolojik faaliyetler gibi çok çeşitli kaynaklardan askıda katı madde girdileri vardır. Genellikle sediment olarak adlandırılan bu maddeler, gölün ömrü üzerinde büyük etkiler yaparlar. İklim ve su toplama havzasının fiziksel karakteristiklerine bağlı olarak, bu maddeler gölü doldurarak amaçlanan kullanımı engelleyebilir ve sonunda gölleri

bataklıklara çevirebilirler. Göllerde, sediment arttıkça dalga hareketleri azalır, bitkiler artar ve böylece gölün dolması hızlanır (Bartolomeo 2004).

Toksik bileşiklerin biriktiği ve sediment yapısının ve adsorbe edilen bileşiklerin özelliklerinin doğasına dayanarak içlerinde kompleks fiziksel ve kimyasal adsorbsiyon mekanizmalarının gerçekleştiği sedimentler göl ekosistemleri için önemli kısımlardır (Bartolomeo 2004).

Derin göller son yirmi yıldır bilimsel araştırmaların odağında bulunmuştur. Ancak gerçekte derin göllerin toplam yüzey alanı, dünyadaki toplam tatlı su göllerinin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Sığ göller ise birkaç metrelik derinlikleriyle, sayıca derin göllerden fazladır. Aynı zamanda kapladıkları toplam alan bakımından da dünya yüzeyinde derin göllerden daha fazla alan işgal etmektedirler. Ayrıca sığ göller barındırdıkları doğal hayatın zenginliği ve insan kullanımı açısından çok daha önemlidirler. Sığ göller dünyanın en verimli, karmaşık ve zengin ekosistemine sahip sulak alanlarıdır (Beklioğlu 2000, Scheffer 2001).

Göl ekosisteminin nasıl çalıştığını anlayabilmek için, öncelikle su toplama havzasının doğal yapısı, jeolojisi, meteorolojisi, hidrolojisi, toprak yapısı ve havzadaki insan aktiviteleri gibi özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu etmenlerin tümü göle ulaşan su miktarını, suyun kalitesini ve biyolojik besin zinciri ilişkilerini belirler. Gölün derin veya sığ olmasıyla, göldeki biyolojik besin zinciri ilişkisi yakından ilgilidir. Bu yüzden, gölleri incelerken derin ve sığ ayrımının yapılması kaçınılmaz olmaktadır (Beklioğlu 2000).

Gölün derinliği genelde 3 m'den fazlaysa ve yaz aylarında, ısınan havanın oluşturduğu ısı tabakalaşmasıyla göl suyu, sıcak üst tabaka ve soğuk alt tabaka olmak üzere ikiye ayrılıyorsa, bu göl derin göl olarak tanımlanır. Sığ göllerin derinlikleri ise 3 m veya daha az olabilmektedir. Bu göllerde derinlik fazla olmadığından, derin göllerden farklı olarak, ısı tabakalaşması oluşmamaktadır (Beklioğlu 2000, Scheffer 1998, 2001).

Bunun yanında, Havens ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada sığ göllerin özelliklerini şu şekilde özetlemiştir:

- Sığ göller kararlı ve uzun süreli bir sıcaklık tabakalaşmasından yoksundur.
- Su kolonunun tümü sık sık karışmakta ve iyi oturmamış sediment tekrar yüzücü hale geçmektedir.
- Sedimentten suya önemli miktarlarda nutrient yüklemesi gerçekleşmektedir.

2.2. Uluabat Gölü Genel Özellikleri

Uluabat Gölü Marmara denizinin 15 km güneyinde ve Bursa ilinin 30 km batısında, Mustafa Kemalpaşa ilçesinin doğusu ve Bursa Karacabey karayolunun güneyinde 40° 12' kuzey, 28° 40' doğu koordinatları arasında yer almaktadır (Bilgel 2002). Doğu-batı yönündeki uzunluğu yaklaşık olarak 22 km, kuzey-güney yönündeki genişliği ise 10,5 km kadardır. Alanları 0,25 ha (Heybeli Adası) ile 190 ha (Halilbey Adası) arasında değişen büyüklüklerde sekiz adayı içeren, büyük ve sığ bir tatlı su gölüdür. Gölün denizden yüksekliği yaklaşık olarak 9 m'dir (Çelik 2000, Karacaoğlu 2000).

Göl ortalama 2,5 m derinliğe sahiptir. Ancak bu derinlik yıldan yıla ve yaz ve kış mevsimleri arasında önemli miktarlarda değişmektedir. Öyle ki, yaz aylarında bu derinlik 0,5-1 m kadar gerilerken, kış aylarında maksimum 4,5 m derinlik ölçülmüştür. Yaptığımız çalışmada ölçüm yaptığımız noktalarda ortalama derinlik kurak ve yağışlı aylarda 1,5 ile 3,47 m arasında değişmiştir.

Göl havzası büyük çoğunluğu Bursa, Kütahya ve Balıkesir ili sınırları içerisinde, bir kısmı ise Bilecik ilinde yer alır ve yaklaşık 10500 km² alan kaplar (Akdeniz 2005). Gölü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı havzası drenaj alanı 10756 km² olup, gölün güneyindeki Emet Çayı ve güneydoğusundaki Orhaneli Çayı'nın Camandar Köyü yakınlarında birleşmeleri ile meydana gelmektedir. Bu havzanın en çok görülen arazi kullanım/örtü tipini tüm alanın %42,51'ini kaplayan ormanlık alanlar, %17,29' unu nadaslı kuru tarım toprakları, %16,39' unu fundalıklar, %12,19 nadasız kuru tarım

arazileri, %3,34' ünü iyi sulanan tarım alanları ve %0,52' sini bağ-bahçe oluşturmaktadır. (Özsoy 2007).

Uluabat Gölü, havzadan gelen sedimentasyonla her yıl bir miktar daha sığlaşmaktadır. Gölün yüzey alanı mevsimlere ve yıllara göre değişiklik gösterse de, her geçen yıl biraz daha küçülmektedir (Katip 2010). Daha önce göl ile ilgili olarak hazırlanan raporlarda ve gölü tanıtan verilerde normal su seviyesinde göl yüzey alanı 160 km² olarak belirlenmiştir. Ancak U.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama Merkezi'nin 1984-1993 yıllarının Haziran aylarına ait Landsat-5 TM uydusundan alınan görüntüleri üzerinde yapılan çalışma ile göl alanının 1984 yılında % 2 oranında küçülerek 133,1 km² olduğu, 1984 yılından sonra ise Uluabat Gölü'nün yakın çevresindeki yan derelerin ve en önemlisi Mustafakemalpaşa Çayı'nın besleme havzasını oluşturan yörelerdeki yüksek arazilerden taşıyarak getirdiği sedimentlerle hızla dolması sonucu Uluabat Gölü alanının 1993 yılında % 10 oranında azalarak 120 km²'ye kadar küçüldüğü belirlenmiştir. 1998 yılında yapılan son çalışmada ise Uluabat Gölü alanının 116 km²'ye gerilediği belirlenmiştir. (Karacaoğlu 2000, Aksoy 2002).

2.3. Uluabat Gölü'nün Ekolojik Değerleri

Uluabat Gölü tipik bir sığ göldür. Sığ göllerin tipik özelliği olarak rüzgarın etkisiyle tam karışıma uğrar, ışık erişilebilirliğinin belirlendiği littoral bölgesi geniştir. Sığ göllerin durumunu açıklayan alternatif kararlı durumlar teorisi Uluabat Gölü'nde de geçerli görünmektedir. Bu teoriye göre sığ göller iki kararlı durumda olabilir. Birincisi, sucül bitkilerin alglere nazaran baskın durumda olduğu berrak su hali, ikincisi ise alglerin sucül bitkilere nazaran baskın durumda olduğu bulanık su halidir. Sığ göller içinde buldukları kararlı durumu korumaya yatkın olsa da dış faktörlere bağlı olarak bu iki kararlı hal arasında geçiş yapabilir. Bu geçişlere sebep su rejimindeki değişimler, azot ve fosfor gibi besin yükleri ile askıda katı madde miktarının artması veya azalması olabilir (Akdeniz 2005).

Sahip olduğu biyolojik çeşitliliğin yanı sıra, Uluabat Gölü burada yaşayan insanlar için de büyük önem taşımaktadır. Göl etrafında irili ufaklı 17 köy

bulunmaktadır. Bu köylerin doğrudan ya da dolaylı olarak gölle sosyal ve ekonomik ilişkileri vardır. Ramsar sınırı içinde kalan Gölyazı ve Eskikaraağaç köyleri gelirin büyük kısmını gölde balıkçılık yaparak sağlarlar (Katip 2010).

Göldeki canlı çeşitliliğinin nedenleri, uygun iklim koşullarının yanında, geniş sazlık alanlara ve açık su yüzeyine sahip olması ile besin maddesi bakımından zengin olmasıdır (Akdeniz 2005).

Uluabat Gölü gerek plankton ve dip canlıları, gerek sucul bitkileri ve gerekse balık ve kuş popülasyonları açısından ülkemizin en zengin göllerinden biridir. Gölde 21 değişik balık türünün varlığı bu zenginliğin en önemli göstergelerindedir. Ülkemizdeki diğer göllerle kıyaslandığında bu sayı oldukça yüksektir. Bu türler içerisinde ticari amaçla avlananlardan başlıcaları turna ve sazan balıklarıdır. Az miktarda da olsa yayın, tatlı su kefali ve kızılkanat balıkları da avlanmaktadır. Eskiden yılan balığının gölde bol miktarda bulunduğu, ancak son 25 yıldır nadiren rastlandığı belirtilmektedir. Göldeki en önemli su ürünlerinden biri de kerevittir. Geçmişte yılda ortalama 700 ton kerevit avlanmakta iken, 1986 yılında ortaya çıkan mantar hastalığı nedeniyle kerevit üretimi tamamen bitmiştir. Söz konusu bu hastalığa kadar Uluabat Gölü'nde avlanan kerevit miktarı, Türkiye'nin toplam kerevit üretiminin % 30'unu karşılamaktaydı. Yöredeki balıkçılar son birkaç yıldır hastalığın etkisinin ortadan kalkmaya başladığını ve avlanan kerevit miktarında artışlar olduğunu belirtmektedirler. Avlanan kerevitlerin tamamı yurtdışına ihraç edilmektedir (Çelik 2000, Karacaoğlu 2000).

Uluabat Gölü'nde bulunan mevcut balık türlerinin, etçil/ etçil olmayan dengesine bakıldığında, etçil balık türlerinin oranı sadece % 3,175'dir (yaklaşık 1/33). Bu oran göldeki mevcut balık türlerinin dağılımı içerisinde oldukça düşüktür ve bu durum göldeki balık türlerinin çeşitliliği açısından olumlu, ancak gölün ekolojik durumu ve balıkçılık açısından olumsuzdur (Akdeniz 2005).

Göl, kuşların göç yolu üzerinde yer alması, önemli kuş alanlarından Manyas Kuş Gölü'ne çok yakın mesafede (35 km) bulunması, besin maddelerince oldukça zengin oluşu ve uygun iklim koşullarının varlığı nedeniyle değişik türden kalabalık kuş gruplarına da beslenme, kışlama ve üreme olanağı sağlamaktadır. Uluabat Gölü, dünya çapında yok olma tehlikesi altında olan kuş türlerinden küçük karabatağın ülkemizdeki

en önemli üreme alanıdır. Yine önemli türlerden biri olan tepeli pelikanın da önemli beslenme ve kışlama alanlarından biridir. Bu türlerin dışında Uluabat Gölü'nde 85 türden 5000 çift civarında üreyen kuş bulunmaktadır (Çelik 2000, Karacaoğlu 2000).

Uluabat Gölü sucul bitkiler yönünden de ülkemizin en zengin sulak alanlarından biridir. Gölün hemen hemen bütün kıyıları geniş sazlıklarla, sığ kesimleri ise su içi bitkileri ile kaplıdır. Gölde görülen en yaygın bitki grubu kamış ve sazdır. Uluabat Gölü, Türkiye'nin en geniş nilüfer yataklarına sahiptir. Beyaz nilüfer, gölün kuzeydoğu kıyılarında ve Mustafakemalpaşa Çayı'nın göle giriş ağzında çok geniş alanları kaplamaktadır (Kurtoğlu 2006).

Ancak, Uluabat Gölü'ndeki ekolojik ilişkiler son birkaç yıl içerisinde değişmiş, su altı bitkileri gölde hızla yok denecek kadar azalmış, bulanıklık tekrar artmış, gölün yeşile çalan rengi oluşmuş, durgun noktalarında yeşil alg tabakaları oluşmaya başlamıştır. Zaman zaman atık su deşarjları ve/veya çoğalan alglerle ilişkili olarak oksijen yetersizliğine bağlı balık ölümleri görülebilmektedir. Bu değişim uzmanlarca göle verilen atık su deşarjları ve yoğun gübre kullanımına bağlı olarak artan besin yükü (azot ve fosfor) ve etçil (turna, alabalık v.b.) balıkların aşırı avlanmasına bağlanmaktadır. Etçil balıkların aşırı avlanması durumunda, otçul balık (sazan, kadife v.b.) biyokütlesi denetlenemez olur. Artan otçul balıklar su altı bitkilerini hızla tüketmektedir ve su altı bitkileri yok olduğu için omurgasızlar azalmaktadır. Bitki ve omurgasızlardan beslenen su kuşları beslenemedikleri için zaman yok olmaktadır. Böyle bir göl, yalnızca küçük otçul balıklarla beslenen dalcı su kuşlarının yaşayabildiği, suyu yeşil ve ekolojik zenginliği yok olmuş durumdadır. Diğer bir nedenin de hidrolojideki değişimler olduğu düşünülmektedir (Akdeniz 2005).

2.4. Uluabat Gölü Su Kalitesini Etkileyen Faktörler

Sucul ekosistemlerde alglerin mevsimsel değişimlerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi besin tuzları yani nutrientlerdir. Bir sucul ortamın besin tuzları tarafından zenginleştirilmesi ötrofikasyon ile sonuçlanmaktadır. Besin tuzlarının ana kaynakları; sucul ekosistemlere erozyon yoluyla katılan topraklar, bilinçsizce yapılan tarımsal işlemler ve yerleşim yeri ile sanayi tesislerinden gelen evsel ve endüstriyel

atıklardır. Bu atıkların bileşimindeki besin tuzları çoğu zaman hiçbir işlemle geçirilmeden doğrudan alıcı ortamlar olan sucul ekosistemlere verilmektedir. Bu da ekosistemin doğal yapısında ve içerdiği canlı gruplarında istenmeyen değişimler meydana getirmektedir. Bu nedenle Uluabat Gölü'nde kirliliği oluşturan faktörlerin iyi bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. (Karacaoğlu 2000, Akdeniz 2005).

Uluabat Gölü, Marmara bölgesi içerisinde nüfus ve sanayi yoğunlaşmasının odaklandığı ve kirlenmenin diğer bölgelere göre oldukça yüksek düzeyde olduğu bir konumda yer almaktadır. Göl çevresinde çok sayıda yerleşim yeri, fabrika ve işyeri bulunmaktadır. Bu yerleşim birimleri ve sanayi tesislerinden gelen atık sular çoğu zaman hiçbir arıtıma tabi tutulmadan doğrudan göle deşarj edilmektedir. Bu durum gölde besin tuzlarının miktarında artışa neden olarak gölün trofik seviyesini yükseltmektedir (Karacaoğlu 2000).

Gölde kirlenmenin düzeyinden söz ederken sadece Uluabat Gölü çevresini ele almak yanlış olacaktır. Çünkü gölü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı ve iki kolu Orhaneli ve Emet Çaylarında meydana gelen kirlilik doğrudan göle ulaşmaktadır. Uluabat Gölü ve Mustafakemalpaşa Çayı'nın etrafında çok sayıda yerleşim birimi ve sanayi tesisleri mevcuttur, buralardan göle yüksek oranlarda kirlilik girişi söz konusudur (Karacaoğlu 2000).

Bor minerali uzun yıllar boyunca Susurluk Havzasında önemli bir kirlilik potansiyeli oluşturmuştur. Türkiye'nin en önemli bor yatakları Emet, Bigadiç, Kırka ve Mustafakemalpaşa bölgelerinde bulunmaktadır. Emet-Hisarcık'ta ve Orhaneli-Kestelek'te işletilmekte olan kolemenit (bir çeşit bor cevheri) ve bor madenlerinden sızan bor Mustafakemalpaşa Çayı ile Uluabat Gölü'ne taşınmaktadır. Mustafakemalpaşa Çayının göle dökülmesi ile göldeki bor konsantrasyonunun yükseldiği görülmektedir. Ancak DSİ III. Bölge Müdürlüğü'nün ısrarıyla yapılan ve 1985 yılında işletilmeye başlayan kondansatör atık sularını biriktirme-tekrar kullanma göletiyle bor kirliliği etkisini giderek kaybetmeye başlamıştır. (Demir 1998, Karacaoğlu 2000).

Mustafakemalpaşa Çayı'nın diğer kolu olan Orhaneli Çayı'nın ilk kirleticisi Tavşanlı kanalizasyonu, ikincisi Türkiye Elektrik Anonim Şirketi'nin (TEAŞ) Tunçbilek Termik Santrali atıklarıdır. Termik santralin ortam temizliği ve çalışanlarının işyeri ve lojman atık sularından oluşan toplu deşarjı ile suyun sert yapısı nedeniyle kazanlarda oluşan birikim tabakasının sıkça temizlenmesinden kaynaklanan asiditeli yüksek deşarj önemli bir kirletici kaynaktır. (Karacaoğlu 2000).

Camandar Köyü ile Mustafakemalpaşa ilçe merkezi arasında kalan yatak kesiminde faaliyette bulunan kum-çakıl ocaklarının kum alırken yatağı örselemesi Mustafakemalpaşa Çayında askıda katı madde oranını yükseltmektedir (Karacaoğlu 2000).

Buraya kadar ele alınan kirleticiler Susurluk havzasının çeşitli bölgelerinden göle ulaşan ve gölün kirlenmesinde etkisi büyük olan kirleticilerdir. Gölün kendi havzası etrafında da çok sayıda kirletici kaynak mevcuttur. Bu kirleticilerin başında Akçalardan göle deşarj olan Musa Deresi'nin getirdiği atıklar gelmektedir. Akçalar beldesinin atık suları ile bazı işletmelerden kaynaklanan endüstriyel nitelikli atıksular herhangi bir arıtma işleminden geçirilmeden buraya deşarj edilmekte ve oradan da Uluabat Gölü'ne ulaşmaktadır. Bölgede yer alan Kerevitaş A.Ş.'den kaynaklanan günlük 1200 m³ evsel-endüstriyel atık su, işletmede mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra deşarj olmaktadır (Karacaoğlu 2000).

Tüm bu kirletici etkenlerin yanına, birde göl havzasının tamamının tarım arazisi olarak kullanıldığı ve buralardaki yanlış uygulamalar sonucu göle ulaşan, özellikle azot ve fosforun etkisini de göz önünde bulundurduğumuzda Uluabat Gölü'nün ne kadar büyük bir baskı altında olduğunu açıkça görmekteyiz. Tüm bu etkiler Uluabat Gölü'nde trofik seviyenin değişmesine ve su kalitesinin yıldan yıla daha da kötüye gitmesine neden olmaktadır. Yukarıda bahsedilen antropojen kaynaklı etkiler nedeniyle göle ulaşan nutrientler gölde ötrofikasyon olayının gerçekleşmesine neden olmaktadır. Özellikle yaz aylarında göl yeşil bir renge bürünmekte ve gölün rekreasyonel amaçlı kullanımı dahil birçok yönden kullanımını kötü yönde etkilemektedir (Akdeniz 2005).

2.5. Uluabat Gölü Sorunları

Uluslararası önemine rağmen göl ekosistemi, aşırı avlanma, kıyı gelişimlerinde meydana gelen arazi ıslahları ve tarımsal, endüstriyel ve evsel atık deşarjlarının neden olduğu ötrofikasyon tehdidi altındadır. Bazı tehditleri sıralayacak olursak;

- Evsel ve endüstriyel atık deşarjları ve tarım kaynaklı kimyasallar;
- Kıyı gelişimlerinde meydana gelen, son 25 yılda 2000 ha. alana varan arazi ıslahları;
- Balık ve kuşlar üzerinde ağır ev baskısı;
- Havzada orman tahribi,
- Yanlış tarım uygulamaları ve maden ocakları atıkları ile gölün dolması;
- Sulama amaçlı su çekimleri,
- Regülatörle su seviyesi düzenlemeleri,
- Havzada planlanan dört adet hidroelektrik enerjisi projesi
- Genelde göl hidrolojisi üzerine yapılan müdahaleler;
- Gölün güneybatı kıyılarına çekilen seddeler vasıtasıyla gölün taşkın alanının daraltılması,
- Taşkından korunan kısımların tarıma açılması(www.cevreorman.gov.tr).

2.6. Uluabat Gölü'nü Korumaya Yönelik Çalışmalar

Uluabat Gölü'ndeki koruma çalışmaları Çevre Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Bursa İl Çevre Müdürlüğü elemanları zaman zaman göl alanında incelemeler yaparak gerekli önlemleri almaktadır.

Sulak alan ekosisteminin tamamı ile sistemle ilişkili doğal karakteri korunmuş habitatları da kapsayan sınırlar dahilindeki bölge, 1998 yılında Ramsar Sözleşmesi listesine dahil edilerek alanın doğal yapısının ve ekolojik karakterinin korunması uluslararası düzeyde taahhüt edilmiştir (www.cevreorman.gov.tr).

Uluabat Gölü Türkiye'deki 9 Ramsar Alanından biri olması ve uluslar arası çaptaki önemine rağmen göl önemli ölçüde çevresel tehdit altındadır. Sahip olduğu Ramsar statüsü, göldeki biyoçeşitliliği sürdürebilecek kanuni bir koruma sağlayamamaktadır. Bu nedenle Çevre Bakanlığı ve Doğal Hayatı Koruma Derneği, Uluabat Gölü'nde Ramsar prensiplerine uygun bir yönetim sağlayacak, entegre bir yönetim planı hazırlamak amacıyla 'Uluabat Gölü Entegre Yönetim Projesi' adı altında bir proje başlatmışlardır. Bu proje kapsamında ilk aşamada yönetim planı için gerekli verilerin (göle ilişkin genel bilgiler; fiziksel, ekolojik, sosyo-ekonomik bilgilerin) temin edilmesi, projenin ikinci aşamasında toplanan veriler değerlendirilerek, gölün yönetimi için ideal hedefler, faaliyet hedefleri ve faaliyetlerin belirlenmesi amaçlanmıştır (Akdeniz 2005).

Bu çalışmalar sonunda, gölü kirleten ve göldeki doğal yaşamı olumsuz olarak etkileyen bu etmenleri ortadan kaldırmak için bazı önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu önlemlerden bazıları;

- Uluabat Gölü havzasında bulunan ve göle su getiren akarsulara kanalizasyonlarını deşarj eden Mustafa Kemalpaşa, Orhaneli, Harmancık ve Akçalar gibi yerleşim yerlerinin atık suları için toplu arıtma tesisleri kurulması,
- Göldeki adalar ve göl çevresinin imara açılmaması,
- Göl çevresinde gölü kirletecek tesislerin yapılmasına izin verilmemesi,
- Göle en fazla miktarda suyu getiren Mustafakemalpaşa Çayı'nın akış havzasındaki, tamamına yakını kamuya ait sanayi kuruluşlarında arıtma tesisleri kurulması ve çay suyunun kirletilmesine izin verilmemesi,
- Gölde aşırı avlanmanın önlenmesi,
- Göldeki ötrofikasyonu azaltacak teknik önlemlerin alınması,

- Bölgede erozyonu hızlandıran ve gölün sedimantasyonla dolmasını çabuklaştıran, tarım topraklarının başka amaçlarla kullanılmasının yok edilmesi gibi faaliyetlere izin verilmemesi,
- Göl suyu ile sulanan tarım alanlarında kimyasal gübre kullanımının sınırlandırılması, tarım ilaçlarının kullanımının denetim altına alınması ve göle geri dönen sulama suyunun zararlı maddelerden temizlenmesine yönelik teknik alt yapı sağlanmasıdır (Akdeniz 2005).

2.7. Literatür Araştırması

Ağır metal ve iz elementlerin bazıları (Hg, Pb, Cd, Ni, As, Sn gibi) insanlar ve diğer organizmalar için oldukça toksiktir ve yüzeysel sularda yüksek konsantrasyonlarda bulunması istenmez. Bununla birlikte Zn, Fe, Cu, Co ve Mo gibi elementler, canlılar için yararlıdırlar. Ancak bu elementlerin aşırı miktarlarda bulunmaları bitkiler, hayvanlar ve insanlar için zararlı etkilere neden olmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, ağır metallerin ve bazı iz elementlerin yüzeysel sularda, su ve sediment konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır,

Seng ve ark. (1995), Penang Nehri'nde ve nehre dökülen su kaynaklarında Zn, Cu, Pb ve Ni konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Nehrin dar kesimlerine gidildikçe sedimentteki ağır metal seviyelerinde önemli artışlar olduğunu kaydetmişlerdir. Nehirde bulunan ve nehre giren su kaynaklarındaki kirliliğin antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Abdel-Baky ve ark. (1998), Mısır'ın Manzala Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sediment örneklerinde ağır metal seviyelerini ve bazı kimyasal parametreleri incelemişlerdir. Sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir. Su ve sedimentte ağır metal konsantrasyon düzeyini sırasıyla Zn>Pb>Cd>Cu ve Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde sıralamışlardır. Çalışmada, metal konsantrasyonlarının istasyonlar arası önemli bir değişikliği olmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Karapire (1998), Gediz Nehri sedimentinde bazı ağır metalleri tayin etmiş ve metal derişimlerinin Gediz havzasının sanayi bölgelerinde yüksek olduğunu saptamıştır. Tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin yer aldığı yoğun yerleşim alanlarında kurşun, krom, mangan ve bakır derişimlerinin önemli boyut kazandığını bildirmiştir.

Wang ve Chen 2000 yılında Doğu Çin’de bulunan başlıca akarsularda yapmış oldukları çalışmada sediment özelliklerini belirleyen bazı parametreleri incelemiştir. Bu parametreler, granül büyüklüğü dağılımı, alüminyum, toplam organik karbon, yüzey alanı, yüzey yoğunluğu, demir, mangan ve hidroksitleridir. Sedimentin özellikleri ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişki 26 adet sediment örneğinde, Kendall Rank ve Partial Rank yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. İz metallerin kil mineralleri, demir, mangan hidroksitleri ile TOC arasında kuvvetli bir korelasyon bulunmuştur. Kil miktarı sabit tutulduğunda Cd, Cu, Pb, Zn metalleri ile FeOOH ve TOC içeriklerinin korelasyonları yüksek olduğu görülmüştür. İz metal konsantrasyonları ile alüminyum içerikleri arasında kuvvetli ilişki bulunmuştur. Bunun sebebi çalışmada kullanılan sedimentin nehrin kirlenmemiş kısımlarından alınmış olmasıdır. Sedimentteki alüminyum içeriği bölgesel jeokimyasal proseslerin iyi bir göstergesidir. Yapılan istatistiksel çalışmada, kirlenmemiş sedimentlerin bölgenin jeokimyasal özelliklerini yansıttığı, demir, mangan oksitler ve organik maddeler gibi aktif sorbentlere göre daha etkili olduğu görülmüştür. Aktif sorbentlerin etkisinin metallerle kirlenmiş bölgelerde arttığı görülmüştür. Aynı sedimentler ile yapılan laboratuvar denemelerinde Cd, Cu, Pb ve Zn’nun sedimentteki sorpsiyonunun Al yerine FeOOH, MnOOH ve TOC ile olduğu görülmüştür.

Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü’nden aldıkları su, sediment ve bazı balık türlerinde Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn düzeylerini incelemiştir. Balık örneklerinin farklı dokularında sadece Cu, Fe, Mn, ve Zn konsantrasyonlarını ölçebilmişler, diğer metallerin konsantrasyonlarını tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Su ve sediment örneklerinde ise balık örneklerinden farklı olarak Ni değerlerini de tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Sonuç olarak Atatürk Baraj Gölü’nde çalışılan dönemde ciddi bir kirliliğin olmadığını, ancak

önlemlerin alınmaması durumunda kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşabileceğini bildirmişlerdir.

Rubio ve ark. (2000), kuzey batı İspanya'daki Rio de Vigo kıyılarından aldıkları 66 sediment örneğinde majör ve iz elementlerin analizini yapmışlardır. Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Co konsantrasyonlarını sırasıyla 10,85; 188; 99,08; 36,16; 160,1; 546; 23,04 ppm olarak Fe ve Mn değerlerini ise ölçülebilir limitlerin altında bulmuşlardır. Ria'nın güney bölgeleri ile iç kısımlarında kirliliğin yüksek olduğunu saptamışlardır.

Cataldo ve ark. (2001), Arjantin'de yaptıkları çalışmada Parana Deltası'nın aşağısında 4 bölgeden toplanan su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Suda; Cr 3,16-4,97, Zn 72,70-146, Cu 3,48-3,87, Ni <5,50, Pb <6,50, Cd <1,40 µg/l olarak bulunmuşlar. Sedimentte ise; Cr için 66-136, Zn için 53-75 Cu için 13-22, Ni için 10-17, Pb için 8-25 µg/g (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır.

Kirby ve ark. (2001), Avustralya'nın Macquarie Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte Se, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir, sırasıyla 0,90-5,60; 0,62-2,1; 15-36 ve 108-152 µg/g (kuru ağırlık) olarak saptamışlardır.

Rashed (2001), Mısır'ın Nasser Gölü'nde yaptığı çalışmada su bitkileri, su ve sedimentte ağır metal birikimlerini incelemişlerdir. Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla suda 185, 240, 220, 1420, 186, 145, 1852, 230 µg/l, sedimentte 89,5; 79; 109; 51500; 1000; 122; 455; 143 µg/g (yaş ağırlık) olarak bulmuştur.

Akçay ve ark. (2003), Büyük Menderes ve Gediz nehirlerinde yaptıkları çalışmada su örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerinin yaz ve kış mevsiminde birikimini incelemişlerdir. Büyük Menderes Nehri'nde yazın Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0,005; 0,011; 0,012; 0,65 (%); 0,090; 0,010; 0,022; 0,056 ve kış mevsiminde 0,010; 0,013; 0,010; 0,58 (%); 0,098; 0,009; 0,020; 0,053 mg/l (Fe değeri%, diğerleri mg/l) olduğunu bildirmişlerdir. Gediz Nehri'nde ise yazın Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0,007;

0,020; 0,013; 1,20 (%); 0,053; 0,013; 0,048; 0,080 ve kısım 0,011; 0,028; 0,011; 1,10 (%); 0,050; 0,011; 0,040; 0,076 mg/l (Fe %, diğerleri mg/l) olduğunu bildirmişlerdir.

An ve Kampbell (2003), Oklahoma ve Teksas sınırındaki Texoma Gölü'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde 1999-2001 yılları arasında metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışmalarında suda, Cd 0,020; Co <0,002; Cr 0,004; Cu 0,024; Fe 0,119; Mn 0,007; Ni 0,005; Pb <0,015 ve Zn 0,059 mg/l, sedimentte ise, Cd 2; Co 9; Cr 30; Cu 38; Fe 19393; Mn 377; Ni 17; Pb 10 ve Zn 89 µg/g (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır.

Cheng (2003), ağır metallerin akuatik ortamlarda her geçen gün arttığını ve insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit ettiğini bildirmiştir. Bu çalışmada ağır metal kirleticilerinin kaynağı, dağılımı ve elde edilebilir bilgilerle bu kirliliğin kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Yanktze Nehri'nden aldığı su örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla, 0,080; 7,91; 15,7 ve 18,7 µg/l olarak belirlemiştir. Ağır metallerin sucul ortamlara ulaşmasında en büyük etkenin insan aktiviteleri, endüstriyel ve katı atıklar olduğunu bildirmiştir.

Turgut (2003), 2000-2002 yılları arasında Küçük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada yüzey sularında pestisit ve ağır metal kirliliğini incelemiştir. 2002 yılı ağır metal sonuçları incelendiğinde Cd; 0,81, Pb; 0,59, Cr; 0,093, Ni; 2,27, Cu; 13,1 ve Zn; 249,17 µg/l olarak bulunduğu görülmüştür.

Türkmen (2003), İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli taş istiridyesindeki ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) birikimlerini incelemiştir. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonlarını Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg/l olarak bulmuştur.

Audry ve ark. (2004), Fransa'nın Lot Nehri havzasının 3 farklı bölgesinden aldıkları sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Ortalama sonuçları Cu için 97,7-26,9, Zn için 134-4430, Cd için 0,81-125, Pb için 43,6-523 µg/g kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Landajo ve ark. (2004), kuzey İspanya'daki çalışmalarında Bilbao nehir koyundan aldıkları sediment örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikimlerinin mevsimsel karşılaştırmasını yapmışlardır. Tüm örnekleri nehrin 3 farklı kolundan toplamışlardır. Yaptıkları çalışmada Cd için 1,2-381,4, Cr için 51-1650, Cu için 53-1290, Fe için 14190-86560, Mn için 123-1011, Ni için 29-1270, Pb için 60-4570 ve Zn için 320-11570 $\mu\text{g/g}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır. En yüksek konsantrasyonların yaz aylarında, en düşük konsantrasyonların ise kış aylarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Stead-Dexter ve Ward (2004), İngiltere'de Surrey'in kuzey batısındaki M3 otobanının yakınlarındaki göllerden aldıkları su ve sediment örneklerinde Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb metallerinin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Sonuçları sırası ile su için 57,1; 19,1; 71,6; 6,33 ve 17,67 $\mu\text{g/l}$, sediment için ise 43,8; 29,1; 221; 0,23 ve 35,2 $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Nguyen ve ark. (2005), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Sudaki Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb konsantrasyonlarını sırasıyla 0,064; 0,65; 0,46; 0,97; 0,002; 0,04 $\mu\text{g/l}$ ve sedimentteki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb konsantrasyonlarını sırasıyla 5,7-66; 160-760; 1,7-17; 4,4-55; 0,7-36; 13-150; 0,1-0,7; 2,4-160 $\mu\text{g/g}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır.

Okonkwo ve Mothiba (2005), Güney Afrika'da 3 nehirde yaptıkları çalışmada su örneklerinde kış ve yaz mevsimlerindeki ağır metal düzeylerini karşılaştırmışlardır. Cd, Cu, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla kışın 5,8; 2,7; 16,03; 2,3 $\mu\text{g/l}$ ve yazın 3,2; 2,3; 11,37; 1,5 $\mu\text{g/l}$ olarak bulmuşlardır. Metal konsantrasyonlarının kış döneminde yaz döneminden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebini kışın nehirlere karışan yağmur sularına bağlamışlardır. Her iki dönemde de 3 nehirden alınan su örneklerinde Pb konsantrasyonunu diğer metallerden yüksek bulmuşlardır.

Singh ve ark. (2005), Hindistan'daki Ganges Nehri'nin kolu olan Gomti Nehri'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının

dağılımını incelemişlerdir. Su örneklerinde Cd ve Cu konsantrasyonları ölçülebilir limitlerin altında, Cr için 0,0013-0,0057; Fe için 0,034-0,117; Mn için 0,0013-0,0053; Ni için 0,009-0,017; Pb için 0,019-0,039 ve Zn için 0,011-0,032 mg/l konsantrasyonlarını, sedimentte ise Cd için 0,34-8,38; Cr için 2,22-19,13; Cu için 0-35,03; Fe için 1606-3142; Mn için 82,6-263,1; Ni için 6,5-29,8; Pb için 6,3-75,3 ve Zn için 3,1-101,7 µg/g (kuru ağırlık) konsantrasyonlarını bulmuşlardır. Sedimentteki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ortalamalarını sırasıyla 2,42; 8,15; 5,0; 2660,9; 148,13; 15,17; 40,33 ve 41,67 µg/g olarak saptamışlardır. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının nehir suyundakinden oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Ikem ve ark. (2003), Tuskegee Gölü su, sediment ve balık örneklerinde iz element tayini yapmışlardır. Suda ortalama olarak Fe 0,31; Mn 0,083; Cu 0,0012; Zn 0,0056; Cr 0,001; Pb 0,0004; As 0,0006 ppm olarak ölçülmüştür. Sedimentte ise Cd 0,56; Cr 10,36; Cu 6,84; Fe 3011,2; Mn 53,43; Ni 8,94; Pb 14,84 ve Zn 8,72 ppm olduğu tespit edilmiştir. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının sudakinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Duman ve ark. (2007), Sapanca Gölü sedimentinde ağır metallerin mevsimsel değişimlerini incelemişlerdir. Göl içerisinde 9 farklı örnek alma noktası tespit edilmiş ve bu noktalardan her 3 ayda bir örnekler toplanıp mevsimsel ve yıllık ortalama konsantrasyonları belirlenmiştir. Mevsimsel en yüksek ağır metal konsantrasyonları sırasıyla, Cr, Cu, Mn, Ni ve Zn yazın, Cd sonbaharda yüksek olduğu gözlenmiştir. Pb, Cr ve Cd metallerinin mevsimsel değişim göstermediği görülmüştür.

Cuong ve ark. (2008) yaptığı çalışmada, suyun 50-100 µm'lik en üst tabakasının, yüzey suyunun daha alttaki tabakalarına göre ağır metal açısından çok daha zengin olduğu bulunmuştur. Mikro tabakada bulunan ağır metallerin özellikle partikül formda olduğu, atmosferik çökeltme ve su kolonunda meydana gelen su kabarcıklarının etkisiyle (Flotasyon) yüzeyde biriktiği bulunmuştur. Ancak deniz ortamında yapılan bu çalışmada, farklı bölgelerde hidrodinamik özelliklerin farklı olması sebebi ile ağır metal konsantrasyonlarının farklı olduğu gözlenmiştir.

Uysal ve ark. (2008) Beymelek Lagün'ünde yaşayan balıklar üzerinde yapmış olduğu çalışmada, homojenize edilmiş kas ve solungaç numunelerinden 0,5 g (ıslak ağırlık) alınarak 7 ml HNO₃ ve 1 ml H₂O₂ kullanılarak mikrodalga metodu ile parçalanmıştır. Son hacim, 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bakır elementi hariç diğer tüm metal konsantrasyonları, kas dokularında solungaca göre çok daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebinin balık dokularındaki metal birikiminin doku veya organın fizyolojik rolüne bağlı olduğu bilinmektedir.

Yiğiterhan ve Murray (2008), Danube Nehri ile Karadeniz'e dökülen Sakarya, Yenice, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinde partikül maddedeki ve sedimentindeki ağır metal içeriğini incelemişlerdir. Sakarya ve Yenice nehirlerinin ölçülen tüm elementler arasında en yüksek ağır metal konsantrasyonuna sahip olduklarını görmüşlerdir. Bunun nedeni bu iki nehrin oldukça yüksek partikül madde konsantrasyonuna sahip olmalarıdır.

Uluabat Gölü'nde ise günümüze kadar yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir;

Özsoy (2007), MKP Havzası'nda erozyon ve buna bağlı olarak açığa çıkan sediment yükü miktarını ve konumsal dağılımını YETKE(Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği) modeli ile belirlemiştir. MKP Havzası'nda YETKE/CBS modeli ile belirlenen toplam potansiyel toprak kaybı 11.296.061,75 ton yıl⁻¹, ortalama toprak kaybı ise 11,18 ton ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar MKP Havzası'nda, CBS ile bütünleştirilmiş YETKE modeli ile potansiyel erozyon riskinin etkin ve kolay bir biçimde tahmin edilebildiğini göstermiştir.

Aksoy ve ark. (1997), 1984 ve 1993 yıllarına ait Landsat-5 TM sayısal uydu verileri ve Coğrafik Bilgi Sistem tekniklerini kullanarak Bursa ili doğal kaynaklarının olumsuz değişimlerini belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda Uluabat Gölü alanının 1984 yılında 133,1 km² iken, çevresindeki tarım arazilerinin drenaj sularının, yan derelerin ve özellikle Mustafakemalpaşa Çayının getirdiği sedimentlerle dolması sonucu % 10 oranında küçülerek 1993 yılında 120,0 km² olduğunu belirtmişlerdir.

Doğal Hayatı Koruma Derneği, Uluabat Gölü'nde türeyen bütün kuş türlerinin toplam sayılarının tahminini, bütün kuş türlerinin üreme alanlarının dağılımını gösteren haritaları, yapılan kuş gözlemlerinin tam listesini, başlıca vejetasyon tiplerinin dağılımını gösteren haritaları oluşturmuştur. Ayrıca Uluabat Gölünde ve gölün Ramsar alanı sınırları içerisinde kalan çevresinde üreyen kuşları ve bitki örtüsünü araştırmışlardır (Anonim 1998b).

Salihoglu (2004), 'Çevre Yönetiminde Ekolojik Risk Değerlendirmesi ve Uluabat Ramsar Alanı İçin Problem Formülasyonu' adlı çalışmasında Uluabat Gölü Ramsar alanı için yönetim hedeflerini oluşturmuş, risk altındaki ekosistemin karakterizasyonunu, göl üzerindeki ekolojik etkileri, baskı unsurlarını ve değerlendirme uç noktalarını belirlemiş ve bunlardan yola çıkarak Uluabat Gölü kavramsal modelini geliştirmiştir.

Karacaoğlu (2000), 'Uluabat Gölü'nün (Bursa) Fitoplanktonunun Mevsimsel Değişimi' adlı yüksek lisans tez çalışmasında Temmuz 1998-Haziran 1999 tarihleri arasında göldeki fitoplanktonların mevsimsel değerişimlerini, kompozisyonunu, popülasyon yoğunluklarını ve türlerin bolluk derecelerini incelemiştir. Ayrıca göl suyunda yapılan fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda; pH 8,46, SD 84,8 cm, EC 446,4 µs/cm, TDS 405 mg/l, ÇO 8,026 mg/l, BOİ₅ 3,952 mg/l, NO₃-N 1,036 mg/l, PO₄-P 0,0178 mg/l, SO₄ 89 mg/l, klorofil-a 11,456 mg/m³, toplam alkalinite 142,8 mgCaCO₃/l olarak bulunmuştur.

Telli (2000), 'Uluabat Gölü Yüzey Sularının Kirliliğinin İncelenmesi' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, gölün mevcut durumunu ortaya koymuş ve göl suyunun çeşitli fiziksel, kimyasal parametrelerini incelemiştir. Analiz sonuçlarını şu şekilde belirtmiştir; pH 7,577, klorür 41,43 mg/l, sülfat 61,63 mg/l, nitrit 0,072 mg/l, nitrat 6,536 mg/l, fosfor 1,91 mg/l, toplam sertlik 379,2, magnezyum 55,16 mg/l, kalsiyum 54,86 mg/l.

Aksoy ve Özsoy (2002), 1984, 1993 ve 1997 yıllarına ait Landsat-5 TM sayısal uydu verileri ve fotoğrafları ile topografik haritaları kullanarak Uluabat Göl alanının 116,8 km² olduğunu belirlemişlerdir.

Şentürk ve ark. (2004), Orhaneli, Emet ve Mustafakemal Paşa Çaylarının Uluabat Gölü'ne etkilerini belirlemek için, Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çaylarında belirledikleri 12 istasyondan Kasım 2000-Temmuz 2001 tarihleri arasında mevsimsel olarak 60 örnekleme yapmışlardır. Bu örneklerin her birinde 27'şer adet fiziksel ve kimyasal analiz gerçekleştirmişlerdir. Bunlardan sıcaklık, pH, nitrat, nitrit, amonyum, fosfat, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı ve bor değerlerini kullanarak kıta içi su kaynaklarının kalite kriterlerine göre istasyonların su kalite sınıflarını belirlemişlerdir. Her üç çayda da, sıcaklık, pH ve nitrat değerlerine göre tüm istasyonları I. Sınıf su kalitesinde tespit etmişler ve diğer kimyasal analiz sonuçlarına göre su kalitesinin I. Sınıf ve IV. Sınıf arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Orhaneli, Emet, Mustafakemalpaşa Çaylarının mansap kısımlarında bulunan istasyonlardan Uluabat gölüne katılan bazı kimyasal parametrelerin miktarlarını ton/yıl olarak ön plana çıkarmışlar. En dikkat çekici parametre olarak askıda katı madde miktarını ve Mustafakemalpaşa çayının Ayazköy istasyonundan 16802 ton/yıl askıda madde girdisi olduğunu belirtmişlerdir.

Barlas ve ark. (2005) Uluabat Gölü su ve sedimentinde ağır metal içeriğini araştırmışlardır. Kasım 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında gölde belirledikleri 6 istasyondan iki ayda bir numuneler alarak incelemeler yapmışlardır. Çalışmalarında, toksik metallerin birçok fiziksel prosesi ve biyokimyasal parametreleri değiştirebildiğini, parçalanamama özelliklerinin olması bu metallerin besin zinciri yoluyla tüm canlılara ulaşmasına ve kirliliğin kaynağından çok farklı noktalara kadar taşınmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonu su örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Sedimentteki yüksek Pb, Cd, Zn ve Fe konsantrasyonları, göl etrafında gölü kirleten faaliyetlerin gerçekleştiğini göstermektedir. Su ve sediment örneklerinde Pb ve Zn konsantrasyonları özellikle Ağustos ve Ekim aylarında müsaade edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Suda en yüksek Pb konsantrasyonu Şubat 2002 de 0,04 µg/l, sedimentte ise Mayıs 2002 de

2,39 $\mu\text{g/g}$ olarak ölçülmüştür. Sedimentte en yüksek çinko konsantrasyonu 8,36 $\mu\text{g/g}$ olarak Eylül 2002 de ölçülmüştür. Sedimentteki kurşun (Pb) konsantrasyonunun daima kadmiyum (Cd) dan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çünkü sedimentteki Cd, karbonat fraksiyonları ile birleşmiştir ve çözünebilir, Pb ise Fe-Mn oksit fraksiyonları ile birleşmiştir, bu nedenle sedimentte daha yüksek oranda bulunur. Cd, Co, Cr ve Cu' ın belirlenen limitlerin altında olduğu görülmüştür. Ayrıca ağır metal konsantrasyonunun pH, sıcaklık ve çözünmüş oksijen konsantrasyonlarından etkilendiği söylenmiştir. Çalışmada göl sedimentinde ortalama olarak şu değerleri ölçmüşlerdir, Cu 0,75 $\mu\text{g/g}$, Zn 3,89 $\mu\text{g/g}$, Cr 2,95 $\mu\text{g/g}$, Pb 1,42 $\mu\text{g/g}$ ve Cd 0,078 $\mu\text{g/g}$ ' dir.

Dalkıran ve ark. (2006), Uluabat Gölü'nün mevcut durumu ve gölde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri incelemişlerdir. Bunun için göl içerisinde tespit ettikleri 10 istasyondan Temmuz 1998-Haziran 1999 tarihleri arasında her ay aldıkları su numunelerinde çeşitli analizler yapmışlar ve göl ortalaması olarak şu sonuçları elde etmişlerdir, su derinliği 3,31 m, seki derinliği 85,11 cm, klorofil-a 11,31 mg/m^3 , toplam fosfor 2,07 mg/l , nitrat 0,99 mg/l , pH 8,42, çözünmüş oksijen 7,73 mg/l , sıcaklık 18,37 $^{\circ}\text{C}$, BOI_5 4,31 mg/l ' dir. Sonuç olarak Uluabat Gölü nutrient kompozisyonunu etkileyen en önemli parametrelerin alkalinite, pH ve çözünmüş oksijen olduğunu tespit etmişlerdir.

Kökmen ve ark. (2007), Uluabat Gölü'nde yaşayan zoobentik canlıları ve bunların çevresel değişimlerle olan ilişkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarında su ve sediment kalitesi araştırılmış ve şu sonuçlara varmışlardır; su kalitesi parametreleri Türk standartları ile karşılaştırılmış ve Uluabat Gölü'nün genellikle organik kirleticiler ile kirlendiği anlaşılmıştır. Eski çalışmalarda göldeki ağır metal kirliliğinin, WHO tarafından belirlenen içme suyu standartlarından düşük olduğu tespit edilmiştir. Fakat günümüzde yapılan çalışmalar, özellikle kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarının sediment örneklerinde oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Uluabat Gölü sedimentinde yüksek orandaki Pb, Cd, Zn ve Fe, göl etrafında gölü kirleten aktivitelerin gerçekleştiğini yansıtmaktadır. Sonuç olarak, nutrientler tüm su yaşamı için oldukça önemlidir. Tüm akuatik canlılar hayatta kalabilmek için sınırlı miktarda bu nutrientlere ihtiyaç duyarlar. Ancak, Uluabat dahil birçok gölde görüldüğü gibi tarımsal faaliyetler,

evsel ve endüstriyel atık sular göllerde aşırı nutrient girişine dolayısıyla o ortamlarda ötrofikasyona neden olmaktadır.

Filik ve ark. (2007) 2004-2005 yılları arası Uluabat Gölü'nde belirledikleri 12 noktadan her ay numuneler alarak yüzeysel su kalitesini istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, gölün, nehirlerle taşınan kanalizasyon suları, kentsel atık sular ve tarımsal sulama sularına maruz kaldığını, Mustafakemal Paşa Çayının göle yüksek konsantrasyon da koliform, nitrat ve fosfat girmesine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmaları sonucunda ortalama olarak şu verileri elde etmişlerdir; çözünmüş oksijen 7,99 mg/l, pH 8,4, KOI 52,6 mg/l, BOI 9,78 mg/l, nitrat 0,99 mg/l ve toplam fosfor 0,42 mg/l dir.

Elmacı ve ark. (2007) Uluabat Gölü'nde su, sediment ve plankton örnekleri olarak ağır metal değerlendirmesi yapmışlardır. Şubat 2003-Ocak 2004 tarihleri arasında göl içerisinde belirledikleri beş istasyondan her ay numuneler alarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ağır metal ölçümleri atomik adsorbsiyon spektrofotometresi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada şu sonuçlar belirlenmiştir, suda, Cd 0,04 mg/l, Cu 0,141 mg/l, Pb 0,025 mg/l, Zn 0,13 mg/l, Cr 0,021 mg/l, B 0,9592 mg/l, As 0,045 mg/l, sedimentte ise Cu 0,012 mg/g, Pb 0,013 mg/g, Cr 0,009 mg/g, Cd 0,002 mg/g, Ni 0,008 mg/g ve Zn 0,001 mg/g olarak ölçülmüştür. En önemli kirletici kaynağın Akçalar deresi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada Cu, Pb, Cr, Cd, Ni ve Zn konsantrasyonlarının limit değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

Yapılan tez çalışması ile Uluabat Gölü'nde suda ve sedimentte ağır metal kirliliğini güncellemek ve su kalitesini ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarabilmek hedeflenmiştir.

2.8. Sediment Tanımı, Yapısı ve Kirleticileri

Sediment, genel olarak karasal ortamın aşınarak nehirle göl veya deniz ortamına taşınması ve askıda katı taneciklerin dipteki birikimi sonucu oluşur (Burton 2002). Bir başka anlamıyla doğal sularda değişen miktarlarda birikinti materyallerinin yığılması, dip çamurunun oluşması anlamına gelmektedir. Sucul sistemlerde değişik karakterli

materyalleri bünyesine alan sedimentler, coğrafi ve doğal sebeplerden oluşan erozyonla, su içindeki ölü alglerin, organik ve inorganik maddelerin, dip kısma çökerek birikmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Bakan 2000).

Göllere, çökme genellikle karasal kökenli inorganik maddelerle başlar. Biyolojik üretim arttıkça organik kalıntılar oluşur, çökler ve dip çamurundaki inorganik maddelerle birleşir. Bunlarla birlikte insan eliyle oluşturulan maddeler de dip çamurunda birikebilir. Bunlardan pestisitler, metaller, eser elementler gibi bazı maddeler göl sistemlerinde ekolojik problemler oluşturabilirler (Türkman 1987). Göl dibinde biriken maddelerin miktarı, kalitesi, oranı mevsim ve iklime göre değişir. İlkbahar yağışları ve eriyen kar suları nehirlerin taşıma kapasitesini artırır. Bu durumda göl dibinde fazla miktarda madde birikir. Göl havzasına gelen kaba maddeler hemen dibe oturur. Daha inceler ise bir süre askıda kalır. Göl kışın donduğu zaman veya kurak mevsimlerde gölde dalga ve akıntılar az olduğundan askıda maddeler de dibe çökerek ilkbahar ve yazın biriken maddelerin üzerini örter (Tanyolaç 1993).

Uluabat Gölü Havzası'nda sediment yükünün oluşumuna neden olan erozyon süreçlerini kontrol eden doğal etkilerin başında litolojik özellikler, bitki örtüsü, eğim ve yağış şiddeti gelmektedir. Havzanın önemli bir kısmı, gevşek tutturulmuş, kırıntılılardan oluşan litoloji ile kaplı durumdadır. Litolojik olarak ayrışmaya, bozunmaya ve aşınmaya karşı duyarlı olan bu tür malzeme özellikle eğimin yüksek olduğu kesimlerde erozyonu arttırıcı bir etkiye sahiptir. Doğal nedenler ile oluşan erozyonu insan kaynaklı faaliyetler de etkilemektedir. Bu etkilerin başlıcaları, doğal bitki örtüsü olan ormanların yok edilerek arazinin büyük bir kısmının tarıma açılması, havzada bulunan bor ve linyit işletmelerinin geniş alanlarda kazılar yaparak gerek kazı sırasında neden oldukları toprak kaybı gerekse dekapaj malzemesinin (gevşetilmiş-kolayca erozyona uğrayabilecek hale gelmiş doğal malzeme) havza içinde ve akarsu yataklarına yakın veya yatak içinde biriktirilmesi ve Mustafakemalpaşa Çayı yatağındaki iyileştirme amacıyla yapılan çalışmalardır (Sulak Alanların Yönetimi Projesi 2002).

Uluabat Gölü Kuvaterner'in son 10 000 yıllık bir dönemini kapsayan Holosen dönemi başlarında Marmara Denizi seviyesinin yükselmesiyle akarsu ağzlarında meydana gelen depolamaya bağlı olarak gerçekleşen seddelemeyle ortaya çıkmış çok

genç bir göldür. Göl derinliği genel olarak 1,5 m civarındadır ve en derin yerinde bu derinlik 2,5 m yi bulmaktadır. Gölün oluşumu ve göl içindeki adaların konumu nedeniyle engebeli bir tabana sahip olan gölde taban sedimanlarının tane boyu dağılımının da homojen olmadığı söylenebilir. Uluabat Gölü Havzasını oluşturan Mustafa Kemal Paşa Çayı Havzası, erozyon ve sediment taşınımı açısından oldukça önemlidir. Özellikle Orhaneli ve Emet Çayları göle yüksek miktarlarda sediment taşımakta ve su kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir (Sulak Alanların Yönetimi Projesi 2002).

Kıyasal sedimentlerin, insanların aktivitelerinin bir sonucu olarak kirlendiği bilinmektedir. Özellikle, noktasal, kentsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen kirleticiler, su kütlelerine geçebilir ve buradan da askıdaki maddeler üzerine absorbe olarak dağılma nedeniyle dip sedimentte birikebilirler (Bakan 2000). Kontamine sedimentler, direk toksisite yoluyla ve ayrıca besin zincirinde biyoakümülyasyon yoluyla akuatik yaşama, vahşi yaşama ve insan sağlığına tehlike sunarlar. Bu sedimentlerin çoğu, yıllar önce kullanımı sınırlandırılmış veya yasaklanmış çeşitli kimyasallarla (örneğin DDT, PCB ve cıva gibi) kirletilmiştir. Evsel ve endüstriyel deşarjlardan yüzey sularına ulaşan diğer toksik kimyasallar ise, yerleşim alanları ile tarımsal alanları kirletir ve sedimentte de çevresel olarak tehlikeli seviyelerde birikmeye devam ederler. Burada ki, organik ve inorganik maddelerin artmasıyla, bentik organizmalarla da birleşerek ters yönde etki yaparlar (Bakan 2003).

Sedimentte depolanan, partikül halindeki organik ve inorganik materyallerdir. Çoğu askıdaki ve çözünmüş materyaller, hidrofobik organik kimyasallarla birleşerek dibe çökerler ve sedimentte birikebilirler. Dip sedimentlerde biriken kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zincirinde depolanabilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilirler (Bakan 2000).

Sediment kaynakları iç ve dış kaynak olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Dış kaynaklar göl ve su canlıları dışında meydana gelen materyaller olarak ifade edilmektedir (su ve hava yoluyla gelen materyaller gibi). Örneğin; toprak ve kil partiküllerinin erozyonla göle girmesi, ağaçlardan polen taneciklerinin ya da duman

bacalarından kirleticilerin göle girmesi de dış kaynaklar olarak düşünülebilir. İç kaynakların materyalleri su canlılarının kendileri tarafından meydana gelir. Alg veya akuatik hayvan ölümleri, akuatik makrofit bitki kalıntıları, göl havzası içerisinde meydana gelen proseslerde oluşan kimyasal tortular örnek verilebilir (Smol 2002).

Sediment kirleticileri ya direk etkilerle veya sürdürülebilir popülasyonların ihtiyacı olan besin zincirlerini etkileyerek rekreasyonel, genel veya ekolojik önemi olan türleri elimine edebilirler veya azaltırlar. Bunun da ötesinde, bazı kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zinciri boyunca biyoakümüle olabilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilir. Sedimentte yaşamakta olan organizmalar direk kendileri etkilenmese bile vahşi yaşamı etkiler ve tüketicilerini sağlık riskine maruz bırakırlar (Bakan ve ark. 2003).

Bir gölde çözülmüş anorganik fosfor bileşikleri, fotosentezin meydana geldiği üst tabakalarda ototrof üreticiler tarafından alınır, organik olarak bağlanarak besin zincirine dahil edilirler. Partiküler şekilde bağlanan bu fosfatın bir kısmı ölen organizmalar ile çökelirken sedimentte depolanır. Göl sedimentlerinin içerdiği fosfor miktarının büyük oranda sedimentin yapısına bağlı olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Fosforun sedimentte depolanmasına ve uygun şartlar altında tekrar serbest bırakılmasına neden olan adsorbsiyon yeteneği de büyük ölçüde sedimentin mineral yapısına ve partikül büyüklüğüne bağlı olup kil içeriği ile paralel artış göstermektedir (Topkaya 1992). Ayrıca, doğal ve insan kaynaklı müdahaleler kirleticilerin, sediment üzerindeki suya geçişine neden olup, buradan su kolonundaki organizmalara geçişini sağlar (Bakan 2003).

Ağır metaller suda genelde düşük seviyelerde bulunurken sediment ve biotada düşündürücü konsantrasyonlara ulaşmaktadırlar (Namminga 1976).

İz elementler partiküllerin kimyasal reaksiyonları sebebiyle sedimentte birikime neden olurlar. Başlıca kaynaklarının uzaklara taşınmasıyla çevrede kalıcı sonuçlar doğururlar. Doğal prosesler (coğrafik hava şartları ve biyolojik ayrışma) kıyı çevrelerine iz metaller ekler, bazen bu durumu insan aktiviteleri (evsel ve endüstriyel

kanalizasyon deşarjları, katı atık depolama tesisleri, gemi ve bot aktiviteleri gibi) de yapar (Park ve Presley 1997).

Tatlı su sedimentleri antropojenik kaynaklardan yayılan iz elementler için son noktadır. Tatlı su ekosistemlerinin bazılarında, iz metaller içeren antropojenik kirleticiler sadece atmosferik çökelmeyle alınmaktadır ve sonra depolanmaktadır, daha sonra da sistem içerisinde yeniden dağılım göstermektedir. Akuatik sistemdeki su, biota ve sedimentlerin içerisinde metallerin dağılımı, metallerin ilgisinin fonksiyonudur ve bu durum sistemdeki kirlilik durumunu açıklar (Yang 2002).

2.9. İncelenen Ağır Metaller ve Özellikleri

Evsel ve endüstriyel atık sular, yağmur suları, deponi sızıntı suları, atmosferik çökelmeler, jeokimyasal yapı, erozyon ve metal madenciliği sucul çevredeki ağır metal kirliliğinin potansiyel kaynaklarını oluşturmaktadır. Bazı çevresel şartlarda ağır metaller toksik konsantrasyonlara kadar birikim gösterebilmekte sucul ekosistemdeki canlıları etkileyerek ekolojik hasara neden olabilmektedir (Karadede ve Ünlü 2000, An ve Campbell 2003). Ağır metal kirliliğinin sucul organizmalar üzerinde gösterdiği direkt etki, besin zinciri yoluyla dolaylı olarak insanlara kadar ulaşmaktadır. Bu nedenle Uluabat Gölü çevresindeki tarımsal ve endüstriyel gelişmeye bağlı olarak meydana gelebilecek potansiyel ağır metal kirliliğinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Ağır metallerin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sucul ortamdaki konsantrasyonları ile sucul canlılardaki biyolojik birikim ve artışları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteyi, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir (Ikem 2005, Türkmen 2003).

Metallerin bazıları (Hg, Pb, Cd, Ni, As, Sn gibi) insanlar ve diğer organizmalar için oldukça toksiktir ve yüzeysel sularda yüksek konsantrasyonlarda bulunması istenmez. Ayrıca, organik kirleticilerden farklı olarak çevredeki kimyasal ve biyolojik proseslerle bozunmayabilmektedirler. Bununla birlikte, çevrede reaksiyona girdiklerinde, metal içeren daha toksik bileşikler oluşabilmektedir. Ayrıca, toksik

metaller, besin zincirinde biriktiği için zaman içerisinde canlılarda suda bulunan değerlerden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olabilmektedirler. Bu sebeple yüzeysel sularda ve kıyı sularındaki ağır metal kirliliği dünyadaki başlıca çevresel problemlerden biridir (Kurtoğlu 2006).

2.9.1. Arsenik (As)

Arsenik, yerkürenin kabuğunda çok az bulunan ve geniş olarak dağılmış bir elementtir. İşlenmemiş verimli topraklarda milyonda bir kaç kısım arsenik bulunmaktadır. Fakat buralarda da, arsenik ihtiva eden pestisitlerin bir kaç yıl kullanılmaları sonucu arsenik derişimi bir kaç yüz misli artmaktadır. Deniz suyunda milyonda on oranında bulunmaktadır. Arsenik trioksit (As_2O_3) bileşigi şiddetli zehir olup, 0,06 ile 0,2 gram arası insanı öldürür. Çeşitli arsenik bileşiklerinin vücut dokuları ve fonksiyonları üzerinde zararlı etkileri vardır. Arsenikli bileşikler, böcek ve tarım ilaçları, fare zehiri, bazı kanser ilaçları, boya, duvar kağıdı, seramik gibi çeşitli ürünlerin imalatında kullanılır. İnsanda arsenik zehirlenmesi, genellikle arsenik trioksit (arsenik anhidrit), bakır asetoarsenit, kalsiyum veya kurşun arsenat gibi arsenik bileşikleriyle hazırlanmış böcek ilaçlarının ağız veya teneffüs yoluyla alınmasından meydana gelir. İlaçlı meyve ve sebzelerin yıkanmadan yenmesi de zehirlenmeye yol açacak seviyede arseniğin vücutta birikmesine sebep olabilir. Arseniğin zehirli etkilerinin, vücuttaki bazı enzimlerle birleşerek hücre metabolizmasına bozucu etkide bulunmasından ileri geldiği zannedilmektedir. Arsenik zehirlenmesi, ya bir kerede alınan yüksek dozda arsenikten (akut zehirlenme) veya küçük dozlarda ard arda alınmaktan (kronik zehirlenme) kaynaklanır. Akut zehirlenmenin başlıca belirtileri mide bulantısı, kusma, ağız ve boğazda yanma ve şiddetli karın ağrılarıdır. Bunu takiben dolaşım bozukluğu ve kalp yetersizliği başlar ve birkaç saat içinde zehirlenme ölümle neticelenebilir. Kronik zehirlenme ise, yavaş yavaş güçten düşme, boşaltım bozuklukları, deride tümör meydana gelmesi, şuur bozukluğu, sinir sistemi bozukluğu, kansızlık ve tırnaklarda tipik çizgilerin belirmesiyle belli olur (Anonim 2003a). EPA' ya göre içme sularında 0,01 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

2.9.2. Bakır (Cu)

Bakır doğal olarak bitki ve hayvanlarda da bulunan, insanlar ve diğer bütün canlılar için, esansiyel bir elementtir. Çevredeki bakır kontaminasyonu kaynaklarının; bakır içeren pestisitler, metal kaplama ve işleme endüstrisi ve maden eritme işlemleri olduğu bildirilmektedir. Tarımsal yüzey akışlarından çözülebilir bakır bileşikleri, son derece zararlı olabilir. Bunlar sucul ekosistemlere girdiklerinde genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam şartlarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur. Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplara sebep olmaktadır. En çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, bağırsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar (Anonim 2003a). EPA' ya göre içme sularında 1,3 mg/l'den fazla olmaması önerilir.

2.9.3. Bor (B)

Bor, temizlik maddelerinden uzay teknolojisine kadar yayılan ve çok geniş bir alanda kullanılan bir maddedir. Borun ileri teknoloji gerektiren endüstriyel alanlarda kullanılmasının gittikçe artması, borun bir hammadde olarak kullanılmasını ve değerini daha da artırmaktadır. Dünyanın en büyük bor rezervleri Türkiye'de bulunmaktadır. Dünyanın toplam bor rezervi B₂O₃ bazında 1.2 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Bunun % 63'ü Türkiye'dedir. Türkiye'nin rezervleri dünya bor talebini 400 yıl karşılayabilecek düzeydedir. ABD ve Rusya'daki rezervlerin ise ancak 70 yıllık ihtiyacı karşılayabileceği söylenebilir. Türkiye'nin bilinen bor yataklarını Bigadiç - Balıkesir, Kırka - Eskişehir, Emet - Kütahya, Kestelek - Bursa oluşturmaktadır. Türkiye'nin 800 milyon ton dolayında olan rezervinin, % 64,4'ünü kolemanit, % 31,8'ini tinkal, % 3,7'sini üleksit mineralleri oluşturmaktadır. Türkiye, bor rezervlerinin yanı sıra, cevherlerimizin nispeten dar bir sahada büyük yataklar halinde yer alması ve açık ocak yöntemiyle üretim imkanları yönüyle de avantajlıdır (www.nukte.org).

2.9.4. Kadmiyum (Cd)

Endüstriyel alanda son derece yaygın olarak kullanılan ve bir iz element olan kadmiyumun yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirilmiştir. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer

ortamda çinko ve kursundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur (Tuncay 2007).

Pek çok organizma için toksik olan Cd, direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak, hem bitkisel ve hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar basta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir. Nefes yoluyla insanlarda alımı akciğer hastalığı, yüksek kan basıncı, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları kemiklerde hassasiyet, demir eksikliği gibi pek çok hasarlara yol açar ve çoğu ölümcül olabilir. Cd, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan sucul organizmalar için oldukça toksiktir. Balıkta iyon dengesinin bozulmasına sebep olan Cd zehirlenmesi kalsiyum metabolizmasını engelleyerek de zararlı olur. EPA (Enviromental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (Anonim 2003a, Türkmen 2003).

2.9.5. Krom (Cr)

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6} 'dır. Çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir (Anonim 2003a). 3 Ana şekilde (Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6}) bulunabilen krom bileşikleri tatsız ve kokusuzdur. Sadece Cr^{+3} bileşikleri vücut için diyetle eser miktarlarda alınması gerekli elementlerdir. Diğer formlardaki kroma vücudun ihtiyacı yoktur. Krom partikülleri havaya karıştığında 10 gün kadar kalabilir. Toprak partiküllerine sıkıca yapışır. Suda dibe çöker, topraktan küçük miktarlarda sulara karışabilir. Havadan solunarak, suyla ve besinlerle vücuda alınabilir (Anonim 2005). Dünya sağlık örgütü, nefes yoluyla alınan yüksek dozlarda kromun akciğer kanseri riskini arttırdığını, su ve gıdayla alımların ise mide ülserine, böbrek ve karaciğer hastalıklarına ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Ayrıca bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlar da belirlenmiştir. Balıklar sulardan

bünyelerine çok miktarda Cr birikimi yapmazlar (Anonim 2003a). Krom bileşiklerinin tümü yüksek miktarlarda alındığında toksik olabilir, ancak Cr^{+6} , Cr^{+3} 'e göre daha toksiktir. Bazı Cr^{+6} bileşikleri kanserojendir. Akciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir. Krom saç, idrar, serum, kırmızı kan hücreleri ve kanda tespit edilebilir EPA' ya göre içme sularında 100 mg/l'den fazla olmaması önerilir (Anonim 2005).

2.9.6. Demir (Fe)

Demir, son derece yaygın bir metal olup, toprak ve kayalarda bol miktarda bulunur. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir. Alüminyumdan sonra % 4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Normal olarak çözünemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problemdir (Tuncay 2007). En fazla kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, karaciğer, akciğer ve dalakta birikir. Esansiyel bir element olan demirin sularındaki yüksek konsantrasyonları sağlığı tehdit eder. Bu yüzden aşırı miktarlarda arzu edilmez ve pek çok problemlere sebep olur. Fe^{+2} formda çözülebilir haldedir ve havanın varlığında çözünemeyen Fe^{+3} formuna oksitlenir (Özdilek 2002, Türkmen 2003).

2.9.7. Manganez (Mn)

Manganez, kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf manganez kırmızı-gri renkli olup, doğal olarak bulunmaz, ancak oksijen, sülfür ve klor gibi diğer maddelerle bileşik halinde bulunur. Yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suya ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine

aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetism” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (Anonim 2003a). EPA’ ya göre içme sularında 0,05 mg/l’den fazla olmaması önerilir.

2.9.8. Nikel (Ni)

Esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bolca bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir metal olup alaşımları oluşturmak üzere diğer metallerle birleşir. Genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Havada çok düşük miktarda bulunabilir, balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmektedir. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. İnsanlara en fazla nikel hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır. EPA’ ya göre içme sularında 0,04 ppm’den az olmalıdır (Özdilek 2002, Türkmen 2003).

2.9.9. Kurşun (Pb)

Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 ppm’lik bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir. Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir (Tuncay 2007). Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılama ömrüne sahiptir. Larvaları tamamen öldürmese de önemli hasarlar verebilir. Önce iskelete girer ve vücudu terk etmesi 20 yıl alır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir (Anonim 2003a). EPA’ ya göre içme sularında 15 µg/l’den fazla olmaması önerilir.

2.9.10. Çinko (Zn)

Çinko, insan hücre ve organlarında bulunan esansiyel bir elementtir. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan elementtir. (Anonim 2003a). Kurşun gibi çinko da madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınıp, depolanır (Türkmen 2003). Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık % 90'ı bitki büyümesinde kullanılır. Aynı zamanda, sucul organizmalarda çinkoyu biriktirmektedir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek düzeyleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. (Anonim 2003a). Farklı araştırmacılar tarafından, kanser hariç, pek çok olumsuz etkiler bildirilmiştir. EPA' ya göre içme sularında 5 ppm'den fazla olmaması önerilir. Çinkonun toksikolojik açıdan, arsenik, kadmiyum, krom, bakır ve kurşundan daha az hasara sebep olduğu bildirilmektedir. As çok yüksek, Cd, Cu ve Pb orta derecede, Zn ise hafif derecede toksik etkiye sahiptir (Tuncay 2007).

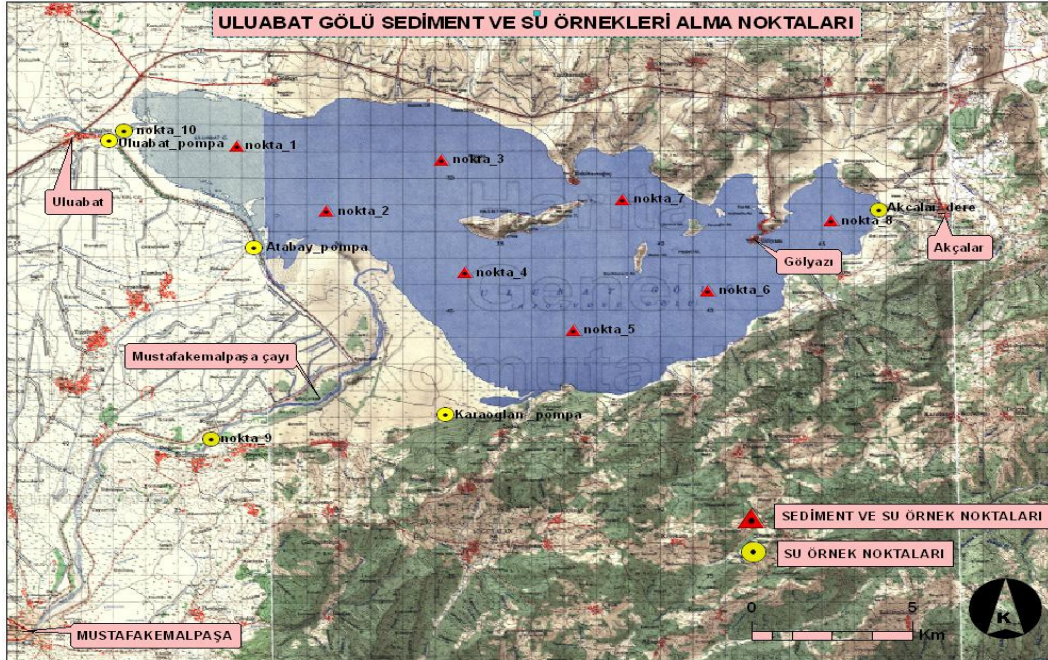
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı ve Numune Alma İstasyonları

Coğrafik koordinatları $40^{\circ}10'$ kuzey ve $28^{\circ}35'$ doğu olarak bilinen Uluabat Gölü'nde, çalışmanın amacına yönelik olarak 8 istasyon belirlenmiştir. Şekil 3.1.'de görülmekte olan bu 8 istasyonun koordinatları GPS (Global Positioning System) ile tespit edilmiş ve bu veriler doğrultusunda numune alma noktaları haritalandırılmıştır. GPS ile tespit edilen numune alma noktalarının koordinatları şu şekildedir,

Tablo 3.1. Göl İçi İstasyon Koordinatları

İstasyon No	X (Doğu) m	Y (Kuzey) m
1	626865	4451240
2	629634	4448777
3	633217	4450699
4	633953	4446460
5	637299	4444284
6	641498	4445781
7	638853	4449214
8	645313	4448410



Şekil 3.1. Uluabat Gölü'nde örnek alma noktalarımızın dağılımı

Bu istasyonların belirlenmesi aşamasında, gölde daha önce çalışmalarda bulunmuş kişi ve kuruluşların görüşleri alınmıştır. Bu doğrultuda gölün tamamını temsil ettiği düşünülen ve önceki çalışmalarda da kullanılmış olan göl içi sekiz istasyondan numune alınması kararlaştırılmıştır.

3.2. Parametre Seçimi ve Ölçüm Alma Sıklığı

3.2.1. Parametre Seçimi

Çalışmamız kapsamında, Uluabat Gölü için en önemli problemi teşkil eden ötrofikasyon ve ağır metal kirliliği üzerinde durulmuştur. Daha sonra, yine göldeki genel kirlilik durumu hakkında bilgi sahibi olabileceğimiz ve kirletici kaynakların nerede, ne şekilde etkili olduğunu açıklamaya yarayan gerekli diğer parametreler belirlenmiştir.

Bu amaçlar doğrultusunda göl suyundan yüzey ve dipten alınan su numunelerinde, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, çözünmüş oksijen, seki derinliği, derinlik, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, alkalinite, sertlik, amonyum azotu, nitrat azotu, toplam azot, fosfat fosforu, toplam fosfor ve klorofil-a parametreleri üzerinde durulmuştur.

Uluabat Gölünün su kalitesinin belirlenmesi amacıyla göl suyunda ölçülen bu parametrelerin dışında, sediment-su ilişkisini ortaya koymak amacıyla, yine aynı noktalardan sediment numuneleri toplanmıştır. Toplanan bu numuneler üzerinde de pH, iletkenlik, amonyum azotu, nitrat azotu, toplam azot, fosfat fosforu, toplam fosfor, organik madde ve nem içeriği ölçümleri yapılmıştır.

3.2.2. Ölçüm Alma Sıklığı

Ölçüm sıklığı belirlenirken, laboratuvar imkanları, örnek alma yeri ve sayısı, laboratuvarla numune alma noktaları arasındaki uzaklık ve mevcut bütçe imkanları göz önüne alınmıştır. Ayrıca, ölçüm sıklığının yılda en az altı olması gerektiği bilinmektedir (Akdeniz 2005).

Yukarıdaki gereklilikler de göz önüne alınarak çalışmamız için en uygun ölçüm alma sıklığının ayda bir olacağı kararına varılmıştır. Böylece 2008 Haziran ayından

başlayarak, 2009 Mayıs ayına kadar bir yıl süreyle, tüm mevsimleri içeren, 12 adet numune toplanmıştır.

3.3. Numune Alma Yöntemleri

Çalışmamız esnasında gölden numune almak amacıyla, bir balıkçı teknesi kiralanmıştır. Öğle saatlerinden itibaren başlayan poyrazın gölde etkili olması nedeniyle, göle erken saatlerde çıkılmış ve öğle saatlerine kadar numune alma işlemi tamamlanmıştır. Hava şartları zaman zaman göle çıkışımıza engel olmuş ve belirli dönemlerde, numune alma tarihimizin birkaç gün sarkmasına neden olmuştur. Ancak yine de bu sarkmalar numunelerin belirlenen aylar içerisinde toplanmasına engel olmamıştır.

Numune alma esnasında USEPA (1990) da belirtilen şartlara uyulmuştur. Bu kaynak da, sığ göllerin genel su karakterizasyonunu ortaya koymak için, göl merkezine yakın ve yüzeyden 30 cm derinlikten alınan tek numunenin yeterli olabileceği belirtilmektedir. Bunun sebebi olarak, sığ göllerin tek bir numuneyle temsil edilebilecek kadar iyi bir karışıma uğraması gösterilmektedir. Ancak bu çalışmada, Uluabat Gölü'nün tamamını temsil edeceği düşünülen sekiz istasyon belirlenmiş ve bu sekiz istasyondan tüm parametreler için, iki adet yüzeyden, iki adet ise dipten olmak üzere dört adet su numunesi toplanmıştır. Her bir noktaya ait değerler, bu yüzey ve dipten alınan numunelerin ortalaması olacak şekilde hesaplanmıştır.

Su numunelerinin alınması sırasında sahada, çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve seki derinliği, laboratuvar ortamında ise, askıda katı madde (AKM), sertlik, alkalinite, BOI_5 , KOI parametreleri standart metotlara göre, NH_4-N , NO_3-N , TN (Toplam Azot) su buharı destilasyonu yöntemiyle, PO_4-P , TP (Toplam Fosfor) askorbik asit yöntemiyle, klorofil-a parametresi spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür. Bu parametrelerden sertlik, alkalinite, BOI_5 , KOI ve klorofil-a sadece yüzeyden alınan su numunelerinde incelenmiş olup, diğer parametreler, su kolonu boyunca yüzey ve dipte ölçülmüştür.

5 cm'lik yüzey tabakasından ekman sediment örnekleycisi ile alınan sediment numuneleri plastik kaplarda laboratuvara taşınmıştır. Açık havada kurutulup sabit tartıma

getirilen örnekler 0,2 mm'lik elekten elenerek ölçüme hazır hale getirilmiştir. Su buharı destilasyonu yöntemiyle $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN (Toplam Azot), askorbik asit yöntemiyle $\text{PO}_4\text{-P}$, TP (Toplam Fosfor), yakma yöntemiyle organik madde miktarı ve nem içeriği değerleri ölçülmüştür.

Yukarıda anlatılan parametrelere ait ölçümlerin bir kısmı numune alma esnasında, bir kısmı ise laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilecek analizler için gerekli numuneler, cam şişeler içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu cam şişeler, içi daha önceden soğutulmuş olan muhafazalı özel kaplar içerisinde laboratuvar ortamına taşınmıştır (Şengül ve Türkman 1998).

Laboratuvarda gerçekleştirilecek analizlerin uzun sürmesi nedeniyle gölden alınan numunelerin uygun koşullarda saklanması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, numune şişeleri içerisine 40 mg/L HgCl_2 ilave edilmiş ve bu cam şişeler bir hafta süreyle buzdolabında 4°C 'de muhafaza edilmiştir (Akdeniz 2005).

3.4. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Yukarıda sözü geçen parametrelerden pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik, seki derinliği ve derinlik ölçümleri numune alma esnasında gerçekleştirilmiş olup, diğer parametreler laboratuvar ortamında ölçümleri yapılarak belirlenmiştir. Gerek arazide gerekse laboratuvar ortamında yaptığımız su ve sediment analizlerinde izlediğimiz yöntemler şu şekildedir;

Suda gerçekleştirilen analizler;

pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik numune alma esnasında HACH marka Sension 156 model cihazla ölçülmüştür.

Askıda katı madde tayini, 0,45 μm gözenek çaplı filtre kağıdı 105°C 'de 1 saat sabit tartıma getirilir. AKM seti yardımıyla 100 ml örnek bu filtre kağıdından süzülür. Filtre kağıdı + tutulan tanecikler 105°C 'de 1 saat sabit tartıma kadar kurutulur ve 15 dk desikatörde soğutulduktan sonra tartılır.

$$\text{AKM}(\text{mg/l}) = [(\text{Filtre Kağıdı} + \text{Katı Madde}) - (\text{Filtre Kağıdı})] \times 10^6 / \text{ml Numune}$$

Toplam alkalinite tayini, 50 ml örnek erlene konur, üzerine 2-3 damla metil oranj damlatılır. 0,025 N H₂SO₄ ile titrasyon yapılır. Kiremit rengi oluştuğunda titrasyona son verilir.

$$\text{Alkalinite (mg CaCO}_3\text{/l)} = \text{Sarfiyat} \times 0,025 \times 50000 / \text{ml Numune}$$

Toplam sertlik tayini, 50 ml örnek erlene konur, üzerine 2 ml Tampon I çözeltisi (17 gr NH₄Cl ve 143 ml NH₃ karıştırılır, 250 ml'ye tamamlanır) ve 0,2 gr EriOT indikatörü katılır iyice karıştırılır ve şarap kırmızısı bir renk oluşur. Sonra 0,01M Na-Edta (Versanat) ile mavi renk olana kadar titre edilir, sarfiyat okunur.

$$\text{Toplam Sertlik (mg CaCO}_3\text{/l)} = \text{Sarfiyat} \times 1000 \times 0,01 / \text{ml numune}$$

KOI tayini, 2,5 ml numune KOI tüpüne konur, üzerine 3,5 ml AgSO₄'lı H₂SO₄ ve 1,5 ml K₂Cr₂O₇ ilave edilir. Bu tüpler ısıtıcıya yerleştirilir ve 2 saat burada kalır. Bu süre sonunda çıkarılıp soğutulur. Üzerine 2-3 damla ferroin indikatörü damlatılır ve 0,1 N Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6 H₂O ile kiremit kırmızısı renk oluşana kadar titrasyon yapılır ve sarfiyat kaydedilir.

$$\text{KOI (mg/l)} = (\text{Şahit için sarfiyat} - \text{numune için sarfiyat}) \times 0,1 \times 8000 / \text{ml numune}$$

BOI tayini, seyreltme suyunun hazırlanışı; 1 litre saf suya 1'er ml fosfat tamponu, MgSO₄, CaCl₂, FeCl₃ çözeltileri ve aşı ilavesi yapılır. Bu karışım hava pompası yardımıyla 15 dk havalandırılır. 1 ml numune pipet yardımıyla BOI şişesine konur ve şişenin üzeri seyreltme suyu ile hava almayacak şekilde tamamlanır. Aynı işlemler ikili okuma için hazırlanır ve şahit de hazırlanır. Seyreltilmiş bu numunelerden birincisi doldurulmuş anında diğeri ise 20⁰C'de 5 gün karanlıkta inkübasyondan sonra Winkler metoduyla (1'er ml MnSO₄, alkali iyodür azotür reaktifi ve H₂SO₄ ilavesinden sonra 201 ml alınır, birkaç damla nişasta çözeltisi eklenir ve Na₂S₂O₃ ile açık saman rengine kadar titre edilir) ölçülür.

$$\text{BOI (mg/l)} = [(D1 - D2) - (B1 - B2)f] / P$$

D1: Numunenin başlangıçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/l)

D2: Numunenin 5 günlük inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/l)

P: Numunenin seyreltme oranı

B1: Şahidin başlangıçtaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/l)

B2: Şahidin 5 günlük inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonu(mg/l)

Klorofil a tayini, 1 litre numune Whatman GF/C cam elyaf süzgeç kağıdından AKM seti ile süzülür, süzgeç kağıdı petri kabına konur ve karanlıkta, oda sıcaklığında 1 gün süre ile kurutulur. Kuruyan örnekler makas yardımıyla küçük parçacıklar halinde kesilir, içerisine 15 ml % 90'lık aseton ve 0,3 gr susuz MgCO₃ eklenir. Erlenler alüminyum folyo ile sarılarak buzdolabında 24 saat ekstrakte edilirler. Ekstraksiyon süresi sonunda ekstrakt Whatman GF/A kağıdından süzülerek katı kısım ortamdaki uzaklaştırılır. Süzüntülerin spektrofotometrede 630, 645, 665 nm dalga boyunda absorpsiyonları okunur.

$$\text{Klorofil-a (mg/m}^3\text{)} = v (11,6 \times D_{665} - 0,14 \times D_{630} - 1,31 \times D_{645}) / l \times V$$

$$v = \text{Aseton Hacmi(ml)}$$

$$V = \text{Süzülen suyun hacmi(L)}$$

$$l = \text{Spektrofotometre küvet çapı(cm)}$$

$$D = \text{Absorbans}$$

Toplam fosfor tayini, küçük bir erlene 10 ml örnek konur, üzerine 1 ml derişik H₂SO₄ ve 5 ml HNO₃ konur, 1 ml hacme düşüne kadar digest (yaş yakma) yapılır. Soğuttuktan sonra 20 ml saf su ve 1 damla fenol fitaleyn eklenir. 1 N NaOH ile hafif açık pembe olması sağlanır. Nötralize çözelti bulanıksa süzülür ve 100 ml'lik balon jojeye aktarılır. Saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. Bu karışımdan 50 ml bir erlene konur ve üzerine 8 ml karışım sıvısı (sırası ile 50 ml H₂SO₄, 5 ml Potasyum Antimonil Tartarat, 15 ml Amonyum Molibdat, 30 ml Askorbik Asit) eklenir ve cam çubuk ile karıştırılır. 10 dk sonra 30 dk'dan önce bu karışımdan alınarak spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda absorpsiyon ölçülür.

Fosfat fosforu tayini, 50 ml örnek erlene konur, 1 damla fenol fitaleyn damlatılır. Kırmızı renk oluşursa 5 N'lik H₂SO₄ damlatılarak renk kaybolana kadar devam edilir. 8 ml karışım sıvısı eklenir ve cam çubukla karıştırılır. 10 dk sonra 30 dk'dan önce bu karışımdan alınarak spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda absorpsiyon ölçülür. Ölçülen numune absorpsiyonları ile standartlara ait absorpsiyon değerleri ile lineer regresyon yapılır ve buna karşılık gelen konsantrasyon değerleri belirlenir.

Amonyum ve nitrat azotu tayini, 20 ml örnek çift ağızlı destilasyon balonuna konur. Destilasyon seti önceden buhar elde edilene kadar ısıtılmalıdır ve saf su ile boş destilasyon yapılır. Sonra içinde örnek bulunan destilasyon balonu yerine takılır. Soğutucu çıkışına da önlük çözeltisi (20 ml %2'lik borik asit ve 3-4 damla karışık indikatör) konur. Destilasyon balonunun küçük ağzı açılır ve 0,5 gr MgO konur ve kapak hemen kapatılır, destilasyona devam edilir. Destilasyon önlüğün pembe renkten yeşil renge dönmesinden sonra 10 dk daha devam eder. Sonra bu önlük alınarak 0,01 N H₂SO₄ ile titre edilir ve sarfiyat amonyum azotu için yapılan harcamadır (S₁). Amonyum için destilasyonu biten örnek setten çıkartılmaksızın nitrat azotu belirlenmesi için hazırlanır. Destilasyon balonunun kapağı açılarak 0,5 gr devarda aktarılır. Kapak kapatılır ve yeni bir önlük yerleştirilir. Önlüğün rengi döndükten 10 dk sonra alınır ve 0,01 N H₂SO₄ ile titre edilir, sarfiyat kaydedilir. Bu da nitrat azotu için harcamadır (S₂).

$$\text{NH}_4\text{-N (mg/l)} = S_1 \times 0,14 \times 1000 / \text{Örnek Hacmi}$$

$$\text{NO}_3\text{-N (mg/l)} = S_2 \times 0,14 \times 1000 / \text{Örnek Hacmi}$$

Toplam azot tayini, Kjeldahl balonuna 0,5 gr azot katalizörü (80 gr K₂SO₄, 5 gr CuSO₄, 7,5 gr FeSO₄), 20 ml örnek ve 5 ml derişik H₂SO₄ ilave edilir. Balon içerisinde yaklaşık 1 ml açık yeşilimsi sıvı kalıncaya kadar 30-60 dk kaynatılarak yaş yakma yapılır. Bu süre sonunda balonların soğuması ve içerisindekinin buharlaşması için bir süre beklenir. Geriye kalan sıvı destilasyon balonuna aktarılır ve kjeldahl balonunun kıyıları saf su ile yıkanır ve destilasyon balonuna ilave edilir. Destilasyon balonu hazırlandıktan sonra sisteme takılır, önlük çözeltisi soğutucu çıkışına yerleştirilir. Destilasyon balonunun yan kapağı açılarak 50 ml % 35'lik NaOH (örneği bazik hale getirmek için) ilave edilir ve önlüğün rengi pembeden yeşile döndükten 10 dk sonra önlük alınır ve 0,01 N H₂SO₄ ile titre edilir ve sarfiyat kaydedilir.

$$\text{Toplam Azot (mg/l)} = [S \times 0,14 \times 1000 / \text{Örnek Hacmi}] + \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$$

Sedimentte gerçekleştirilen analizler;

Göl içerisinde belirlenen 8 istasyondan ve ayda bir aldığımız 8 adet sediment numunesi öncelikle laboratuvar ortamında kurutulmuş ve arkasından tane çapı < 0,2 mm olacak şekilde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

5 gr sedimente 50 ml saf su eklenerek 30 dk karıştırılır ve hemen pH, iletkenlik ve sıcaklık ölçümleri cihaz yardımıyla ölçülür.

Toplam fosfor tayini, 0,5 gr sediment örneği erlene konur, üzerine 1 ml derişik H_2SO_4 ve 5 ml HNO_3 ilave edilir. 1 ml hacme düşene kadar digest(yaş yakma) yapılır. Soğuttuktan sonra 20 ml saf su ve 1 damla fenol fitaleyn eklenir. 1 M NaOH ile hafif açık pembe olması sağlanır. Nötralize çözelti katlı filtre kağıdı ile 100 ml'lik balon jøjeye süzölür ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. 50 ml bu karışımından erlene alınır, 8 ml karışım sıvısı eklenir. 880 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılır. Suda yapıldığı gibi standart fosfat çözeltilerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri ve absorbanslar ile lineer regresyon yapılır ve örneğin absorbansına karşılık gelen konsantrasyon değeri belirlenir.

Fosfat fosforu tayini, 5 gr sediment üzerine spatül ucu ile kömür ilave edilir. Üzerine 100 ml 0,5 M $NaHCO_3$ eklenerek 30 dk çalkalanır. Bu süre sonunda katlı filtreden 100 ml'lik balon jøjeye süzölür ve bu karışımından 50 ml alınır, üzerine 8 ml karışım sıvısı eklenir ve spektrofotometrede absorbansı ölçölür.

3.5. Ağır Metal Analizleri

Çalışma kapsamında yapılan ağır metallerin izlenmesi çalışması diğer kalite parametrelerinde olduğu gibi bir yılı kapsayan süreçte her ay alınan su ve sediment örneklerinde tamamlanmıştır. Su kolonu boyunca yüzey ve dip numuneleri ile sediment örnekleri alınarak 10 adet ağır metalin konsantrasyonları incelenmiştir.

Dünyada ve ülkemizde, ağır metallerin ve bazı iz elementlerin yüzeysel sularda, su ve sediment konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonları, ağır metal kirliliği hakkında genel bir bilgi vermektedir.

Yüzeysel sular için USA-EPA'nın öncelikli kirleticiler listesinde, sekiz elemente öncelik verilmiştir. Bunlar, As, Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Ni, Zn'dur. Bu elementler, Kanada ve İngiltere gibi ülkelerin su ve sediment kalite kriterlerinde de yer almaktadırlar (Anonim 2006). Ülkemizde ise, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde yüzeysel sular için verilen kalite kriterlerinde Cr, Ni, Fe, Mn, B, Hg, Cd, Pb, Cu, Zn ve As parametrelerine ait sınır değerler verilmektedir (Anonim 2004). Dünyada çeşitli

ülkelerdeki ve ülkemizdeki yüzeysel su kalitesi standartları ve daha önce yapılan bilimsel çalışmalar incelenerek, bu çalışmada, Uluabat Gölü'nde suda ve sedimentte Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni, As, Fe, Mn ve B elementlerinin, konsantrasyonlarının belirlenmesine karar verilmiştir.

Ağır metaller ve bazı iz elementler için alınacak olan su numuneleri HNO₃ ve deiyonize su ile yıkanmış polietilen (PE) şişelerle yüzeyden 0.5 m dipten ve sediment tabakasının hemen üzerinden olmak üzere su kolonunun dip kısmından alınmıştır. Numuneler, 0.45 µm gözenek çapındaki önceden ağırlığı tartılmış filtre kağıdından süzülüp okumaya hazır hale getirilmiştir. Kurutulmuş ve 0,2 mm'lik elekten geçirilmiş sediment numunelerine ise HNO₃/HCl yöntemi kullanılarak asitle parçalama işlemi uygulanmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Ekstrakte edilen su ve sediment numunelerinin ağır metal konsantrasyonları ICP cihazı ile okunmuştur.

3.5.1. ICP-OES Cihazı Çalışma Prensibi

Kimyasal analizlerde ilk kullanılan atomik spektrometri tekniği emisyon spektrometridir. Aleve püskürtülen elementlerin yaydığı ışıktan kalitatif analiz yapılmasına dayanan alev testleriyle başlamış, metallerin ark ve kıvılcım atomlaştırma teknikleri kullanılarak analiz edilmesiyle devam etmiştir. Günümüzde ise en çok başvurulan atomlaştırma teknikleri plazma kaynaklıdır. Doğru akım plazma (DCP) ve mikrodalga-ile-oluşmuş plazma (MIP) kaynakları çeşitli analizlerde kullanılmaktadır. Ancak, plazma kaynaklarının en önemlisi indüktif eşleşmiş plazma (ICP)'dir.

Atomik emisyon spektrometri ile atomik absorpsiyon spektrometri arasındaki en önemli fark, absorpsiyon analizlerindeki atomlaştırıcının görevi sadece atomlaştırma iken, emisyon analizlerindeki atomlaştırıcının hem atomlaştırma hem uyarma işlevi görmesidir. Yüksek sıcaklığı ve inert atmosferi, plazmayı aleve veya grafit fırına göre daha etkin bir kaynak yapmaktadır. Bu sayede, AAS ile duyarlı sonuç elde edilemeyen refrakter bileşiklerin analizi de kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Çok sayıda elementin aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi de önemli avantajlarından birisidir.

Plazma, nötr gaz, kation ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilmektedir. Plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Ar, iyonlaşmış Ar ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma iç içe üç kuvars borudan oluşan hamlaç (torch) ile oluşturulur. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşmaktadır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, hamlaca, 27 veya 40 MHz frekansında ve 0.5-1.5 KW arasında güç sağlar. Bu güç sayesinde hamlacın ucunda manyetik alan yaratılmaktadır. Tesla bobini adı verilen sistemle kıvılcım oluşturularak argonun iyonlaşması sağlanır. Plazma artık hazırdır. Numune çözültüsü bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilmektedir. Küçük çaplı damlacıklar taşıyıcı argon ile en içteki ince borudan hamlaca ulaşmaktadır ve atomlaşma/iyonlaşma gerçekleşmektedir.

ICP-OES cihazlarında ölçüm dikey veya yatay plazma pozisyonlarında yapılabilmektedir. Bazı firmalar her iki plazma pozisyonunda da ölçüm yapan cihazlar üretmişlerdir. Yatay plazmanın dikey plazmaya üstünlüğü daha duyarlı sonuçlar vermesidir. Ancak, bu pozisyon dikey plazmaya göre daha dar lineer çalışma aralığına sahiptir.

İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometri (ICP-OES), AAS' ye göre daha geniş çalışma aralığı, multielement tayin yapabilme özelliği, termal bozunmaya karşı dirençli (refrakter) elementlerin tayininde daha duyarlı sonuç vermesi gibi özellikleriyle, metal tayinlerinde AAS ile birlikte en sık başvurulan tekniktir. ICP-OES tekniğinin AAS tekniklerine kıyasla, inert Ar atmosferinde daha etkin bir atomlaştırma yapması, multielement ölçüm yapma özelliği ve lineer çalışma aralığının daha geniş olması gibi avantajları vardır. AAS tekniklerine göre dezavantajı, cihazın fiyatı ve işletim masrafının daha yüksek olmasıdır (VARIAN Seminer Notları 2007).

3.5.2. ICP Cihazı İçin Mikrodalga Parçalama Yöntemi

İnorganik elementlerin analizleri için numuneleri sıvı hale dönüştürmek gerekmektedir. Bu sebeple belirli bir sıcaklık altında ekstraksiyon işlemi yapılarak iz

elementler buldukları katı veya sıvı numuneden bir çözücü ile sıvı hale aktarılmaktadır. Ekstraksiyon işlemi hot plate üzerinde açık bir kapta veya belirli bir basınç altındaki sızdırmaz tüplerde yapılabilmektedir. Hot plate üzerinde, açık kapta yapılan parçalama işlemi, ucuz ve kolay yapılabilmesine karşın, yavaş gerçekleşmekte, yoğun çalışma gerektirmekte ve kirlilikten etkilenebilmektedir. Belirli basınç ve sıcaklık altında ve kapalı kaplarda yapılan parçalama işlemi ile kullanılan kimyasalların kaynama sıcaklığının üstüne (200°C ve üzeri) çıkılabilmektedir, kirlenme azalmaktadır, düşük miktarda kimyasal madde tüketimi olmaktadır, az miktarda numune ile çalışılabilmektedir (0,5-1 g) ve çalışma süresi daha kısa zaman almaktadır.

Mikrodalga parçalama yönteminin basit, güvenli, etkili, hızlı olduğu ve aynı zamanda da kapalı sistem olması sebebi ile elementlerin kaybını engellediği ve kirlenme olasılığını azalttığı görülmüştür. Mikrodalga parçalamada, farklı asitler kullanılarak parçalama seviyeleri gözlenmiştir. HNO_3 , $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$, HCl , HNO_3+HCl , $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{SO}_4$ ile yapılan parçalamalarda, HNO_3+HCl ile yapılan parçalamanın en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Çalışma kapsamında, numunelerin parçalama işlemleri, CEM marka, Mars5 modeli mikrodalga cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.5.3. Ağır Metal Tayini

Ağır metal okumaları, BUSKİ Doğu Atık su Arıtma Tesisi Laboratuvarı'nda VARIAN marka ICP-OES cihazının VISTA-MPX modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Okumaların yapılacağı ICP-OES cihazı incelenerek, farklı çalışmalarda yapılan sonuçlar ve yöntemler karşılaştırılmış ve cihaz hakkında bilgi edinilmiştir. Okumalara uygun hale getirebilmek amacıyla cihazın kalibrasyon çalışmaları yapılmış ve ölçüm sonuçlarının konsantrasyon seviyeleri belirlenerek uygun standartlar hazırlanmıştır. Cihazın çalışma koşulları ve elementlerin okumalarında kullanılan dalga boyları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.2. ICP-OES cihazı çalışma koşulları

Parametreler	
Güç (KW)	1,2
Plasma hızı (L/min)	15
Gas hızı: Auxiliary (L/min)	1,5
Nebulizer hızı (L/min)	0,9
Tekrar okuma süresi (s)	5
Stabilization süresi (s)	30
Örnek alma süresi (s)	40
Pompa hızı (rpm)	15
Rinse time (s)	10
Tekrar sayısı	3
Görüntü modu	Axial
Gaz	Argon

Tablo 3.3. Elementlerin okumalarında kullanılan dalga boyları

Element	Dalga boyu (nm)
Cr	267,716
Mn	257,61
Fe	238,204
Ni	231, 604
Cu	327,395
Zn	213,857
B	249,772
Cd	214,439
Pb	220,353
As	188,98

Sediment örneklerinin parçalanmasında, CEM marka, Mars 5 model mikrodalga aleti kullanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan alınan sediment numuneleri 0,5 g alınarak, 7 ml HNO₃ ve 4 ml HCl ile parçalanmıştır ve son hacim 50 ml'ye tamamlanmıştır. Mikrodalga aletinin çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.4. Mikrodalga aletinin çalışma koşulları

Aşamalar	Sıcaklık	Basınç	Zaman	Güç
1. Basamak	25-180°C	180 psi	15 dk	1200 W
2. Basamak	180 °C	180 psi	15 dk	1200 W
3. Basamak	25 °C	180 psi	5 dk	1200 W

Okumalar sırasında, elementlerin birbirlerine girişim yapmasını engellemek amacıyla, standartlar hazırlanırken üç farklı grup oluşturulmuştur. Oluşturulan gruplama şöyledir:

1. Grup; Fe, Zn, Cr, Mn, Ni, Cu.

2. Grup; B, Cd, Pb.

3. Grup; As.

3. Grup elementi olan As, hidrür sistemi kullanılarak analiz edilmiştir. Standartların hazırlanmasında, 1000 µg/ml'lik (5 % HNO₃) standart stok çözeltisi kullanılmıştır. Ağır metal konsantrasyonlarının suda çözülmüş halde ve sedimentte konsantrasyon değerlerinin çok farklı büyüklüklerde olması sebebiyle düşük, orta ve yüksek olmak üzere ppm ve ppb seviyesinde, üç farklı standart seri hazırlanmıştır. Düşük standart seri; 0,0095, 0,019, 0,039, 0,078, 0,1562 ppm. Orta standart seri; 0,1562, 0,3125, 0,625, 1,25, 2,5 ppm, Yüksek standart seri; 2,5, 5, 10, 20, 50 ppm'dir. Elementlerin okumalarında kullanılan dalga boyları yukarıda Tablo 3.3' de verilmiştir.

4.ULUABAT GÖLÜ'NDE CBS (COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ) UYGULAMALARI

Günümüzde çevre analizleri için artık geniş kapsamlı alan bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çevre hakkında daha sağlıklı bilgi sahibi olmak ve çevre kirliliğinin önlenmesine ilişkin daha doğru kararlar verebilmek ancak söz konusu çevrenin tüm özellikleriyle bilinmesine bağlıdır. Bu anlamda, çevreye ait verilerin öncelikle toplanması, sayısal ortamda depolanması ve konumsal analizlere olanak sağlayacak şekilde sorgulanması için gerekli ortamların hazırlanması zorunludur. Coğrafi bilgi sistemleri, bu anlamda kullanılan en etkili teknolojik araç olarak görülmektedir. Bilgisayar ortamında oluşturulan arazi modelleri, bilhassa uydu görüntüleri ile desteklenen mevcut konum bilgileriyle, çevre hakkında kullanıcılara çok yönlü dinamik bir sorgulama ortamı sunmaktadır (Richards 2003).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), son yıllarda, klasik arşivleme yöntemlerinin yetişemeyeceği kadar çok ve değişik türdeki verilerin yönetilmesinde kullanılan önemli bir araçtır. Bunun yanında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en önemli yararlarından birisi de coğrafi varlıklara ilişkin olaylar üzerine “doğru kararların” verilebilmesine yardımcı olmasıdır. Çok değişik uygulama alanları bulunan Coğrafi Bilgi Sistemleri, doğal çevre ile ilgili verilerin toplanmasında, yönetilmesinde, sorgulanmasında ve analizinde ayrıca çevreyle ilişkili olaylar üzerine doğru kararlar vermede kullanılan etkili teknolojik bir araçtır (Yomralıoğlu ve Akça 2002).

Bilgi teknolojilerindeki gelişmeye paralel olarak şekillenen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), özellikle ekonomik, politik, sosyal ve kültürel kaynakların yönetimi ve entegrasyonu gibi karmaşık analiz gerektiren uygulamaların çözümlerinde karar destek mekanizması olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, karmaşık bilgi yapısının daha anlaşılır olabilmesi ve yoğun bilginin denetlenebilmesi için oluşturulmuş bilgisayar destekli sistemler bütünüdür. CBS, konumsal verilerin toplandığı, konumsal bilgiyi görüntüleyebilen, grafik ve nitelik bilgilerinin eş zamanlı kullanıldığı, farklı bilgi kaynaklarından gelen verileri bütünleştirerek yönetim, planlama ve analiz problemlerinin çözümüne katkıda bulunan, bilgi alış verişinde standardizasyonu ve harita ile tabloların kombinasyonunu sağlayan özelliktedir. Böylece, sayısal akıllı

haritalar yardımıyla sorgulama amaçlı veri tabanlarını ve istatistiksel analizleri kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını sağlamakta, nesnelere ve olaylardan, sonuçları tahmin etmekte ve stratejik planlamada öne çıkmaktadır. (Yomralıoğlu 2000, Akbaş 2008).

Bu çalışmada, Haziran 2008 ve Mayıs 2009 yılları arasında Uluabat Gölü su ve sediment kalitesinde meydana gelen değişim CBS kullanılarak irdelenmiştir. Bu doğrultuda çalışma alanında belirlenen 8 adet istasyondan Haziran 2008 ve Mayıs 2009 dönemlerinde alınan su ve sediment numuneleri analizlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri veritabanına aktararak su ve sediment kalitesindeki değişimi gösteren çeşitli sorgulamalar yapılmıştır. Değerlendirmede su kalitesi parametreleri verileri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo-1 (Anonim 2004) değerleri ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak su kalitesindeki değişim açık bir şekilde ortaya konmuş ve kirliliği önlemek amacıyla alınabilecek önlemleri belirlemede etkin bir araç elde edilmiştir.

Çalışma sırasında bütüncül bir yaklaşım içerisinde numune alma noktalarını içeren göl paftaları ele alınmış, raster haritalar elde edilmiştir. Daha sonra söz konusu paftalar ArcGIS 9.3 programı yardımıyla sayısallaştırılarak vektörel formatta topografik haritalara dönüştürülmüştür. Haziran 2008'den Mayıs 2009'a kadar, göl üzerinde belirlenen 8 adet istasyondan numuneler alınmış ve gerekli analizler yapılmıştır. Bütün analiz değerleri, öncelikle Excel de oluşturulan veritabanında saklanarak, daha sonra ArcGIS 9.3 coğrafi bilgi sistemleri programına aktarılmıştır. Her bir parametre için, Haziran 2008 ve Mayıs 2009 ayları arasındaki değişimi temsil eden haritalar hazırlanmıştır. Haritaların hazırlanmasında "Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW)" kullanılmıştır. IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Arazi çalışmalarında GPS ile istasyon yerleri belirlenmiştir. Koordinat alınan istasyondan aynı zamanda su ve sediment örnekleri de alınmıştır. Bu örneklerde her parametre için

yapılan analiz sonuçları belirlenen koordinatlar ile veri tabanı mantığı çerçevesinde birleştirilmiştir. Arcview programı ile bu veriler arcview dosya formatı olan shp dosyalarına dönüştürülmüştür. Her bir parametre IDW metodu ile enterpole edilerek grid formatında katmanlar oluşturulmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin konumsal analiz enterpolasyon araçları Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW) kullanılarak noktasal veriler alansal verilere dönüştürülmüştür. Böylece her bir parametre için tematik haritalar üretilmiştir.

4.1. Yöntem

Çalışma, CBS uygulamaları, arazi çalışmaları ve incelenen parametrelerin analizleri olmak üzere üç farklı aşamadan oluşmaktadır.

4.1.1. CBS Uygulamaları

Çalışmanın CBS uygulamaları ArcGIS 9.3 yazılımı ile yürütülmüştür. Çalışma daha önceden hazırlanmış sayısal analiz sonuçlarının coğrafi bilgi sistemleri ortamında değerlendirilmesi üzerine kurulmuştur. Bu bilgilerin harita katmanları halinde depolanıp CBS ortamında analiz edilerek göldeki mevcut durumun yorumlanmasına yönelik bilgilerin üretilmesi amaçlanmıştır.

CBS uygulamaları 6 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Temel kartografik materyalin hazırlanması,
2. Örnekleme noktalarının CBS ortamına aktarılması,
3. Veri tabanlarının hazırlanması,
4. Konumsal analizler,
5. Sonuç haritalarının üretimi,
6. Sonuç haritalarının kontrolü .

Çalışmanın ilk aşamasında örneklerin alındığı noktalara ait koordinatlar arazide GPS yardımıyla belirlenerek CBS ortamına aktarılmış ve nokta topolojisi kurulmuştur. Daha sonra, her bir örnekleme noktasından alınan numunelerde su ve sediment analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yardımı ile veri tabanları hazırlanmıştır. Sonrasında örnekleme noktalarının dağılımı ve birbirlerine olan pozisyonlarına bağlı olarak, konumsal analizler yapılmış iki nokta arasında kalan alanlar için tahminler oluşturulmuştur. Bu amaçla örneklere ait analizlerin yayılmasında ve elde edilen istatistik analiz sonuçlarına göre ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği (IDW) kullanılmıştır. Böylece noktasal veriler alansal harita bilgileri haline dönüştürülmüştür.

4.1.2. Arazi Çalışmaları ve Örnekleme

Arazi çalışmaları; daha önce yapılmış analizlerin örneklendiği noktaların koordinatlarının belirlenmesi ve kontrol amaçlı çalışmalardan oluşmuştur. Koordinatların belirlenmesi Magellan XL tipi el GPS i ile Europe 1950 UTM koordinat sistemine göre yapılmış ve sayısal haritalar üzerine aktarılmıştır.

4.1.3. İncelenen Parametrelerin Analizleri

Arazi çalışmalarında alınan su örneklerinde daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, seki derinliği, askıda katı madde (AKM), sertlik, alkalinite, BOI₅, KOI, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP (Toplam Fosfor) ve klorofil-a parametreleri ölçülmüştür. Sediment numunelerinde ise pH, iletkenlik, NH₄-N, NO₃-N, TN, PO₄-P, TP, organik madde miktarı ve nem içeriği değerleri ölçülmüştür.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Uluabat Gölü'nde belirlenen 8 adet göl içi istasyonlarından ve 4 adet pompa istasyonu ile göle giriş yapan Mustafa Kemal Paşa Çayı ve gölden çıkış yapan Kocasu Çayında Haziran 2008 – Mayıs 2009 tarihleri arasında her ay numune alımı gerçekleştirilmiştir. Su ve sedimentte analizler gerçekleştirilmiş elde edilen sonuçlar SKKY ve farklı ülkelere ait kalite kriterleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca parametrelerin göl içerisindeki dağılımı CBS yardımıyla ArcGIS programında haritalandırılmış ve SKKY'ne göre gölün kalite sınıfı belirlenmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçları ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

Su numunelerinin alınması sırasında sahada, çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve seki derinliği ölçülmüş. Laboratuvar ortamında ise, askıda katı madde (AKM), sertlik, alkalinite, BOI_5 , KOI parametreleri standart metotlara göre, NH_4-N , NO_3-N , TN, su buharı destilasyonu yöntemiyle, PO_4-P , TP askorbik asit yöntemiyle, klorofil-a parametresi spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür. Bu parametrelerden sertlik, alkalinite, BOI_5 , KOI ve klorofil-a sadece yüzeyden alınan su numunelerinde incelenmiş olup, diğer parametreler, su kolonu boyunca yüzey ve dipte ölçülmüştür.

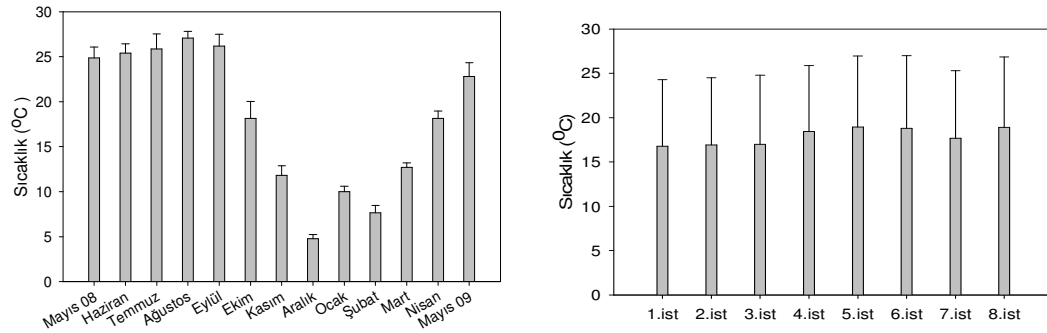
Sediment numuneleri ise, 5 cm'lik yüzey tabakasından ekman sediment örnekleyicisi ile alınıp plastik torbalarda laboratuvara taşınmıştır. Açık havada kurutulup sabit tartıma getirilen örnekler 2 mm'lik elekten elenerek ölçüme hazır hale getirilmiştir. Su buharı destilasyonu yöntemiyle NH_4-N , NO_3-N , TN, askorbik asit yöntemiyle PO_4-P , TP, yakma yöntemiyle organik madde miktarı ve nem içeriği değerleri ölçülmüştür.

5.1. Uluabat Göl Suyunda İncelenen Parametreler

5.1.1. Sıcaklık

Çalışma periyodu boyunca Haziran 2008-Mayıs 2009 tarihleri arasında her ay 8 istasyonda yüzey ve dipte olmak üzere sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Çalışma kapsamında yüzeyden ve dipten alınan numunelerde ölçülen su sıcaklığı değerleri arasında önemli bir farka rastlanmamıştır. Bunun sebebi sığ bir göl olan Uluabat Gölü'nün sürekli ve iyi bir karışıma uğramasıdır. Ölçülen sıcaklık değerleri incelendiğinde yüzeyde en yüksek sıcaklık değeri 28,9 °C ile Temmuz ayında 5.istasyonda, en düşük değer ise 4,1 °C ile Aralık ayında 7.istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek sıcaklık 27,2 °C Ağustos ayında 6.istasyonda, en düşük sıcaklık ise 4,3 °C ile Aralık ayında 2.istasyonda gözlenmiştir. Göl ortalaması alındığında sıcaklığın $18,053 \pm 7,709$ °C olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık parametresi mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 26,1; sonbaharda 19,29; kış mevsiminde 7,47; ilkbaharda ise 19,44 °C olarak belirlenmiştir.

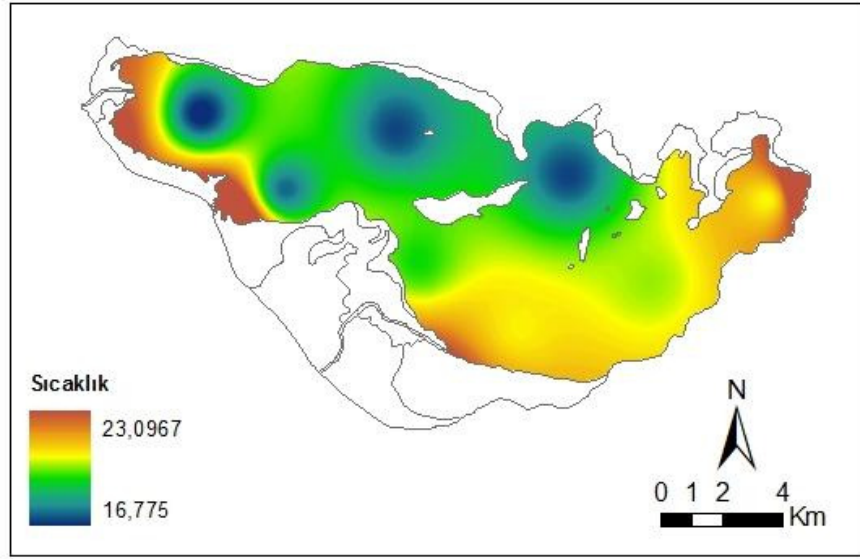
Uluabat Gölü ortalama sıcaklık değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.1. Uluabat Gölü Su Sıcaklığının Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.1' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında (27,06), en düşük sıcaklık Aralık ayında (4,76), istasyonlara göre ise en yüksek sıcaklık 5.istasyonda (19,2), en düşük sıcaklık 1.istasyonda (16,77) tespit edilmiştir.

Gölde, sıcaklık parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.2'de görüldüğü gibidir.

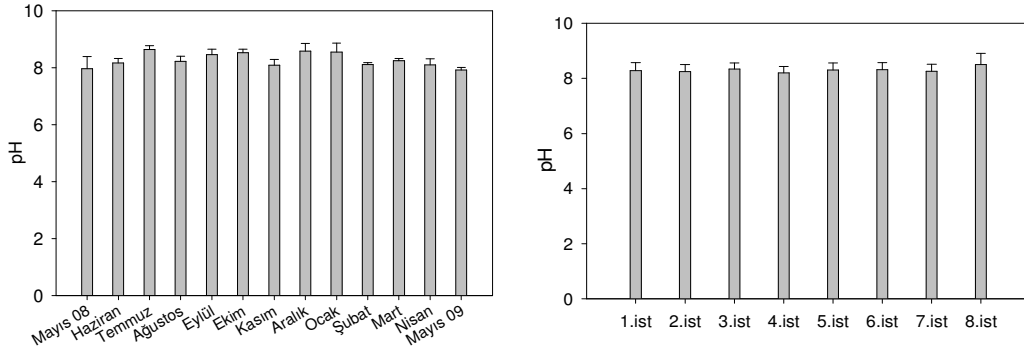


Şekil 5.2. Uluabat Gölü Sıcaklık Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde göldeki dağılımın 5. istasyonunun bulunduğu bölgede en yüksek değere sahip olduğu, ayrıca 4, 6 ve 8. istasyonlarda da yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşılık en düşük sıcaklık değeri 1. İstasyonda ölçülmüştür. 2, 3 ve 7.istasyonlarda da düşük sıcaklıklar görülmektedir.

5.1.2. pH

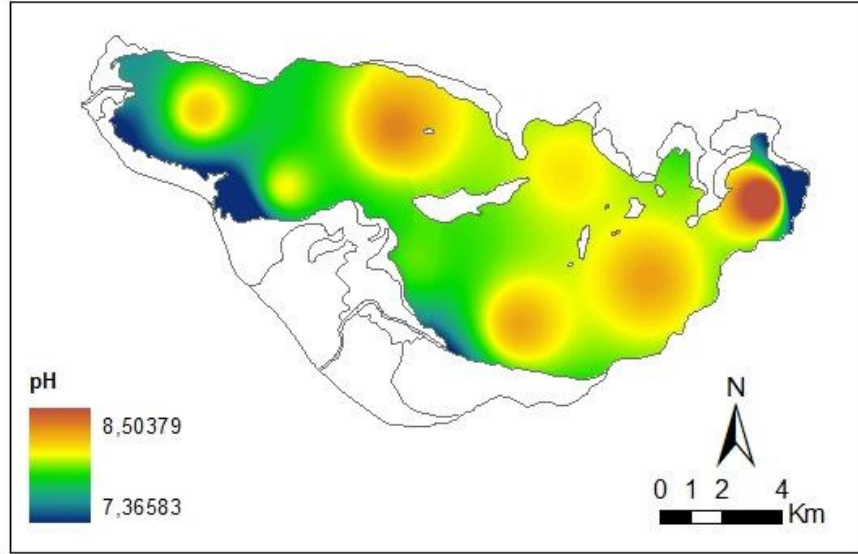
İyi bir su kalitesi için pH genellikle 6,5-8,5 aralığında bulunmaktadır. Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek pH değeri 9,7 ile Ocak ayında 8.istasyonda, en düşük değer ise 7,16 ile Mayıs ayında 8.istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek pH 9,7 Ocak ayında 8.istasyonda, en düşük pH ise 7,55 ile Kasım ayında 7.istasyonda gözlenmiştir. Göl ortalaması alındığında pH'ın $8,305 \pm 0,287$ olduğu tespit edilmiştir. pH parametresi mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 8,34; sonbaharda 8,36; kış mevsiminde 8,42; ilkbaharda ise 8,09 olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama pH değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.3. Uluabat Gölü pH'ın aylara ve istasyonlara göre değişimi.

Şekil 5.3' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek pH değeri Temmuz ayında(8,645), en düşük pH Mayıs ayında(7,92), istasyonlara göre ise en yüksek pH 8.istasyonda(8,5), en düşük pH 4.istasyonda(8,19) tespit edilmiştir.

Gölde, pH parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.4'de görüldüğü gibidir.

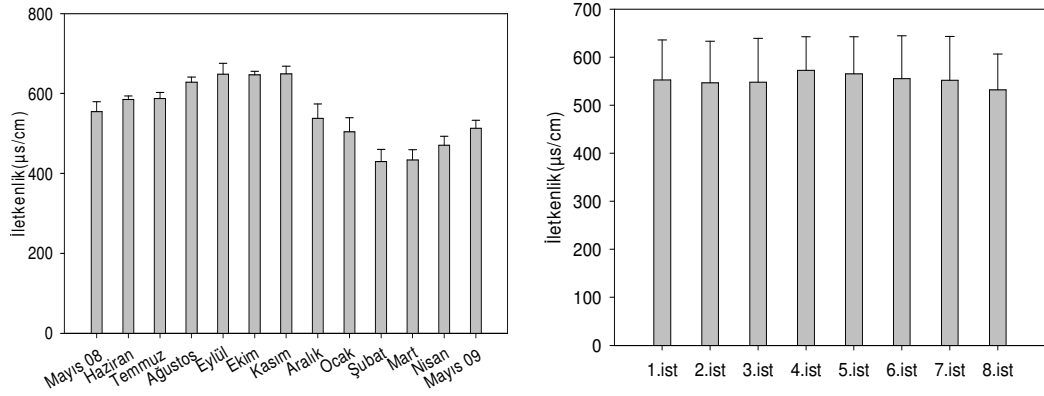


Şekil 5.4. Uluabat Gölü pH Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki dağılımın 8. istasyonunun bulunduğu bölgede en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık en düşük pH değeri 4. istasyonda olmakla beraber, 1. , 2. ve 7. istasyonlarda da düşük olduğu görülmektedir.

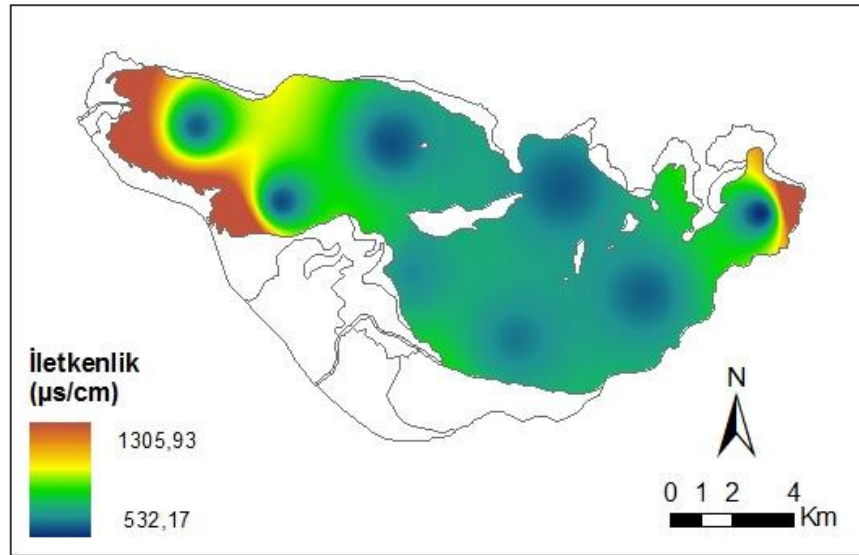
5.1.3. İletkenlik

Suların iletkenliği sulardaki iyon sayısı hakkında bilgi verir. Uluabat Gölü'nde ölçülen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, derinliğe bağlı olarak önemli bir azalma veya artma göstermemiş olup 400-650 $\mu\text{s/cm}$ aralığında değişim göstermiştir. Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek iletkenlik değeri 668 $\mu\text{s/cm}$ ile Eylül ayında 6.istasyonda, en düşük değer ise 402 $\mu\text{s/cm}$ ile Mart ayında 2.istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek iletkenlik 686 $\mu\text{s/cm}$ Kasım ayında 7.istasyonda, en düşük iletkenlik ise 407 $\mu\text{s/cm}$ ile Şubat ayında 3.istasyonda gözlenmiştir. . Göl ortalaması alındığında iletkenliğin $553,02 \pm 82,57$ $\mu\text{s/cm}$ olduğu tespit edilmiştir. İletkenlik parametresi mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 600,43; sonbaharda 648,04; kış mevsiminde 490,91; ilkbaharda ise 472,68 $\mu\text{s/cm}$ olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama iletkenlik değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.5. Uluabat Gölü iletkenlik parametresinin aylara ve istasyonlara göre değişimi

Şekil 5.5' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek iletkenlik değeri Kasım ayında ($649,18 \mu\text{s/cm}$), en düşük iletkenlik Şubat ayında ($430,18 \mu\text{s/cm}$), istasyonlara göre ise en yüksek iletkenlik 4.istasyonda ($572,58 \mu\text{s/cm}$), en düşük iletkenlik 8.istasyonda ($532,16 \mu\text{s/cm}$) tespit edilmiştir. Gölde iletkenlik parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.6. Uluabat Gölü İletkenlik Dağılım Haritası

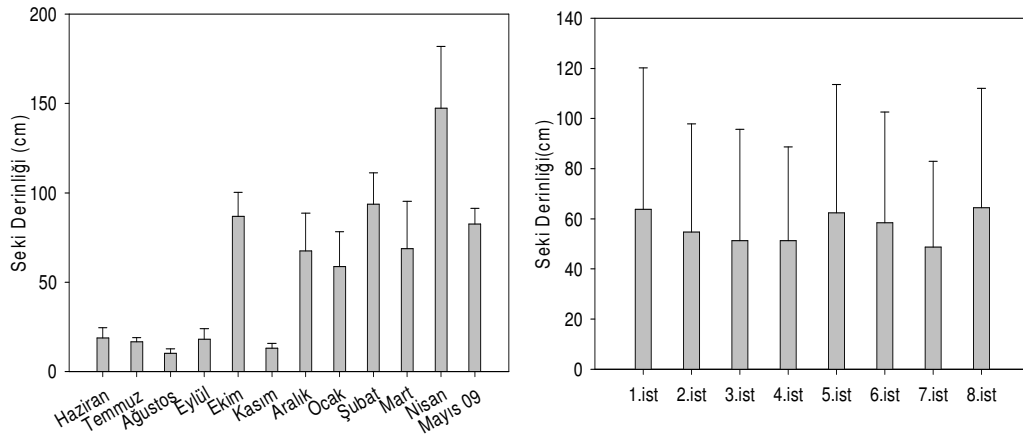
Harita incelendiğinde, göldeki iletkenlik dağılımının 1., 4. ve 5. istasyonların bulunduğu bölgelerde en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık en düşük 8. istasyon olmakla beraber, 2., 6. ve 7. istasyonlarda da iletkenliğin düşük olduğu görülmektedir.

5.1.4. Seki Derinliği

Seki derinliği parametresi göllerde suyun bulanıklığının ve dolayısıyla ışık geçirgenliğinin bir göstergesidir. Uluabat Gölü'ndeki bulanıklığı tespit etmek için de seki diski derinliği 8 istasyonda, her ay ölçüm yapılarak izlenmiştir.

Uluabat Gölü'nde ölçülen en yüksek seki derinliği değeri 200 cm ile Nisan ayında 1.istasyonda, en düşük değer ise 5 cm ile Ağustos ayında 4.istasyonda ölçülmüştür. Gölün ortalama seki derinliği ise 56,87 cm'dir. Seki derinliği ortalaması yaz mevsiminde 15,2 cm; sonbaharda 39,37 cm; kış mevsiminde 73,33 cm; ilkbaharda ise 99,5 cm olarak belirlenmiştir.

Uluabat Gölü ortalama seki derinliği değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



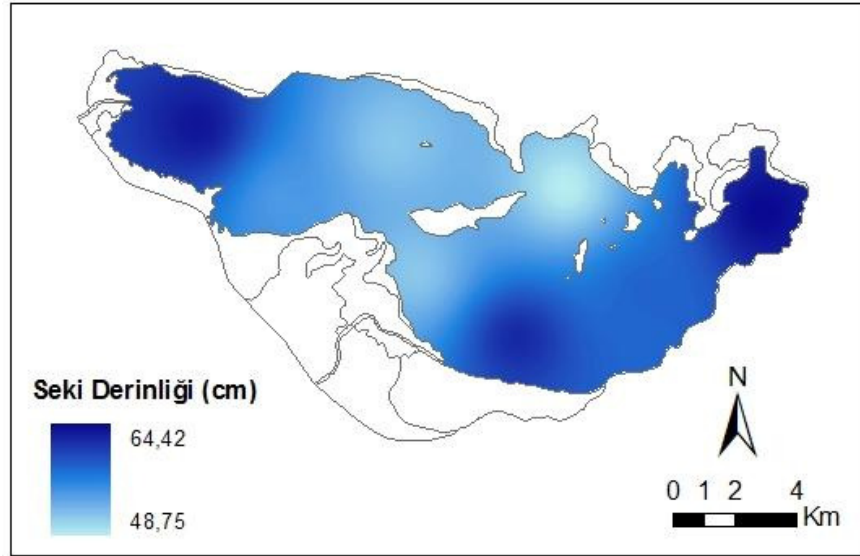
Şekil 5.7. Uluabat Gölü Seki Derinliğinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.7'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek seki derinliği değeri Nisan ayında (147,5 cm), en düşük seki derinliği Ağustos ayında

(10,25 cm), istasyonlara göre ise en yüksek seki derinliği 8.istasyonda(64,41 cm), en düşük seki derinliği 7.istasyonda(48,75 cm) tespit edilmiştir.

Şekil 5.7’de de görüldüğü gibi görüş derinliği Haziran ayından itibaren Temmuz ve Eylül aylarında oldukça düşük seviyelere gerilemiştir. Bunun nedeni bu aylarda alg popülasyonundaki artışın en yüksek değerlerine ulaşması olarak gösterilebilir. Bu çalışma kapsamında alg popülasyonundaki artışı belirlemek amacıyla klorofil-a parametresi izlenmiş ve seki derinliği ile klorofil-a konsantrasyonu arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Klorofil-a konsantrasyonu en düşük değerlerine Aralık ayında ulaşmıştır. Bununla ters orantılı olarak, en yüksek görüş derinliği değerlerine de Kasım ayı içerisinde ulaşılmıştır. Bu da göstermektedir ki, klorofil-a konsantrasyonu ile seki diski derinliği arasında ters bir ilişki vardır. Klorofil-a konsantrasyonundaki artış göldeki görüş derinliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Seki diski derinliği parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.8.Uluabat Gölü Seki Derinliği Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki seki derinliğinin 1. ve 8. istasyonların bulunduğu bölgelerde en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık en düşük 7. istasyon olmakla beraber, 2, 3, 4. ve 6. istasyonlarda da düşük olduğu görülmektedir.

5.1.5. Çözünmüş Oksijen

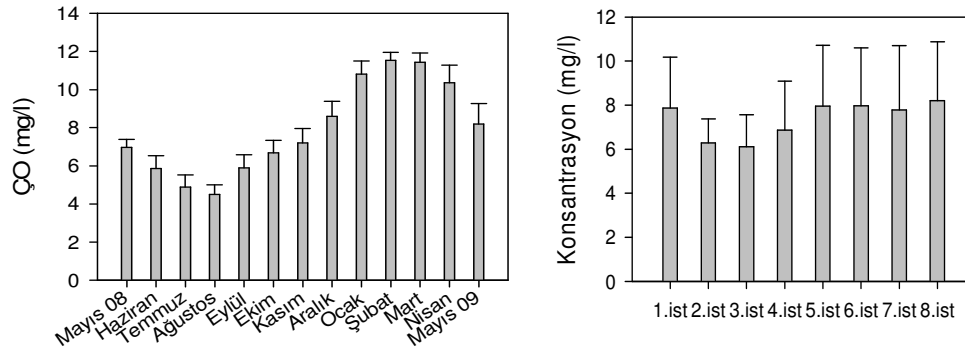
Sucul ortamların özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biride çözünmüş oksijendir. Çözünmüş oksijen su ortamlarında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar ile organik madde yüklemeleri karşısında alıcı ortamdaki değişimler hakkında önemli bilgiler verir (Morkoç, 1991).

Sularda besin elementleri, bazı eser elementler ve sudaki karbondioksit iyonları güneş enerjisi ile birleşerek klorofil ihtiva eden canlılar (fitoplanktonlar) tarafından fotosentez reaksiyonları gerçekleştirilir. Fotosentez reaksiyonu sonucunda organik madde ile birlikte oksijen üretilir. Fotosentezin yoğun olduğu üst suların belli derinliklerine reaksiyon sonucu fazla oksijen girer ve ortamın oksijen seviyesi doygunluk seviyesinin üstüne çıkabilir (Morkoç, 1991). Oksijen fotosentez olayı ile ortamdaki derişiminde artış gösterebileceği gibi atmosferden suyun üst tabakalarına geçiş yaparak da sudaki miktarını arttırabilir (Güvensel, 2006). Sudaki çözünmüş oksijen derişimini azaltan faktörlerin başında ise, bitki ve hayvanların solunumu, oksidasyon olaylarını içeren çeşitli kimyasal ve biyolojik olaylarla atmosferle ilişkide olan ve oksijence daha zengin yüzey sularından oksijen kaybı söylenebilir. Genellikle yaz aylarındaki sıcaklık artışı oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır (Geldiay ve Kocataş, 2002).

Sudaki oksijen miktarını etkileyen faktörlerin başında, mevsim koşulları, derinlik ve birincil üretim yer almaktadır. Yaz döneminde sıcaklığın artmasıyla çözünmüş gaz derişimindeki düşüş görülür. Fotosentez olayının tetikleyicisi konumunda olan karbondioksit gazının derişimindeki azalma oksijen oluşumu için en önemli biyolojik süreçlerden biri olan bu reaksiyon sonucunda açığa çıkacak olan oksijeni etkileyecektir. Yaz dönemindeki çözünmüş oksijen derişimindeki azalış buna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yine kış döneminde meydana gelen yükseliş, bu aylardaki su sıcaklığının düşmesiyle ilişkilendirilir (Güvensel, 2006).

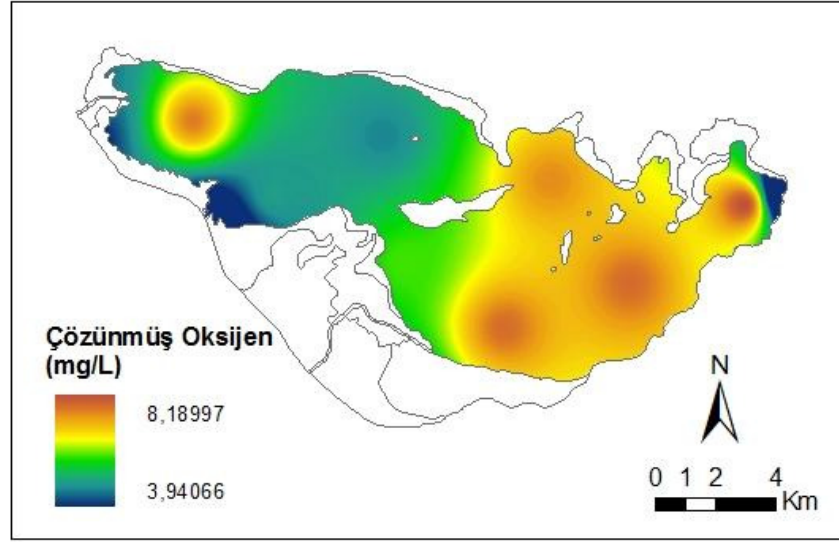
Uluabat Gölü'nde yüzeyle ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen değeri 12 mg/l ile Şubat ayında 6.istasyonda, en düşük değeri ise 4,26 mg/l ile Ağustos ayında 3.istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen 12,09 mg/l Şubat ayında 2.istasyonda, en düşük çözünmüş oksijen ise 3,43 mg/l ile Temmuz ayında 7.istasyonda gözlenmiştir. Gölün ortalama çözünmüş oksijen değeri ise $7,998 \pm 2,546$ mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 5,082 mg/l; sonbaharda 6,591 mg/l; kış mevsiminde 10,316 mg/l; ilkbaharda ise 10,004 mg/l olarak belirlenmiştir.

Uluabat Gölü ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.9. Uluabat Gölü Çözünmüş Oksijen Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.9'da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek çözünmüş oksijen değeri Şubat ayında (11,54 mg/l), en düşük çözünmüş oksijen Ağustos ayında (4,496 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek çözünmüş oksijen 8.istasyonda (8,19 mg/l), en düşük çözünmüş oksijen 3.istasyonda (6,107 mg/l) tespit edilmiştir. Gölde çözünmüş oksijen parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,

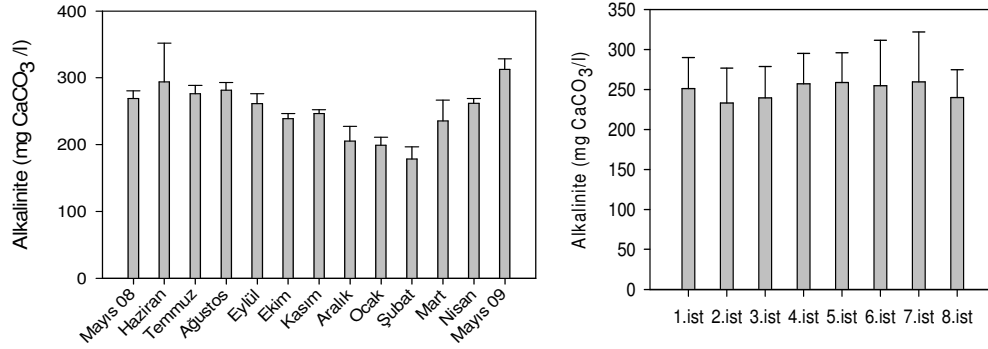


Şekil 5.10.Uluabat Gölü Çözünmüş Oksijen Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki çözünmüş oksijen dağılımının 1, 5, 6, 7. ve 8. istasyonların bulunduğu bölgelerde en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık en düşük konsantrasyonların 2. ve 3. istasyonlarda olduğu görülmektedir.

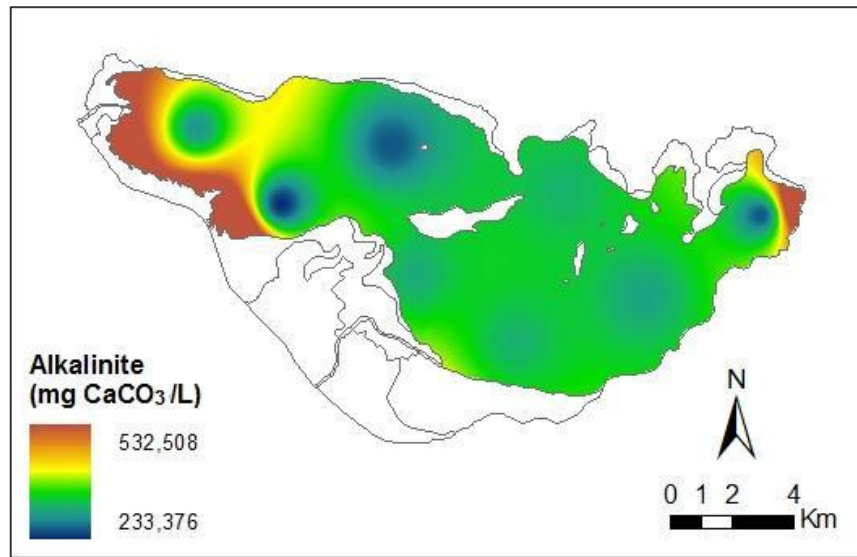
5.1.6. Alkalinite

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Doğal suların alkalitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelir. Birçok madde suyun alkalitesine katkıda bulunmakla beraber, doğal sularda alkalitenin en önemli kısmı; hidroksitler, karbonatlar ve bikarbonatlardan ileri gelmektedir (Şengül, 2001).Uluabat Gölü'nde alkalinite parametresi sadece yüzeyden alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek alkalinite değeri 407,5 mg CaCO₃/l ile Haziran ayında 7.istasyonda, en düşük değer ise 157,5 mg CaCO₃/l ile Şubat ayında 2.istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında alkalitenin 249,35±44,5 mg CaCO₃/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 282,85 mg CaCO₃/l; sonbaharda 249,17 mg CaCO₃/l; kış mevsiminde 194,27 mg CaCO₃/l; ilkbaharda ise 270,1 mg CaCO₃/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama alkalinite değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.11. Alkalinite Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.11’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek alkalinite değeri Mayıs 2009 da (312,81 mg/l), en düşük alkalinite değeri Şubat ayında (178,43 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek alkalinite 7.istasyonda (259,37 mg CaCO₃/l), en düşük alkalinite 2.istasyonda (233,37 mg CaCO₃/l) olarak tespit edilmiştir. Alkalinite parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.12. Uluabat Gölü Alkalinite Dağılım Haritası

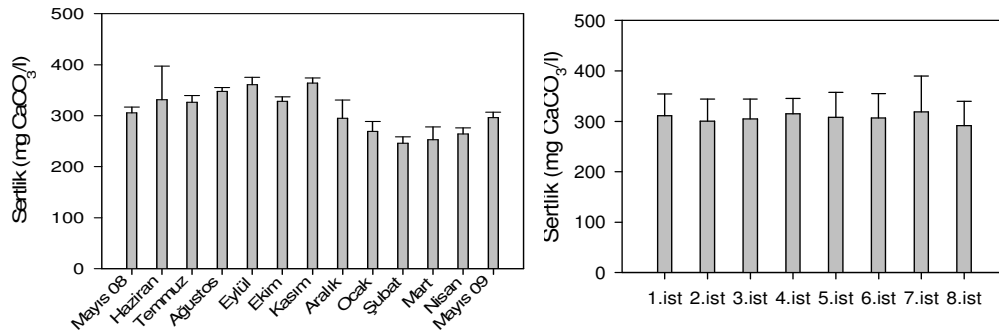
Harita incelendiğinde, göldeki alkalinite dağılımının 7. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 1, 4, 5 ve 6. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 2. istasyonda gözlenmiş olup, 3. ve 8. istasyonlarda da alkalinite konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

5.1.7. Sertlik

Suların sertliği, suların kullanılan sabunu çöktürme kapasitesinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Sabun, genel olarak suda mevcut kalsiyum ve magnezyum iyonları ile birleşerek çöker. Bu iki iyon, doğal sularda sertlik yapan diğer iyonlardan daha fazla bulunduğundan, çoğunlukla sertlik kalsiyum ve magnezyum iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir (Şengül, 2001).

Uluabat Gölü'nde sertlik parametresi sadece yüzeyden alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek sertlik değeri 490 mg CaCO₃/l ile Haziran ayında 7.istasyonda, en düşük değer ise 228 mg CaCO₃/l ile Mart ayında 6.istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında sertliğin 306,86±46,87 mg CaCO₃/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 335,25 mg CaCO₃/l; sonbaharda 351,08 mg CaCO₃/l; kış mevsiminde 269,91 mg CaCO₃/l; ilkbaharda ise 271,208 mg CaCO₃/l olarak belirlenmiştir.

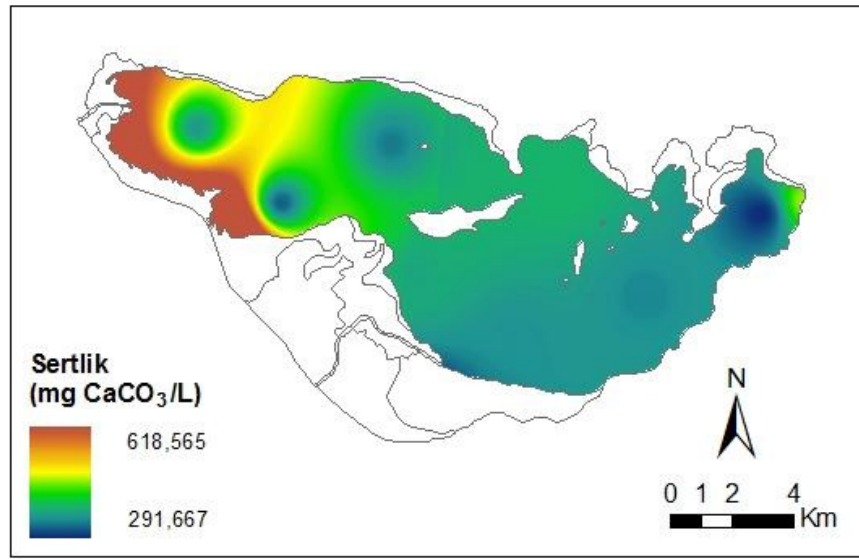
Uluabat Gölü ortalama sertlik değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.13. Uluabat Gölü Sertlik Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.13’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek sertlik değeri Kasım ayında (364,25 mg CaCO₃/l), en düşük sertlik değeri Şubat ayında (246 mg CaCO₃/l), istasyonlara göre ise en yüksek sertlik 7.istasyonda (318,83 mg CaCO₃/l), en düşük sertlik 8.istasyonda (291,66 mg CaCO₃/l) tespit edilmiştir.

Sertlik parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.14. Uluabat Gölü Sertlik Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki sertlik dağılımının 7. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 1, ve 4. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 8. istasyonda gözlenmiş olup, 2, 3, 5. ve 6. istasyonlarda da sertlik konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

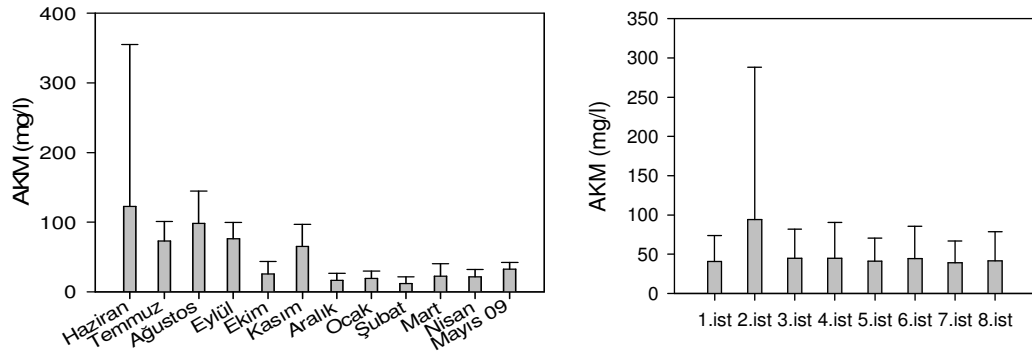
5.1.8. Askıda Katı Madde (AKM)

Askıda katı maddeler alıcı su ortamlarına genellikle evsel ve endüstriyel atık sularla taşınırlar. Ayrıca, erozyon nedeniyle toprak örtüsünün yok olması ile verimli toprak üst katmanları su ortamlarına taşınarak, bu ortamlarda AKM yükü olarak ortaya çıkmaktadır. Askıda katı maddeler suyun bulanıklığını arttırmaları ve ışık geçirgenliğini azaltırlar. Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek fotosentezi

etkileyerek sudaki çözünmüş oksijenin azalmasına neden olurlar. Ayrıca dibe çökerek tabanda yaşayan bentik canlıların yaşam ortamlarını olumsuz etkilerler.

Uluabat Gölü'nde AKM parametresi yüzeyden ve dipten alınan numunelerde belirlenmiş olup, yüzeyde ölçülen en yüksek değeri 128 mg /l ile Ağustos ayında 1. ve 2. istasyonda, en düşük değer ise 4 mg/l ile Aralık ayında 5. ve 6.istasyonda, Şubat ayında 7. ve 8. istasyonlarda ölçülmüştür. Dipte ise en yüksek AKM değeri 980 mg/l ile Haziran ayında 2.istasyonda, en düşük 4 mg/l ile Şubat ayında 1. ve 6. istasyonlarda gözlenmiştir. Göl ortalaması alındığında AKM konsantrasyonunun $48,87 \pm 77,06$ mg /l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 98,08 mg/l; sonbaharda 55,73 mg /l; kış mevsiminde 16 mg /l; ilkbaharda ise 25,66 mg/l olarak belirlenmiştir.

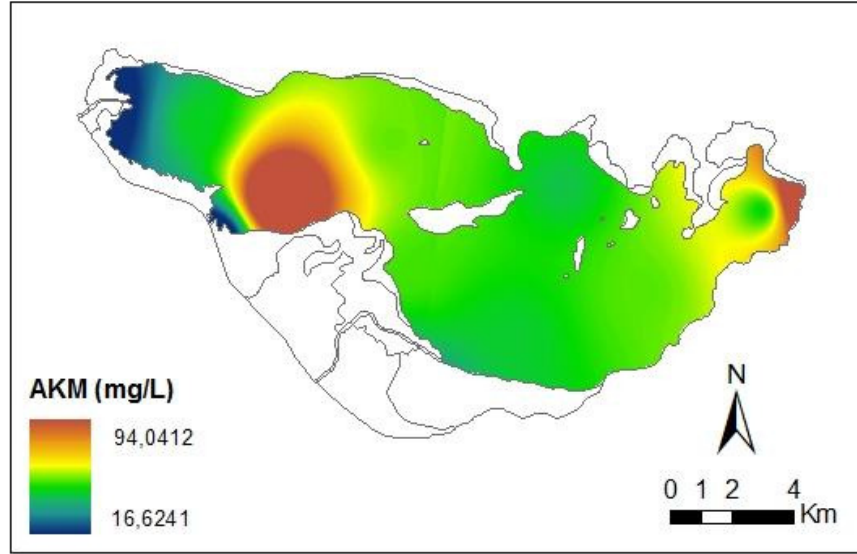
Uluabat Gölü ortalama askıda katı madde konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.15. Uluabat Gölü AKM Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.15'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek AKM değeri Haziran ayında (122,7 mg /l), en düşük AKM değeri Şubat ayında (12 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek AKM 2.istasyonda (94,04 mg /l), en düşük AKM 7.istasyonda (39 mg/l) tespit edilmiştir.

AKM parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.16. Uluabat Gölü AKM Dağılım Haritası

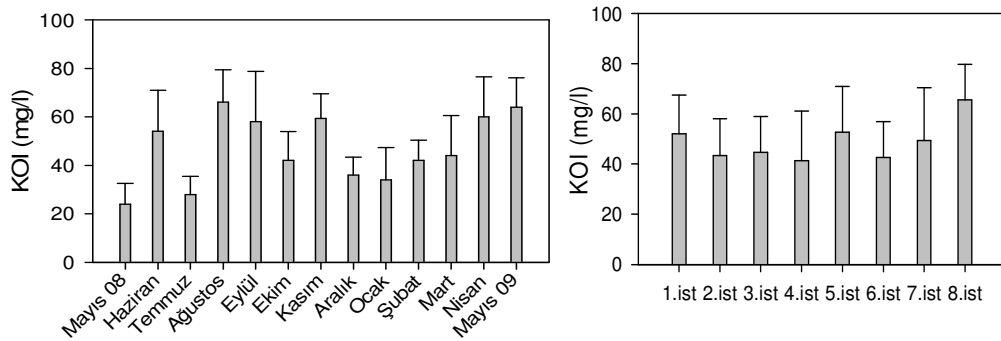
Harita incelendiğinde, göldeki AKM dağılımının 2. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, ayrıca Akçalar pompa istasyonunun bulunduğu bölgede de yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 7. ve 1. istasyonda gözlenmiş olup, göl genelinde AKM konsantrasyonunun orta seviyede olduğu görülmektedir.

5.1.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı, su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici ile oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eş değeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik madde türleri arasında ayırım yapmadığı için kolektif bir parametredir, ayrıca su karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. KOİ, organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eş değeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır. Bir suya ait KOİ değeri, BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ ye eşit veya büyüktür (www.ins.itu.edu.tr).

Uluabat Gölü'nde KOİ parametresi sadece yüzeyden alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek KOİ değeri 80 mg/l ile 4, 5, 7 ve 8. istasyonlarda,

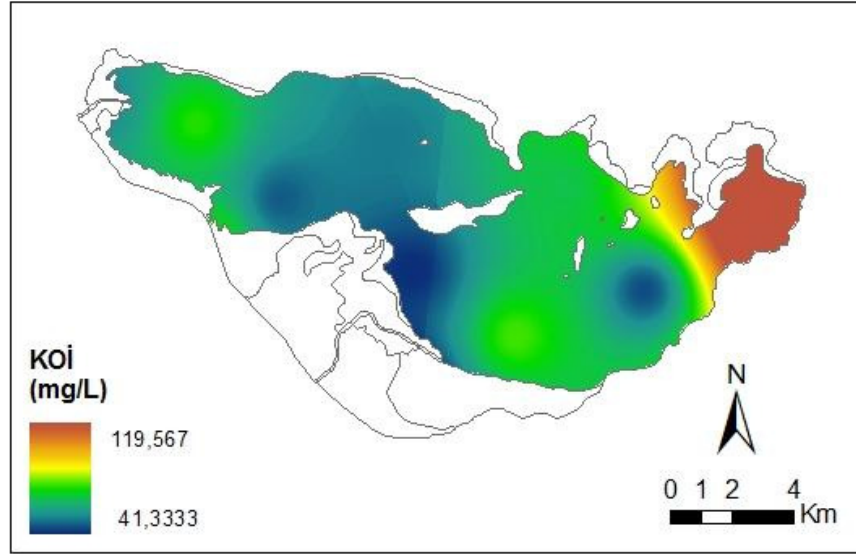
Nisan, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında, en düşük değer ise 16 mg/l ile Ocak ve Mart aylarında 4. ve 6.istasyonlarda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında KOI nin $48,94 \pm 17,71$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 49,33 mg/l; sonbaharda 53,125 mg/l; kış mevsiminde 37,33 mg/l; ilkbaharda ise 56 mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama KOI değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.17. Uluabat Gölü KOI Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.17’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek KOI değeri Ağustos ayında (66 mg/l), en düşük KOI değeri Temmuz ayında (28 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek KOI 8.istasyonda (65,58 mg/l), en düşük KOI 4.istasyonda(41,33 mg/l) tespit edilmiştir.

KOI parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.18. Uluabat Gölü KOI Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki KOI dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 1, 5 ve 7. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 4. istasyonda gözlenmiş olup, 2, 3. ve 6. istasyonlarda da KOI konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

5.1.10. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

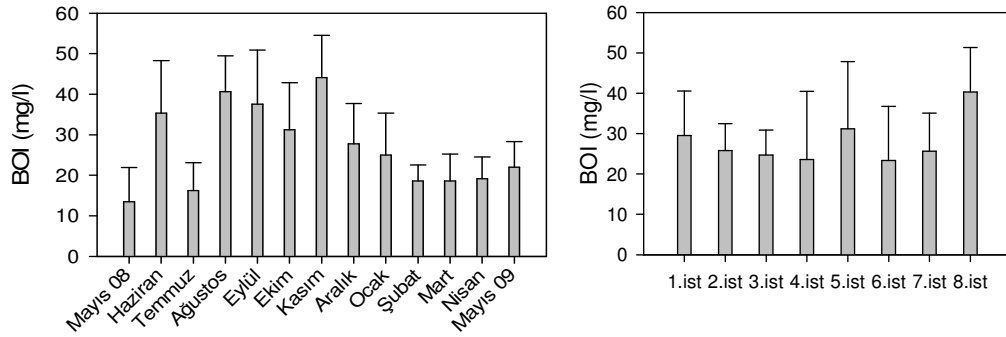
BOİ, organik maddenin biyokimyasal oksidasyonu için gereken oksijen miktarını ölçmeye yarar. Buna karbonlu maddelerin oksijen ihtiyacı denir.(www.ins.itu.edu.tr).

BOİ aerobik oksidasyona dayanır ve besin maddesi olarak kullanılan organik maddelerin, 20 °C'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından tüketilen oksijen miktarının ölçümünü içeren bir yaşam testi olarak bilinir. Bu teste oluşan reaksiyonlar, biyolojik aktivitenin sonucudur. Bu yüzden reaksiyon hızı mikroorganizma nüfusuna ve sıcaklığa bağlıdır. Metabolik prosesler 20 °C'de test koşullarında günlerce devam eder. Teorik olarak organik maddenin tam biyolojik oksidasyonu için sonsuz zaman gereklidir. Fakat pratik amaçlarla reaksiyonun 20 günde tamamlandığı esas alınmıştır. Ancak 20 gün beklemek çok zaman alıcı olduğundan BOİ testinde 5 günlük sürede

reaksiyonun büyük yüzdesinin tamamlandığı varsayılarak, inkübasyon süresi 5 gün ile sınırlandırılmıştır (Şengül, 2001).

Uluabat Gölü'nde BOI parametresi sadece yüzeiden alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek BOI değeri 52,5 mg/l ile 1. istasyonda, Haziran ayında, en düşük değer ise 5 mg/l ile Temmuz ayında 4. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında BOI nin $28,01 \pm 12,73$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 30,73 mg/l; sonbaharda 37,62 mg/l; kış mevsiminde 23,79 mg/l; ilkbaharda ise 19,91 mg/l olarak belirlenmiştir.

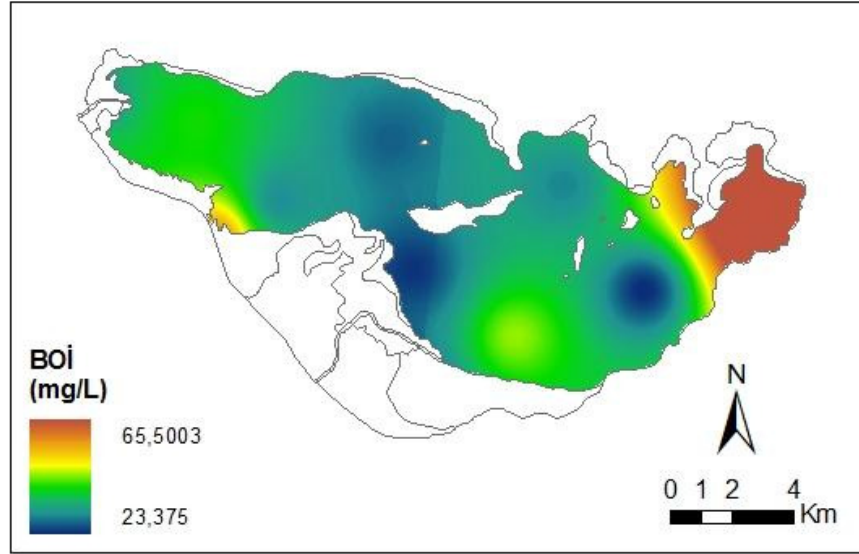
Uluabat Gölü ortalama BOI değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.19. Uluabat Gölü BOI Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.19'da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek BOI değeri Kasım ayında (44,12 mg/l), en düşük BOI değeri Temmuz ayında (16,25 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek BOI 8.istasyonda (40,29 mg/l), en düşük BOI 6.istasyonda (23,37 mg/l) tespit edilmiştir.

BOI parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.20. Uluabat Gölü BOI Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki BOI dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 1, ve 5. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 6. istasyonda gözlenmiş olup, 2, 3, 4 ve 7. istasyonlarda da BOI konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

5.1.11. Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$)

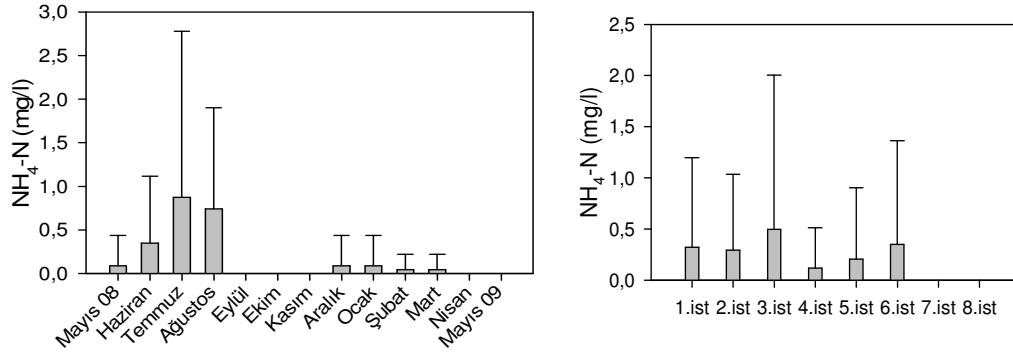
Göl sularında besin elementlerinin kaynağı karalardır. Akarsular, yağışlarla oluşan yüzeysel akışlar ve taban sularının sızması yoluyla gelen besin maddeleri gölleri ve dolayısıyla göl canlılarını beslemektedir. (Ayberk, 2002).

Amonyak ortamda genellikle oksijenin olmadığı ya da evsel atık su girdisinin çok olduğu yerlerde bulunur, ancak nitrat kadar fazla değildir. (Tüfekçi ve diğ. 2003). NH_3 bulunduğu gibi anorganik azot bileşiklerinin en fazla redüklenmiş halidir. Doğada yine biyokimyasal yoldan nitrosomonas grubu bakterilerin etkisiyle aerobik şartlarda nitrit haline oksitlenir ve oluşan nitrit çok daha hızlı bir reaksiyonla nitrata okside edilir (Şengül,2001).

Yüzeysel sularda NH_3 bulunması taze kirlenmeye ve muhtemelen sakıncalı mikroorganizma sayısına, NO_3^- bulunması ise eskimiş kirlenmeye ve muhtemelen daha az sakıncalı mikroorganizma sayısına işaret etmektedir (Şengül, 2001).

Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri 7 mg/l ile Temmuz ayında 3.istasyonda, en düşük değer ise 0 mg/l ile farklı ay ve istasyonlarda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ 2,8 mg/l Temmuz ayında 5.istasyonda, en düşük $\text{NH}_4\text{-N}$ ise 0 mg/l ile farklı ay ve istasyonlarda gözlenmiştir. Gölün ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri ise $0,222\pm 0,812$ mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 0,802 mg/l; sonbaharda 0 mg/l; kış mevsiminde 0,073 mg/l; ilkbaharda ise 0,014 mg/l olarak belirlenmiştir.

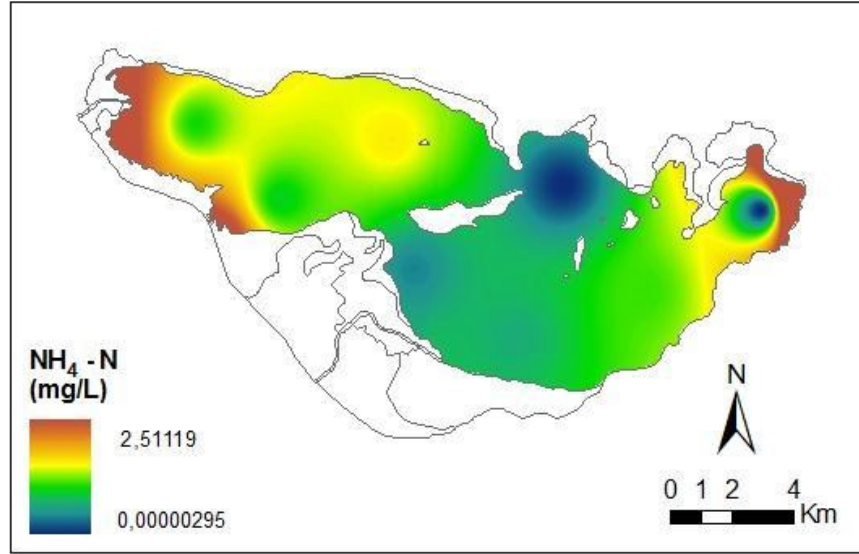
Uluabat Gölü ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.21. Uluabat Gölü $\text{NH}_4\text{-N}$ Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.21'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri Temmuz ayında (1,09 mg/l), en düşük $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri Eylül, Ekim, Kasım, Nisan ve 2009 Mayıs aylarında (0 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.istasyonda (0,49 mg/l), en düşük $\text{NH}_4\text{-N}$ 7 ve 8.istasyonlarda (0 mg/l) tespit edilmiştir.

Gölde $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.22.Uluabat Gölü NH₄-N Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki NH₄-N dağılımının 3. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 1, 2 ve 6. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 7. ve 8. istasyonlarda gözlenmiş olup, 4 ve 5. istasyonlarda da NH₄-N konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

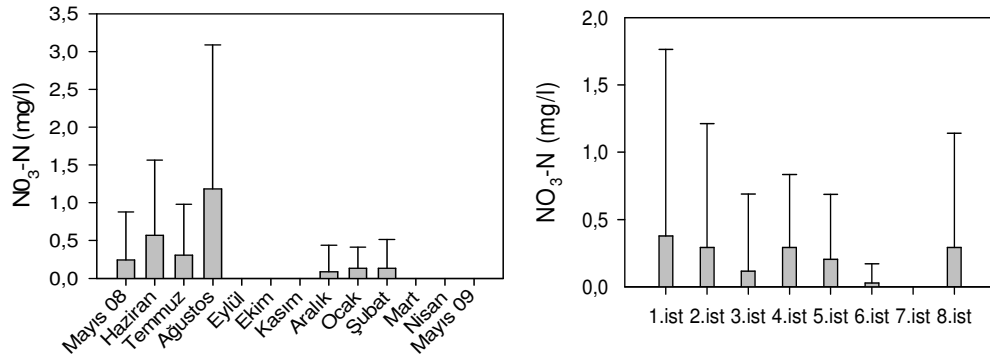
5.1.12. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Nitrat azotu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Kış aylarında birincil üretimin düşük oluşu nedeniyle nitrat derişimleri artış göstermektedir (Geldiay ve Kocataş 2002). Oksijen yönünden zengin olan sucul ortamlarda anorganik azot bileşikleri termodinamik olarak nitrat formundadır. Sulardaki derişimleri biyolojik reaksiyonlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İnorganik azotun bir diğer formu olan nitrit azotu genellikle düşük derişimlerde bulunur. Nitrit azotu amonyak ve nitrat azotu arasında geçiş hali olarak görev yapar. Yani amonyak azotunun yükseltgenmesi ve nitrat azotunun indirgenmesinde ara basamak ürünü olarak görülür. Bu reaksiyonların her ikisi de mikroorganizmalar tarafından aktive edilirler (Morkoç, 1991). Yüzeysel sularda NO₃ bulunması eskimiş fekal bir bulaşmayı gösterir. NO₃ iyonlarının sularda fazla miktarda bulunmasının, bu suyu içen toplumlarda bebekler

arasında ‘methemoglobinemia’ adı verilen kalp ve dolaşım bozukluğuna neden olduğu öne sürülmektedir (Şengül, 2001).

Uluabat Gölü’nde yüzeyde ölçülen en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri 4,2 mg/l ile Ağustos ayında 2.istasyonda, en düşük değer ise 0 mg/l ile farklı ay ve istasyonlarda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ 6,3 mg/l Ağustos ayında 1.istasyonda, en düşük $\text{NO}_3\text{-N}$ ise 0 mg/l ile farklı ay ve istasyonlarda gözlenmiştir. Gölün ortalama $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri ise $0,2005 \pm 0,736$ mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 0,685 mg/l; sonbaharda 0 mg/l; kış mevsiminde 0,116 mg/l; ilkbaharda ise 0 mg/l olarak belirlenmiştir.

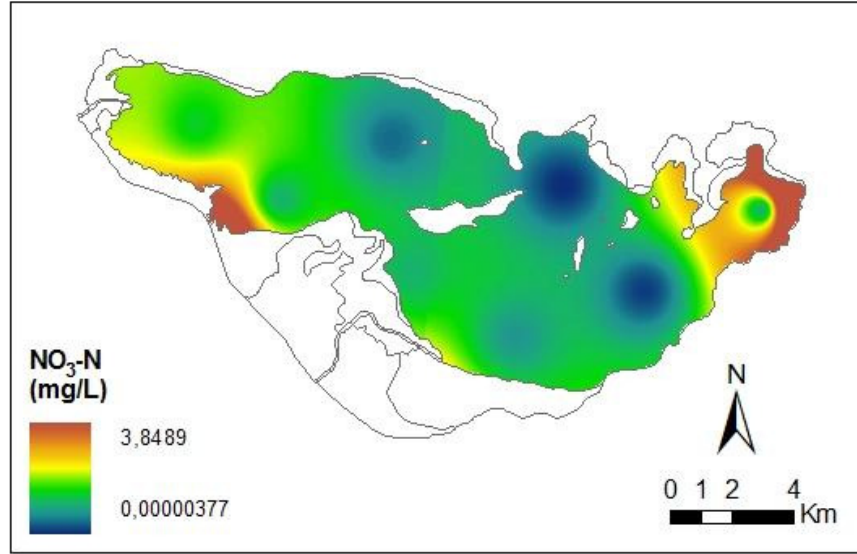
Uluabat Gölü ortalama $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.23. Uluabat Gölü $\text{NO}_3\text{-N}$ Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.23’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri Ağustos ayında(1,181 mg/l), en düşük $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri Eylül, Ekim, Kasım, Mart, Nisan ve 2009 Mayıs aylarında(0 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ 1.istasyonda(0,38 mg/l), en düşük $\text{NO}_3\text{-N}$ 7. istasyonda (0 mg/l) tespit edilmiştir

Gölde $\text{NO}_3\text{-N}$ parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.24.Uluabat Gölü NO₃-N Dağılım Haritası

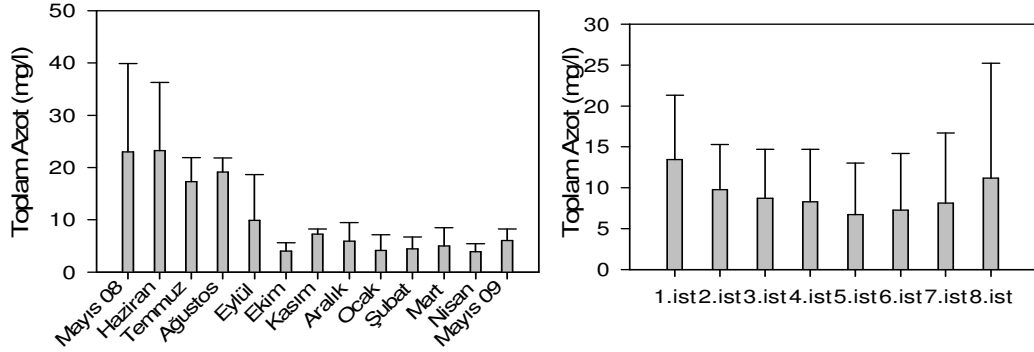
Harita incelendiğinde, göldeki NO₃-N dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 2, 4 ve 8. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 7. istasyonda gözlenmiş olup, 3, 5 ve 6. istasyonlarda da NO₃-N konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

5.1.13. Toplam Azot (TN)

Çalışmamız kapsamında göldeki nutrient seviyelerini belirlemek amacıyla azot ve fosfor fraksiyonları üzerinde ölçümler yapılmıştır.

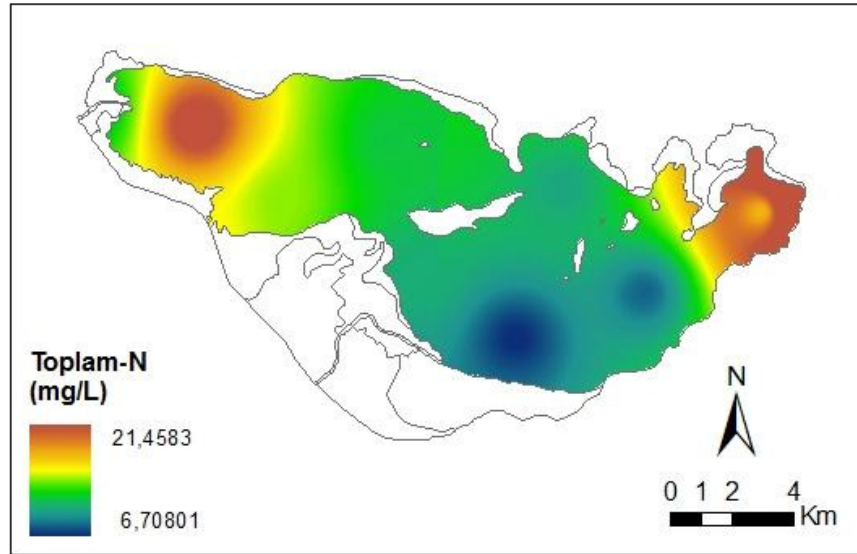
Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek TN değeri 37,1 mg/l ile Haziran ayında 8.istasyonda, en düşük değer ise 1,4 mg/l ile Eylül ayında 5. istasyonda ve Mart ayında 7.istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek TN 63,7 mg/l Haziran ayında 8.istasyonda, en düşük TN ise 1,4 mg/l ile farklı ay ve istasyonlarda gözlenmiştir. Gölün ortalama TN değeri ise $9,191 \pm 8,239$ mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 19,87 mg/l; sonbaharda 7,061 mg/l; kış mevsiminde 4,841 mg/l; ilkbaharda ise 4,987 mg/l olarak belirlenmiştir.

Uluabat Gölü ortalama TN değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.25. Uluabat Gölü TN Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.25’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek TN değeri Haziran ayında(23,23 mg/l), en düşük TN değeri Nisan ayında(3,893 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek TN 1.istasyonda (13,44 mg/l), en düşük TN 5. istasyonda (6,708 mg/l) tespit edilmiştir. Gölde TN parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



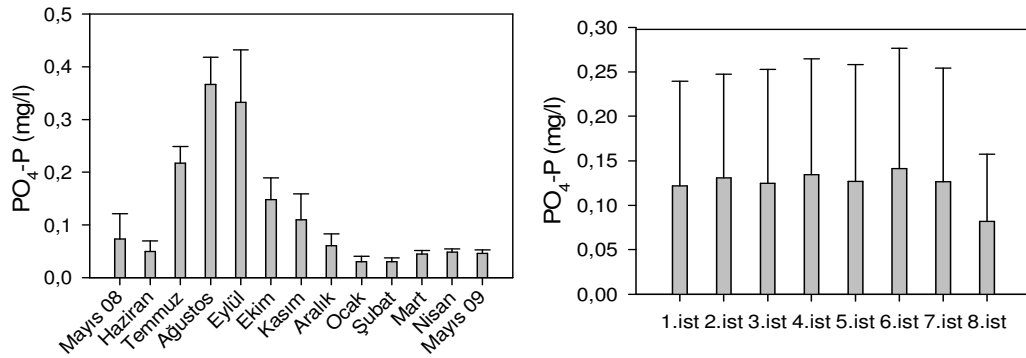
Şekil 5.26.Uluabat Gölü TN Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki TN dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 8. istasyonda da oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 5.ve 6. istasyonda gözlenmiş olup, 2, 3, 4 ve 7. istasyonlarda TN konsantrasyonun orta seviyelerde olduğu görülmektedir.

5.1.14. Fosfat Fosforu (PO₄-P)

Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek PO₄-P değeri 0,4247 mg/l ile Ağustos ayında 5.istasyonda, en düşük değer ise 0,009 mg/l ile Ocak ayında 8. istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek PO₄-P 0,4247 mg/l Ağustos ayında 4.istasyonda, en düşük PO₄-P ise 0,018 mg/l ile Ocak ayında ve 8. istasyonda gözlenmiştir. Gölün ortalama PO₄-P değeri ise 0,1234±0,12 mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 0,211 mg/l; sonbaharda 0,195 mg/l; kış mevsiminde 0,0402 mg/l; ilkbaharda ise 0,0464 mg/l olarak belirlenmiştir.

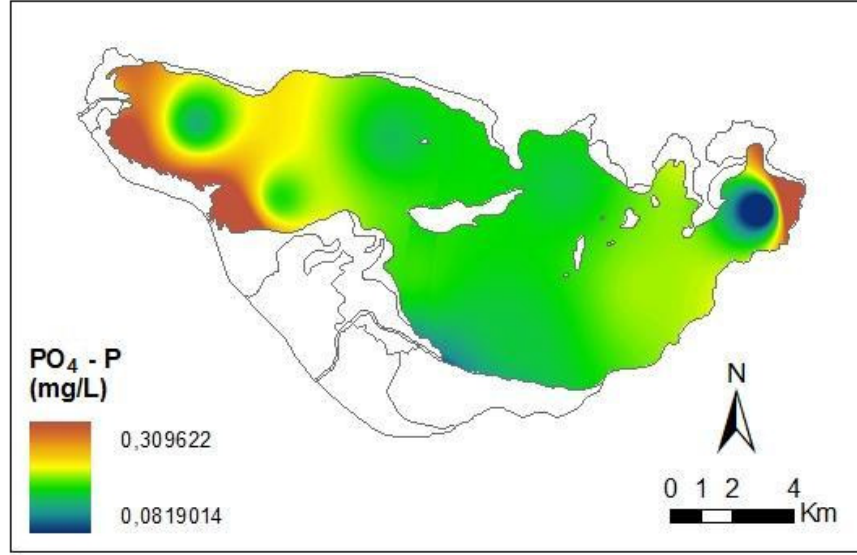
Uluabat Gölü ortalama PO₄-P değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.27. Uluabat Gölü PO₄-P Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.27'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek PO₄-P değeri Ağustos ayında(0,366 mg/l), en düşük PO₄-P değeri Şubat ayında(0,029 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek PO₄-P 6.istasyonda(0,141 mg/l), en düşük PO₄-P 8. istasyonda (0,082 mg/l) tespit edilmiştir.

Gölde $PO_4\text{-P}$ parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



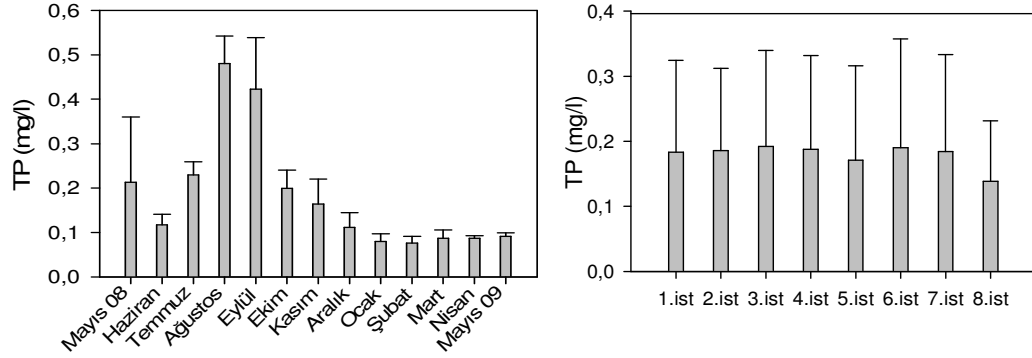
Şekil 5.28.Uluabat Gölü $PO_4\text{-P}$ Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki $PO_4\text{-P}$ dağılımının 6. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Kırmızı renk ile gözlenen yerler pompa istasyonlarının giriş noktaları olup, bu noktalarda da yüksek fosfat gözlenmektedir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 8. istasyonda gözlenmiş olup, göl genelinde $PO_4\text{-P}$ konsantrasyonunun orta seviyelerde olduğu görülmektedir.

5.1.15. Toplam Fosfor (TP)

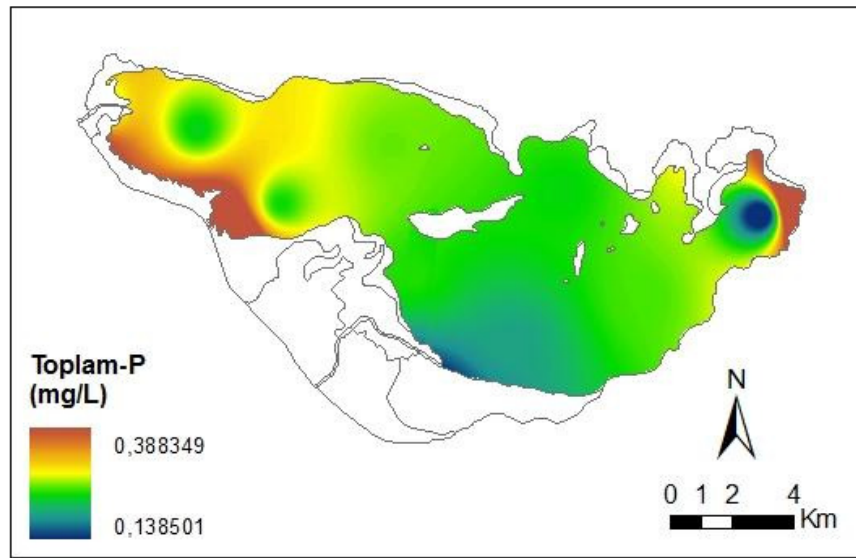
Uluabat Gölü'nde yüzeyde ölçülen en yüksek TP değeri 0,5572 mg/l ile Ağustos ayında 6.istasyonda, en düşük değer ise 0,009 mg/l ile Ocak ayında 8. istasyonda ölçülmüştür. Gölün dibinde ölçülen en yüksek TP 0,5462 mg/l Ağustos ayında 3.istasyonda, en düşük TP ise 0,05716 mg/l ile Şubat ayında ve 1. istasyonda gözlenmiştir. Gölün ortalama TP değeri ise $0,1789 \pm 0,138$ mg/l dir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde ortalaması yaz mevsiminde 0,2758 mg/l; sonbaharda 0,2621 mg/l; kış mevsiminde 0,0894 mg/l; ilkbaharda ise 0,0884 mg/l olarak belirlenmiştir.

Uluabat Gölü ortalama TP değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.29. Uluabat Gölü TP Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişim

Şekil 5.29'da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek TP değeri Ağustos ayında(0,48 mg/l), en düşük TP değeri Şubat ayında(0,076 mg/l), istasyonlara göre ise en yüksek TP 3.istasyonda(0,192 mg/l), en düşük TP 8. istasyonda (0, 138 mg/l) tespit edilmiştir. Gölde TP parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



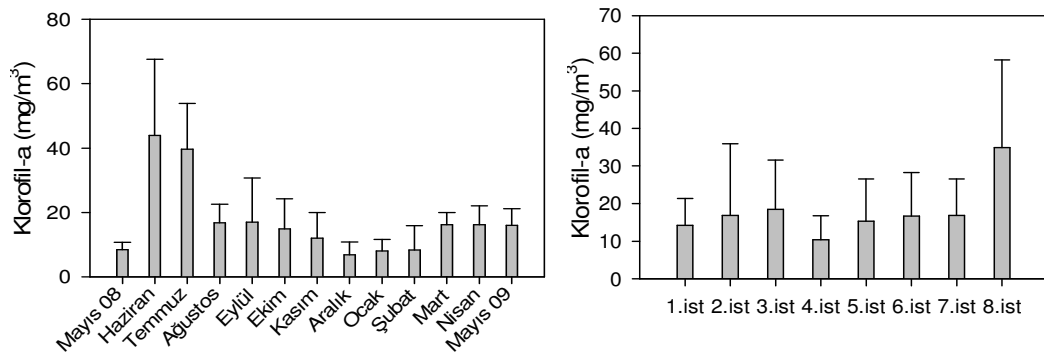
Şekil 5.30. Uluabat Gölü TP Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, göldeki TP dağılımının 3. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Kırmızı renk ile gözlenen yerler pompa istasyonlarının giriş noktaları olup, bu noktalarda da yüksek TP gözlenmektedir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 8. istasyonda gözlenmiş olup, 4 ve 5. istasyonlarda da TP konsantrasyonu düşüktür. Göl genelinde TP konsantrasyonun orta seviyelerde olduğu söylenebilir.

5.1.16. Klorofil – A

Uluabat Gölü'nde Klorofil-a parametresi sadece yüzeyden alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek Klorofil-a değeri $90,36 \text{ mg/m}^3$ ile 8. istasyonda, Haziran ayında, en düşük değer ise $2,035 \text{ mg/m}^3$ ile Şubat ayında 4. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında Klorofil-a'nın $17,97 \pm 14,94 \text{ mg/m}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $33,43 \text{ mg/m}^3$; sonbaharda $14,64 \text{ mg/m}^3$; kış mevsiminde $7,72 \text{ mg/m}^3$; ilkbaharda ise $16,08 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlenmiştir.

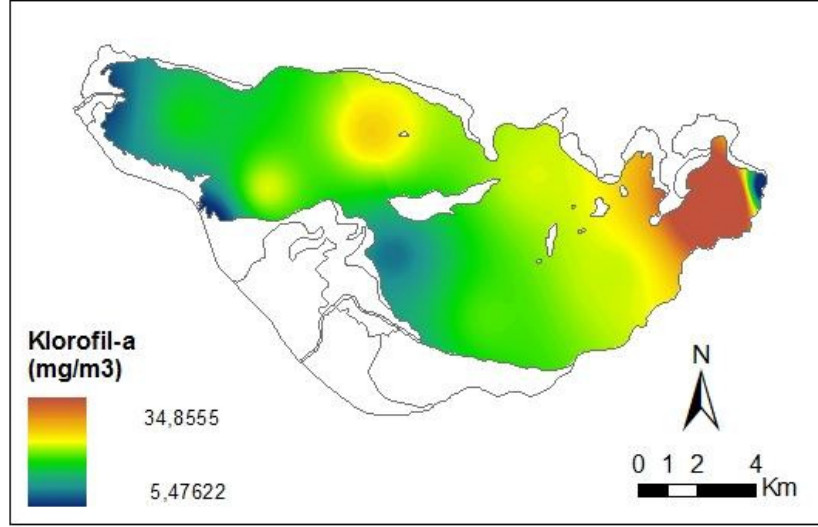
Uluabat Gölü ortalama Klorofil-a değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.31. Uluabat Gölü Klorofil-a Parametresi Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.31'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek Klorofil-a değeri Haziran ayında ($43,87 \text{ mg/m}^3$), en düşük Klorofil-a değeri Aralık

ayında ($6,80 \text{ mg/m}^3$), istasyonlara göre ise en yüksek Klorofil-a 8.istasyonda ($34,85 \text{ mg/m}^3$), en düşük Klorofil-a ise 4.istasyonda ($10,40 \text{ mg/m}^3$) tespit edilmiştir.



Şekil 5.32. Uluabat Gölü Klorofil-a Dağılım Haritası

Klorofil-a parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, göldeki Klorofil-a dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 2, 3, 6 ve 7. istasyonlarda da orta seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük konsantrasyon 4. istasyonda gözlenmiş olup, 1. ve 5. istasyonlarda da Klorofil-a konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.

Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 tarihlerinde ölçülen bu su kalitesi değerlerinin istatistik değerleri tablo 5.1. de verilmiştir.

Tablo 5.1.Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri İstatistik Değerler

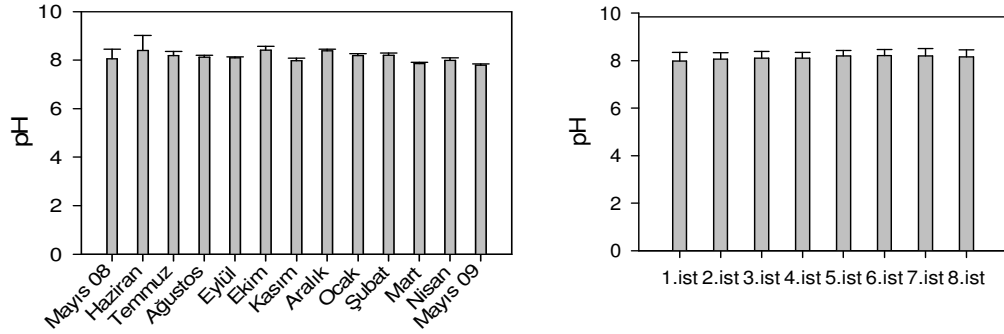
Parametre	Ortalama±Standart Sapma	Maksimum-Minimum
AKM (mg/l)	48,87±77,06	980-4
Alkalinite (mg CaCO ₃ /l)	249,35±44,5	407,5-157,5
BOI (mg/l)	28,01±12,73	52,5-5
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7,998±2,546	12,09-3,43
İletkenlik (µs/cm)	553,02±82,57	686-403
Klorofil-A (mg/m ³)	17,97±14,94	90,36-2,035
KOI (mg/l)	48,94±17,71	80-16
NH ₄ -N (mg/l)	0,222±0,812	7-0
NO ₃ -N (mg/l)	0,2005±0,736	4,2-0
TOP-N (mg/l)	9,191±8,239	63,7-1,4
pH Parametresi	8,305±0,287	9,7-7,16
Sertlik (mgCaCO ₃ /l)	306,86±46,87	490-228
Sıcaklık (°C)	18,053±7,709	28,9-4,1
TDS (mg/l)	271,109±40,24	332-195
PO ₄ -P (mg/l)	0,1234±0,12	0,4267-0,009
TOP-P (mg/l)	0,1789±0,138	0,5572-0,048
Seki Derinliği(cm)	56,87±44,01	200-5
Derinlik(m)	2,41±1,01	4,5-0,7

5.2. Uluabat Gölü Sedimentte İncelenen Parametreler

5.2.1. pH

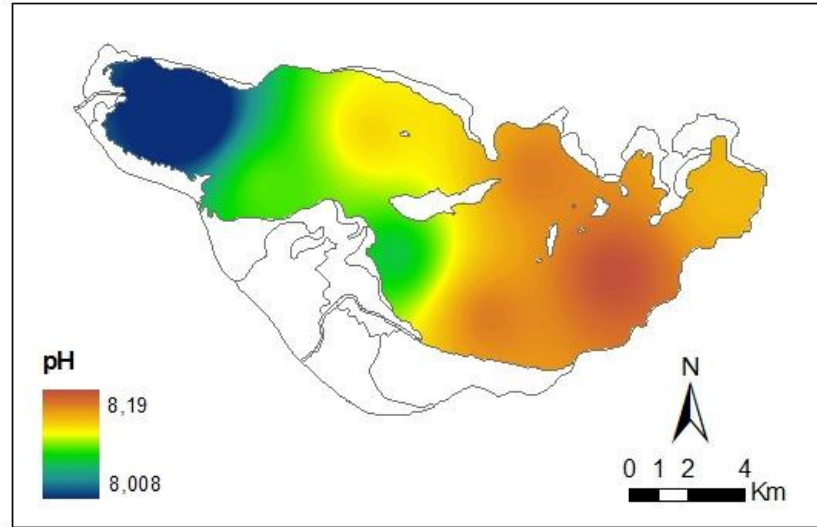
Uluabat Gölü sedimentinde pH parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek pH değeri 9,05 ile 8. istasyonda, Haziran ayında, en düşük değer ise 7,12 ile Haziran ayında 1. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında pH'nın 8,13±0,27 olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama pH değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.33. Uluabat Gölü Sedimentinde pH Parametresinin Göre Değişimi

Şekil 5.33’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek pH değeri Ekim ayında (8,41), en düşük pH değeri 2009 Mayıs ayında (7,78), istasyonlara göre ise en yüksek pH 6.istasyonda(8,19), en düşük pH ise 1.istasyonda (8,008) tespit edilmiştir.



Şekil 5.34. Uluabat Gölü Sediment pH Dağılım Haritası

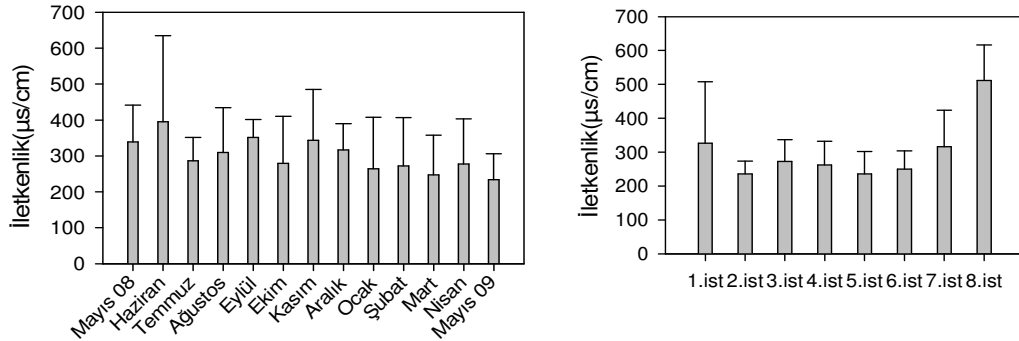
pH parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, sedimentteki pH dağılımının 6. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 5, 7 ve 8. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en

düşük pH değeri 1. istasyonda gözlenmiş olup, 2. ve 4. istasyonlarda da pH değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.2. İletkenlik

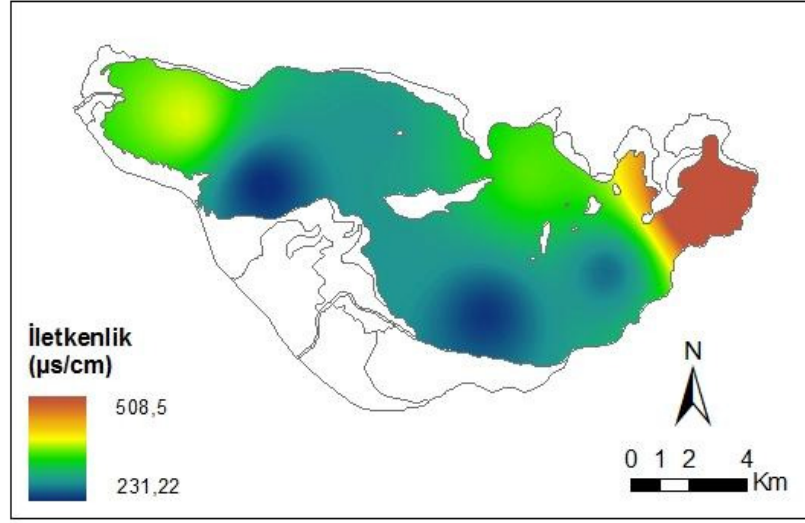
Uluabat Gölü sedimentinde iletkenlik parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek iletkenlik değeri 901 $\mu\text{s/cm}$ ile 1. istasyonda, Haziran ayında, en düşük değer ise 125,6 $\mu\text{s/cm}$ ile Mart ayında 5. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında iletkenliğin $298,26 \pm 127,78 \mu\text{s/cm}$ olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama iletkenlik değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.35. Uluabat Gölü Sedimentinde İletkenlik Parametresinin Değişimi

Şekil 5.35’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek iletkenlik değeri Haziran ayında ($394,87 \mu\text{s/cm}$), en düşük iletkenlik değeri 2009 Mayıs ayında ($233,75 \mu\text{s/cm}$), istasyonlara göre ise en yüksek iletkenlik 8.istasyonda ($508,5 \mu\text{s/cm}$), en düşük iletkenlik ise 2.istasyonda ($231,22 \mu\text{s/cm}$) tespit edilmiştir.



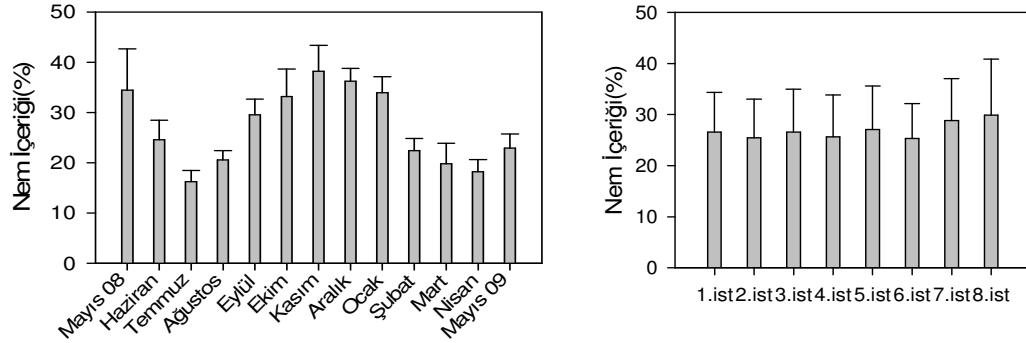
Şekil 5.36. Uluabat Gölü Sediment İletkenlik Dağılım Haritası

İletkenlik parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, sedimentteki iletkenlik dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 1. ve 7. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük iletkenlik değeri 2. istasyonda gözlenmiş olup, 4. ve 6. istasyonlarda da iletkenlik değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.3. Nem İçeriği

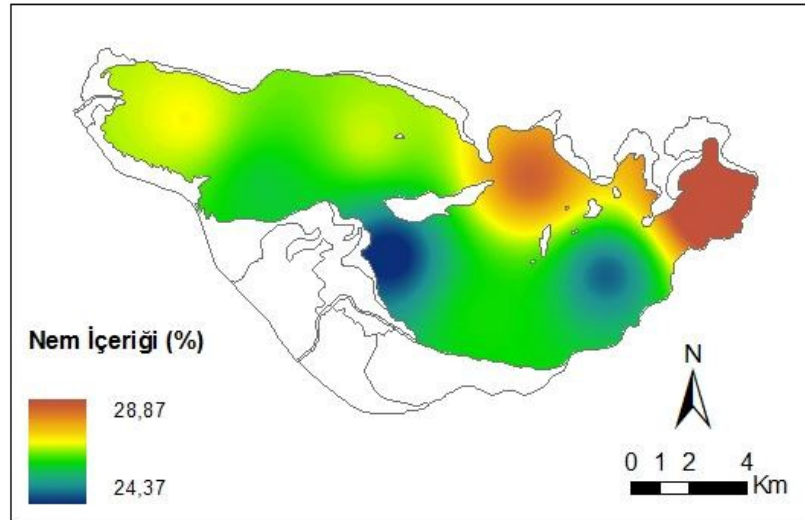
Uluabat Gölü sedimentinde nem içeriği parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek nem içeriği değeri % 48,71 ile 8. istasyonda, Kasım ayında, en düşük değer ise % 13,12 ile Temmuz ayında 3. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında nem içeriğinin % $26,3 \pm 7,96$ olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama nem içeriği değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.37. Uluabat Gölü Sedimentinde Nem İçeriği Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.37'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek nem içeriği değeri Kasım ayında (% 38,2), en düşük nem içeriği değeri Temmuz ayında (% 16,2), istasyonlara göre ise en yüksek nem içeriği 8.istasyonda(% 28,87), en düşük nem içeriği ise 4.istasyonda(% 24,37) tespit edilmiştir.



Şekil 5.38. Uluabat Gölü Sediment Nem İçeriği Dağılım Haritası

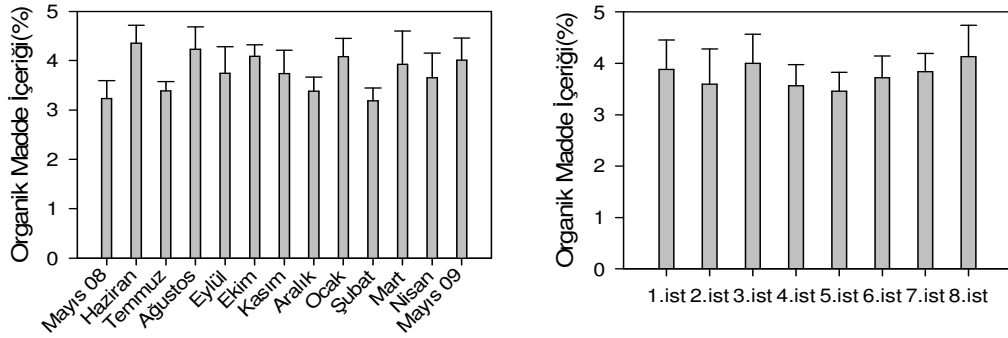
Nem içeriği parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, nem içeriği dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 7. istasyonda

da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük nem içeriği değeri 4. istasyonda gözlenmiş olup, 6. istasyonda da nem içeriği değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.4. Organik Madde İçeriği

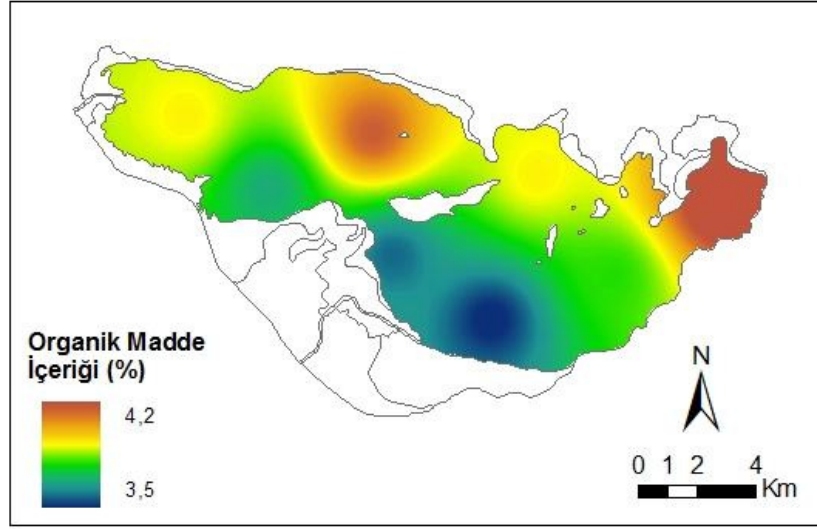
Uluabat Gölü sedimentinde organik madde içeriği parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek organik madde içeriği değeri % 5,18 ile 8. istasyonda, Mart ayında, en düşük değer ise % 2,87 ile Şubat ayında 2. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında organik madde içeriğinin % $3,81 \pm 0,53$ olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama organik madde içeriği değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.39. Uluabat Gölü Sedimentinde Organik Madde İçeriği Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.39'da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek organik madde içeriği değeri Haziran ayında (% 4,35), en düşük organik madde içeriği değeri Şubat ayında (% 3,19), istasyonlara göre ise en yüksek organik madde içeriği 8.istasyonda(% 4,2), en düşük organik madde içeriği ise 5.istasyonda (% 3,5) tespit edilmiştir.



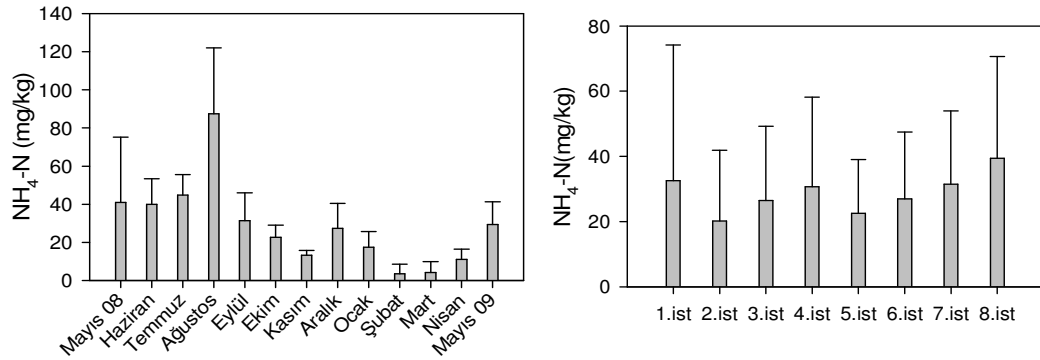
Şekil 5.40. Uluabat Gölü Sediment Organik Madde İçeriği Dağılım Haritası

Organik madde içeriği parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, organik madde içeriği dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 3. istasyonda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. En düşük organik madde içeriği değeri ise 5. istasyonda gözlenmiş olup, 2. ve 4. istasyonlarda da organik madde içeriği değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.5. Amonyum Azotu (NH₄-N)

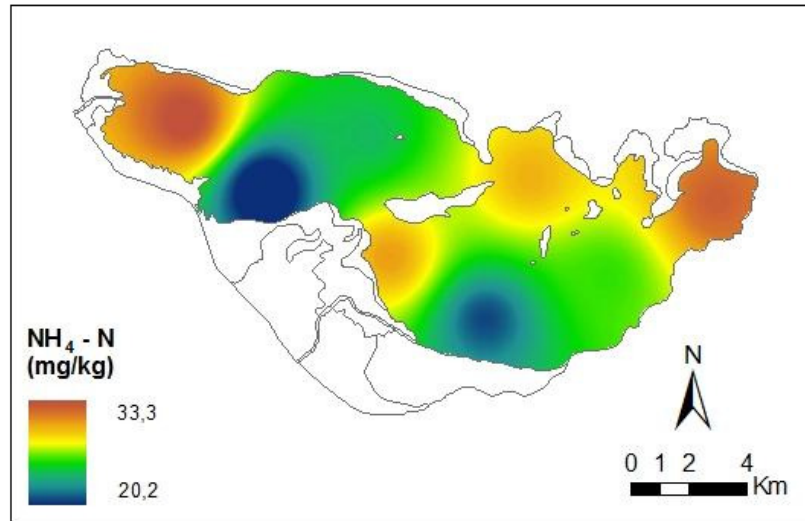
Uluabat Gölü sedimentinde NH₄-N parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek NH₄-N değeri 168 mg/kg ile 1. istasyonda, Ağustos ayında, en düşük değer ise 0 mg/kg ile Şubat ve Mart aylarında farklı istasyonlarda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında NH₄-N konsantrasyonunun 27,73±25,49 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama NH₄-N değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.41. Uluabat Gölü Sedimentinde NH_4-N Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.41’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek NH_4-N değeri Ağustos ayında (87,5 mg/kg), en düşük NH_4-N değeri Şubat ayında (3,5 mg/kg), istasyonlara göre ise en yüksek NH_4-N değeri 1.istasyonda (33,3 mg/kg), en düşük NH_4-N değeri ise 2.istasyonda (20,2 mg/kg) tespit edilmiştir.



Şekil 5.42. Uluabat Gölü Sediment NH_4-N Dağılım Haritası

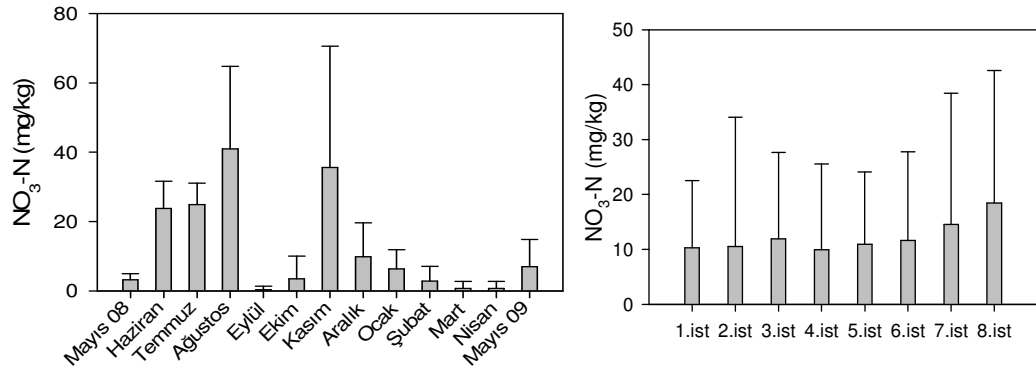
NH_4-N parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, NH_4-N konsantrasyonu dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 4, 7 ve 8. istasyonlarda da

nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. En düşük $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri 2. istasyonda gözlenmiş olup, 5, 3 ve 6. istasyonlarda da $\text{NH}_4\text{-N}$ değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.6. Nitrat Azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$)

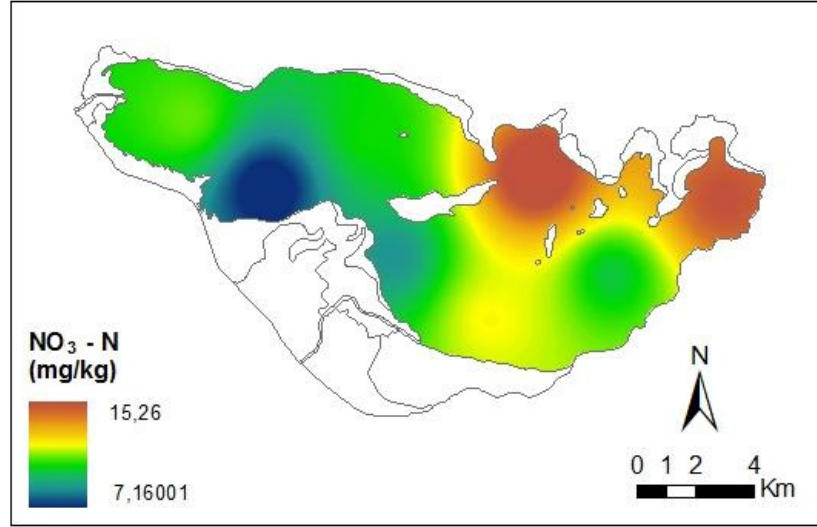
Uluabat Gölü sedimentinde $\text{NO}_3\text{-N}$ parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri 89,6 mg/kg ile 7. istasyonda, Kasım ayında, en düşük değer ise 0 mg/kg ile farklı aylarda ve farklı istasyonlarda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun $11,08 \pm 14,13$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.43. Uluabat Gölü Sedimentinde $\text{NO}_3\text{-N}$ Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.43'de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri Ağustos ayında (28,6 mg/kg), en düşük $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri Mart ve Nisan aylarında (0,7 mg/kg), istasyonlara göre ise en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri 7.istasyonda (15,26 mg/kg), en düşük $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri ise 2.istasyonda (7,16 mg/kg) tespit edilmiştir.



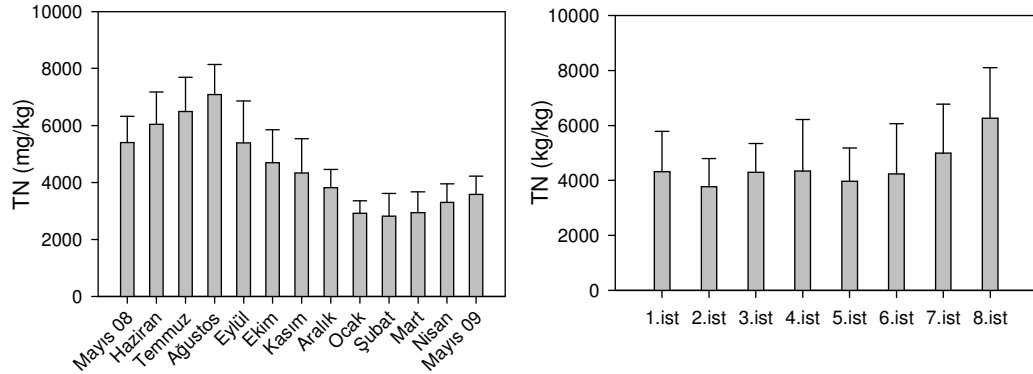
Şekil 5.44. Uluabat Gölü Sediment NO₃-N Dağılım Haritası

NO₃-N parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, NO₃-N konsantrasyonu dağılımının 7. ve 8. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, 1, 3, 5 ve 6. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. En düşük NO₃-N değeri 2. istasyonda gözlenmiş olup, 4. istasyonda da NO₃-N değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.7. Toplam Azot (TN)

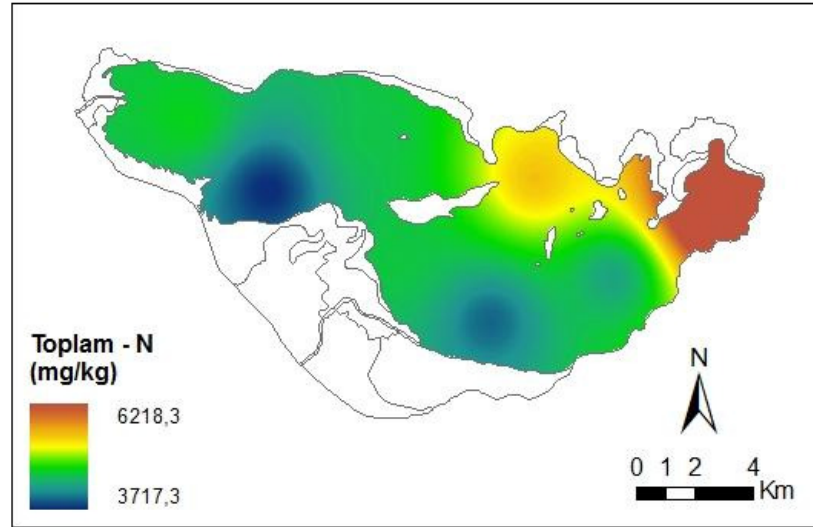
Uluabat Gölü sedimentinde TN parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek TN değeri 8680 mg/kg ile 8. istasyonda, Ağustos ayında, en düşük değer ise 1960 mg/kg ile Şubat ayında ve 2. ve 4. istasyonlarda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında TN konsantrasyonunun 4466,54±1709,52 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama TN değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.45. Uluabat Gölü Sedimentinde TN Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.45’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek TN değeri Ağustos ayında (7087,5 mg/kg), en düşük TN değeri Şubat ayında (2817,5 mg/kg), istasyonlara göre ise en yüksek TN değeri 8.istasyonda(6218,3 mg/kg), en düşük TN değeri ise 2.istasyonda (3817,3 mg/kg) tespit edilmiştir.



Şekil 5.46. Uluabat Gölü Sediment TN Dağılım Haritası

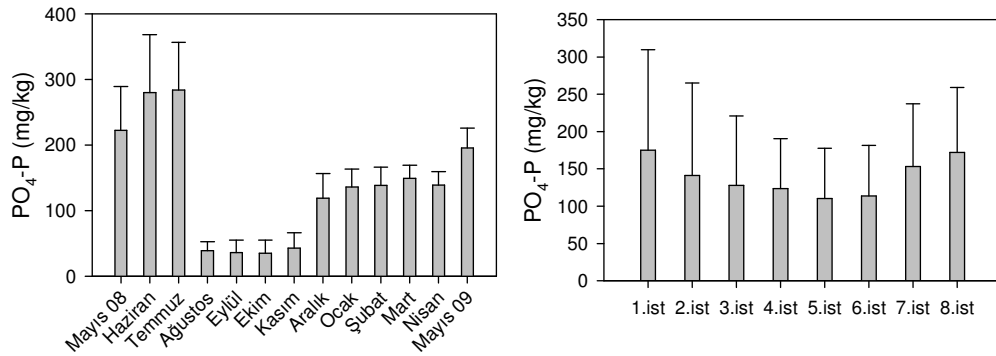
TN parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, TN konsantrasyonu dağılımının 7. ve 8. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, bununla beraber 1,

3, 4 ve 6. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük TN değeri 2. istasyonda gözlenmiş olup, 5. istasyonda da TN değerinin düşük olduğu görülmektedir.

5.2.8. Fosfat Fosforu (PO₄-P)

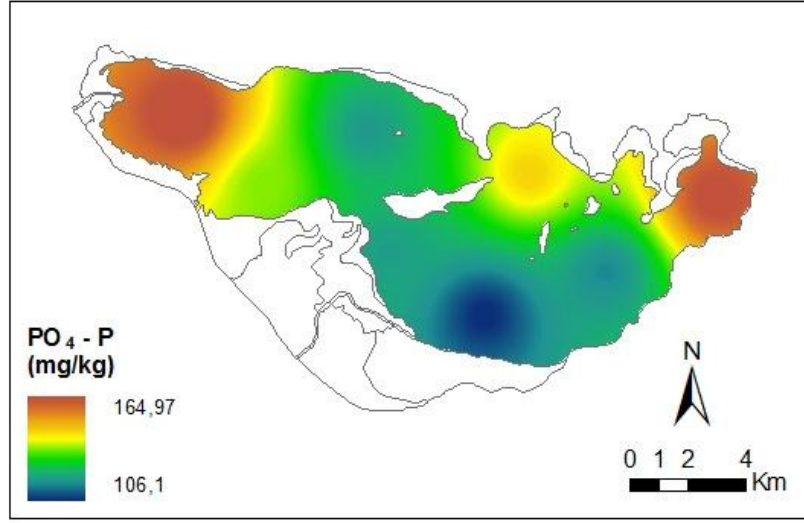
Uluabat Gölü sedimentinde PO₄-P parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek PO₄-P değeri 442,08 mg/kg ile 1. istasyonda, Haziran ayında, en düşük değer ise 14,366 mg/kg ile Ekim ayında ve 2. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında PO₄-P konsantrasyonunun 132,66±92,49 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama PO₄-P değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.47. Uluabat Gölü Sedimentinde PO₄-P Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.47’de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek PO₄-P değeri Temmuz ayında (282,8 mg/kg), en düşük PO₄-P değeri Ekim ayında (34,86 mg/kg), istasyonlara göre ise en yüksek PO₄-P değeri 1.istasyonda(164,97 mg/kg), en düşük PO₄-P değeri ise 5.istasyonda (106,1 mg/kg) tespit edilmiştir.



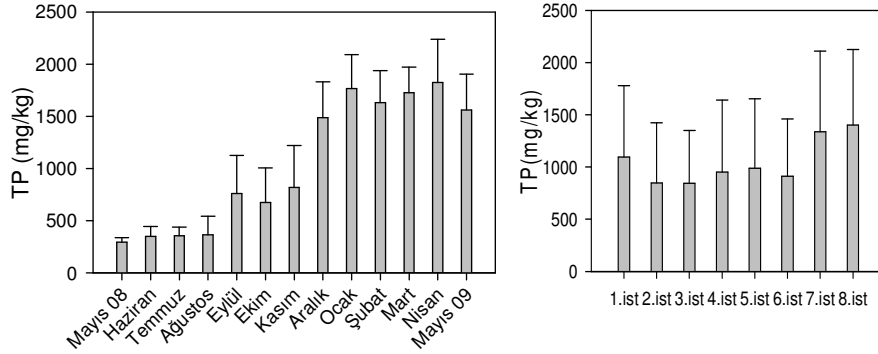
Şekil 5.48. Uluabat Gölü Sediment PO₄-P Dağılım Haritası

PO₄-P parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası yukarıda verilmiştir. Harita incelendiğinde, sedimentteki PO₄-P konsantrasyonu dağılımının 1. ve 8. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, bununla beraber 2. ve 7. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük PO₄-P değeri 5. istasyonda gözlenmiştir.

5.2.9. Toplam Fosfor (TP)

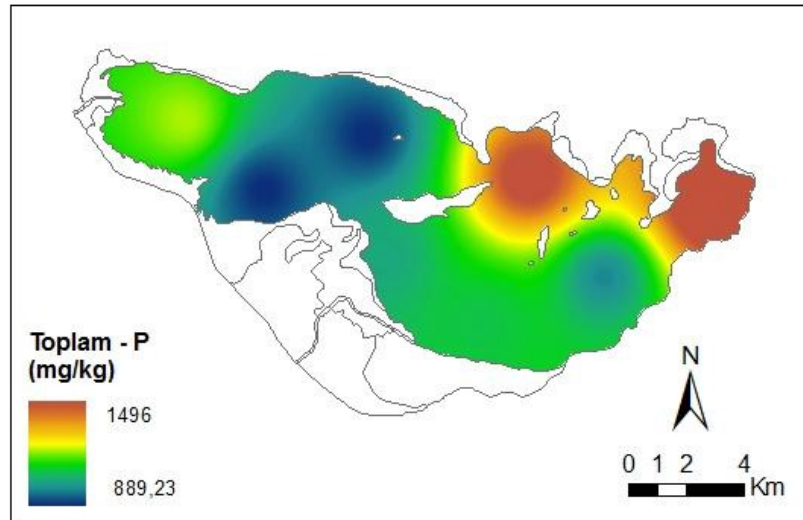
Uluabat Gölü sedimentinde TP parametresi 12 ay boyunca alınan numunelerde belirlenmiş olup, ölçülen en yüksek TP değeri 2340,2 mg/kg ile 7. istasyonda, Nisan ayında, en düşük değer ise 149,8 mg/kg ile Ağustos ayında ve 1. istasyonda ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında TP konsantrasyonunun 1109,87±649,45 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü ortalama TP değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.49. Uluabat Gölü Sedimentinde TP Parametresinin Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi

Şekil 5.49'da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek TP değeri Nisan ayında (1822,4 mg/kg), en düşük TP değeri Haziran ayında (350,6 mg/kg), istasyonlara göre ise en yüksek TP değeri 8.istasyonda(1496 mg/kg), en düşük TP değeri ise 3.istasyonda (889,23 mg/kg) tespit edilmiştir. TP parametresine ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak oluşturulan dağılım haritası ise şu şekildedir,



Şekil 5.50. Uluabat Gölü Sediment TP Dağılım Haritası

Harita incelendiğinde, TP konsantrasyonu dağılımının 7. ve 8. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, bununla beraber 1. ve 5. istasyonlarda da nispeten yüksek seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık en düşük TP değeri 3. istasyonda gözlenmiş olup, 2, 4 ve 6. istasyonlarda da daha düşük konsantrasyonlar görülmüştür.

Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 tarihlerinde ölçülen bu sediment kalitesi değerlerinin istatistik değerleri tablo 5.2. de verilmiştir.

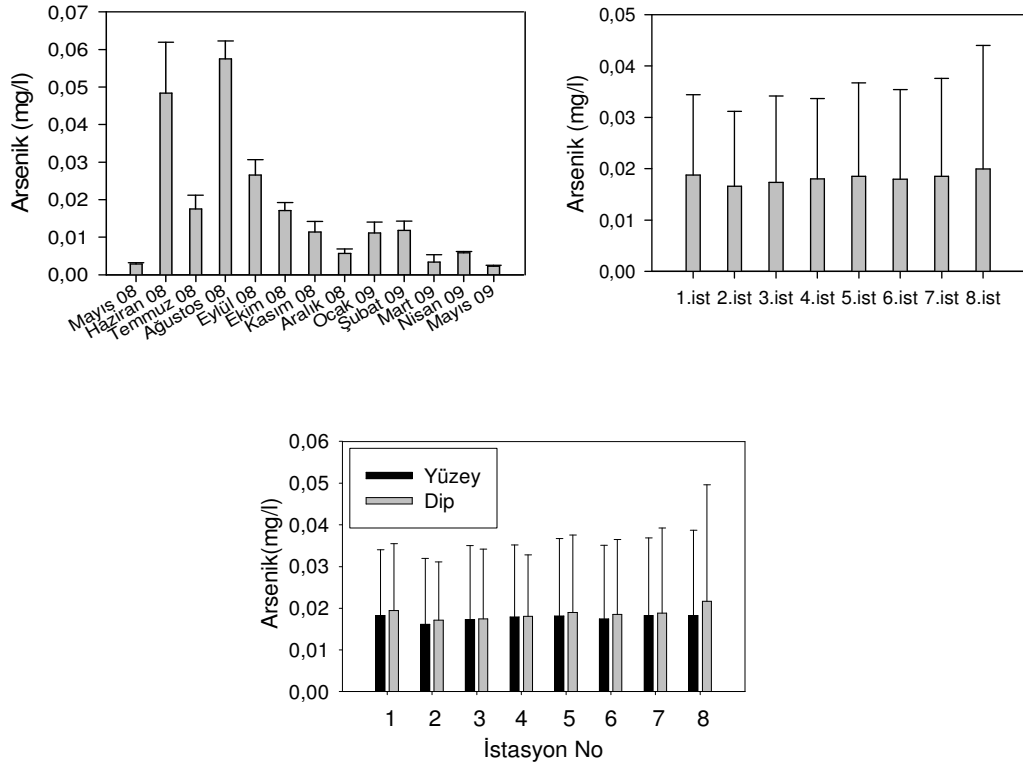
Tablo 5.2. Uluabat Gölü Sedimenti Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri İstatistik Değerleri

Parametre	Ortalama±Standart Sapma	Maksimum-Minimum
pH	8,13±0,27	9,05-7,12
EC(μs/cm)	298,26±127,78	901-125,6
Organik Madde(%)	3,81±0,53	5,18-2,87
Nem içeriği(%)	26,3±7,96	48,71-13,12
NH ₄ -N(mg/kg)	27,73±25,49	168-0
NO ₃ -N(mg/kg)	11,08±14,13	89,6-0
TN (mg/kg)	4466,54±1709,52	8680-1960
PO ₄ -P (mg/kg)	132,66±92,49	442,08-14,366
TP (mg/kg)	1109,87±649,45	2340,2-149,8

5.3. Uluabat Göl Suyunda Çözünmüş Formda İncelenen Ağır Metaller

5.3.1. Arsenik

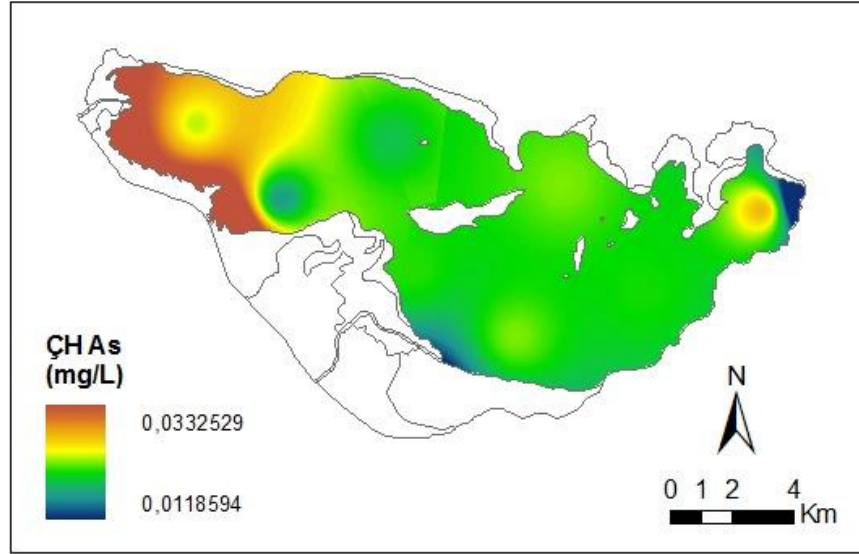
Uluabat Gölü'nde arsenik konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek arsenik değeri 0,0574 mg/l ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 0,0022 mg/l ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında arsenik konsantrasyonunun 0,0182 ±0,0176 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde 0,0411 ± 0,0192; sonbaharda 0,0183±0,00701; kış mevsiminde 0,0095255 ± 0,0035966; ilkbaharda ise 0,0038425 ± 0,0020671 mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama arsenik konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.51. Uluabat Gölü Arsenik Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.51' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında (0,0574), en düşük değer Mayıs ayında (0,0022), istasyonlara göre ise en yüksek değer 8.istasyonda (0,0199), en düşük konsantrasyon ise 2.istasyonda(0,0166) tespit edilmiştir.

Gölde, arsenik konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.52'de görüldüğü gibidir.

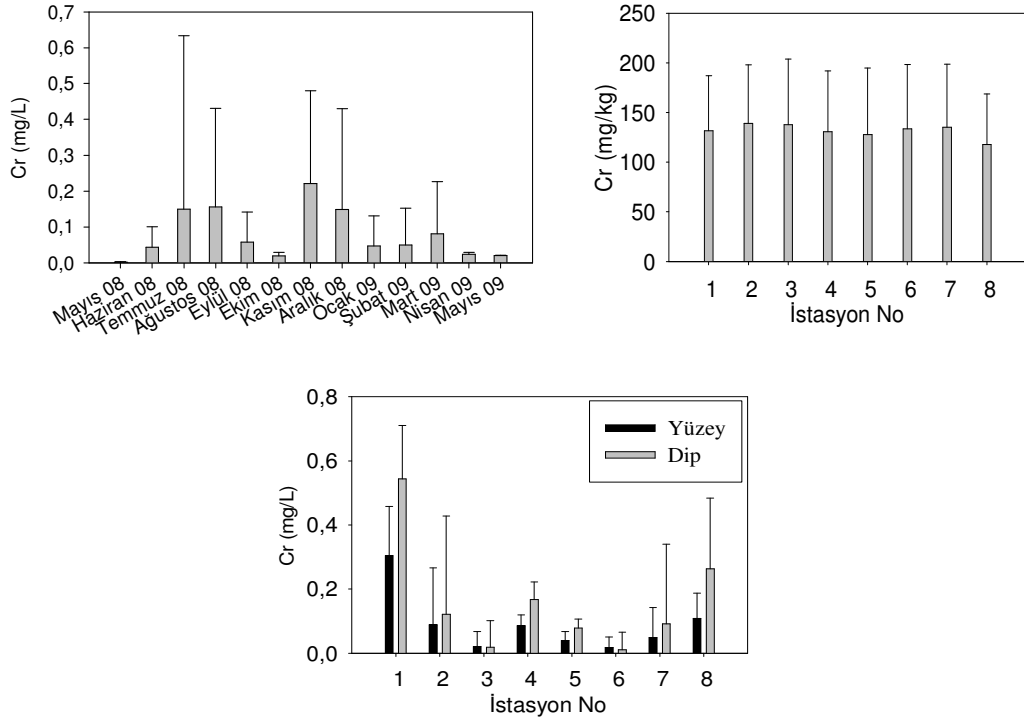


Şekil 5.52. Uluabat Gölü Suda Arsenik Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki dağılımın 8. istasyonunun bulunduğu bölgede en yüksek değere sahip olduğu, 1, 5 ve 7. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu, buna karşılık en düşük arsenik konsantrasyonunun 2. ve 3. istasyonlarda olduğu görülmektedir.

5.3.2. Krom

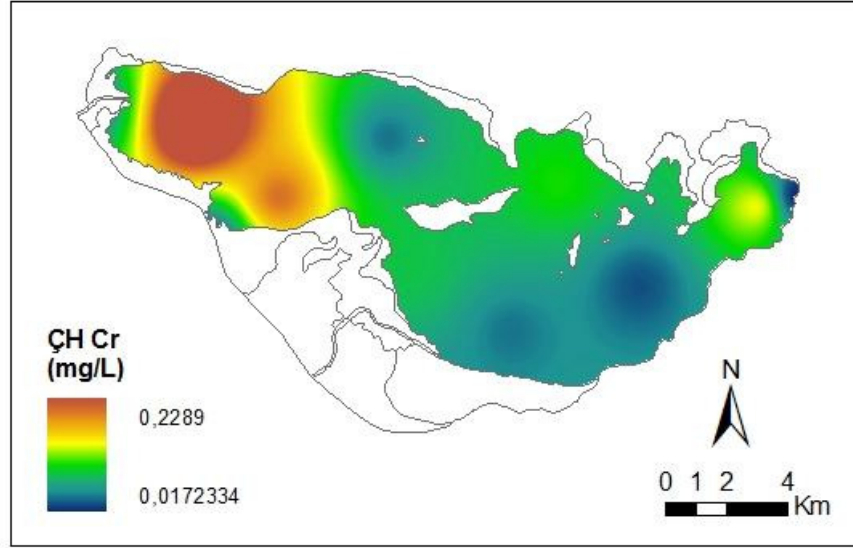
Uluabat Gölü'nde krom konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek krom değeri 0,2206 mg/l ile Kasım ayında, en düşük değer ise 0,0192 mg/l ile Ekim ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında krom konsantrasyonunun $0,0848 \pm 0,2092$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,1166 \pm 0,3202$; sonbaharda $0,0993 \pm 0,1772$; kış mevsiminde $0,0819 \pm 0,0035966$; ilkbaharda ise $0,0416 \pm 0,0874$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama krom konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.53. Uluabat Gölü Krom Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.53' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Kasım ayında (0,2206), en düşük değer Ekim ayında (0,0192), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda (0,2288), en düşük konsantrasyon ise 6.istasyonda (0,0252) tespit edilmiştir.

Gölde, krom konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.54'de görüldüğü gibidir.



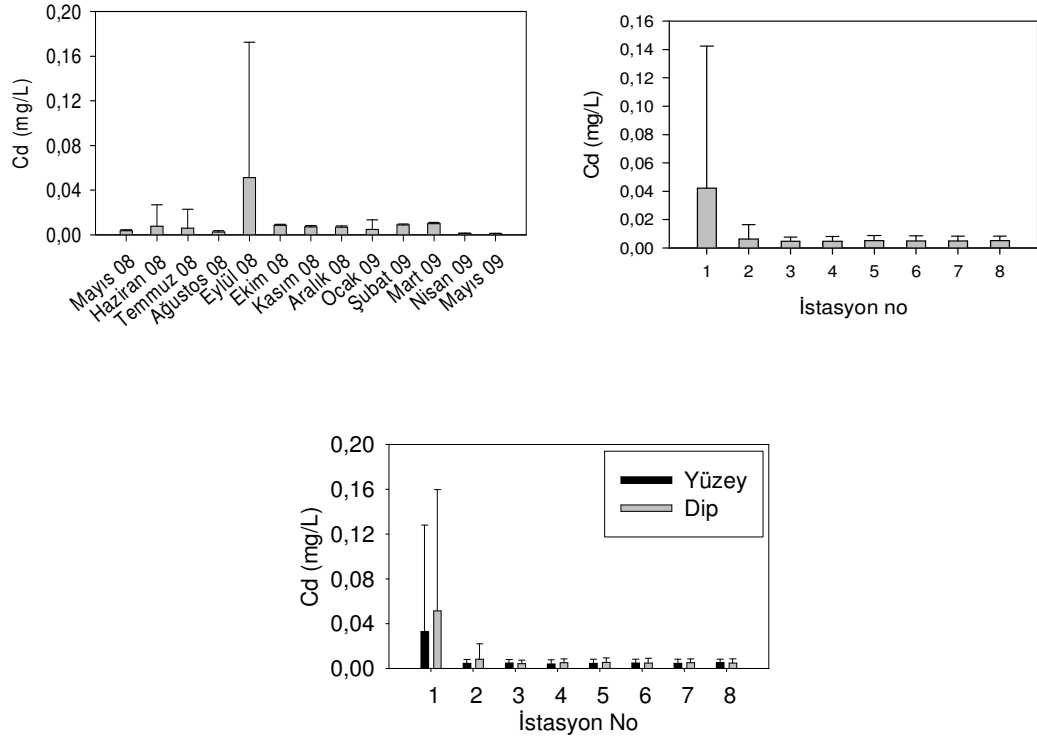
Şekil 5.54. Uluabat Gölü Suda Krom Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki dağılımın 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 2 ve 8. istasyonlarda da nispeten yüksek olduğu, buna karşılık en düşük arsenik konsantrasyonunun 3., 5. ve 6. istasyonlarda olduğu görülmektedir.

5.3.3. Kadmiyum

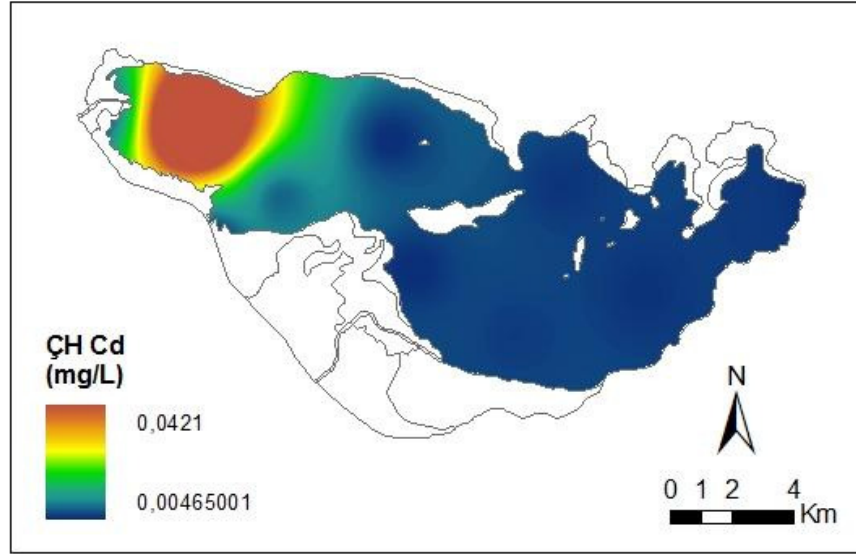
Uluabat Gölü'nde kadmiyum konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek kadmiyum değeri 0,0512 mg/l ile Eylül ayında, en düşük değer ise 0,0011 mg/l ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında kadmiyum konsantrasyonunun $0,0097 \pm 0,0371$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,0055626 \pm 0,0145$; sonbaharda $0,0223 \pm 0,0717$; kış mevsiminde $0,0069239 \pm 0,0052118$; ilkbaharda ise $0,0041605 \pm 0,0042284$ mg/l olarak belirlenmiştir.

Uluabat Gölü ortalama kadmiyum konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.55. Uluabat Gölü Kadmiyum Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.55' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Eylül ayında(0,0512), en düşük değer Mayıs ayında(0,0011), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(0,0421), en düşük konsantrasyon ise 3.istasyonda(0,0046) tespit edilmiştir. Gölde, kadmiyum konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.56' da görüldüğü gibidir.

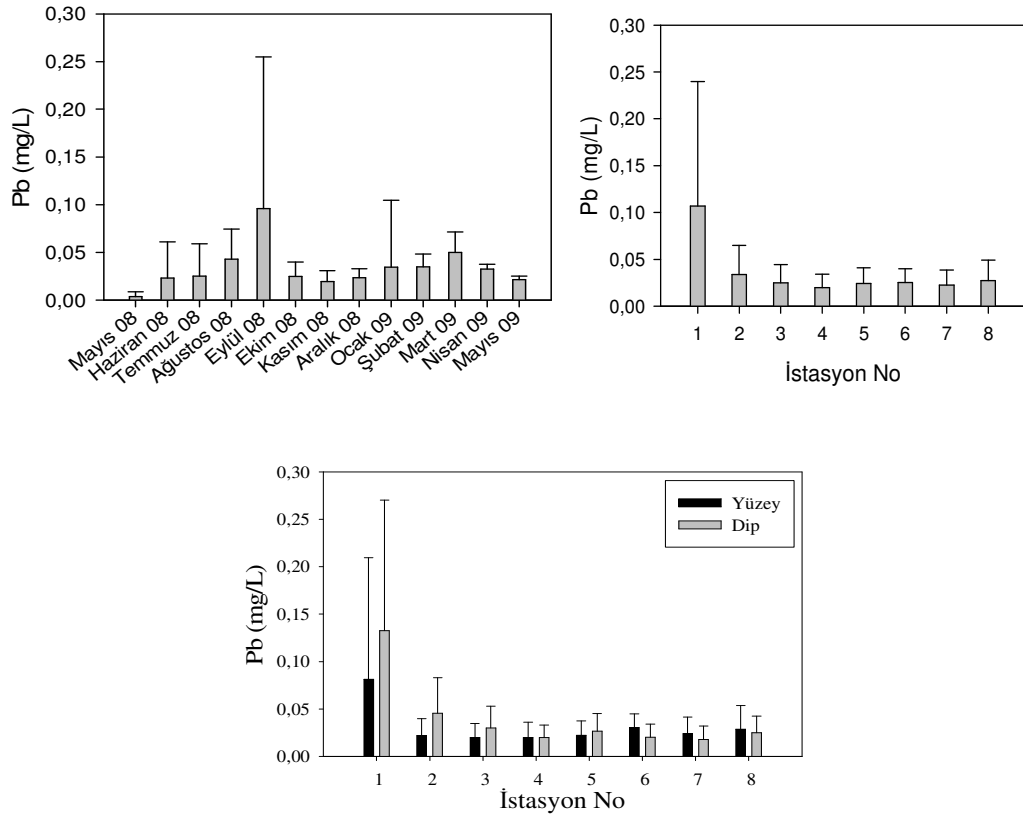


Şekil 5.56. Uluabat Gölü Suda Kadmiyum Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki kadmiyum dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık diğer istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.4. Kurşun

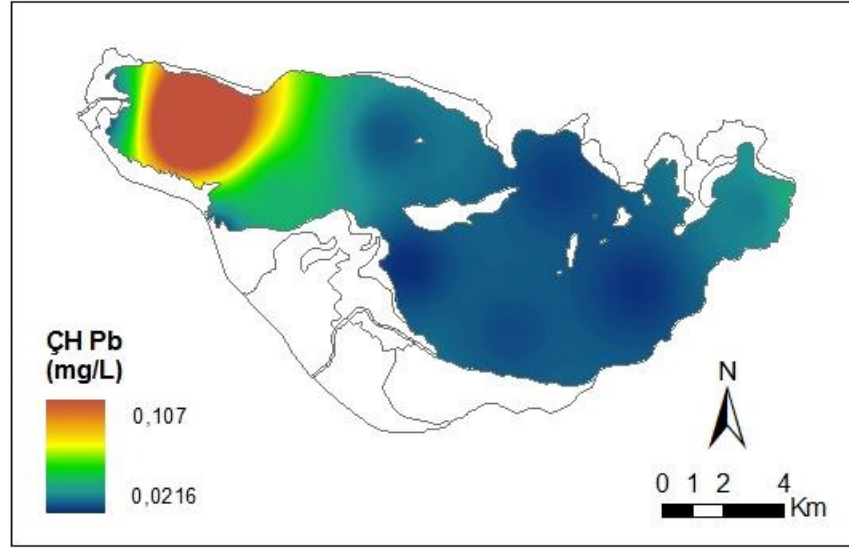
Uluabat Gölü'nde kurşun konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek kurşun değeri 0,0959 mg/l ile Eylül ayında, en düşük değer ise 0,0192 mg/l ile Kasım ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında kurşun konsantrasyonunun $0,0355 \pm 0,0567$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,030194 \pm 0,03497$; sonbaharda $0,04663 \pm 0,09714$; kış mevsiminde $0,030903 \pm 0,040952$; ilkbaharda ise $0,034244 \pm 0,0223$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama kurşun konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.57. Uluabat Gölü Kurşun Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.57' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Eylül ayında(0,0959), en düşük değer Kasım ayında(0,0192), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(0,1069), en düşük konsantrasyon ise 4.istasyonda(0,0200) tespit edilmiştir.

Gölde, kurşun konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.58' de görüldüğü gibidir.

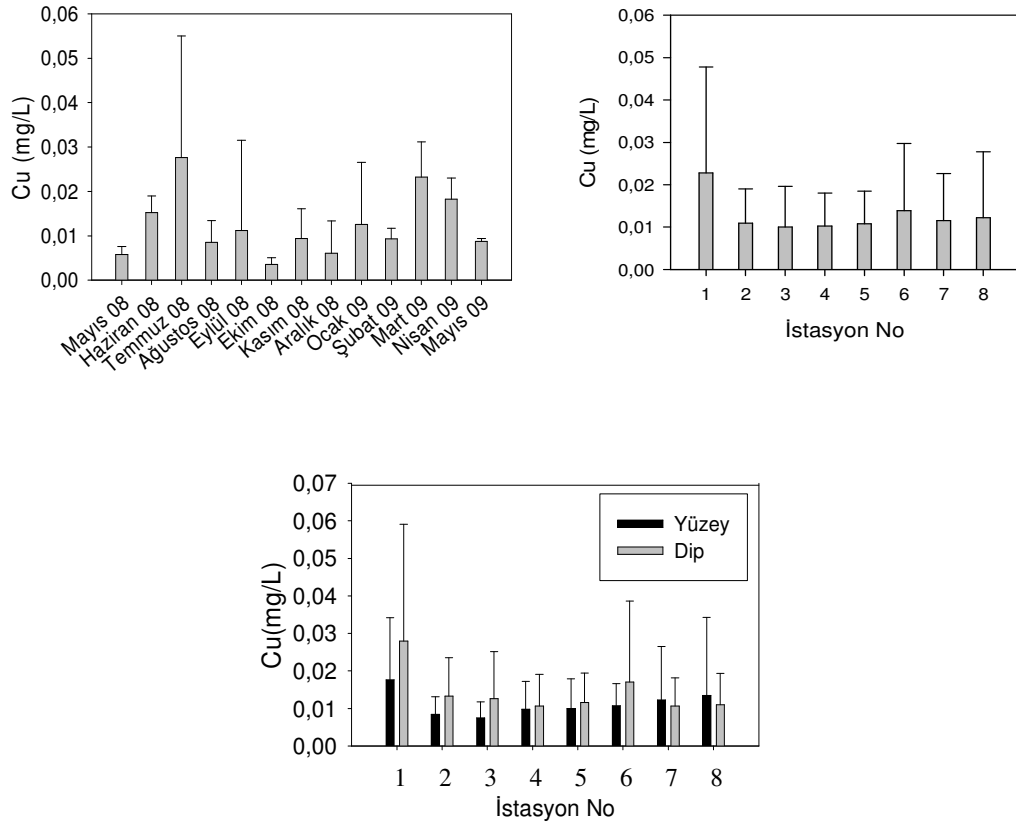


Şekil 5.58. Uluabat Gölü Suda Kurşun Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki kurşun dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, buna karşılık diğer istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.5. Bakır

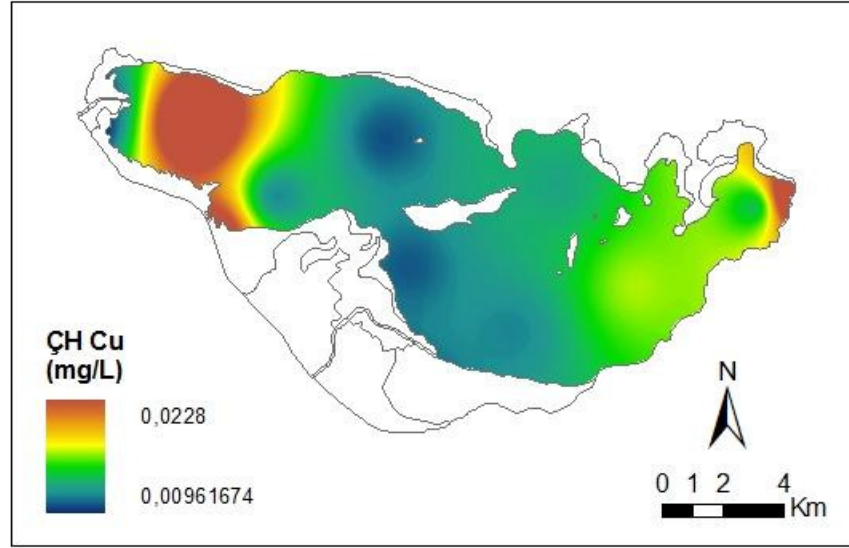
Uluabat Gölü'nde bakır konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek bakır değeri 0,0276 mg/l ile Temmuz ayında, en düşük değer ise 0,006 mg/l ile Aralık ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında bakır konsantrasyonunun $0,0128 \pm 0,0141$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,0171 \pm 0,0177$; sonbaharda $0,0080572 \pm 0,0125$; kış mevsiminde $0,0092993 \pm 0,0052118$; ilkbaharda ise $0,0167 \pm 0,0132$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama bakır konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.59. Uluabat Gölü Bakır Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.59' da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Temmuz ayında(0,0276), en düşük değer Ekim ayında(0,0035), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(0,0228), en düşük konsantrasyon ise 3.istasyonda(0,01005) tespit edilmiştir.

Gölde, bakır konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.60'da görüldüğü gibidir.

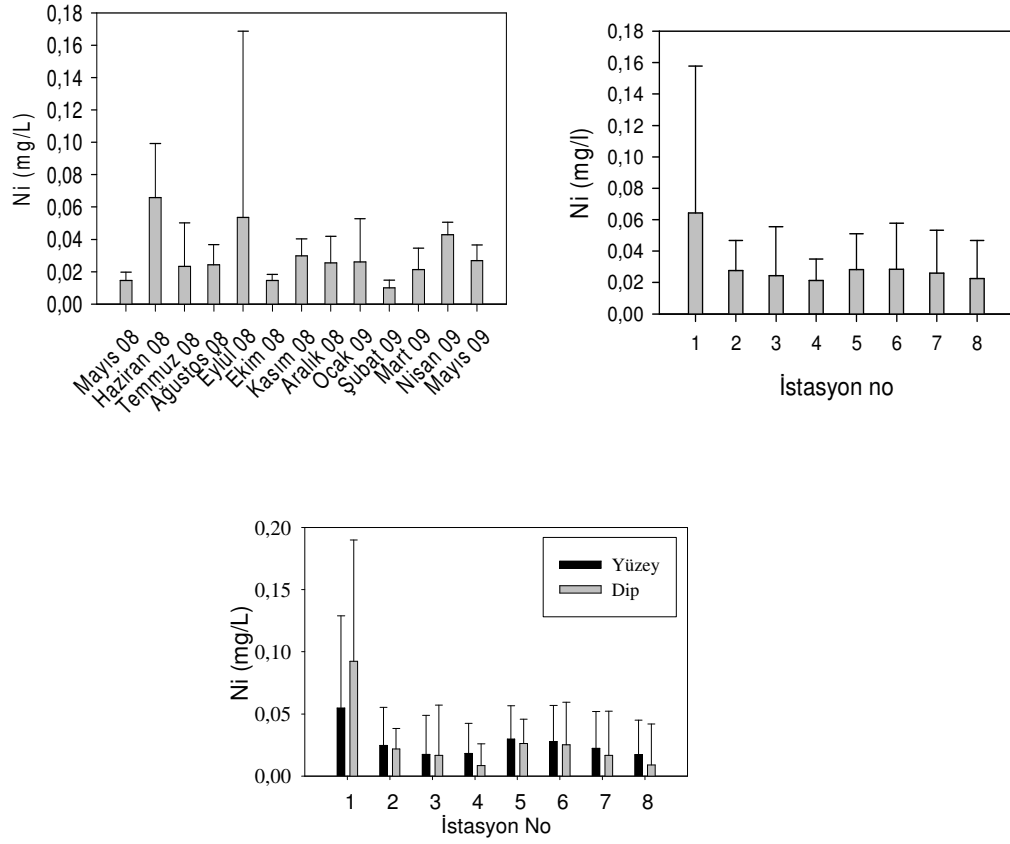


Şekil 5.60. Uluabat Gölü Suda Bakır Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki bakır dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 6. ve 8. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık diğer istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.6. Nikel

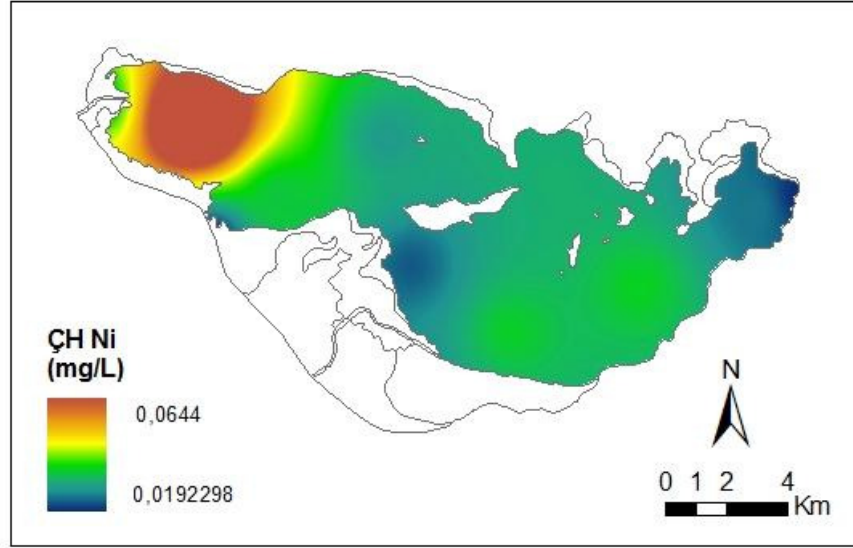
Uluabat Gölü'nde nikel konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek nikel değeri 0,0658 mg/l ile Haziran ayında, en düşük değer ise 0,01002 mg/l ile Şubat ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında nikel konsantrasyonunun $0,0304 \pm 0,0416$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,0378 \pm 0,0323$; sonbaharda $0,0327 \pm 0,0125$; kış mevsiminde $0,0206 \pm 0,0194$; ilkbaharda ise $0,0304 \pm 0,0305$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama nikel konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.61. Uluabat Gölü Nikel Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.61’ de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Haziran ayında(0,0658), en düşük değer Şubat ayında(0,01002), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(0,0643), en düşük konsantrasyon ise 4.istasyonda(0,0212) tespit edilmiştir.

Gölde, nikel konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.62’de görüldüğü gibidir.

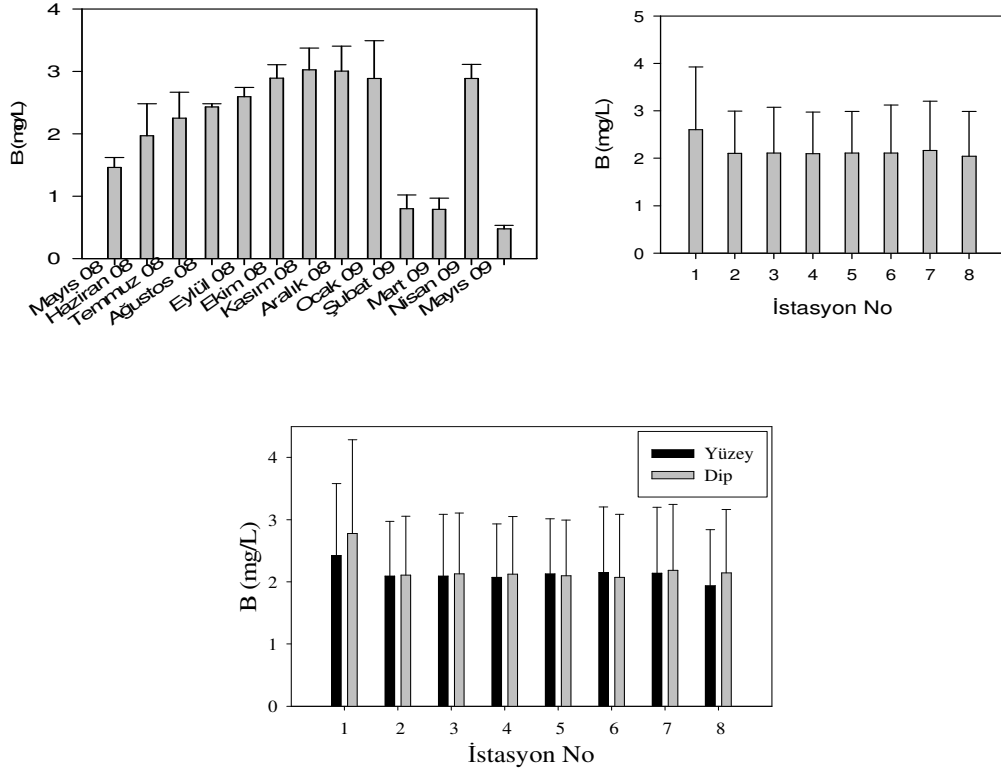


Şekil 5.62. Uluabat Gölü Suda Nikel Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki nikel dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 2, 5 ve 6. istasyonda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 4. ve 8. istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.7. Bor

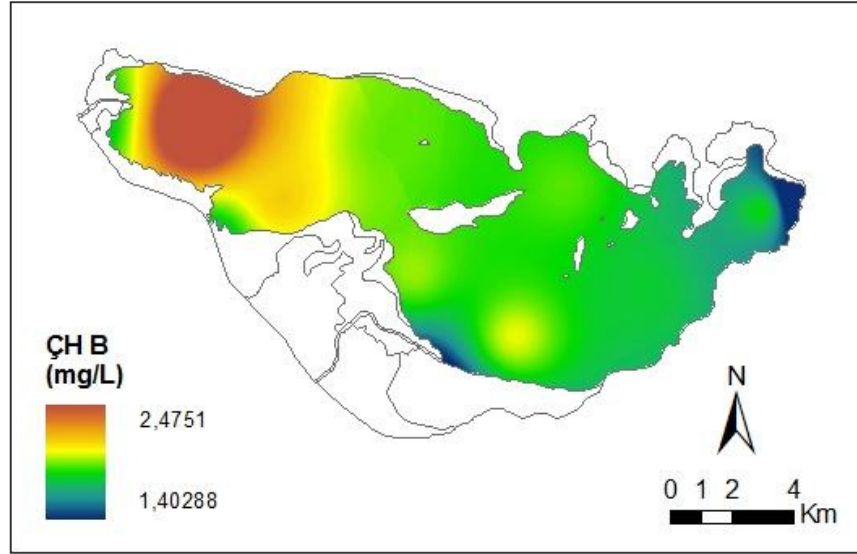
Uluabat Gölü'nde bor konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek bor değeri 3,0252 mg/l ile Kasım ayında, en düşük değer ise 0,4799 mg/l ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında bor konsantrasyonunun $2,1668 \pm 0,9964$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $2,216004 \pm 0,419672$; sonbaharda $2,836727 \pm 0,305507$; kış mevsiminde $2,228503 \pm 1,10989$; ilkbaharda ise $1,385882 \pm 1,202493$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama bor konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.63. Uluabat Gölü Bor Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.63' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Kasım ayında(3,0252), en düşük değer Mayıs ayında(0,4799), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(2,6006), en düşük konsantrasyon ise 8.istasyonda(2,0411) tespit edilmiştir.

Gölde, bor konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.64'de görüldüğü gibidir.

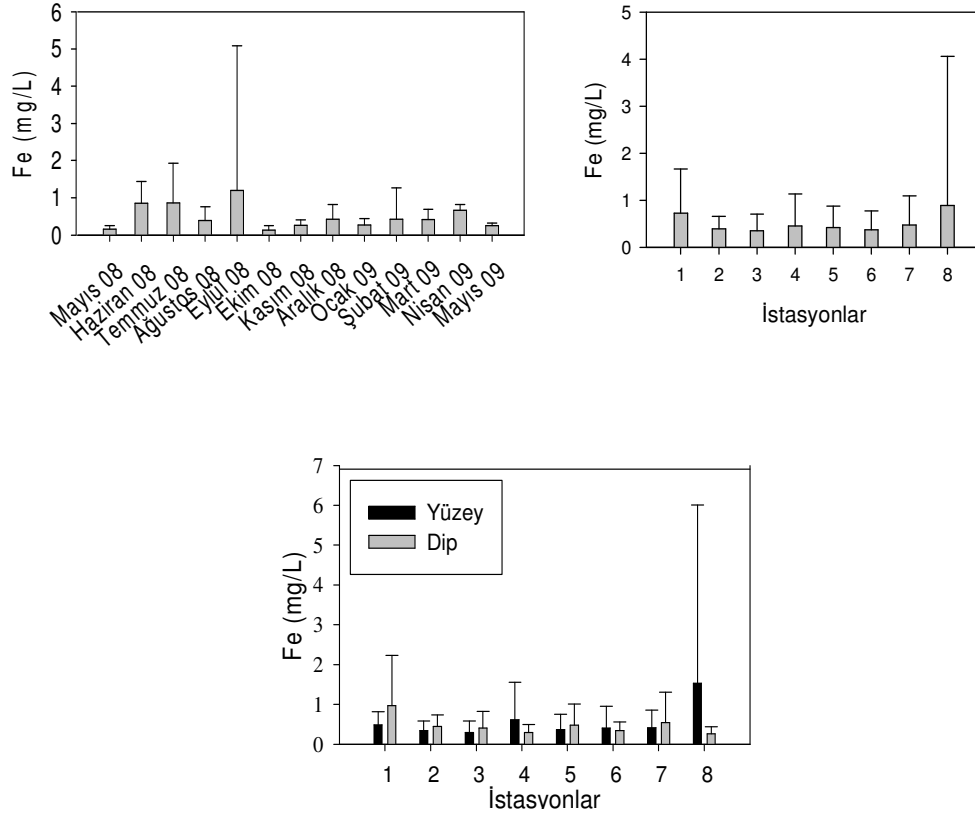


Şekil 5.64. Uluabat Gölü Suda Bor Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki bor dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 2. ve 5. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 6. ve 8. istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.8. Demir

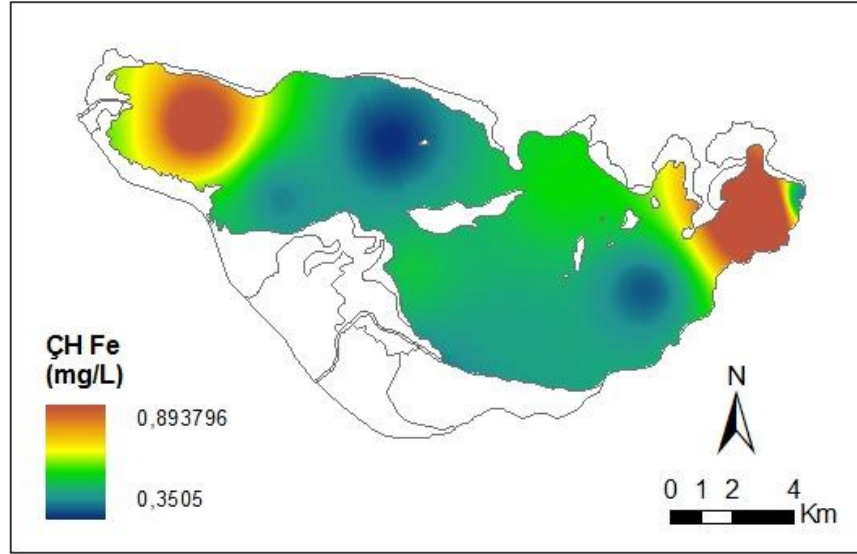
Uluabat Gölü'nde demir konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek demir değeri 1,2015 mg/l ile Eylül ayında, en düşük değer ise 0,1304 mg/l ile Ekim ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında demir konsantrasyonunun $0,5116 \pm 1,2313$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,7032 \pm 0,7487$; sonbaharda $0,5297 \pm 2,2466$; kış mevsiminde $0,3705 \pm 0,5381$; ilkbaharda ise $0,443 \pm 0,4478$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama demir konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.65. Uluabat Gölü Demir Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.65' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Eylül ayında(1,2015), en düşük değer Ekim ayında(0,1304), istasyonlara göre ise en yüksek değer 8.istasyonda(0,8938), en düşük konsantrasyon ise 3.istasyonda(0,3505) tespit edilmiştir.

Gölde, demir konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.66'da görüldüğü gibidir.

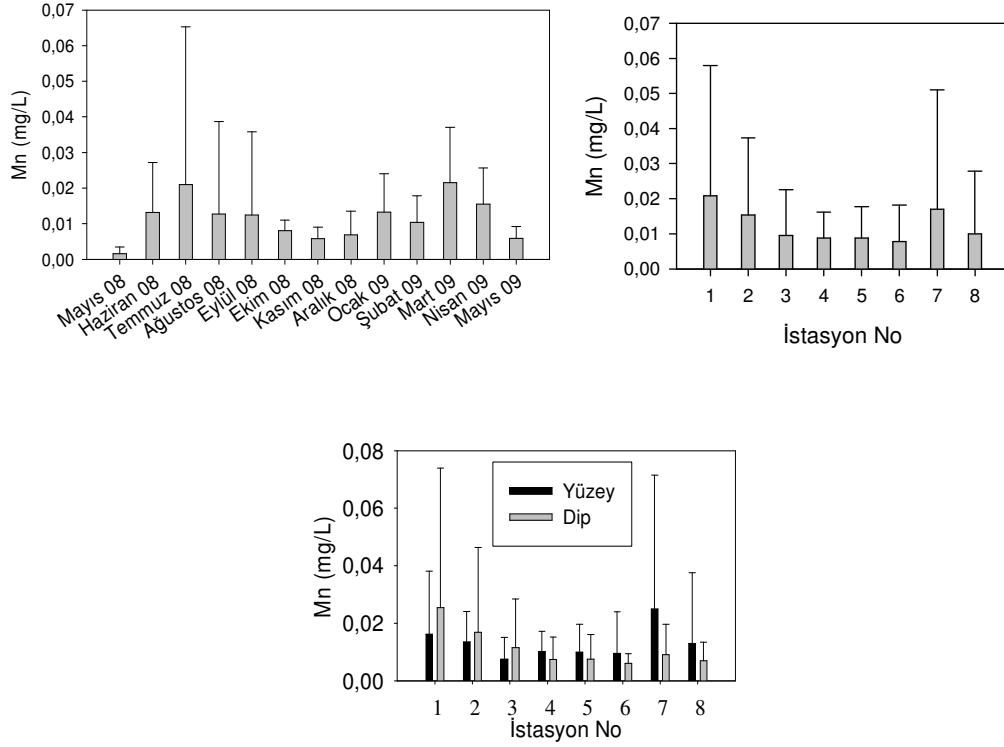


Şekil 5.66. Uluabat Gölü Suda Demir Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki demir dağılımının 8. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 1. ve 7. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 3. ve 6. istasyonlarda oldukça düşük olduğu görülmektedir.

5.3.9. Mangan

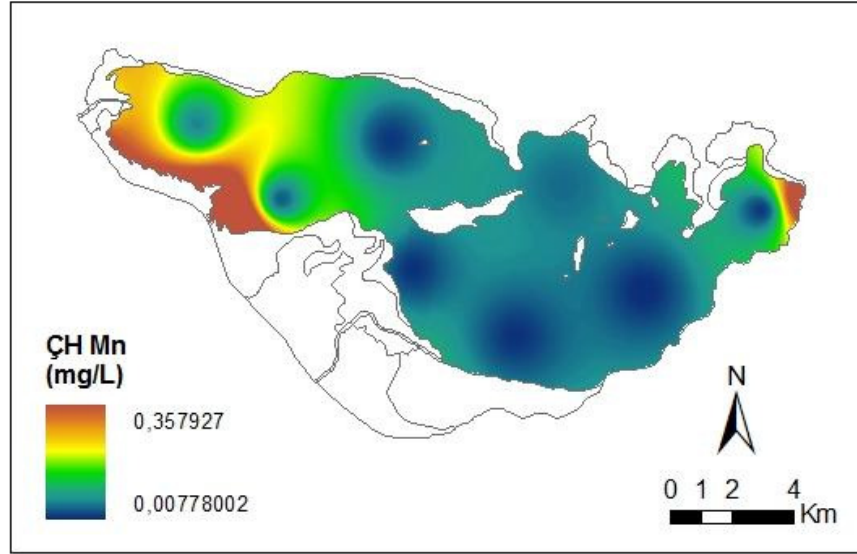
Uluabat Gölü'nde mangan konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek mangan değeri 0,0215 mg/l ile Mart ayında, en düşük değer ise 0,00806 mg/l ile Ekim ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında mangan konsantrasyonunun $0,0123 \pm 0,0217$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,0156 \pm 0,0303$; sonbaharda $0,0087771 \pm 0,0137$; kış mevsiminde $0,0102 \pm 0,008758$; ilkbaharda ise $0,0143 \pm 0,0263$ mg/l olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama mangan konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.67. Uluabat Gölü Mangan Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.67' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Mart ayında(0,0215), en düşük değer Ekim ayında(0,00806), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(0,0208), en düşük konsantrasyon ise 6.istasyonda(0,0077) tespit edilmiştir.

Gölde, mangan konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.68'de görüldüğü gibidir.



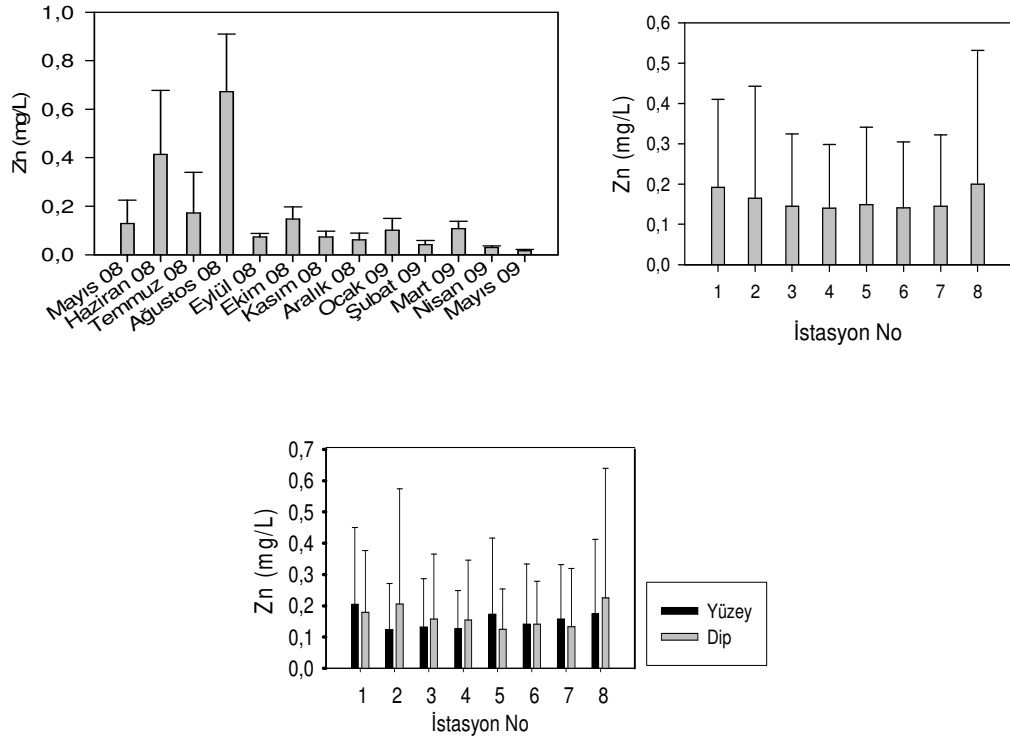
Şekil 5.68. Uluabat Gölü Suda Mangan Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki mangan dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, 2. ve 7. istasyonlarda ise nispeten yüksek seviyelerde olduğu, buna karşılık 6. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.3.10. Çinko

Uluabat Gölü'nde çinko konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek çinko değeri 0,6724 mg/l ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 0,0171 mg/l ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında çinko konsantrasyonunun $0,1595 \pm 0,2169$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $0,4196 \pm 0,3028$; sonbaharda $0,0985 \pm 0,0475$; kış mevsiminde $0,0685 \pm 0,0411$; ilkbaharda ise $0,0516 \pm 0,0482$ mg/l olarak belirlenmiştir.

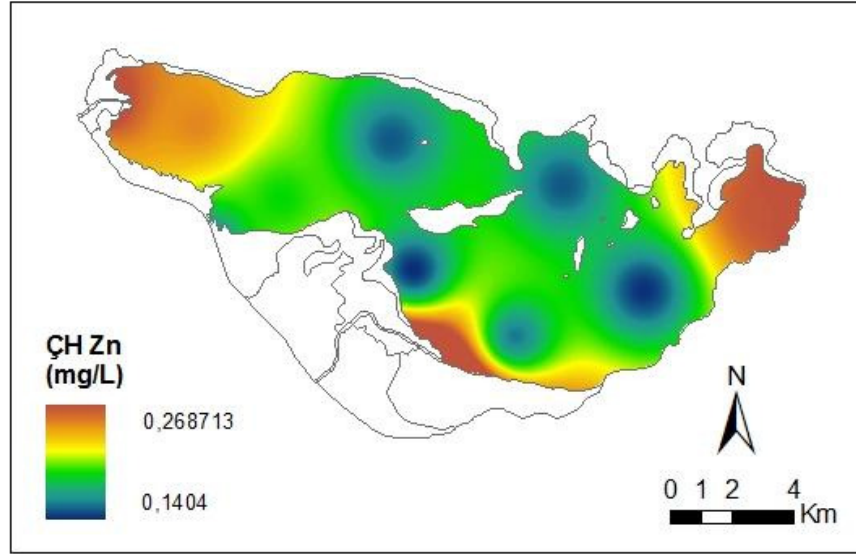
Uluabat Gölü ortalama çinko konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi ile her bir istasyondaki yüzey-dip farklılıkları aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.69. Uluabat Gölü Çinko Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.69' da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(0,6724), en düşük değer Mayıs ayında(0,0171), istasyonlara göre ise en yüksek değer 8.istasyonda(0,1998), en düşük konsantrasyon ise 4.istasyonda(0,1403) tespit edilmiştir.

Gölde, çinko konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.70'de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.70. Uluabat Gölü Suda Çinko Dağılımı

Harita incelendiğinde, göldeki çinko dağılımının 1. ve 8. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, 2. ve 5. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 4. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 tarihlerinde gölde çözülmüş formda ölçülen ağır metal değerlerinin istatistik değerleri tablo 5.3. de verilmiştir.

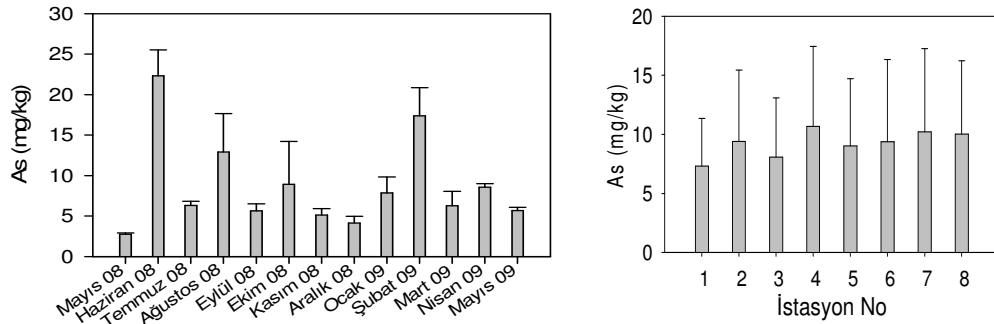
Tablo 5.3. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri Çözülmüş Formdaki Ağır Metal İstatistik Değerleri (mg/l)

Metaller	Ortalama \pm Standart Sapma	Minimum - Maksimum
As	0,0182 \pm 0,0176	0,0012 - 0,0933
Cr	0,0848 \pm 0,2092	0,0016 - 1,9597
Cd	0,0097 \pm 0,0371	0 - 0,3846
Pb	0,0355 \pm 0,0567	0 - 0,5028
Cu	0,0128 \pm 0,0141	0 - 0,116
Ni	0,0304 \pm 0,0416	0 - 0,3508
B	2,1668 \pm 0,9964	0,2253 - 5,5038
Fe	0,5116 \pm 1,2313	0,0653 - 15,7298
Mn	0,0123 \pm 0,0217	0 - 0,1732
Zn	0,1595 \pm 0,2169	0,0011 - 1,3471

5.4. Uluabat Gölü Sedimentinde İncelenen Ağır Metaller

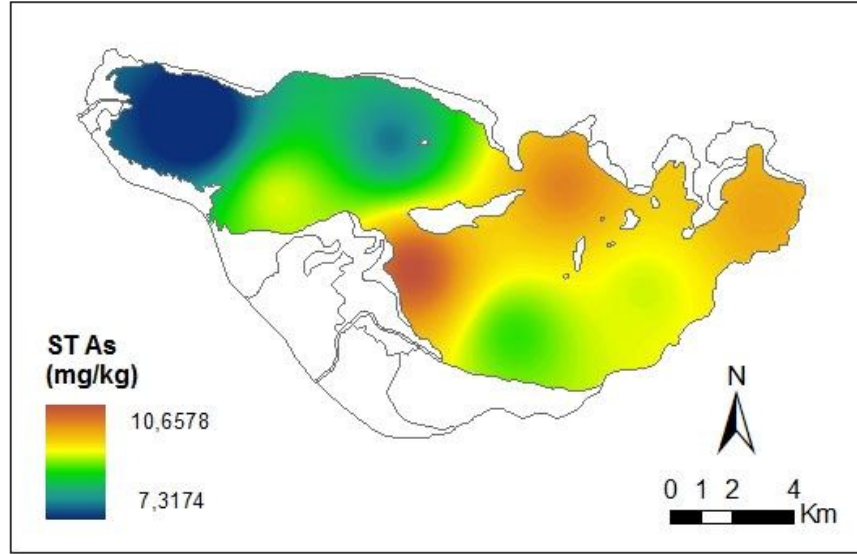
5.4.1. Arsenik

Uluabat Gölü'nde arsenik konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek arsenik değeri 22, 3379 mg/kg ile Haziran ayında, en düşük değer ise 4,1436 mg/kg ile Aralık ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında arsenik konsantrasyonunun $9,2581 \pm 5,9065$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $13,8569 \pm 7,4233$; sonbaharda $6,555 \pm 3,461$; kış mevsiminde $9,787 \pm 6,122$; ilkbaharda ise $6,8335 \pm 1,8473$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama arsenik konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.71. Uluabat Gölü Sedimentinde Arsenik Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.71' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Haziran ayında(22,3379), en düşük değer Aralık ayında(4,1436), istasyonlara göre ise en yüksek değer 4.istasyonda(10,657), en düşük konsantrasyon ise 1.istasyonda(7,3173) tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, arsenik konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.72'de görüldüğü gibidir.

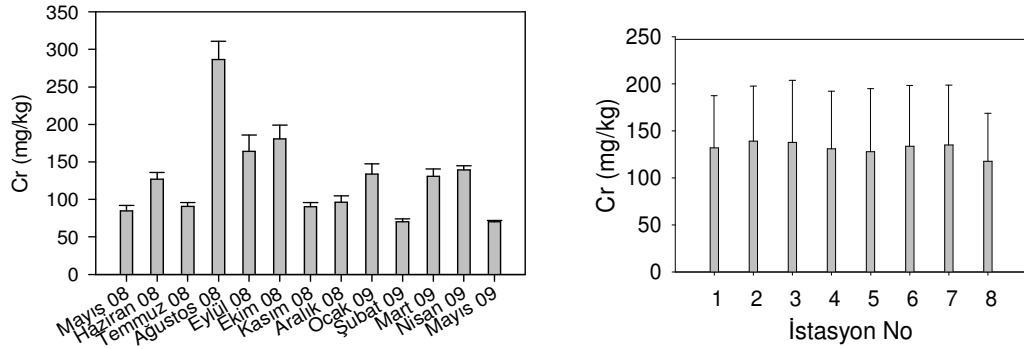


Şekil 5.72. Uluabat Gölü Sedimentinde Arsenik Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki arsenik dağılımının 4. istasyonda en yüksek değerlere sahip olduğu, 2, 6, 7. ve 8. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 1. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.4.2. Krom

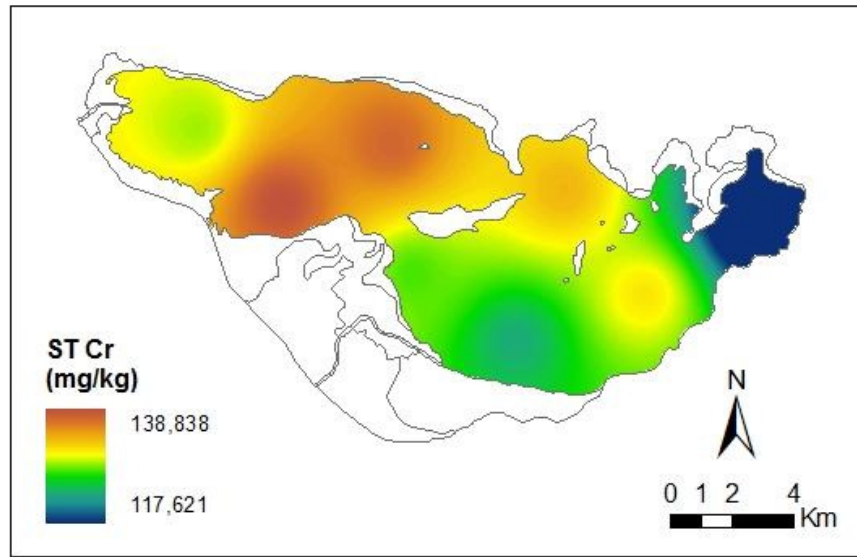
Uluabat Gölü'nde krom konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek krom değeri 286, 4731 mg/kg ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 69,922 mg/kg ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında krom konsantrasyonunun $131,6276 \pm 59,2069$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $168,0687 \pm 88,0592$; sonbaharda $144,9852 \pm 43,3184$; kış mevsiminde $100,1025 \pm 28,0047$; ilkbaharda ise $113,3542 \pm 33,2646$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama krom konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.73. Uluabat Gölü Sedimentinde Krom Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.73' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(286,4731), en düşük değer Mayıs ayında(69,922), istasyonlara göre ise en yüksek değer 2.istasyonda(138,837), en düşük konsantrasyon ise 8.istasyonda(117,621) tespit edilmiştir.

Göl sedimentinde, krom konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.74' de görüldüğü gibidir.

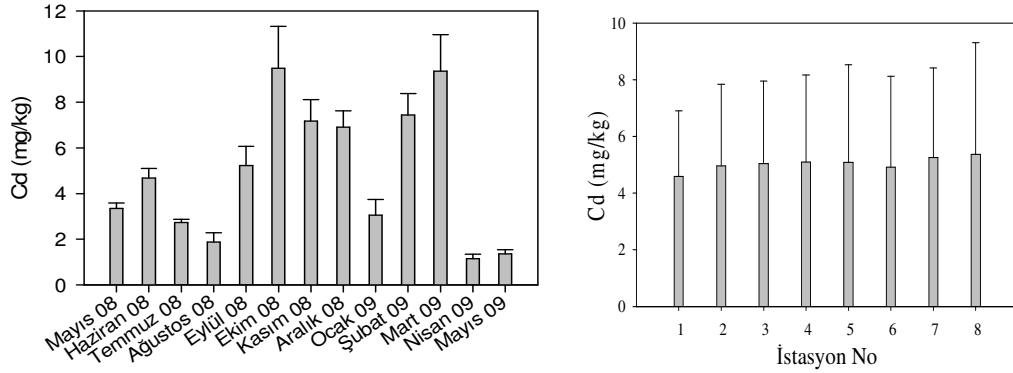


Şekil 5.74. Uluabat Gölü Sedimentinde Krom Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki krom dağılımının 2. ve 3. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, 1, 4, 6. ve 7. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 8. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.4.3. Kadmiyum

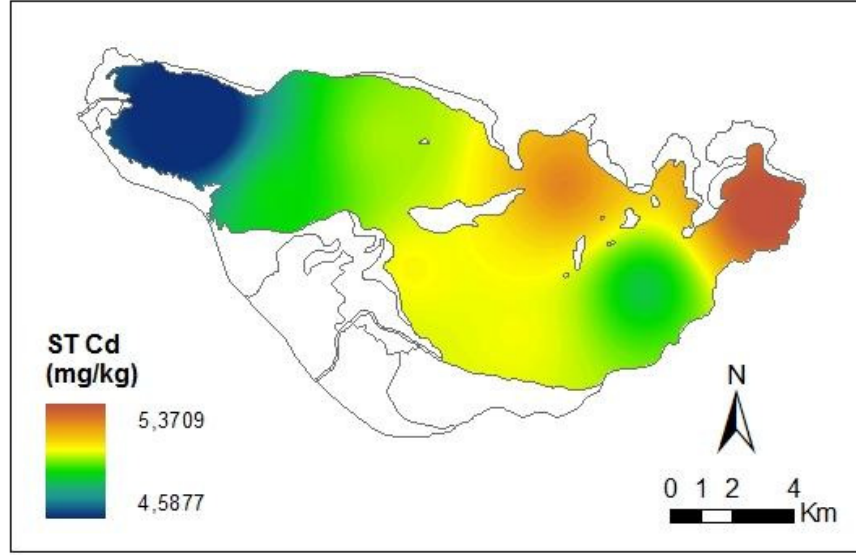
Uluabat Gölü'nde kadmiyum konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek kadmiyum değeri 9, 489 mg/kg ile Ekim ayında, en düşük değer ise 1,1453 mg/kg ile Nisan ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında kadmiyum konsantrasyonunun $5,0377 \pm 3,0339$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $3,0971 \pm 1,2436$; sonbaharda $7,2975 \pm 2,1621$; kış mevsiminde $5,8005 \pm 2,131$; ilkbaharda ise $3,9558 \pm 4,021$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama kadmiyum konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.75. Uluabat Gölü Sedimentinde Kadmiyum Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.75' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ekim ayında(9, 489), en düşük değer Nisan ayında(1,1453), istasyonlara göre ise en yüksek değer 8.istasyonda(5,3708), en düşük konsantrasyon ise 1.istasyonda(4,5876)

tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, kadmiyum konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.76'da görüldüğü gibidir.

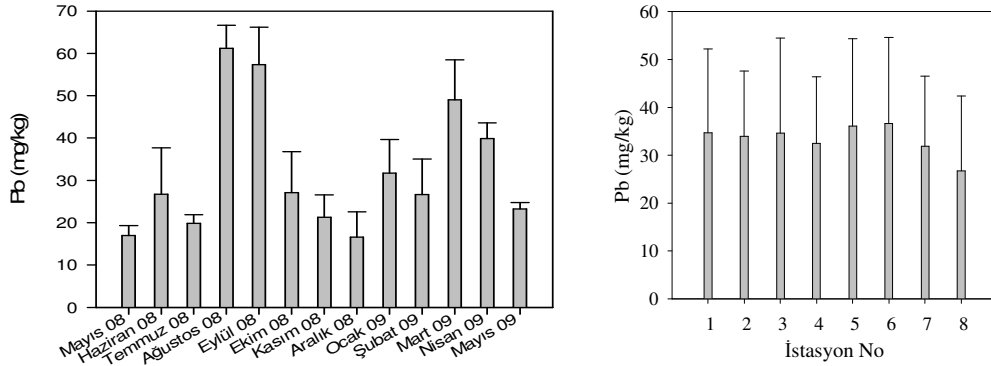


Şekil 5.76. Uluabat Gölü Sedimentinde Kadmiyum Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki kadmiyum dağılımının 8. istasyonda en yüksek değerlere sahip olduğu, 4, 5. ve 7. istasyonlarda ise nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 1. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

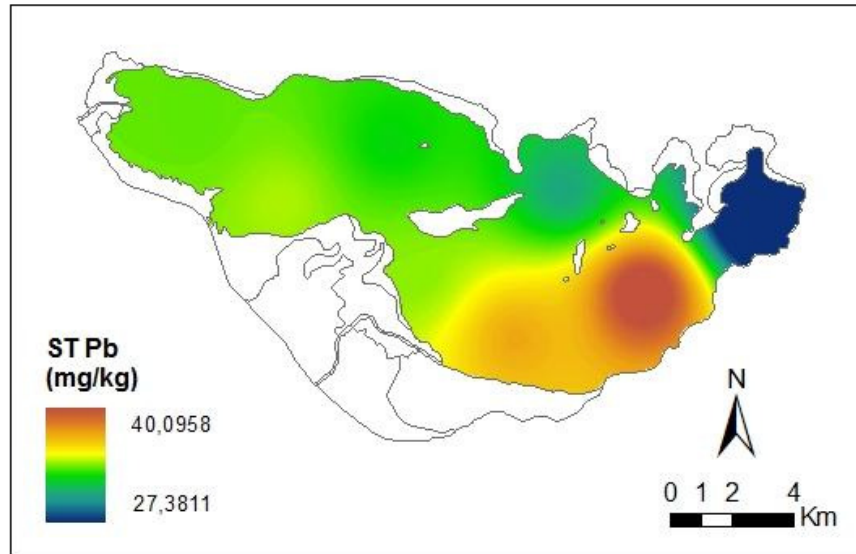
5.4.4. Kurşun

Uluabat Gölü'nde kurşun konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek kurşun değeri 61,13683 mg/kg ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 16,6177 mg/kg ile Aralık ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında kurşun konsantrasyonunun $33,3769 \pm 16,21583$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $35,8884 \pm 19,6919$; sonbaharda $35,24301 \pm 17,91807$; kış mevsiminde $24,9778 \pm 9,62$; ilkbaharda ise $37,3984 \pm 13,566$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama kurşun konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.77. Uluabat Gölü Sedimentinde Kurşun Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.77' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(61,13683), en düşük değer Aralık ayında(16,6177), istasyonlara göre ise en yüksek değer 6.istasyonda(36,6268), en düşük konsantrasyon ise 8.istasyonda(26,6859) tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, kurşun konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.78'de görüldüğü gibidir.

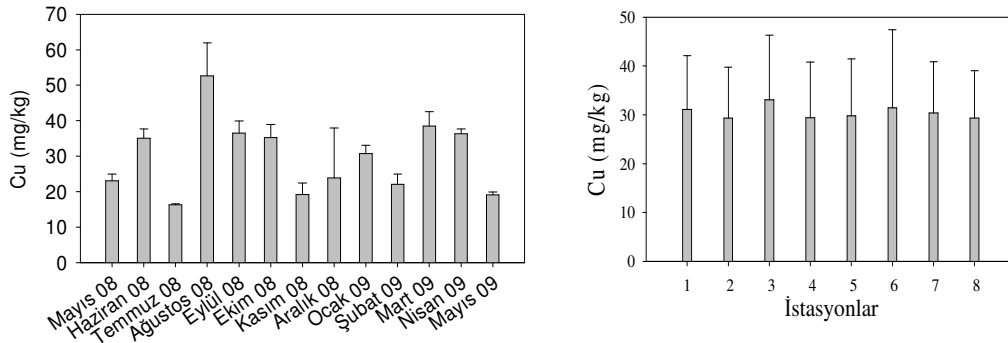


Şekil 5.78. Uluabat Gölü Sedimentinde Kurşun Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki kurşun dağılımının 6. istasyonda en yüksek değerlere sahip olduğu, 1, 2, 3, 4, 5. ve 7. istasyonlarda ise orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 8. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.4.5. Bakır

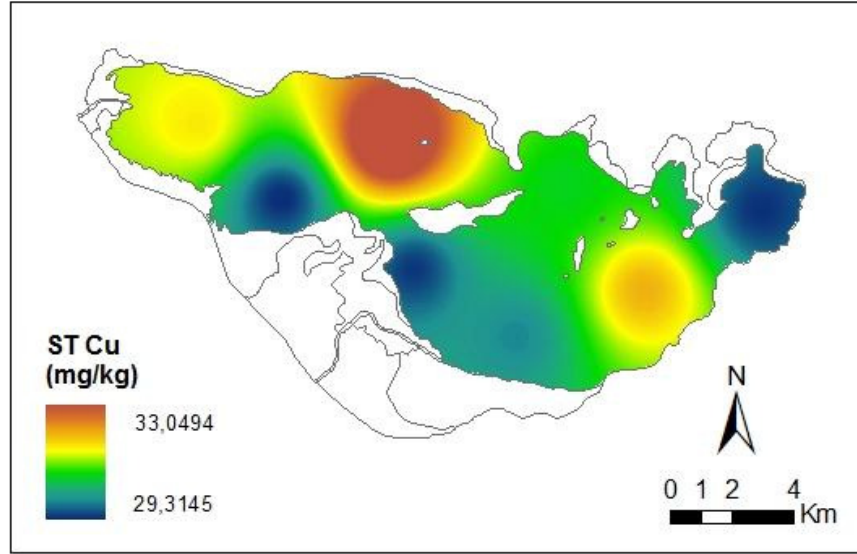
Uluabat Gölü'nde bakır konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek bakır değeri 52,6893 mg/kg ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 16,2927 mg/kg ile Temmuz ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında bakır konsantrasyonunun $30,4620 \pm 11,5228$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $34,665 \pm 16,0895$; sonbaharda $30,289 \pm 8,7301$; kış mevsiminde $25,5764 \pm 8,8743$; ilkbaharda ise $31,3177 \pm 9,51$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama bakır konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.79. Uluabat Gölü Sedimentinde Bakır Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.79' da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(52,6893), en düşük değer Temmuz ayında(16,2927), istasyonlara göre ise en yüksek değer 3.istasyonda(33,0493), en düşük konsantrasyon ise 2.istasyonda(29,3144) tespit edilmiştir.

Göl sedimentinde, bakır konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.80'de görüldüğü gibidir.

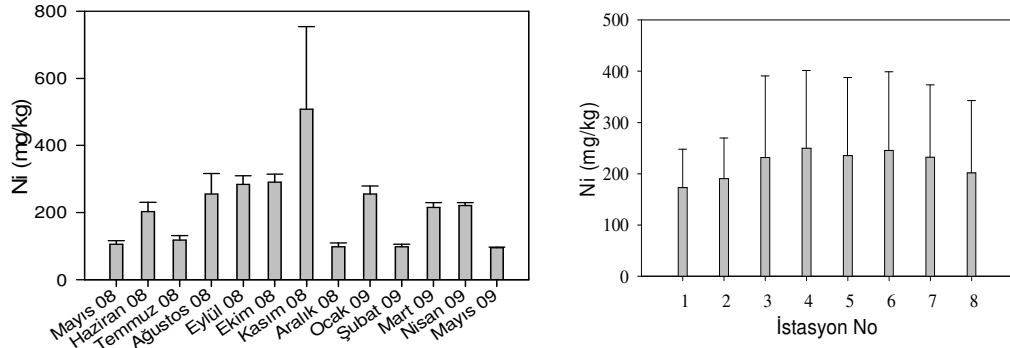


Şekil 5.80. Uluabat Gölü Sedimentinde Bakır Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki bakır dağılımının 3. istasyonda en yüksek değerlere sahip olduğu, 1, 6. ve 7. istasyonlarda ise orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 2, 4, 5. ve 8. istasyonlarda en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

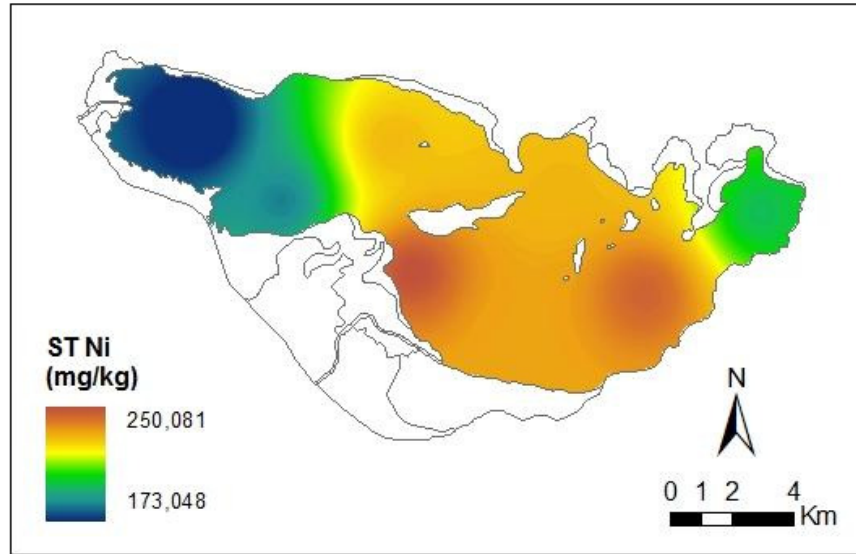
5.4.6. Nikel

Uluabat Gölü'nde nikel konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek nikel değeri 507,6285 mg/kg ile Kasım ayında, en düşük değer ise 94,5545 mg/kg ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında nikel konsantrasyonunun $220,0328 \pm 133,0790$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $191,8591 \pm 68,9895$; sonbaharda $360,7765 \pm 173,6628$; kış mevsiminde $150,5438 \pm 77,2105$; ilkbaharda ise $176,9517 \pm 61,6171$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama nikel konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.81. Uluabat Gölü Sedimentinde Nikel Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.81’ de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Kasım ayında(507,6285), en düşük değer Mayıs ayında(94,5545), istasyonlara göre ise en yüksek değer 4.istasyonda(250,081), en düşük konsantrasyon ise 1.istasyonda(173,048) tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, nikel konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.82’de görüldüğü gibidir.

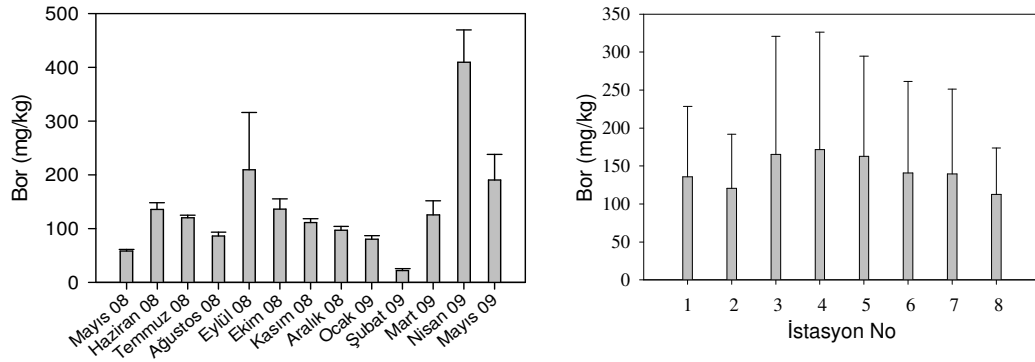


Şekil 5.82. Uluabat Gölü Sedimentinde Nikel Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki nikel dağılımının 4. istasyonda en yüksek değerlere sahip olduğu, 3, 5, 6. ve 7. istasyonlarda nispeten yüksek seviyelerde olduğu, 2. ve 8. istasyonlarda orta seviyelerde nikel bulunduğu, buna karşılık 1. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.4.7. Bor

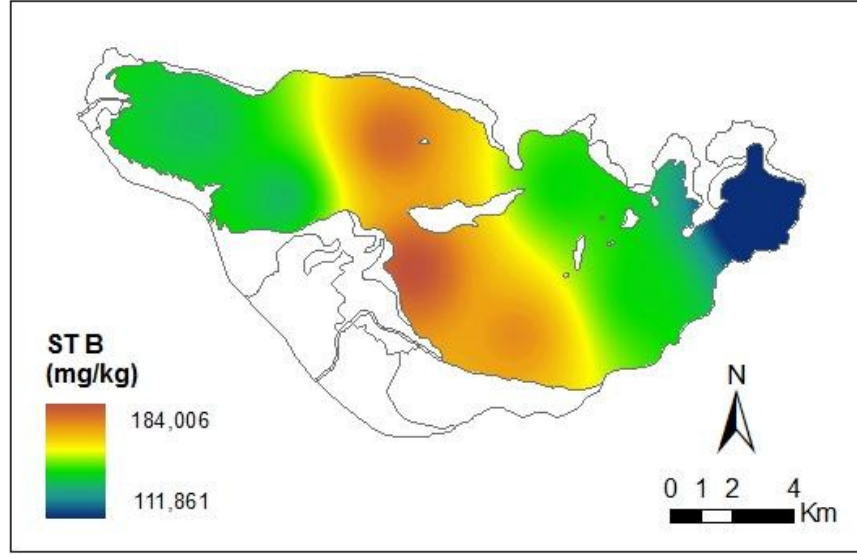
Uluabat Gölü'nde bor konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek bor değeri 409,4415 mg/kg ile Nisan ayında, en düşük değer ise 21,899 mg/kg ile Şubat ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında bor konsantrasyonunun $143,5631 \pm 114,55002$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $114,1038 \pm 22,8177$; sonbaharda $152,24269 \pm 73,3511$; kış mevsiminde $66,36022 \pm 33,3623$; ilkbaharda ise $241,5456 \pm 173,0973$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama bor konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.83. Uluabat Gölü Sedimentinde Bor Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.83' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Nisan ayında(409,4415), en düşük değer Şubat ayında(21,899), istasyonlara göre ise en yüksek değer 4.istasyonda(171,4064), en düşük konsantrasyon ise 8.istasyonda(112,5559) tespit edilmiştir.

Göl sedimentinde, bor konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.84'de görüldüğü gibidir.

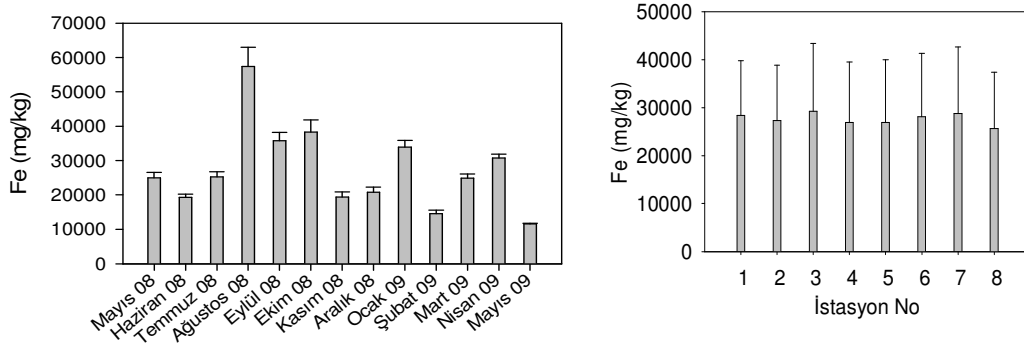


Şekil 5.84. Uluabat Gölü Sedimentinde Bor Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki bor dağılımının 3, 4. ve 5. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, 1,2, 6. ve 7. istasyonlarda nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 8. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

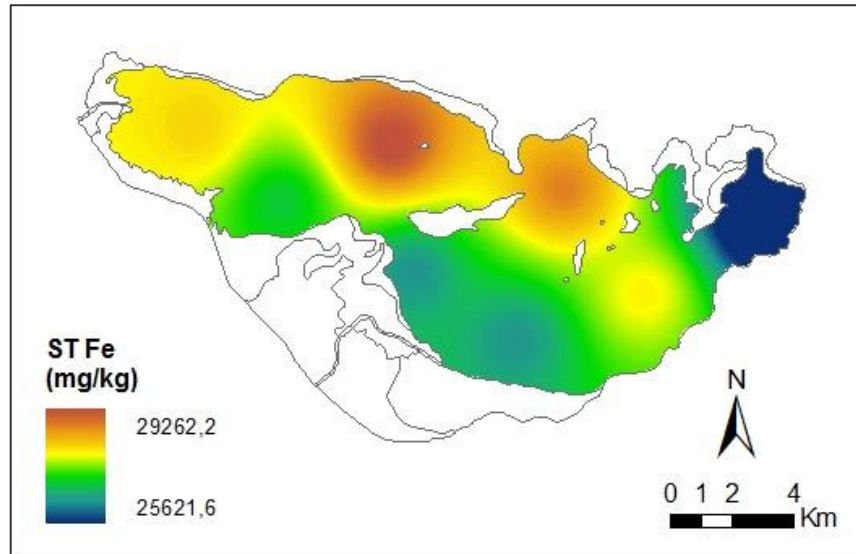
5.4.8. Demir

Uluabat Gölü'nde demir konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek demir değeri 57401,1625 mg/kg ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 11593,1625 mg/kg ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında demir konsantrasyonunun $27664,1972 \pm 12317,1877$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $33996,3937 \pm 17383,6405$; sonbaharda $31113,1458 \pm 8917,842$; kış mevsiminde $23116,0708 \pm 8357,8476$; ilkbaharda ise $22431,1785 \pm 8405,7252$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama demir konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.85. Uluabat Gölü Sedimentinde Demir Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.85' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(57401,1625), en düşük değer Mayıs ayında(11593,1625), istasyonlara göre ise en yüksek değer 3.istasyonda(29262,186), en düşük konsantrasyon ise 8.istasyonda(25621,616) tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, demir konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.86'da görüldüğü gibidir.

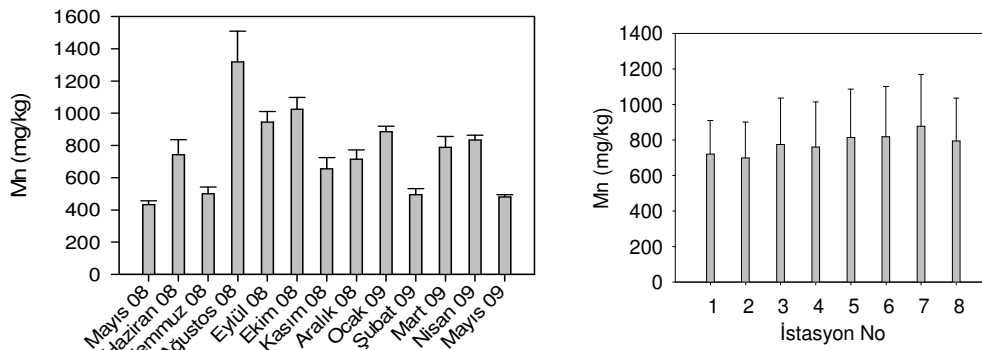


Şekil 5.86. Uluabat Gölü Sedimentinde Demir Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki demir dağılımının 1, 3, 6. ve 7. istasyonlarda en yüksek değerlere sahip olduğu, 2, 4. ve 5. istasyonlarda nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 8. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

5.4.9. Mangan

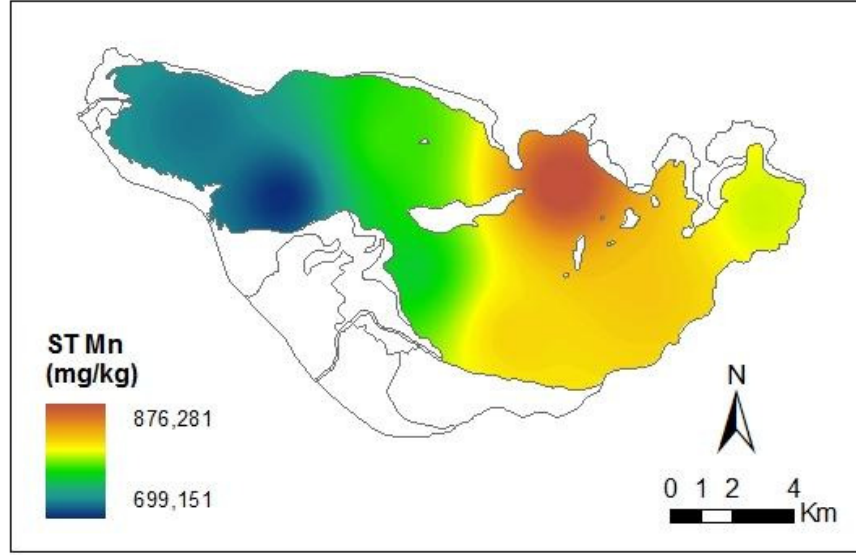
Uluabat Gölü'nde mangan konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek mangan değeri 1318,215 mg/kg ile Ağustos ayında, en düşük değer ise 480,6485 mg/kg ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında mangan konsantrasyonunun $781,9467 \pm 248,2939$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $853,3504 \pm 370,3999$; sonbaharda $875,4127 \pm 174,6333$; kış mevsiminde $697,9217 \pm 169,0054$; ilkbaharda ise $701,1018 \pm 172,5163$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama mangan konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.87. Uluabat Gölü Sedimentinde Mangan Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.87' de görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ağustos ayında(1318,215), en düşük değer Mayıs ayında(480,6485), istasyonlara göre ise en yüksek değer 7.istasyonda(876,281), en düşük konsantrasyon ise 2.istasyonda(699,151) tespit edilmiştir.

Göl sedimentinde, mangan konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.86’de görüldüğü gibidir.

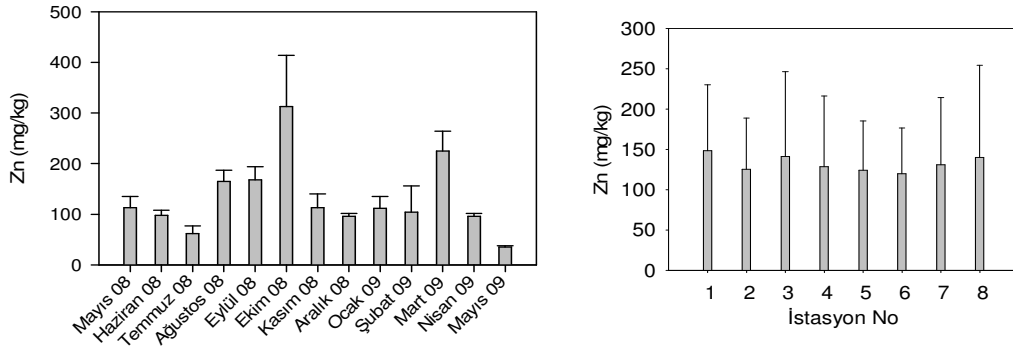


Şekil 5.88. Uluabat Gölü Sedimentinde Mangan Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki mangan dağılımının 7. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 3, 4, 5, 6. ve 8. istasyonlarda nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 1. ve 2. istasyonlarda en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

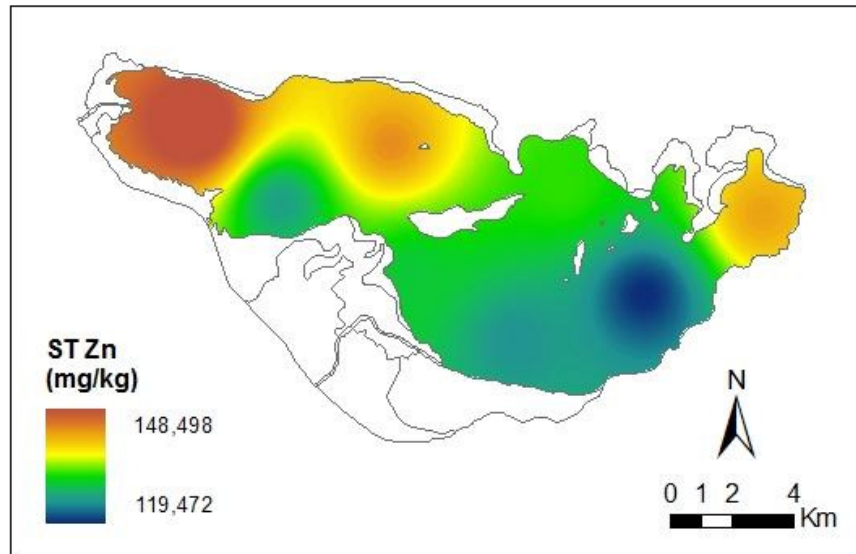
5.4.10. Çinko

Uluabat Gölü’nde çinko konsantrasyonu 12 ay boyunca alınan numunelerde incelenmiştir. Ölçülen en yüksek çinko değeri 312,4546 mg/kg ile Ekim ayında, en düşük değer ise 35,1736 mg/kg ile Mayıs ayında ölçülmüştür. Göl ortalaması alındığında çinko konsantrasyonunun $132,2166 \pm 81,4116$ mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Bu parametre mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalaması yaz mevsiminde $108,3872 \pm 46,5767$; sonbaharda $197,7992 \pm 104,6126$; kış mevsiminde $103,9345 \pm 31,987$; ilkbaharda ise $118,7454 \pm 84,4684$ mg/kg olarak belirlenmiştir. Uluabat Gölü ortalama çinko konsantrasyonunun aylara ve istasyonlara göre değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.89. Uluabat Gölü Sedimentinde Çinko Konsantrasyonunun Aylara ve İstasyonlara Göre Değişimi.

Şekil 5.89' da görüldüğü üzere göl ortalaması alındığında aylara göre en yüksek değer Ekim ayında(312,4546), en düşük değer Mayıs ayında(35,1736), istasyonlara göre ise en yüksek değer 1.istasyonda(148,497), en düşük konsantrasyon ise 6.istasyonda(119,472) tespit edilmiştir. Göl sedimentinde, çinko konsantrasyonuna ait yıllık ortalama değerlerden yola çıkılarak elde edilen dağılım haritası Şekil 5.90'da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.90. Uluabat Gölü Sedimentinde Çinko Dağılımı

Harita incelendiğinde, sedimentteki çinko dağılımının 1. istasyonda en yüksek değere sahip olduğu, bununla beraber 3, 4, 7 ve 8. istasyonlarda nispeten orta seviyelerde olduğu, buna karşılık 6. istasyonda en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 tarihlerinde sedimentte ölçülen ağır metal değerlerinin istatistik değerleri tablo 5.4. de verilmiştir.

Tablo 5.4. Uluabat Gölü Haziran 2008-Mayıs 2009 Tarihleri Sediment Ağır Metal İstatistik Değerleri (mg/kg)

Metaller	Ortalama \pm Standart Sapma	Minimum-Maksimum
As	9,2581 \pm 5,9065	2,9323 - 27,5761
Cr	131,6276 \pm 59,2069	63,8713 - 315,675
Cd	5,0377 \pm 3,0339	0,0972 - 12,5411
Pb	33,3769 \pm 16,21583	8,2625 - 71,7797
Cu	30,4620 \pm 11,5228	14,4276 - 73,7899
Ni	220,0328 \pm 133,0790	83,5795 - 669,825
B	143,5631 \pm 114,55002	15,5617 - 602,486
Fe	27664,1972 \pm 12317,1877	10774,5 - 63668,2
Mn	781,9467 \pm 248,2939	415,307 - 1580,26
Zn	132,2166 \pm 81,4116	27,0188 - 468,611

5.5. Uluabat Gölü Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Kıyaslanması

Çalışmamız kapsamında öncelikle Uluabat Gölü kirlilik durumu hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla gölde ölçüm yaptığımız parametrelere ait değerler sunulmuştur. Bu kısımda ise bu parametrelerin farklı çalışmalar ve standartlar ile kıyaslaması yapılmıştır. Bu kıyaslamalar aşağıda tablo 5.5-5.10 da sunulmuştur.

Tablo 5.5. Uluabat Gölü'nde Yapılan Farklı Çalışmalar

Su Kalitesi Parametreleri	Kaynak	Max-Min	Ort ± SD
ÇO (mg/l)	Barlas, 2005	15,3-4,6	10,06±
	Dalkıran, 2006	12,3-1,15	7,73±2,22
	Filik, 2007	19,4-5,1	7,99±3,22
	Elmacı, 2008	10,3-5,12	7,62±1,99
	Proje Sonuçları	12,09-3,43	7,998±2,54
pH	Barlas, 2005	8,84-7,86	8,345±
	Dalkıran, 2006	9,1-7,8	8,4±0,29
	Filik, 2007	10,1-7,3	8,42±0,54
	Elmacı, 2008	8,83-8,57	8,69±0,16
	Proje Sonuçları	9,7-7,16	8,305±0,287
İletkenlik (µs/cm)	Barlas, 2005	671-443	550,36±
	Dalkıran, 2006	626-286	456,71±7,75
	Elmacı, 2008	690,4-459,6	555,75±68,16
	Proje Sonuçları	686-403	553,02±82,57
Sıcaklık (°C)	Barlas, 2005	29,2-7,3	19,35±
	Dalkıran, 2006	34,4-3,9	18,37±8,13
	Elmacı, 2008	27,1-6,84	16,36±7,47
	Proje Sonuçları	28,9-4,1	18,053±7,709
Su derinliği(m)	Dalkıran, 2006	5,04-2,31	3,31±0,95
	Elmacı, 2008	4,14-1,63	2,68±1,06
	Proje Sonuçları	4,5-0,7	2,41±1,01
Seki disk derinliği (cm)	Dalkıran, 2006	168-18	85,11±46,79
	Elmacı, 2008	80,6-16	54,42±21,47
	Proje Sonuçları	200-5	56,87±44,01
KOI (mg/l)	Filik, 2007	145-6	52,6±28,09
	Proje Sonuçları	80-16	48,94±17,71
BOI (mg/l)	Filik, 2007	42-1	9,78±8
	Dalkıran, 2006	11,8-0,69	4,31±2,09
	Elmacı, 2008	31,74-12,61	21,21±6,60
	Proje Sonuçları	52,5-5	28,01±12,73
Klorofil – a (mg/m³)	Dalkıran, 2006	51,96-0,87	11,31±11,33
	Elmacı, 2008	98-7,13	30,36±33,91
	Proje Sonuçları	90,36-2,035	17,97±14,94
NH₄-N (mg/l)	Filik, 2007	1,32-0	0,19±0,26
	Elmacı, 2008	1,26-0,134	0,520±0,49
	Proje Sonuçları	7-0	0,222±0,812
NO₃-N (mg/l)	Dalkıran, 2006	5,51-0	0,99±1,39
	Filik, 2007	3,92-0	0,99±0,72
	Elmacı, 2008	1,238-0,073	0,63±0,50
	Proje Sonuçları	4,2-0	0,2005±0,736
Toplam Azot (mg/l)	Proje Sonuçları	63,7-1,4	9,191±8,239
PO4-P (mg/l)	Elmacı, 2008	0,251-0,008	0,070±0,00
	Proje Sonuçları	0,4267-0,009	0,1234±0,12
Toplam fosfor (mg/l)	Dalkıran, 2006	0,14-0,002	0,022±0,02
	Filik, 2007	2,685-0,04	0,42±0,47
	Proje Sonuçları	0,5572-0,048	0,1789±0,138

Tablo 5.6. Farklı Göllerde Yapılan Çalışmalar

Su Kalitesi Parametreleri	Kaynak	Max-Min	Ort ± SD
ÇO (mg/l)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	11,2-1,1	8,2±2,01
	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	10,8-1,3	7,49 ±2,98
	Kazama,2006(Fuji River)	15-5,2	9,76±1,5
	Proje Sonuçları	12,09-3,43	7,998±2,54
pH	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	8,3-6,4	7,47±0,47
	Gondar, 2008(Esthwaite Surface Water)	8-7,38	7,714
	Çelik, 2008(Manyas Lake)	10,3-7,1	8,66±0,416
	Proje Sonuçları	9,7-7,16	8,305±0,287
İletkenlik (µs/cm)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	420-255	320±32
	Gondar, 2008(Esthwaite Surface Water)	128-104	117
	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	1971-513	1042 ±532,16
	Proje Sonuçları	686-403	553,02±82,57
Sıcaklık (°C)	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	27,7-9,6	17,2 ±7,06
	Proje Sonuçları	28,9-4,1	18,053±7,709
Su derinliği(m)	Proje Sonuçları	4,5-0,7	2,41±1,01
Seki disk derinliği (cm)	Albay, 2008(Manyas Lake)	34-16	21,6
	Albay, 2008(Sapanca Lake)	380-100	276
	Proje Sonuçları	200-5	56,87±44,01
KOI (mg/l)	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	113-14	48,34 ±28,98
	Akçay, 2003 (Büyük Menderes River)	46,3-38,5	42,4±5,51
	Akçay, 2003 (Gediz River)	48-41,5	44,75±4,59
	Proje Sonuçları	80-16	48,94±17,71
Klorofil - a (mg/m³)	Gondar, 2008(Esthwaite Surface Water)	52,9-1,8	17,61
	Çelik, 2008(Manyas Lake)	105-71	84,66±6,806
	Proje Sonuçları	90,36-2,035	17,97±14,94
NH₄-N (mg/l)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	1,824-0	0,226±0,328
	Kazama,2006(Fuji River)	3-0,01	0,83±2,35
	Proje Sonuçları	7-0	0,222±0,812
NO₃-N (mg/l)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	3,63-0	0,941±0,834
	Çelik, 2008(Manyas Lake)	6,8-2,9	4,36±0,805
	Kazama,2006(Fuji River)	2,56-0,13	1,17±0,04
	Proje Sonuçları	4,2-0	0,2005±0,736
Toplam Azot (mg/l)	Proje Sonuçları	63,7-1,4	9,191±8,239
PO₄-P (mg/l)	Albay, 2008(Manyas Lake)	0,324-0,040	0,168
	Çelik, 2008(Manyas Lake)	0,69-0,09	0,266±0,168
	Proje Sonuçları	0,4267-0,009	0,1234±0,12
Toplam fosfor (mg/l)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	1,159-0,013	0,147±0,211
	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	1,6-0,07	0,562 ±0,543
	Albay, 2008(Manyas Lake)	0,922-0,164	0,628
	Albay, 2008(Sapanca Lake)	0,038-0,0045	0,012
	Proje Sonuçları	0,5572-0,048	0,1789±0,138
AKM (mg/l)	Karakoç, 2003(Gölbaşı Area)	747-7	133,1 ±208
	Proje Sonuçları	980-4	48,87±77,06
Sertlik (mg CaCO₃/l)	Papatheodorou, 2006(Pamvotis Lake)	195-90	138±21,6
	Proje Sonuçları	490-228	306,86±46,87
Alkalinite (mgCaCO₃/l)	Gondar, 2008(Esthwaite Surface Water)	312-206	254,1
	Proje Sonuçları	407,5-157,5	249,35±44,5

Tablo 5.7. Uluabat Göl Sedimentinde Yapılan Farklı Çalışmalar

Sediment Kalitesi Parametreleri	Kaynak	Max-Min	Ort ± SD
pH	Kurtoğlu,2006	8,01-6,82	7,694
	Proje Sonuçları	9,05-7,12	8,13±0,27
İletkenlik (µs/cm)	Kurtoğlu,2006	828-193	461,2
	Proje Sonuçları	901-125,6	298,26±127,78
NH ₄ -N (mg/kg)	Kurtoğlu,2006	61,5-23,6	35,57
	Akdeniz,2005	64,4-18,2	39,1±14,92
NO ₃ -N (mg/kg)	Proje Sonuçları	168-0	27,73±25,49
	Akdeniz,2005	15,4-5,6	8,3±1,82
Top-N (mg/kg)	Proje Sonuçları	89,6-0	11,08±14,13
	Kurtoğlu,2006	1950-530	807
PO ₄ -P (mg/kg)	Akdeniz,2005	10360-4200	6346±1488
	Proje Sonuçları	8680-1960	4466,54±1709,52
Top-P (mg/kg)	Kurtoğlu,2006	157,8-22	46,7
	Akdeniz,2005	33,44-10,48	22,49±5,8
Top-P (mg/kg)	Proje Sonuçları	442,08-14,366	132,66±92,49
	Kurtoğlu,2006	423,7-118,5	337,54
Top-P (mg/kg)	Akdeniz,2005	496,32-167,79	326,87±79,3
	Proje Sonuçları	2340,2-149,8	1109,87±649,45

Tablo 5.8. Farklı Göllerde Yapılan Sediment Çalışmaları

Sediment Kalitesi Parametreleri	Kaynak	Max-Min	Ort ± SD
pH	Zeng,2007(Dianchhi Lake)	8,12-7,23	7,525±0,41
	Lau, 1999(Coastal Wetland)	7,38-7,21	7,32±0,12
	Proje Sonuçları	9,05-7,12	8,13±0,27
Top-N (mg/kg)	Zeng,2007(Dianchhi Lake)	5280-1090	3245±1791
	Wang,2005(Yue Lake)	5190-5160	5178±21,213
	Lau, 1999(Coastal Wetland)	1080-950	1023±91,92
	Proje Sonuçları	8680-1960	4466,54±1709,52
Top-P (mg/kg)	Lau, 1999(Coastal Wetland)	502-470	490±8,48
	Zeng,2007(Dianchhi Lake)	2320-1120	1720±504,97
	Wang,2005(Taihu Lake)	420,5-323,7	388,13± 55,8
	Wang,2005(Yue Lake)	2051-1640	1845,5±290,62
	Proje Sonuçları	2340,2-149,8	1109,87±649,45
Nem İçeriği (%)	Lau, 1999(Coastal Wetland)	69,6-56,4	62±9,33
	Pardo, 1990(Pisuerga River)	76,99-38,02	62,8±15,44
	Proje Sonuçları	48,71-13,12	26,3±7,96
Organik Madde İçeriği (%)	Pardo, 1990(Pisuerga River)	5,8-2,6	4,716±1,23
	Proje Sonuçları	5,18-2,87	3,81±0,53

Tablo 5.9. Farklı Çalışmalarda Suda Ölçülen Ağır Metaller

Metaller	Kaynak	Min-Max	Ort ± SD
Fe (ppm)	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,31±0,145
	Proje Sonuçları	0,0653 - 15,7298	0,5344 ± 1,3989
Mn (ppm)	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,08305±0,03925
	Proje Sonuçları	0 - 0,1732	0,0116 ± 0,02
Cu (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,141±0,05
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,0004±0,00053
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,00121±0,00176
	Proje Sonuçları	0 - 0,116	0,0115 ± 0,0142
Zn (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,13±0,05
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,01259±0,003
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,0056±0,00365
	Proje Sonuçları	0,0232 - 1,3471	0,1955 ± 0,2384
Cr (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,021±0,024
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,00157±0,00051
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,00104±0,00073
	Proje Sonuçları	0,001566 - 1,9597	0,0992 ± 0,2347
Pb (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,025±0,003
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,005±0,00016
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,0004±0,0015
	Proje Sonuçları	0 - 0,5028	0,0375 ± 0,0688
Cd (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,04±0,02
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,00018±0,00009
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,000001±0,000005
	Proje Sonuçları	0 - 0,3846	0,0116 ± 0,0427
Ni (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,022±0,007
	Ikem, 2003(Tuskegee Lake)		0,0066±0,0024
	Aksoy, 2005(Sultan Marsh)		0,02±0,00086
	Proje Sonuçları	0 - 0,3508	0,0304 ± 0,0448
B (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,9592±0,03
	Proje Sonuçları	0,5628 - 4,72	2,2594 ± 0,7609
As (ppm)	Elmacı, 2007(Uluabat Lake)		0,045±0,01
	Proje Sonuçları	0,0033413 - 0,0933	0,023 ± 0,0179

Tablo 5.10. Farklı Çalışmalarda Sedimentte Ölçülen Ağır Metaller

Metaller	Kaynak	Ort ± SD
Fe (ppm)	Gue'guen, 2003(Vistula River)	37833,33
	Yığiterhan, 2008(Danube River)	42800
	An, 2003(Texoma Lake)	19393± 7835
	Proje Sonuçları	29408,5368 ± 12952,4315
Mn (ppm)	An, 2003(Texoma Lake)	377±161
	Yığiterhan, 2008(Danube River)	830
	Duman, 2007(Sapanca Lake)	354,946
	Proje Sonuçları	809,018 ± 264,2629
Cu (ppm)	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	84,632
	Kishe, 2003(Victoria Lake)	21,6±2,4
	An, 2003(Texoma Lake)	38±34
	Woitke, 2003(Danube River)	65,7±12
	Proje Sonuçları	30,1768 ± 12,1667
Zn (ppm)	Kishe, 2003(Victoria Lake)	36,4±1,8
	Woitke, 2003(Danube River)	187±25
	An, 2003(Texoma Lake)	89±53
	Yığiterhan, 2008(Danube River)	170
	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	118,37
	Proje Sonuçları	136,707 ± 80,4683
Cr (ppm)	Yığiterhan, 2008(Danube River)	111
	Woitke, 2003(Danube River)	64±6,5
	An, 2003(Texoma Lake)	30±13
	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	74,463
	Proje Sonuçları	137,7188 ± 64,6641
Pb (ppm)	Kishe, 2003(Victoria Lake)	29,6±1,6
	Woitke, 2003(Danube River)	46,3±6,8
	Duman, 2007(Sapanca Lake)	15,96
	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	54,42
	Proje Sonuçları	33,2821 ± 17,6321
Cd (ppm)	Kishe, 2003(Victoria Lake)	2,5±0,5
	An, 2003(Texoma Lake)	2±3
	Woitke, 2003(Danube River)	1,2±0,4
	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	1,441
	Proje Sonuçları	5,3984 ± 2,5594
Ni (ppm)	Duman, 2007(Sapanca Lake)	28,923
	An, 2003(Texoma Lake)	17±8
	Proje Sonuçları	234,3932 ± 147,0718
Bor (ppm)	Proje Sonuçları	112,8668 ± 67,1109
As (ppm)	Zeng, 2007(Dianchi Lake)	36,637
	An, 2003(Texoma Lake)	11±2
	Proje Sonuçları	10,0663 ± 6,5516

5.5.1. Su Kalitesi Parametrelerinin Standartlar ile Kıyaslanması

Çalışmanın bu kısmında su kalitesi parametreleri standartlar ile kıyaslanmıştır. Genel parametreler Tablo 5.11, ağır metal verileri ise Tablo 5.12 de verilmiştir.

Uluabat Gölünde sekiz istasyonda ölçülen fiziksel, kimyasal parametreler "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" ninde yer alan Tablo 5.11: Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri esas alınarak değerlendirilmiştir (Anonim 2004). Bu kriterlere göre her istasyonun ve göl ortalamasının sınıflandırılması yapılmıştır. Yönetmelikte belirlenen su kalite sınıfları ve kullanım amaçları aşağıda verilmiştir.

Sınıf 1: Yüksek kaliteli su,

Kullanım amaçları; yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı, diğer amaçlar.

Sınıf 2: Az kirlenmiş su,

Kullanım amaçları; ileri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak, sınıf 1 dışındaki diğer bütün kullanımlar.

Sınıf 3: Kirli su,

Kullanım amaçları; gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

Sınıf 4: Çok kirlenmiş su,

Kullanım amaçları; sınıf 3 için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılacak yüzeysel sulardır.

Tablo 5.11. Su Kalite Değerleri ve Standartlar 1

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI				İSTASYONLAR							
	I	II	III	IV	1.İst	2.İst	3.İst	4.İst	5.İst	6.İst	7.İst	8.İst
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30	16,775 I.Sınıf	16,928 I.Sınıf	16,991 I.Sınıf	18,678 I.Sınıf	19,204 I.Sınıf	19,044 I.Sınıf	18,017 I.Sınıf	18,904 I.Sınıf
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında	8,28 I.Sınıf	8,24 I.Sınıf	8,33 I.Sınıf	8,19 I.Sınıf	8,3 I.Sınıf	8,31 I.Sınıf	8,25 I.Sınıf	8,5 I.Sınıf
Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	< 3	7,863 II. Sınıf	6,282 II. Sınıf	6,107 II. Sınıf	6,857 II. Sınıf	7,958 II.Sınıf	7,963 II.Sınıf	7,786 II.Sınıf	8,19 I.Sınıf
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0,2	1	2	> 2	0,32 II. Sınıf	0,29 II. Sınıf	0,49 II. Sınıf	0,11 I. Sınıf	0,204 II. Sınıf	0,35 II. Sınıf	0 I. Sınıf	0 I. Sınıf
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20	0,38 I.Sınıf	0,29 I.Sınıf	0,11 I.Sınıf	0,29 I.Sınıf	0,204 I.Sınıf	0,029 I.Sınıf	0 I.Sınıf	0,29 I.Sınıf
Toplam fosfor (mg P/L)	0,02	0,16	0,65	> 0,65	0,183 III. Sınıf	0,185 III. Sınıf	0,192 III. Sınıf	0,187 III. Sınıf	0,17 III. Sınıf	0,19 III. Sınıf	0,184 III. Sınıf	0,138 II. Sınıf
KOİ (mg/L)	25	50	70	> 70	52 III. Sınıf	43,33 II. Sınıf	44,66 II. Sınıf	41,33 II. Sınıf	52,66 III. Sınıf	42,66 II. Sınıf	49,33 II. Sınıf	65,58 III. Sınıf
BOİ (mg/L)	4	8	20	> 20	29,54 IV. Sınıf	25,83 IV. Sınıf	24,7 IV. Sınıf	23,58 IV. Sınıf	31,16 IV. Sınıf	23,37 IV. Sınıf	25,62 IV. Sınıf	40,29 IV. Sınıf
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0,5	1,5	5	> 5	12,658 IV. Sınıf	9,134 IV. Sınıf	8,166 IV. Sınıf	7,787 IV. Sınıf	6,241 IV. Sınıf	7,029 IV. Sınıf	7,954 IV. Sınıf	10,645 IV. Sınıf

Tablo 5.12. Su Kalitesi Değerleri ve Standartlar 2

(mg/l)	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği				Su Ürünleri Yönetmeliği	World Health Organization	EPA, Water Quality Criteria		Proje Sonuçları	
	I.sınıf	II. sınıf	III. sınıf	IV. sınıf	Kabul Edilebilir Değer	Guideline Value	CMC	CCC	Ort – SD	Min - Max
As	0,02	0,05	0,1	> 0,1	0,1	0,01	0,34	0,15	0,0182 ± 0,0176	0,0012 - 0,093
B	1 ^e	1 ^e	1 ^e	> 1	3	0,5			2,1668 ± 0,9964	0,2253 - 5,503
Cd	0,003	0,005	0,01	>0,01	0,01	0,003	0,002	0,00025	0,0097 ± 0,0371	0 - 0,3846
Cr	0,02	0,05	0,2	> 0,2	0,1		0,57	0,074	0,0848 ± 0,2092	0,0016 - 1,959
Cu	0,02	0,05	0,2	> 0,2	0,01	2	0,013	0,009	0,0128 ± 0,0141	0 - 0,116
Fe	0,3	1	5	> 5	0,7			1	0,5116 ± 1,2313	0,0653 - 15,729
Mn	0,1	0,5	3	> 3	1	0,4			0,0123 ± 0,0217	0 - 0,1732
Ni	0,02	0,05	0,2	> 0,2	0,3	0,02	0,47	0,052	0,0304 ± 0,0416	0 - 0,3508
Pb	0,01	0,02	0,05	> 0,05	0,1	0,01	0,065	0,0025	0,0355 ± 0,0567	0 - 0,5028
Zn	0,2	0,5	2	> 2	0,003		0,12	0,12	0,1595 ± 0,2169	0,0011 - 1,347

e: Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

CMC: Acute Criteria

CCC: Cronic Criteria

Tablo 5.13. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri bakımından Uluabat Gölü'nün değerlendirilmesi.

Su Kalite Parametreleri	1.İst	2.İst	3.İst	4.İst	5.İst	6.İst	7.İst	8.İst	Göl Ortalaması	I*	II*
pH	8,28	8,24	8,33	8,19	8,3	8,31	8,25	8,5	8,305	6,5-8,5	6-10
ÇO (mg O ₂ /L)	7,863	6,282	6,107	6,857	7,958	7,963	7,786	8,19	7,998	7,5	5
Toplam Azot (mg/L)	13,44	9,791	8,706	8,283	6,708	7,291	8,137	11,17	9,191	0,1	1
Toplam fosfor (mg /L)	0,183	0,185	0,192	0,187	0,17	0,19	0,184	0,138	0,179	0,005	0,1
AKM (mg/L)	40,83	94,04	45,00	44,75	41,08	44,54	39,00	41,70	48,87	5	15
KOI (mg/L)	52	43,33	44,66	41,33	52,66	42,66	49,33	65,58	48,94	3	8

I*:Doğal Koruma Alanı ve Rekreasyon Sınır Değerleri

II*:Çeşitli Kullanımlar İçin (Doğal Olarak tuzlu, acı ve tatlı göller dahil).

Tablo 5.11’de Uluabat Gölü, istasyonların yıllık ortalama değerlerine göre yapılan sınıflandırmada; sıcaklık, nitrat azotu, pH açısından 1.Sınıf; çözülmüş oksijen, amonyum azotu açısından II. Sınıf; toplam fosfor ve KOI açısından III. Sınıf; BOI ve toplam kjeldahl azotu açısından IV. Sınıf sular kalitesinde olduğu ortaya çıkmaktadır.

Uluabat Gölü’nde suda bulunan ağır metallerin sınıflandırması Tablo 5.12’de verilmiştir. Karşılaştırma SSKY, Su Ürünleri Yönetmeliği, WHO ve EPA standartlarına göre yapılmıştır. Göl ortalamaları alındığında, su kalitesi açısından iyi kaliteli sınıflar oluşsa da, belirli zamanlarda bu metaller pik değerlere ulaşmıştır. Bu değerler WHO ve EPA standartlarına göre akut etkiler gösterebilir.

Gölde özellikle B, Cd, Cr, Fe, Ni ve Pb konsantrasyonlarının diğer metallere oranla nispeten daha yüksek olduğu söylenebilir.

Uluabat Gölü’nde sekiz istasyonda ölçülen fiziksel, kimyasal parametreler "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" ninde yer alan Tablo 2: Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir(Anonim 2004). Buna göre her istasyonun ve göl ortalamasının değerleri Tablo 5.13’de verilmiştir. pH, ÇO, TN, TP, AKM ve KOİ göl ortalaması değerleri doğal koruma alanı ve rekreasyon ve çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve tatlı göller dahil) verilen sınır değerlerini aşmaktadır. Buna bağlı olarak Uluabat Gölü ötrofik karakterli bir göl olarak değerlendirilebilir.

5.5.2. Sediment Kalitesi Parametrelerinin Standartlar ile Kıyaslanması

Sedimentler, kirleticilerin göl suyundan uzaklaşarak biriktiği yerler olmasının haricinde, aynı zamanda tekrar suya karışarak su kalitesini etkileyen oluşumlardır.

Sedimentler, biyolojik birikime yol açarak besin zincirinde önemli rol oynamaktadırlar. Kirleticilerin konsantrasyonları, canlılar üzerinde kötü etkiler yaratacak miktara ulaştığı zaman göz önüne alınmalıdır. Su kaynaklarında su kalitesi iyileştirilebilirken, sediment kalitesini iyileştirebilmek oldukça zordur. Çünkü kirleticiler partiküller üzerine bağlandıkları zaman çok yavaş desorbsiyona uğramaktadırlar. Sorulanmış bu kirleticiler uzun süreli olarak partiküllere bağlı kalmakta ve sedimentte birikmektedirler.

Son 20 yıl içerisinde sediment kalitesi ile ilgili çalışmalar yapılmış olup kirli sedimentlerle ilgili bir düzenleme yapılmaya çalışılmıştır. Sedimentteki biyolojik etkiler göz önüne alınarak sediment kalitesine farklı bir yaklaşım getirilmiştir. Bazı sediment kalite kriterleri çeşitli ülkelerdeki düzenleyici kuruluşlar tarafından adapte edilmiş ve iyileştirici çalışmalarda kullanılmıştır. Bu kriterler Tablo 5.14de verilmiştir.

Çevresel önemi kabul edilen sediment tabakası, özellikle çeşitli etkileşimler sonucu besin zinciri boyunca etkilerinin izlenmesi ve belirlenip, değerlendirilmesi gereken bir çevre boyutudur. Tüm çevre matrislerinde olduğu gibi, sediment boyutunda da çevresel kalite izleme, değerlendirme kriter ve/veya standart çalışmalarına gerek vardır. Etkileşim yapısındaki karmaşıklıklar dolayısıyla, sayısal sınır değerlerin, hangi önceliklere ve etkileşimlere göre konulacağı literatürde tartışma halinde olan sediment çalışmalarında, günümüzde farklı yaklaşım tekniği kullanılmaktadır. Bu konuda en gelişmiş yaklaşımlar, Kanada ve ABD tarafından sürdürülmektedir.

Dünya literatüründe, Kanada (CCME) ve Amerika (EPA) kuruluşları, ilk olarak sediment kalitesinin belirlenmesi ve korunması çalışmalarını başlatmıştır. Amerika'da kirletilmiş sedimentlerin durumunu belirlemek için, Amerika Birleşik Devletleri Çevre

Koruma Ajans'ının Ulusal Sediment Envanteri (USEPA-NSI 1998) çalışması başlatılarak, bir veri tabanı oluşturulmuştur (Bakan 2003).

Elde edilen veriler ışığında, EPA, yüksek kalitede sediment numunelerinin alınması için, sediment toplanması, taşınması, ön işlem uygulanması ve depolanma metotlarının belirlenerek, daha güvenilir ve doğru metotların kullanılmasını hedeflemiştir. EPA, yürüttüğü bu çalışmaların öncelikle ulusal bazda nasıl geliştireceğini sürekli güncelleştirerek, diğer ülkelere de bir yol göstermektedir. Türkiye'de henüz mevzuat ve/veya yönetmelik bazında, sediment kalite izleme, belirleme ve koruma çalışmaları mevcut olmadığı için, EPA' nın geliştirdiği bu metotlar, ülke genelinde yapılacak tüm sediment çalışmalarında baz alınabilir; ayrıca elde edilecek verilerde doğruluk ve hassasiyetin sağlanması için, bir an önce yasal dayanakların oluşturulması gerekmektedir. Dolayısıyla bu araştırma, Türkiye'deki sediment kalite izleme ve belirleme çalışmalarına yön verebilecek bir çalışma niteliğindedir.

Tablo 5.14. Sediment Kalite Değerleri ve Kriterler

Metaller	Ulusal Okyanus ve Hava Kurumu (NOAA - Quick Reference Table for Inorganics in Water, 1999) (ppb) (Anonim 1999)			USEPA 1996 (mg/kg)	Avustralya Sediment Kalitesi Rehberi (ISQG) (ANZECC & ARMCANZ, 2000) (mg/kg) (Anonim 1997)		Proje Sonuçları (mg/kg)	
	TEL	PEL	UET	PEL-HA28	ISQG-Low	ISQG-High	Ort-SD	Min-Max
As	5900	17000	17000	48	20	70	9,25 ± 5,9	2,93 - 27,57
B							143,5 ± 114,5	15,56 - 602,48
Cd	596	3530	3000	3,2	1,5	10	5,03 ± 3,03	0,09 - 12,54
Cr	37300	90000	95000	120	80	370	131,6 ± 59,2	63,87 - 315,67
Cu	35700	197000	86000	100	65	270	30,4 ± 11,5	14,42- 73,78
Fe		%4					27664,1± 12317,1	10774,5 - 63668,2
Mn			1100000				781,9 ± 248,3	415,3 - 1580,26
Ni	18000	35900	43000	33	21	52	220,03 ± 133,08	83,57 - 669,82
Pb	35000	91300	127000	82	50	220	33,3 ± 16,2	8,26 - 71,77
Zn	123100	315000	520000	540	200	410	132,2 ± 81,4	27,01 - 468,61

TEL : Threshold effect level, dry weight

PEL : Probable effect level, dry weight

UET : Upper effect threshold, dry weight

PEL-HA28 : Probable effect level for *Hyaella azteca* ; 28-day test; dry weight

Tablo 5.14’de görüldüğü üzere farklı ülkelerde geliştirilen sediment kalite kriterleri verilmiştir.

Ulusal Okyanus ve Hava Kurumu (NOAA), eşik etki seviyesi (TEL), olası etki seviyesi (PEL) ve yüksek etki seviyesi (UET) şeklinde bir sınıflandırma yapmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çalışma sonuçları karşılaştırıldığında, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb nun eşik etki seviyesinden yüksek olduğu görülmektedir.

USEPA kriter belirlemede *Hyalella Azteca* (tatlı su karidesi) kullanmış ve bu canlıda 160 örnek üzerinde 28 gün süren toksisite deneyleri sonucu toksisite kriterleri belirlemiştir. Bu sediment kalitesi kriterine göre Uluabat Gölü’nde tespit edilen Cd, Cr, Ni ve Pb konsantrasyonları yüksektir, bu durum gölde yaşayan canlılar için risk oluşturmaktadır. Ar, Cu ve Zn belirlenen kriterlerden daha düşüktür.

Avustralya Sediment Kalitesi Rehberi (ISQG) ise yüksek-düşük toksik etki değerleri belirlemiştir. Bu değerlere göre Uluabat Gölü’nde ölçülen ağır metallere Ni ve Zn hariç diğer metaller düşük etki seviyesinin üstünde çıkmıştır. Göldeki ortalama Zn konsantrasyonu belirlenen kriterlerin altındadır ancak maksimum değerlerine bakıldığında belirli dönemlerde bu kriterlerin üzerine çıkmıştır, bu da o dönemlerde akut etkiler görülmesine neden olabilir. Ni konsantrasyonu ise yüksek etki seviyesinden de büyüktür. Bu durum gölde nikel kaynaklı toksisitenin yüksek olacağını göstermektedir.

İncelenen tüm sediment kriterlerine göre nikelin yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumda nikelin göl sedimentinde toksik etki meydana getirme olasılığı yüksektir ancak biyolojik analizlerle bu etkilerin gerçek durumu belirlenmelidir.

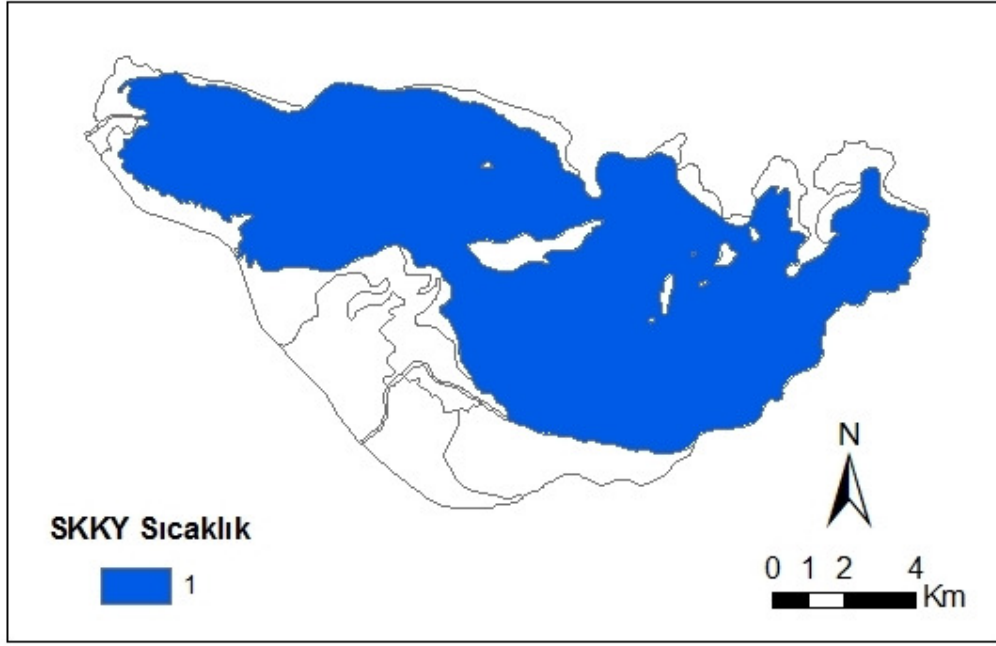
Başar ve arkadaşlarının Güney Marmara Bölgesinde yaptıkları araştırmada, incelenen bahçe topraklarının % 55’inde izin verilebilir sınırların üzerinde Ni belirlenmiştir. Ülkemiz ve Güney Marmara Bölgesinin değişik yörelerindeki tarım topraklarında yapılan çalışmalar sonucunda da sınır değerlerinin üzerinde Ni konsantrasyonları belirlenmiştir, bu durumun toprakların doğal yapılarından kaynaklandığı sanılmaktadır (Başar 2004). Ayrıca, bölgedeki sanayi faaliyetleri

nedeniyle, sedimentteki demir ve çinko konsantrasyonlarının yüksek olması beklenen bir durumdur (Aydınalp 2005).

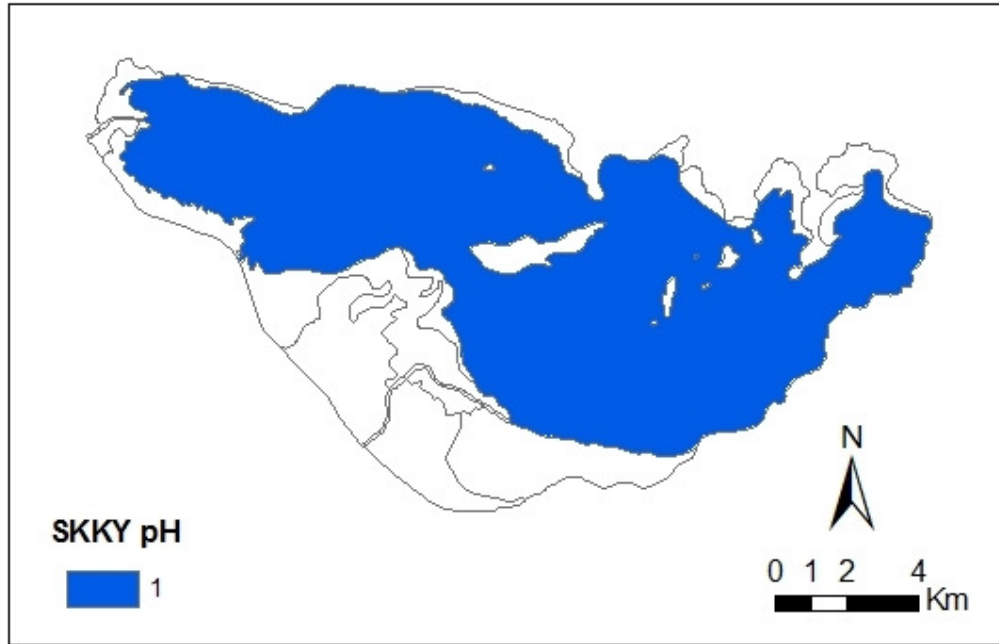
Standartlara göre belirlenen hem su hem de sediment kalitesi sınıflarının GIS ortamında sayısallaştırılması ile elde edilen haritalar aşağıda verilmiştir.

Çalışma kapsamında su ve sedimentte belirlenen ağır metal ve bazı iz element konsantrasyonlarının, göldeki kirlilik dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla ArcGIS 9.3 programından yararlanılmış olup; noktasal vektör haritasının öznitelik tablolarına kaydedilen, 12 aylık izleme sürecinde su ve sediment analizlerinden elde edilen yıllık ortalama sonuçlarının IDW (tersinir ağırlıklı mesafe) metodu ile enterpole edilmesiyle oluşturulmuştur. Göl suyunun 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nin (SKKY) “Tablo.1 Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” ve göl sedimentinin Ekim 1999 tarihli “Ulusal Okyanus ve Hava Kurumu Kriterleri” (NOAA) uyarınca sınıflandırmaları yapılmıştır.

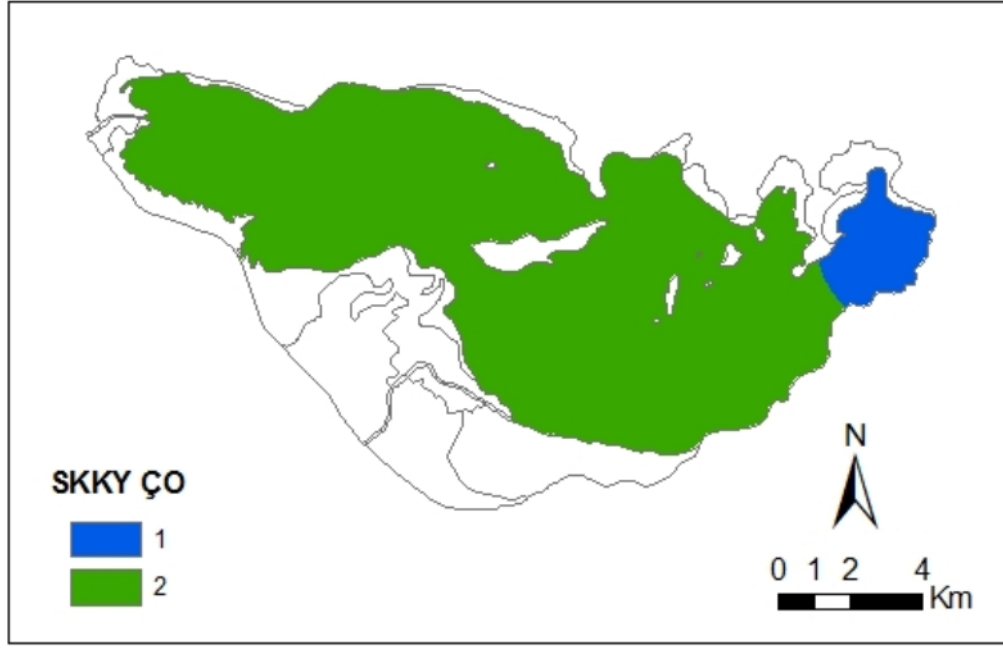
Sınıflandırmalar yapılırken gölle bağlantılı 3 ana kirletici kaynak ve göl çıkışı noktalarından elde edilen sonuçlar değerlendirmeye alınmamış, sadece göl içindeki 8 adet numune alma noktasından elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. SKKY’de verilen kıta içi su kaynağı sınıflarına ait kalite kriterleri tablosu Tablo.5.11’deki gibidir. Su kalitesi parametreleri için oluşturulan haritalar, SKKY’de verilen bu değerler doğrultusunda tekrar sınıflandırılarak parametre bazında gölün yönetmeliğe göre sınıfları belirlenmiştir. Yapılan sınıflandırmalara ait haritalar aşağıda verilmiştir (Şekil 91-109). Haritalara göre göl, sıcaklık, pH ve nitrat azotu açısından 1. sınıf su kaynağı olarak belirlenirken; amonyum azotu gölün membaandan 4., 7. ve 8. istasyon çevrelerinde 1. sınıf su kaynağı iken 5. ve 6. istasyonlar da dahil olmak üzere mansaba doğru 2. sınıf su kaynağı olarak görülmüştür. Çözünmüş oksijen açısından göl geneli 2.sınıf su kalitesinde iken 8.istasyon ve çevresi 1.sınıf olarak belirlenmiştir. Toplam fosfor parametresinde ise gölün geneli 3. sınıf su kaynağı olarak görülürken, 8. istasyon ve çevresi 2. sınıf su kaynağı özellikleri taşımaktadır.



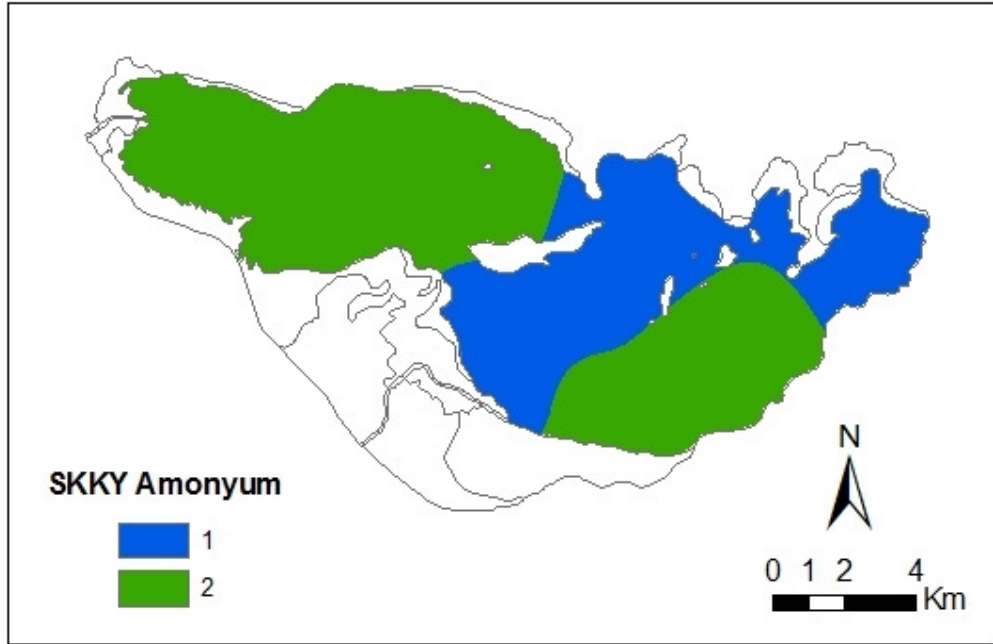
Şekil 5.91. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Sıcaklık Parametresi Sınıfı



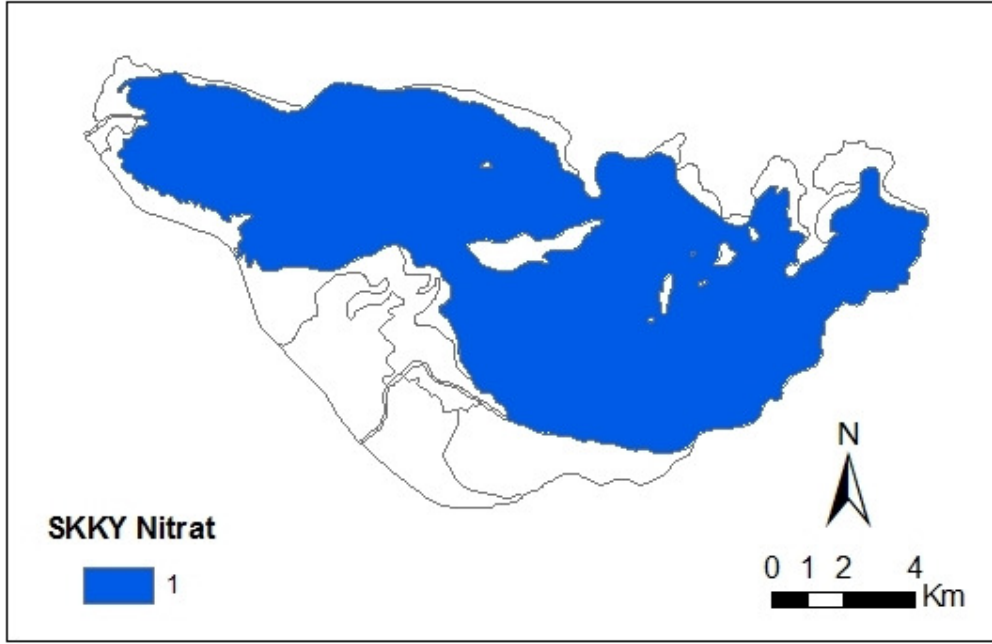
Şekil 5.92. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde pH Parametresi Sınıfı



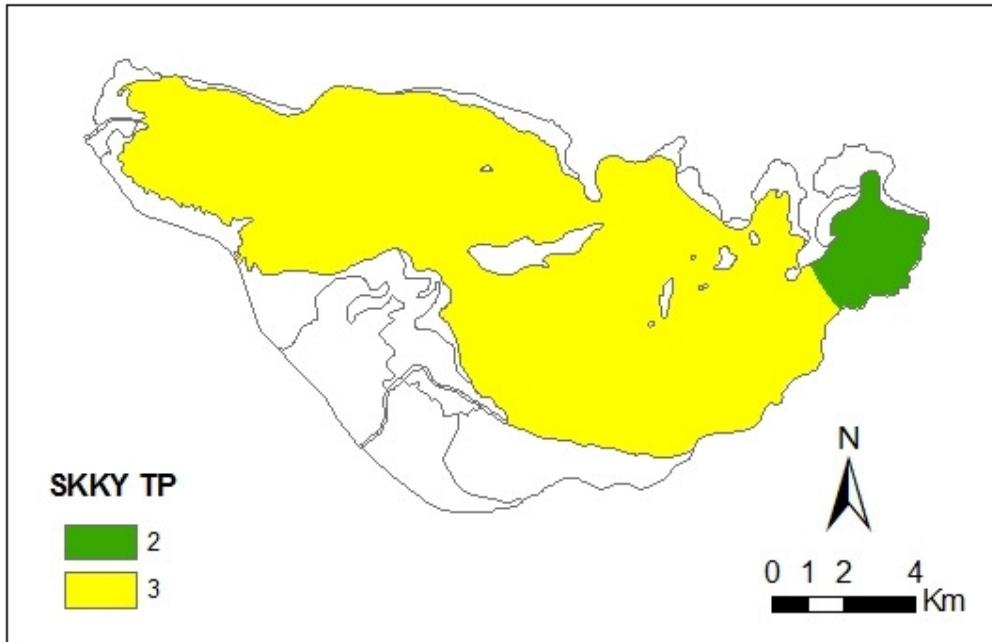
Şekil 5.93. SKKY'ne Göre Gölde Çözünmüş Oksijen Sınıfı



Şekil 5.94. SKKY'ne Göre Gölde Amonyum Azotu Sınıfı

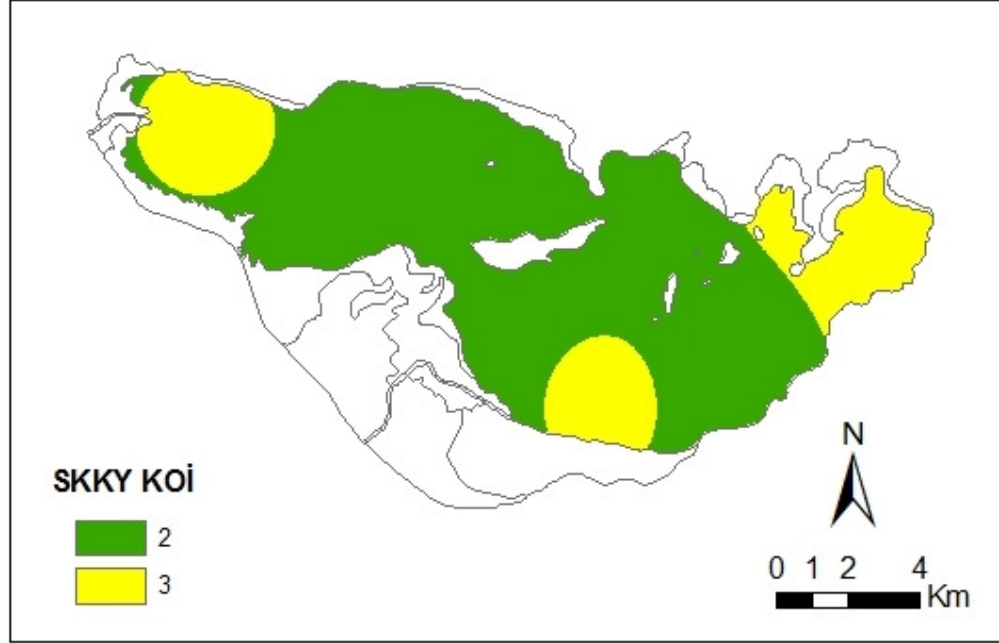


Şekil 5.95. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Nitrat Azotu Sınıfı

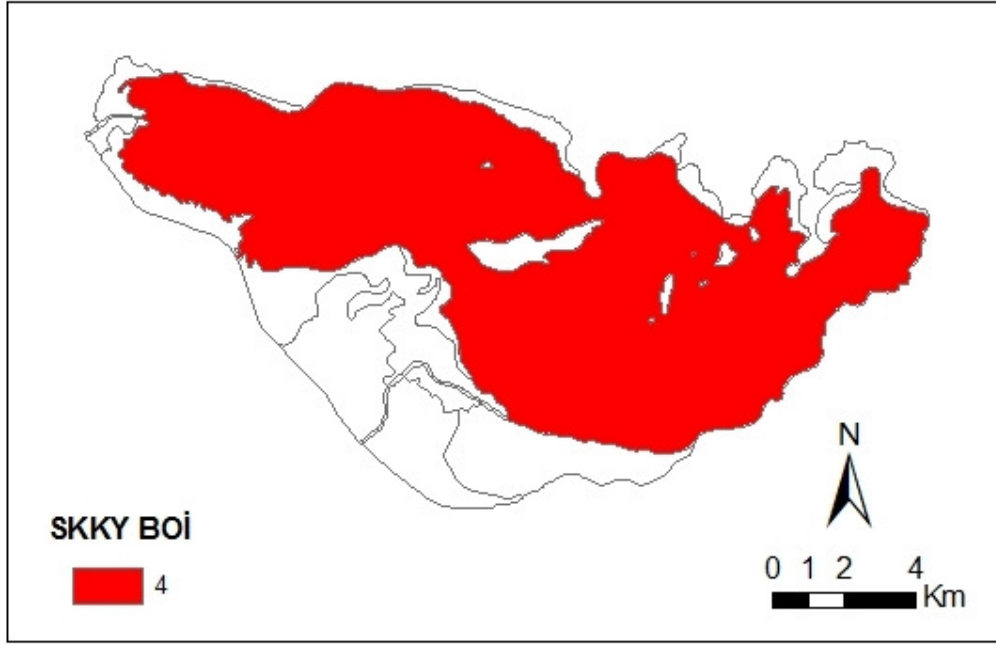


Şekil 5.96. SKKY'ne Göre Gölde Toplam Fosfor Parametresi Sınıfı

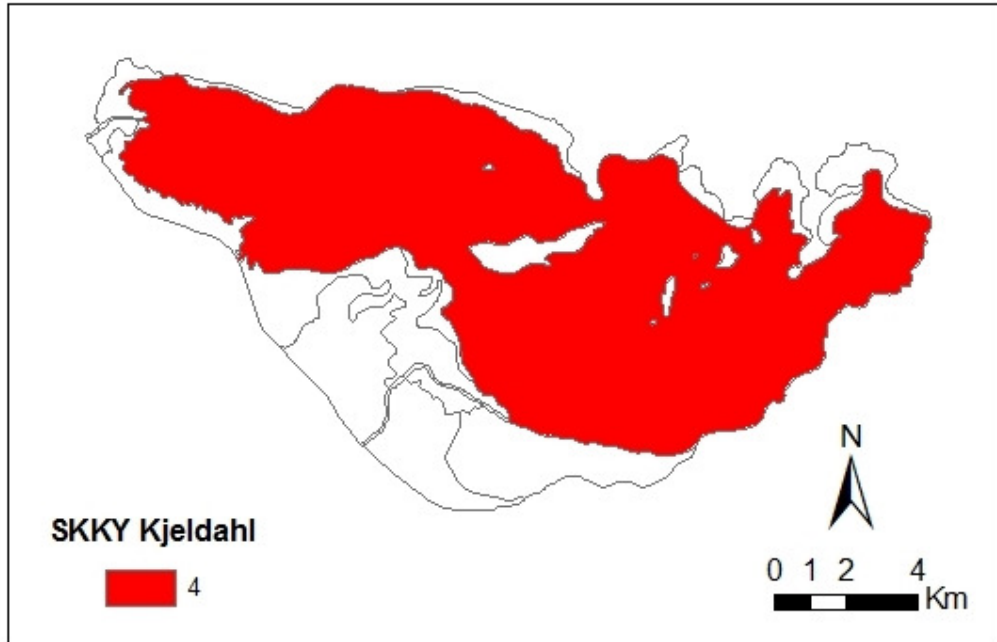
Tablo 5.11’de verilen yönetmelik değerlerine göre, organik parametreler incelendiğinde BOİ ve toplam kjeldahl azotu açısından gölün tamamı 4. sınıf su kaynağı olarak nitelendirilirken, KOİ parametresince gölün geneli 2. sınıf su kaynağı, 5., 8. ve 1. istasyon çevreleri 3. sınıf su kaynağı özelliğindedir.



Şekil 5.97. SKKY’ne Göre Uluabat Gölü’nde KOİ Parametresi Sınıfı

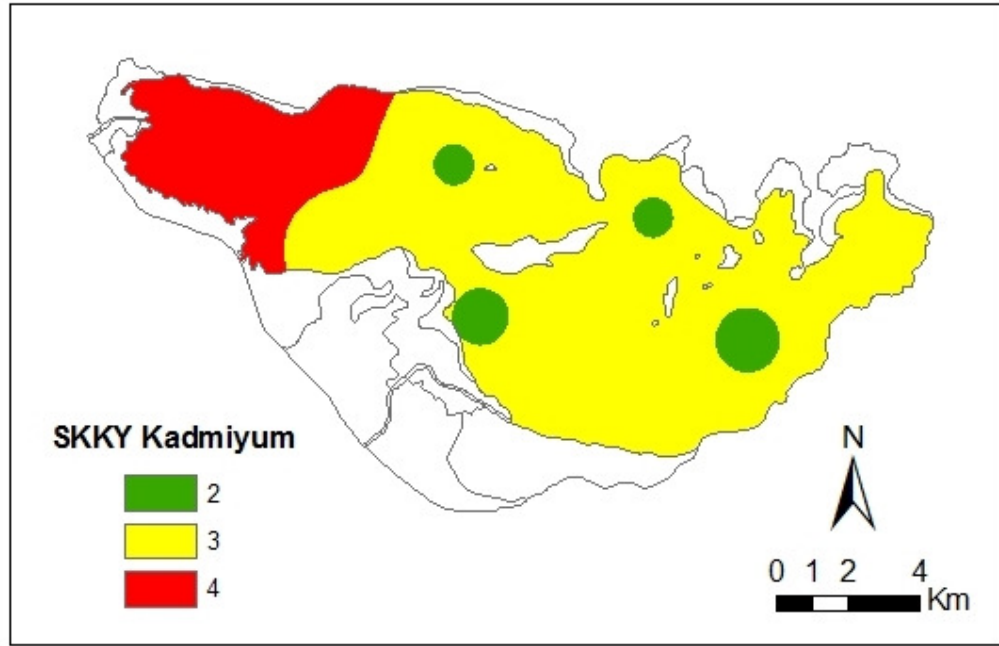


Şekil 5.98. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde BOİ Parametresi Sınıfı

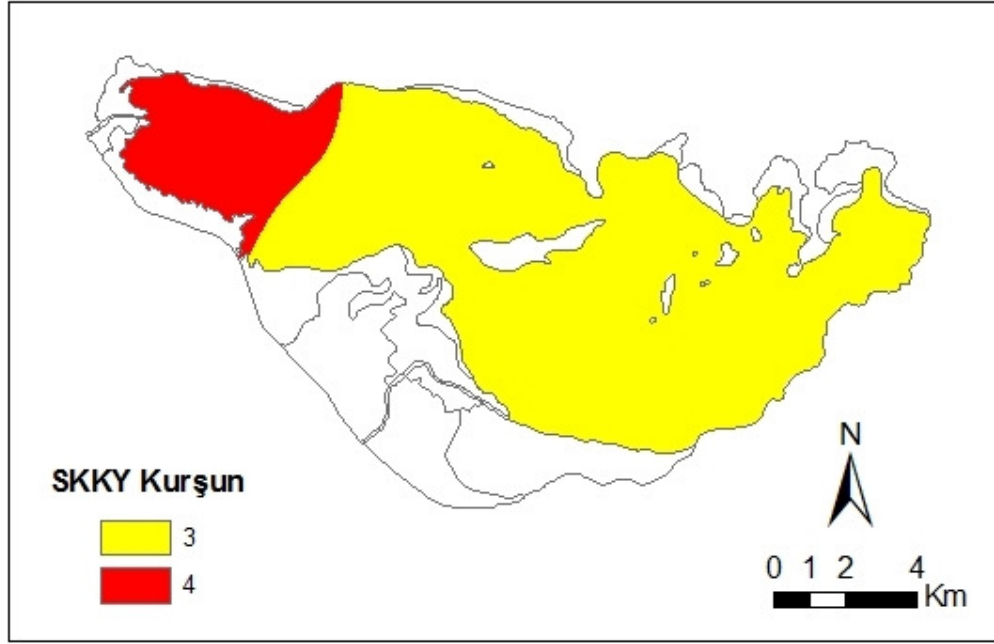


Şekil 5.99. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Toplam Kjeldahl Azotu Sınıfı

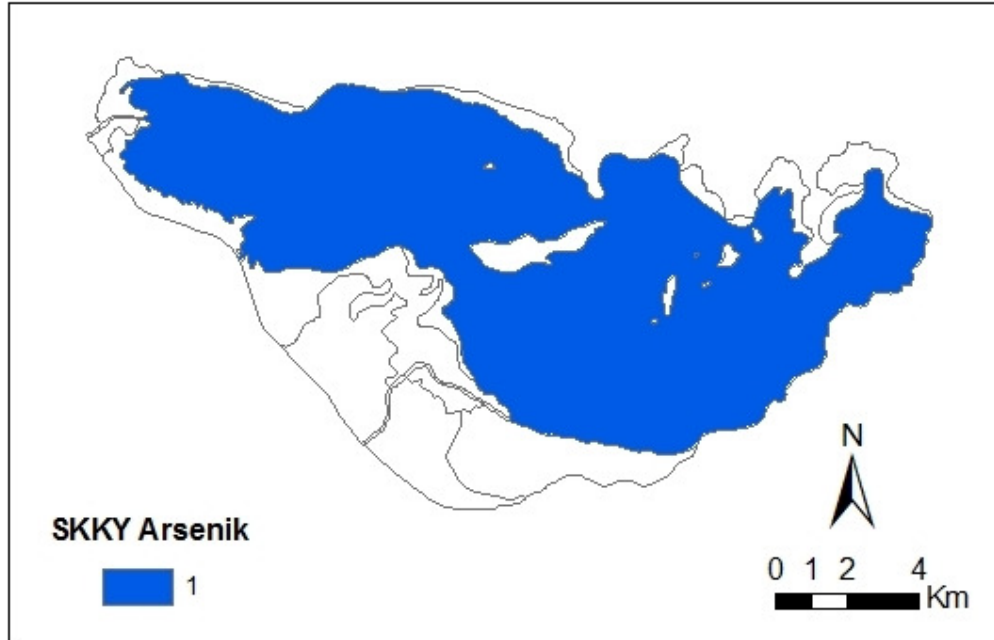
İnorganik parametreler için arsenik, çinko ve mangana göre gölün tamamı 1. sınıf su kaynağı; demire göre 2. sınıf su kaynağı; bora göre ise 4. sınıf su kaynağı niteliğindedir. Ancak kadmiyum ve kurşun için gölün geneli 3. sınıf kalitede iken, mansaba doğru ise 4. sınıf su kaynağı niteliğindedir. Bakır için göl genelinde 1. sınıf su kaynağı kalitesi gözlemlenirken, mansaba doğru 1. istasyon çevresinde 2. sınıf su kalitesi mevcuttur. Krom için ise 3., 5. ve 6 istasyon çevresinde 2. sınıf su kaynağı kalitesi gözlemlenirken, 1. istasyon çevresinde 4. sınıf su kalitesi gözlemlenmektedir. Ancak gölün geneli krom için 3. sınıf su kalitesi niteliğindedir. Gölün mambadan başlayıp geneli 2. sınıf su kalite niteliğindeki, mansaba doğru 3. sınıf su kalite niteliği görülmektedir.



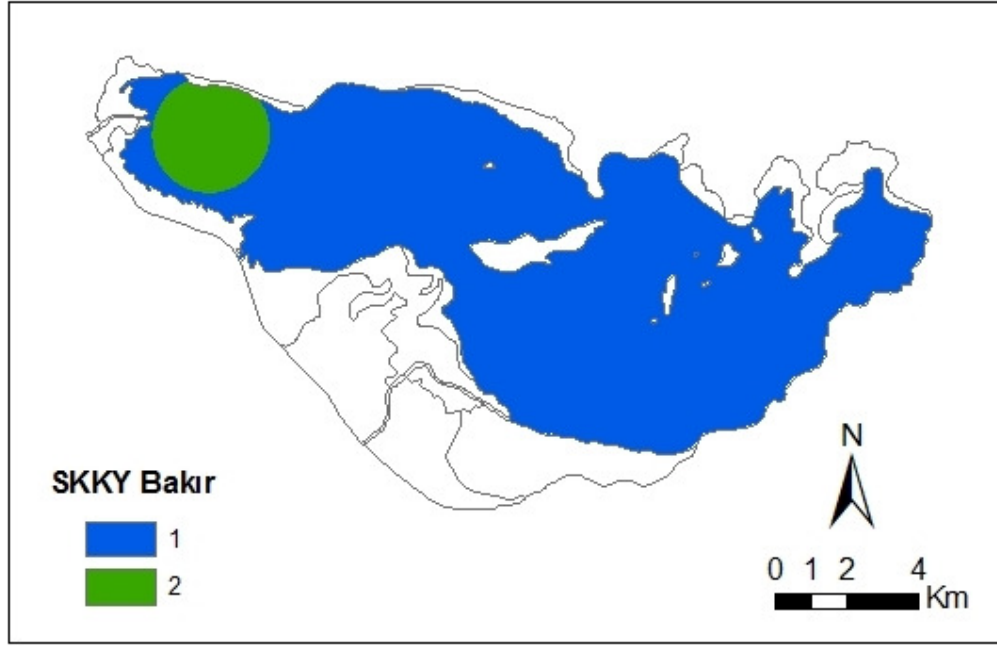
Şekil 5.100. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Kadmiyum Parametresi Sınıfı



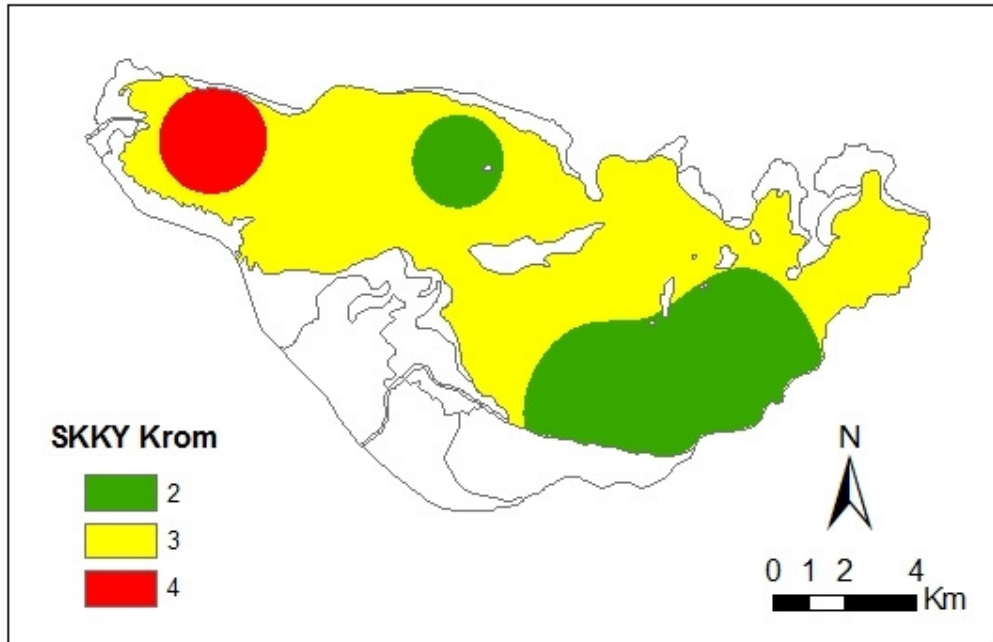
Şekil 5.101. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Kurşun Parametresi Sınıfı



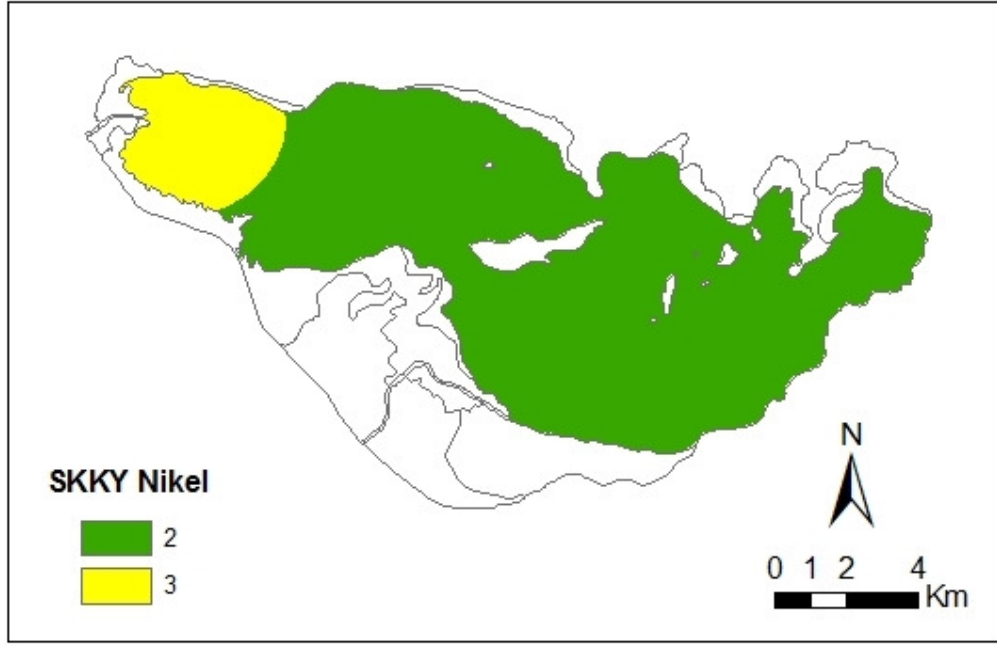
Şekil 5.102. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Arsenik Parametresi Sınıfı



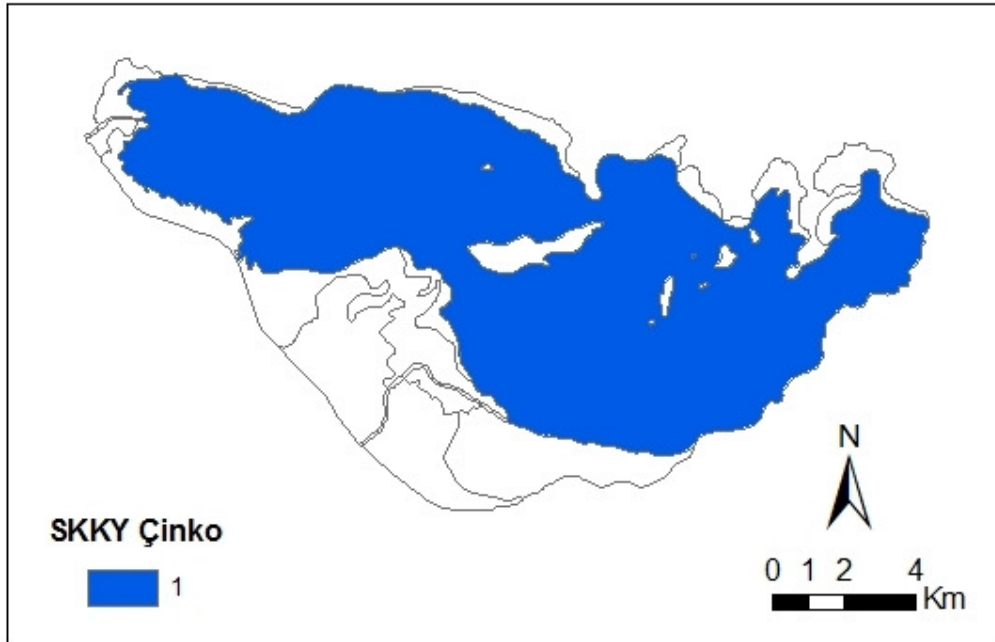
Şekil 5.103. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Bakır Parametresi Sınıfı



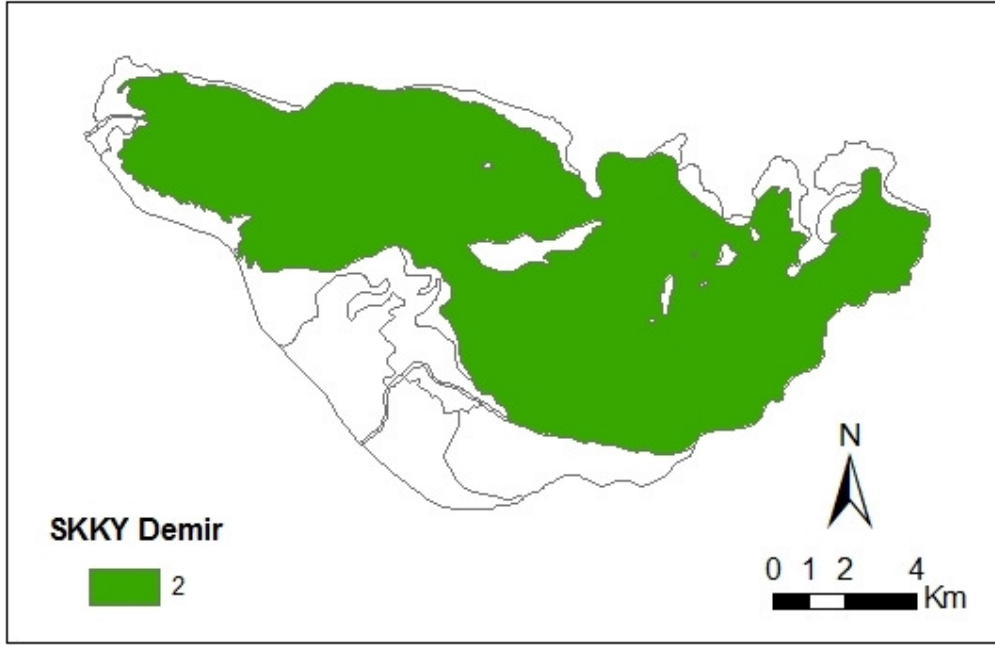
Şekil 5.104. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Krom Parametresi Sınıfı



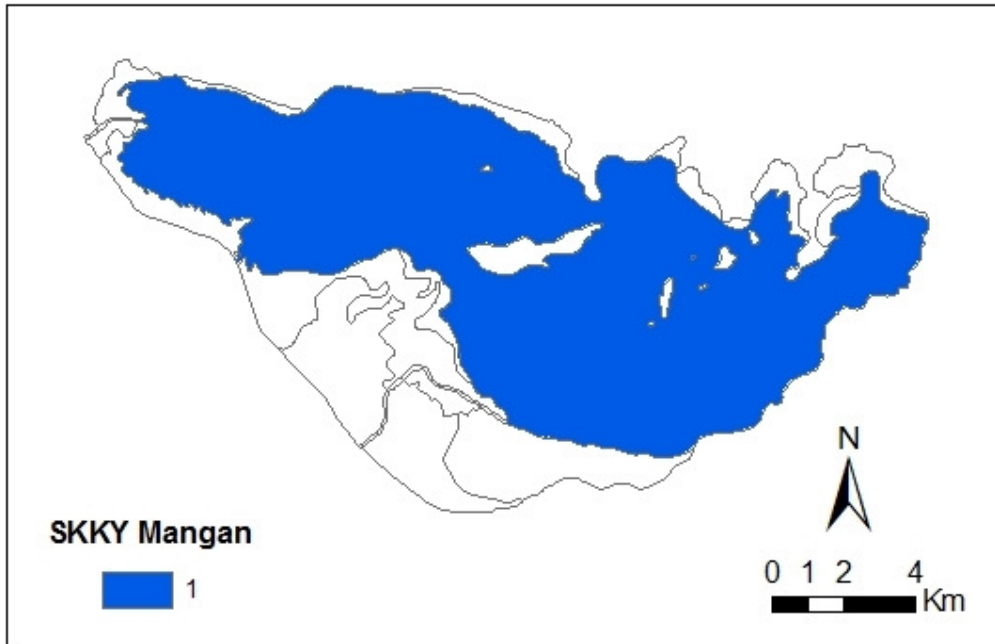
Şekil 5.105. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Nikel Parametresi Sınıfı



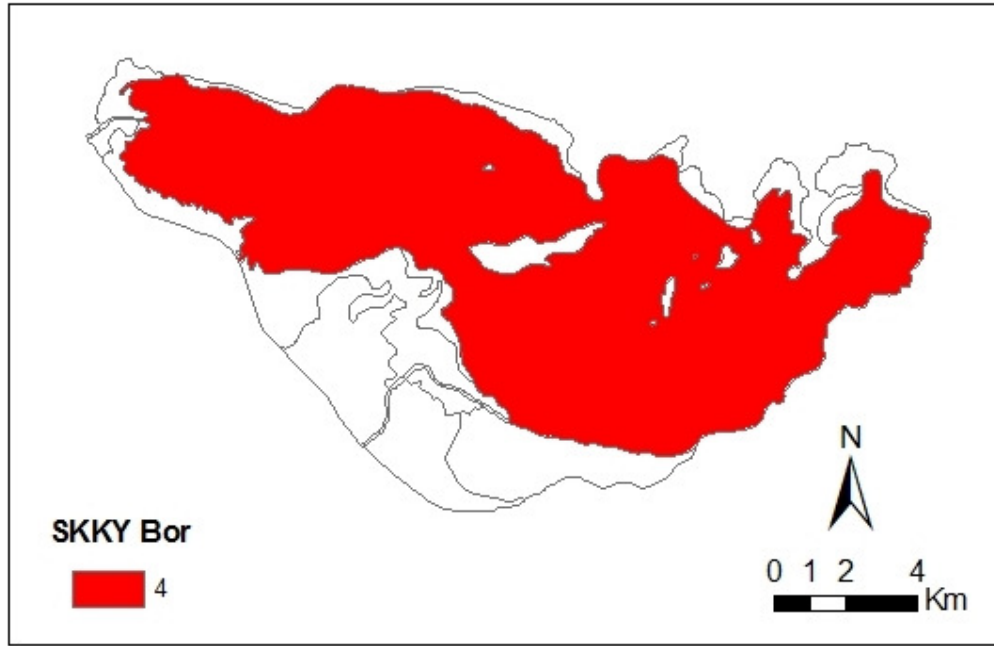
Şekil 5.106. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Çinko Parametresi Sınıfı



Şekil 5.107. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Demir Parametresi Sınıfı

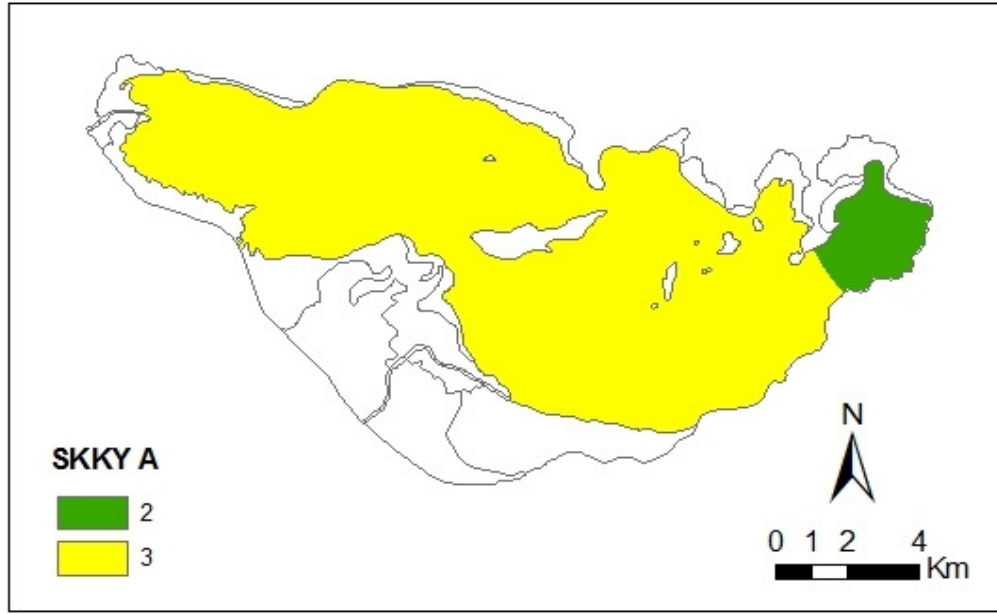


Şekil 5.108. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Mangân Parametresi Sınıfı

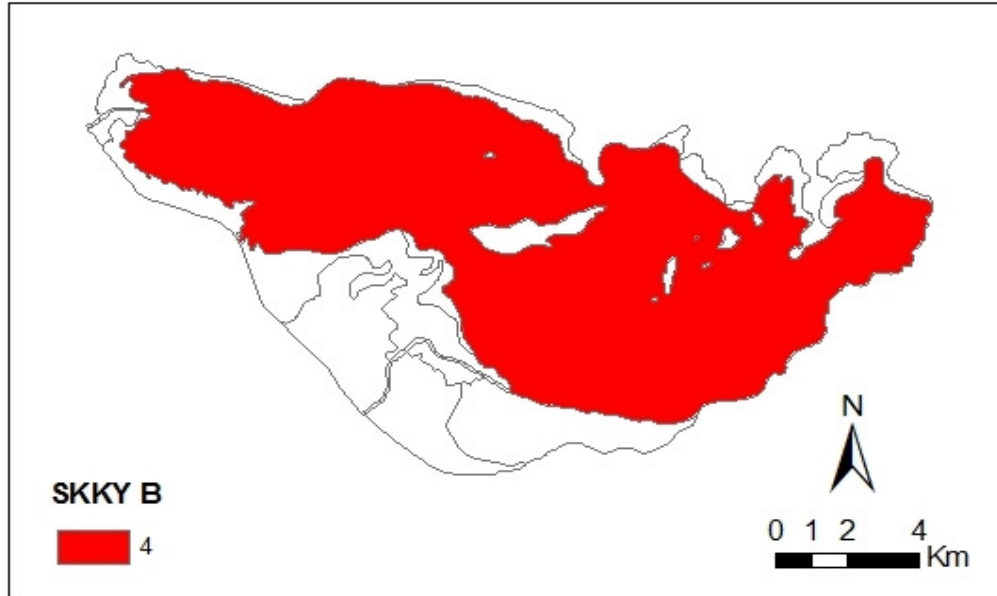


Şekil 5.109. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Bor Parametresi Sınıfı

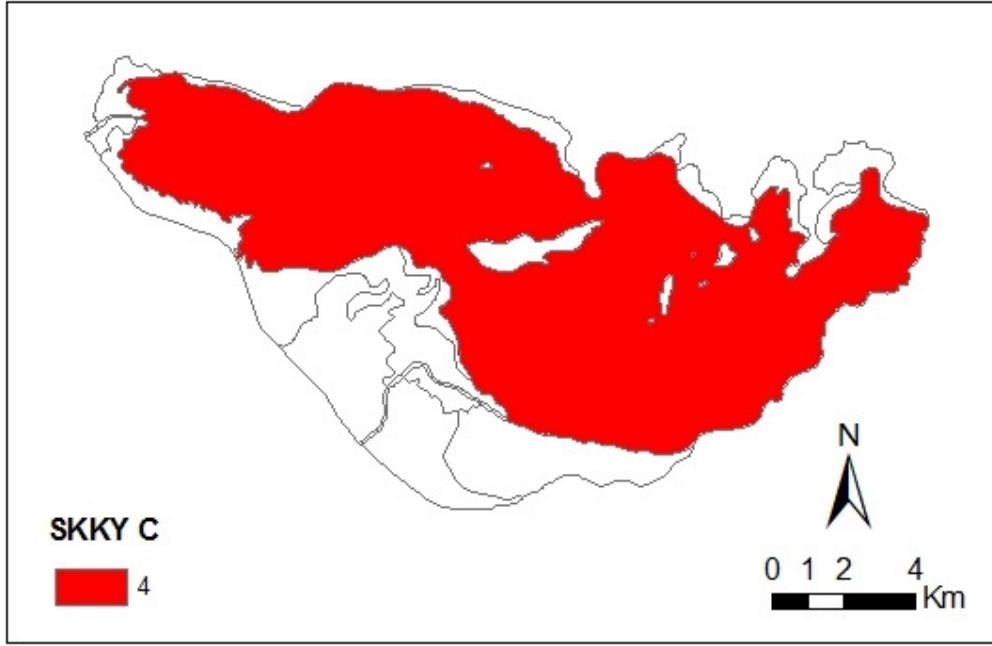
SKKY' nin Fiziksel ve İnorganik Kimyasal (sıcaklık, pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, CO ve TP), Organik (BOI, KOI ve kjeldahl azotu) ve İnorganik kirletici (ağır metaller) parametre grupları göz önünde bulundurularak kirletici parametre gruplarındaki kirleticiler, ArcGIS programının “Spatial Analyst” araçlarından biri olan “Single Output Map Algebra” aracında “COMBINE” komutu çalıştırılarak haritalar birleştirilmiştir. Elde edilen birleştirme haritalarının SKKY'ye uyarlanabilmesi için Spatial Analyst aracının “Reclassify” komutu ile haritalar tekrar sınıflandırılmış ve aşağıdaki haritalara ulaşılmıştır.



Şekil 5.110. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları

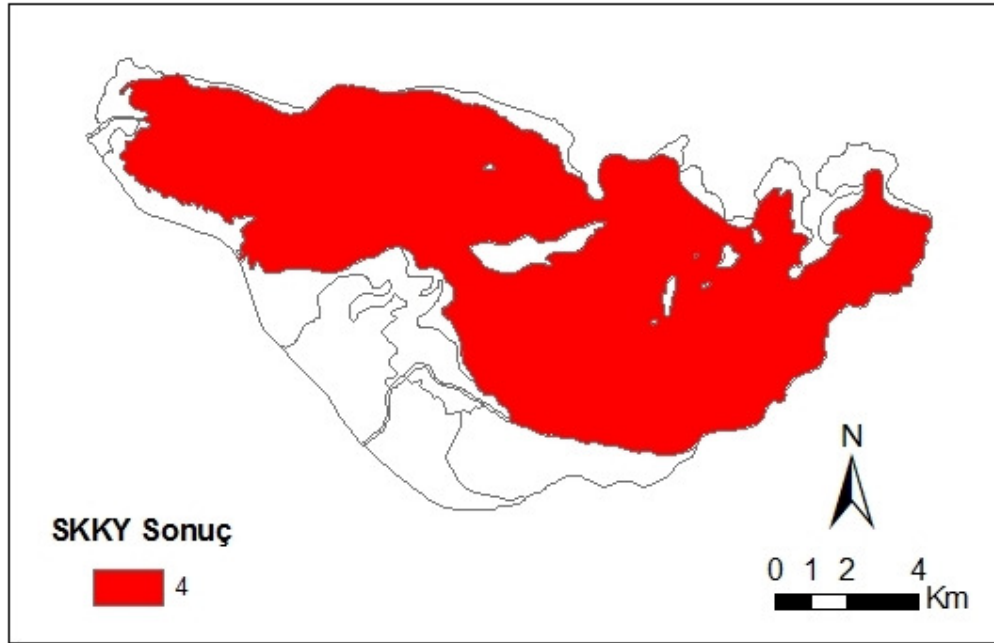


Şekil 5.111. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde Organik Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları



Şekil 5.112. SKKY'ne Göre Uluabat Gölü'nde İnorganik Kirleticilere Göre Su Kaynağı Kalite Sınıfları

Kirletici parametre grupları incelendiğinde organik ve inorganik kirletici grupları için Uluabat Gölü 4. sınıf su kaynağı niteliğindedir. Ancak fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelere göre göl geneli 3. sınıf su kaynağı niteliğini taşıırken, gölün Akçalar pompa istasyonuna yakın olan bölgesi 8. istasyon ve çevresi 2. sınıf su kaynağı niteliğindedir. A, B ve C grubu kirletici parametreleri için oluşturulmuş haritaların birleştirilmesi sonucu SKKY'ye göre Uluabat Gölü'nün sonuç haritası elde edilmiştir (Şekil 5.113). Bu sonuç haritasına bakıldığında gölün 4. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir.

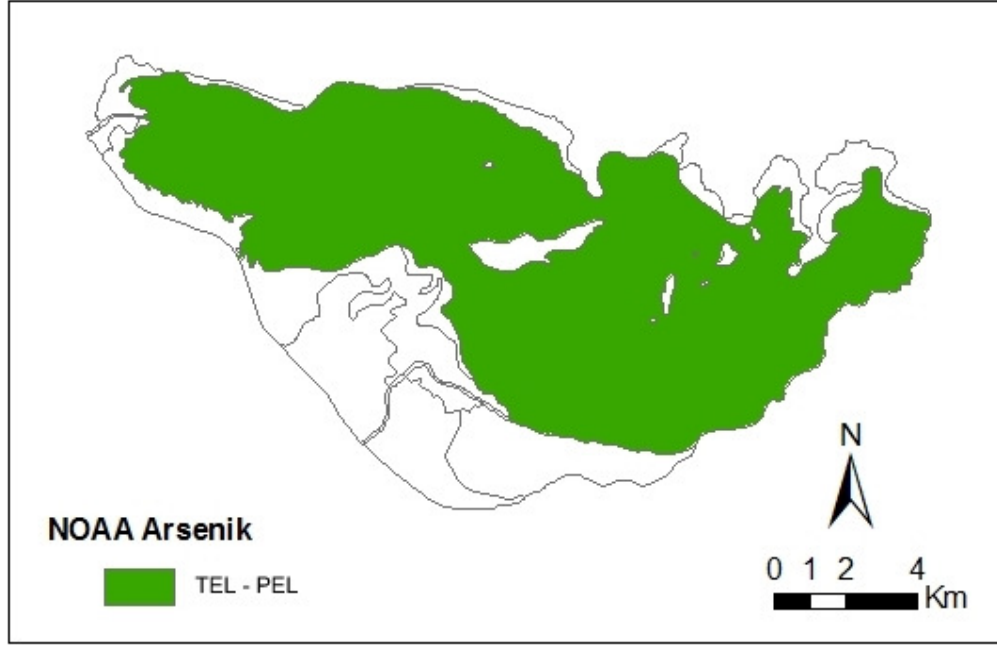


Şekil 5.113. SKKY’ne Göre Uluabat Gölü Su Kaynağı Kalite Sınıfları

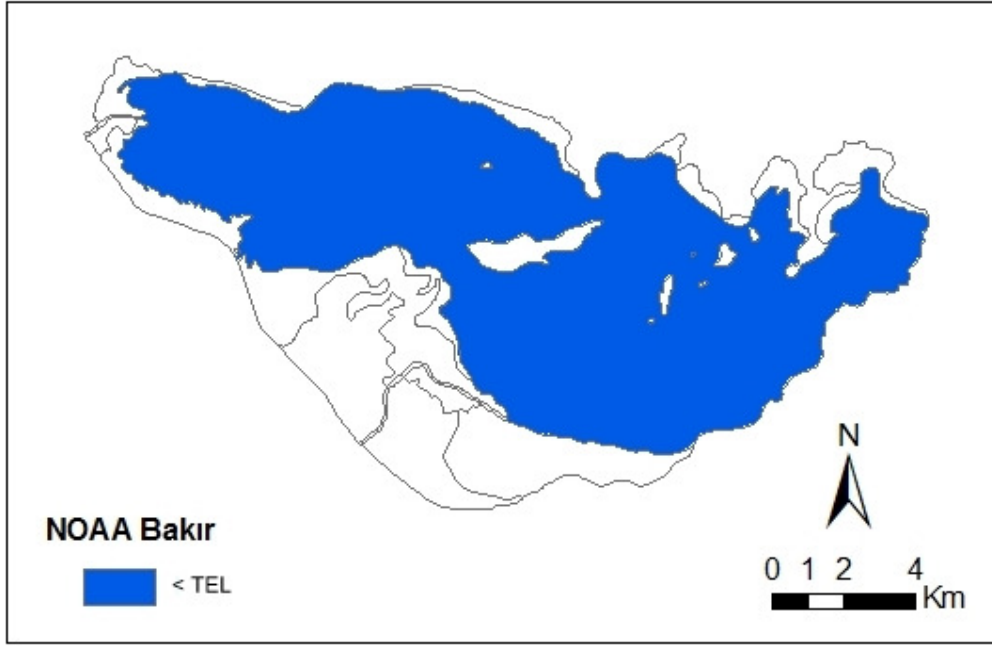
Sediment kalitesi parametrelerinden olan ağır metaller için Ulusal Okyanus ve Hava Kurumunun (NOAA) verdiği “Screening Quick Reference Tables”da mevcut olan parametrelerden çalışma kapsamında bulunan ağır metallere ilişkin sınır değerler tablo 5.14’ de verilmiştir. Bu tabloda mevcut olan parametrelerden arsenik, bakır, çinko, kurşun ve nikel için “Reclassify” komutu ile tekrar sınıflandırma yapılmış ve aşağıdaki haritalar elde edilmiştir (Şekil 114-119) .

Haritalar incelendiğinde gölün tamamında bakır toksik etki seviyesinin (TEL) altında, krom ve nikel ise yüksek etki eşiğinin (UET) üzerinde gözlemlenirken; arsenik ise toksik etki seviyesi ile olası etki seviyesi (PEL) arasındaki değerlerdedir. Çinko değerleri göl genelinde TEL ile PEL arasında iken, 6. istasyon ve çevresinde TEL’in altındadır. Kurşun ise gölün membaından 4., 5. ve 6. istasyon çevresi ile Karaoğlan Pompa İstasyonu yakınlarında TEL ile PEL arasında; diğer bölgelerde ise TEL’in altında gözlemlenmektedir.

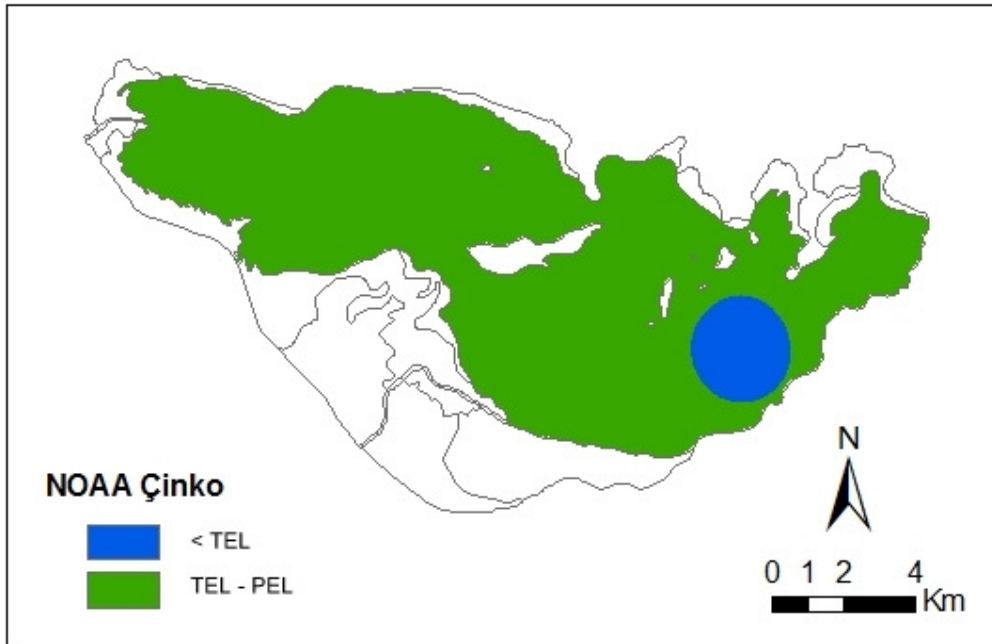
Oluşturulan bu haritalar su kalitesi parametreleri için hazırlanan sonuç haritalarında olduğu gibi “COMBINE” aracı ile birleştirilip, “Reclassify” komutu ile tekrar sınıflandırılarak sonuç haritasına ulaşılmıştır (şekil 120).



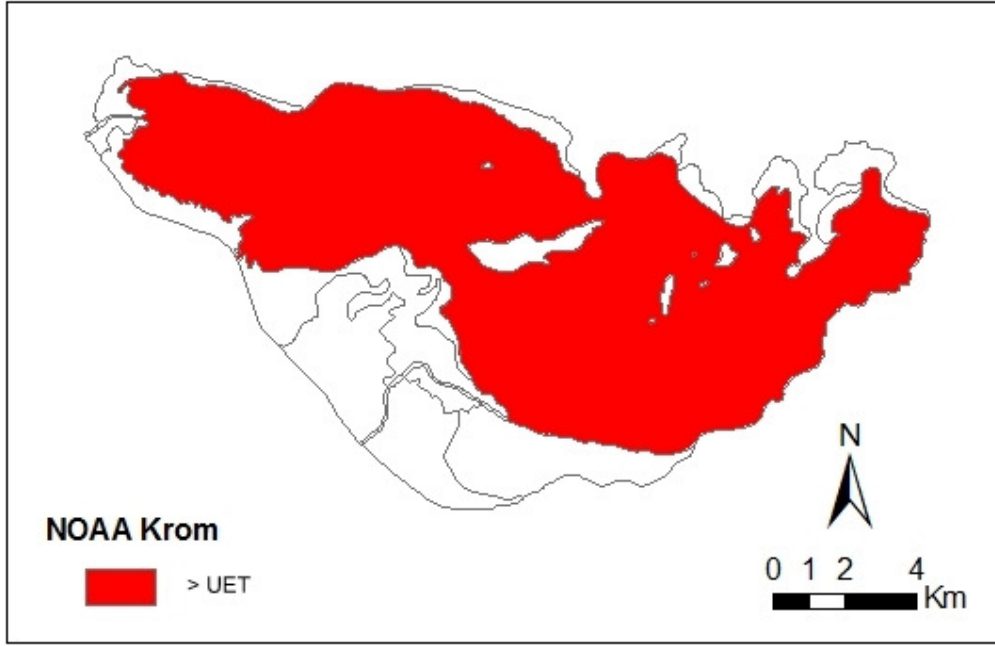
şekil 5.114. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Arsenik Etki Derecesi Haritası



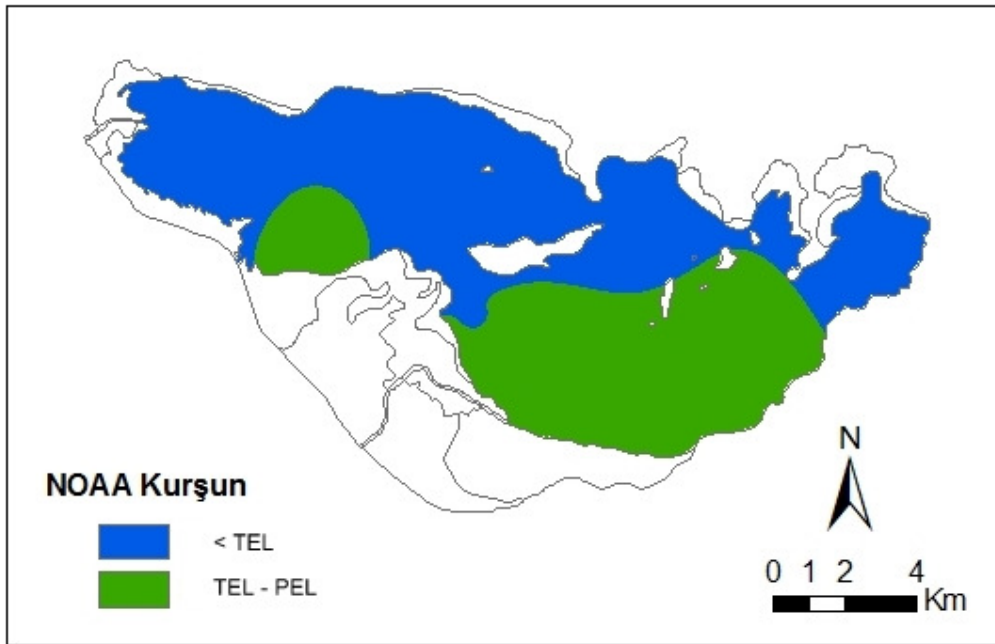
Şekil 5.115. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Bakır Etki Derecesi Haritası



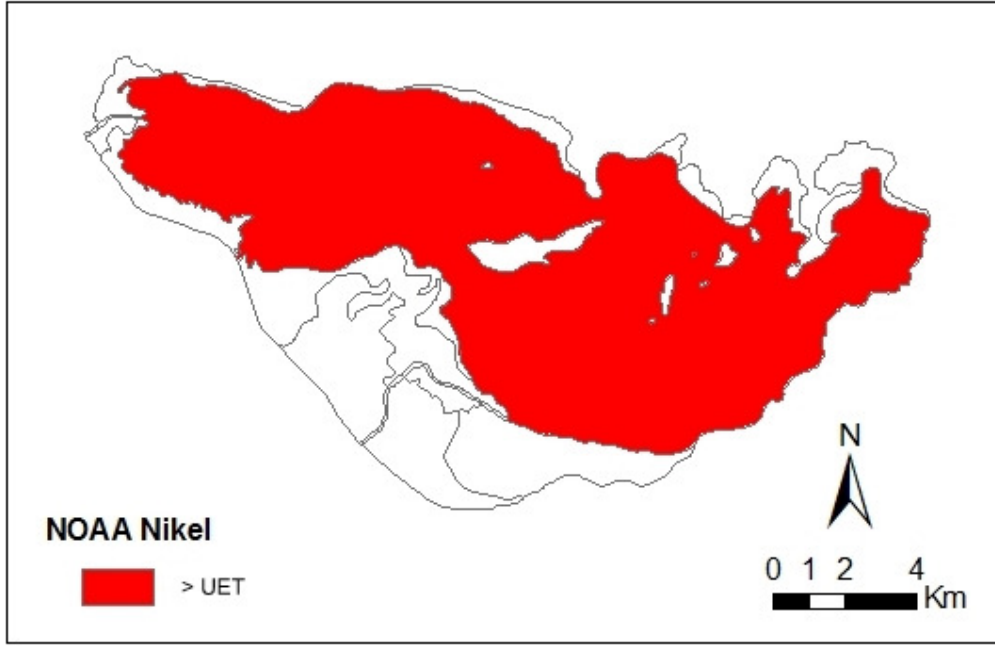
Şekil 5.116. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Çinko Etki Derecesi Haritası



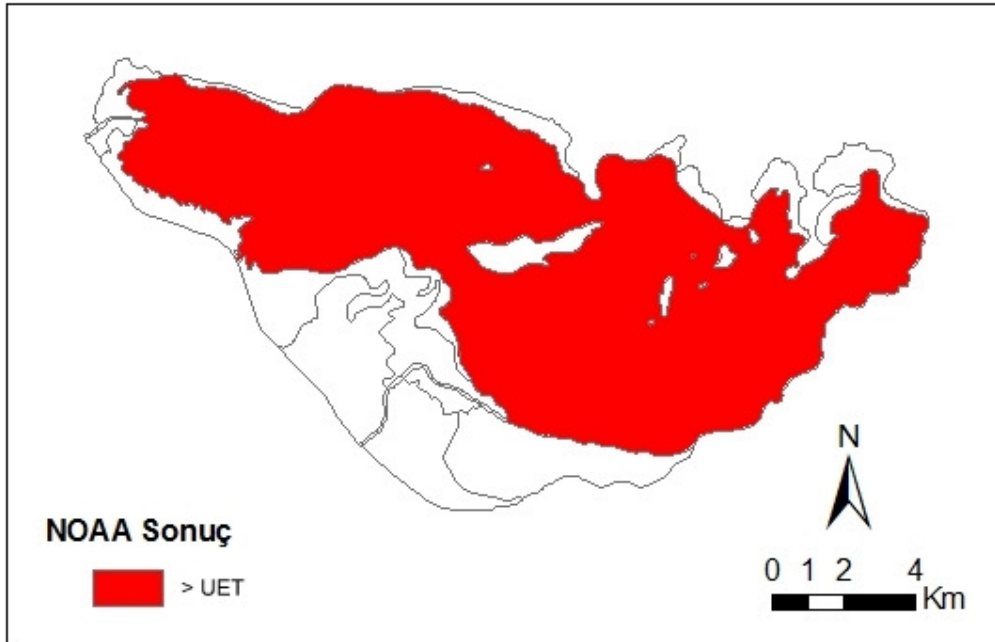
Şekil 5.117. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Krom Etki Derecesi Haritası



Şekil 5.118. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Kurşun Etki Derecesi Haritası



Şekil 5.119. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimentinde Nikel Etki Derecesi Haritası



Şekil 5.120. NOAA'ya Göre Uluabat Gölü Sedimenti Etki Derecesi Sonuç Haritası

5.6. Su-Sediment Ara Kesiti

Su ve sediment fazları arası kütle akışı özellikle su kaynaklarından göller için önemli bir etkidir. Burada kirletici partiküller göl dibine çökerek sediment tabakasını oluştururlar. Bu partiküllerin biyolojik ve kimyasal taşınımı su fazında çözünürlüğünün bir sonucudur. Toksik maddeler ise su fazında bulunan bu partikül maddelere adsorbe olurlar ve daha sonra sediment tabakasına çökerek burada konsantrasyon artışına sebep olurlar.

Doğal sularda çözülmüş oksijen eksikliği su kalitesini önemli bir biçimde etkilemektedir. Özellikle dip kısımlarında meydana gelen anoksik koşullar sedimentte bulunan fosfor, demir ve manganın serbest kalmasına neden olmaktadır. (Straskraba 1993).

Sudaki fosfor konsantrasyonunun azalmasında, çökme önemli bir mekanizmadır. Çökme ile oluşan net kayıp sığ göllerde çok azdır. Bunun sebebi, stabil olmayan tabakalaşma, çöken materyalin tekrar askıda hale geçmesi ve nutrientlerin sedimentten serbest hale geçerek suya karışmasıdır. Bu nedenlerden dolayı, sığ göller derin göllere göre daha yüksek fosfor konsantrasyonuna ve fitoplankton biyomasına sahiptirler (Hejzlar and Vyhnaek 1998).

Sedimentteki fosforun büyük bir bölümü partiküler maddeye bağlıdır. Partiküler fosfor hareketli olmamasına karşın, sediment gözenek suyu içerisinde çözünebilmektedir. Sediment gözenek suyundaki fosfor difüzyon, yer altı suyu, karışım ve biyotürlans ile su sütununa geçiş yapabilmektedir. Limnolojik, ekotoksikolojik ve akuatik kirlilik programlarının ana unsurlarından biri olan sedimentler; göl tipi ve göl çevresi hakkında geniş bilgi verir. Sedimentler göllerdeki fosfor döngüsünde fosfor tuzağı veya fosfor kaynağı olarak rol oynarlar. Sedimentteki fosfor özellikle ötrofikasyondaki öneminden dolayı konu ile ilgili pek çok çalışmanın da odak noktasını oluşturmaktadır (Burley 2001).

Doğal sularda sedimentte bulunan fosfor, göl suyu ile sürekli dolaşım halindedir. Bu dolaşım, fosforun sedimentten suya geçmesi ve sudaki fosforun yeni baştan

sedimente dönmesi şeklinde birtakım fiziksel, kimyasal ve metabolik etkenler altında oluşur. Sedimentin fosfor içeriğinin sudaki miktardan daha fazla olabildiği tespit edilmiştir. Sedimentten fosforun serbest bırakılması şeklinde gelişen iç fosfor yüklemesi, besin düzeyi yüksek göllerde olur ve bu sistemlerde plankton popülasyonları yoğun olup alg patlamaları yaygındır (Burley 2001). Göllerin besin düzeyinin belirlenmesinde ve sedimentten fosfor salınımının tahmin edilmesinde sediment gözenek suyundaki fosfor düzeyinden yararlanılmaktadır. Tatlı su ekosistemlerinde yüzey sedimentleri %95-99 oranında su içermektedir. Bu suyun yalnızca ufak bir bölümü katı kimyasal maddelere bağlıdır büyük bir kısmı ise sediment partiküllerini çevrelemektedir. Bu hareketli su fraksiyonu sediment gözenek suyu olarak isimlendirilmektedir. Sediment gözenek suyundaki çözülmüş fosfor fraksiyonu genellikle sedimentin toplam fosfor içeriğinin %1'den daha az bir kısmını temsil etmektedir. Ancak sediment gözenek suyundaki fosfor göl suyu ile direkt ilişkili olduğu için sedimentteki fosfor fraksiyonlarının en önemli kısmını oluşturmaktadır (Polatsü 2006). Enell and Löfgren (1988) sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyonuna ilişkin karakteristik bir değer hesaplayabilmek için mevsimsel araştırmalar yapmak gerektiğini saptamışlardır. Mevsimsel değişimlere genellikle sığ ve ötrofik sistemlerde rastlanmaktadır. Bu tür göllerde sediment gözenek suyunun artan fosfor konsantrasyonunun özellikle yaz ve bahar aylarında ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Sığ ve ötrofik sistemlerde ortaya çıkan sediment gözenek suyu fosfor konsantrasyon miktarı özellikle bahar ve yaz aylarında artış göstermiştir. Bu durum bitkilerin ölümü, parçalanması ve bu süreci takip eden fitoplankton patlamaları ile ilişkili bulunmuştur (Carignan 1984).

Cerco (1989) yüzey alanı 5 km² ve derinliği 1-2 m olan tatlı suda sediment-su arasındaki besleyici element değişimine su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve besleyici element konsantrasyonunun etkilerini araştırmış; sıcaklığın etkisi dikkate alınmadığında özellikle çözülmüş oksijenin demir-fosfat interaksiyonunu etkileyerek sediment-su arasındaki fosfat değişiminde önemli rol oynadığını belirtmiştir. Fosfor sedimentten aerobik veya anaerobik koşullarda salınabilmektedir; bu mekanizma özellikle sığ ve tabakalaşmayan göller için önem taşır. Sedimentten anaerobik göl suyuna olan fosfor

salınımı genellikle aerobik suya olan salınımdan daha fazla olabilmektedir. Sedimentten göl suyuna besleyici element geçişinin sucul ortamlarda sürekli olarak izlenimi zordur. Bu nedenle çeşitli araştırmacılar tarafından su sütunundaki belirli parametrelerin salınım etkisi laboratuvar koşullarında tespit edilmiştir. Bu araştırmacıardan Lennox (1984), İrlanda'da bir gölde littoral sediment ve su sütunu arasındaki fosfor değişimini laboratuvar deneyleriyle araştırmıştır. Laboratuvar bulgularına göre littoral sedimentten aerobik göl suyuna olan fosfor geçişinde ve gölün ötrofik durumunun devamlılığında sediment üstü sudaki oksijen derişiminin en önemli faktör olduğunu bildirmiştir. Aerobik suya fosfor salınımı genellikle toplam fosfor konsantrasyonlarındaki değişimlerle ölçülmektedir (Polatsü 2006).

Sediment-su arası fosfor değişimi oksidasyon-redüksiyon (redoks) interaksiyonlarından etkilenmektedir. Göl ve göletlerin ötrofikasyonun da sedimentin fosforu tutması veya sedimentten fosfor salınımının gerçekleşmesi; bazı koşullara bağlıdır. Sedimentten fosforun göl suyuna salınımı fosforun mobilizasyonunda etkili olan redoks potansiyeli, pH, sıcaklık, mikrobiyal faaliyetler ve demir bileşikler gibi bazı çevresel parametreler ile fosfor transportunu etkileyen difüzyon, türbülans ve biyotürbülans gibi birtakım proseslere bağlıdır (Polatsü 2006). Bu proseslerden kısaca bahsedecek olursak;

Redoks Potansiyeli; oksijenli koşullarda fosfor, demir (III)'e demir hidroksit formunda bağlanmaktadır. Oksijensiz koşullarda ise demir (III) demir (II)'ye indirgenir ve redoks potansiyelinin 200 mV'un altına düşmesiyle birlikte demire bağlı fosforun salınımı gerçekleşmektedir (Polatsü 2006).

pH; fosfor hareketliliğine neden olan en önemli etkenin pH değerleri ve organik madde dekompozisyonu olduğu, yoğun primer prodüksiyon sırasında artan pH değerlerinin iç fosfor yüklemesine neden olduğu saptanmıştır. Bu nedenle sediment gözenek suyundaki pH değerlerinin belirlenmesi de önem taşımaktadır. Demire bağlı fosfor, sediment gözenek suyunun pH'sındaki mevsimsel değişikliklerden etkilenmektedir. Sedimentteki pH arttığında, hidroksil ve fosfat iyonları birbiriyle yer değiştirmekte ve Fe(III) hidroksitlerden fosfat göl suyuna geçiş yapmaktadır. Besleyici

elementlerin sedimentten salınımının göl suyunun pH'sı tarafından önemli miktarda etkilendiği, özellikle pH değerinin 8.5-10'dan yüksek olması halinde salınan miktarın önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. pH değerlerindeki artış fosforun demir ve alüminyum bileşiklerine bağlanma kapasitesinde düşüşe neden olmaktadır (Polatsü 2006). Sondergaard (1989) adlı araştırmacı sedimentin ilk 10 cm'lik katmanından elde edilen sediment gözenek suyu pH değerlerini, yazın kış mevsimine nazaran daha yüksek bulmuştur. Yaz ayları boyunca sediment gözenek suyunun pH değerlerinin yüksek oluşu fotosentez dolayısı ile artan göl suyu pH değerleri ile paralellik göstermektedir.

Sıcaklık; sedimentten fosforun salınımında sıcaklıktaki yükselme mikrobiyal faaliyetlerin artışına neden olmaktadır. Su sıcaklığının 17-21⁰C'nin üzerinde olduğu dönemlerde sedimentten fosfor salınımının sudaki oksijen konsantrasyonlarından bağımsız olduğu tespit edilmiştir (Marsden 1989).

Mikrobiyal Faaliyetler; birtakım biyolojik ve mikrobiyal aktiviteler sonucunda göl suyu ve sediment arasında fosfor döngüsü ortaya çıkmaktadır. Bakterilerin sedimentteki fosforun salınımı veya absorpsiyonunda doğrudan etkisi vardır. Sediment içindeki bakteriler ortofosfatı aerobik koşullarda bünyelerinde tutarken anaerobik koşullarda serbest bırakabilmektedir (Boström1988). Sedimentteki bakteri yoğunluğunun oligotrofik sistemlere oranla organik maddece zengin ötrofik göllerde daha fazla olduğu bildirilmiştir. Sedimentteki fosforun salınımı veya absorpsiyonunda doğrudan etkili olan bakteri cinsleri Pseudomonas, Bacterium ve Chromobacterium'lardır. Bu bakteri cinslerinin en yoğun olduğu derinlik sedimentin üstten itibaren ilk 15 cm'lik bölümüdür. Maassen ve ark. (2003) yaptıkları çalışmalarında sedimentteki bakteri yoğunluğunun fosfor salınımı üzerine etkisini sediment profilini baz alarak incelediklerinde derinlik arttıkça sedimentteki bakteri yoğunluğunun azaldığını tespit etmişlerdir.

Demir; sedimentten fosfor salınımının öncesinde ve sonrasında, demir tarafından tutulan fosforun miktarında bir azalma olduğunun saptanması ile demirin önemi ortaya konmuştur (Polatsü 2006). Manning (1987), sedimentin fosfor bağlama kapasitesinin, sediment-su ara yüzeyindeki demir-fosfat iyonik konsantrasyonlarının kantitatif olarak

anlaşılmasına dayandığını ve kritik yüklemelerin tayini için önemli bir araç olduğunu belirtmiştir. Petticrew ve Arocena (2001), sığ ve küçük rekreatif amaçlı kullanılan bir gölde yaptıkları çalışmada hipolimnetik bölgedeki fosfat ile sediment gözenek suyundaki demir arasında önemli düzeyde ilişki bulmuşlardır ($r^2= 0,76$). Sediment gözenek suyundaki demirin molar olarak fosfora oranı (Fe/F), oksijenli sularda potansiyel Fe-F tutunmasının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Fe(III) komplekslerine fosforun tutunması, demirin oransal olarak az bulunması durumunda sedimentten göl suyuna fosfor salınımını önlemede etkili olmayabilir. Başka bir deyişle, demir fosfor oranı 1,8'den küçükse sediment gözenek suyundan göl suyuna fosforun salınımı önlenmezken; bu oranın 1,8'den büyük olması durumunda fosfor salınımı engellenebilmektedir.

Demirce zengin sedimentlerdeki fosfat değişimi redoks koşullarından, kireçli sedimentler ise sıcaklıktan etkilenmektedir. Dış kaynaklı yüksek girdiye sahip humik göllerde demirin karbon, azot ve fosforun sedimantasyonunu etkilediği, göl suyunda bulunan demir fraksiyonlarının mevsimlere bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Polatsü 2006).

Göl sedimentleri ağır metallerin biriktiği büyük bir depodur. Bu metal kirleticiler çevresel koşullar (redoks potansiyeli, organik madde bozunması, pH ve biyotürbülans değişimi) değiştiği zaman sedimentten su kolonuna geçebilirler. Çalışmalar göstermektedir ki ağır metallerin, diagenetik davranışları sedimentlerin redoks koşullarına bağlıdır. Demir ve manganın redoks döngüsü, su-sediment arakesitindeki temel jeokimyasal prosestir. Demir ve mangan verileri, pH, çözülmüş oksijen, nitrat (NO_3^-) ve sülfat (SO_4^{2-}) ile bağlı olarak, gölde redoks zonunun kurulmasında kullanılmaktadır (May, Ma Goldschmidt Conference).

Ağır metaller, bileşik oluşturabilmekte, iyon değişimine, çökmeye ve biyolojik proseslere uğramaktadırlar. Su kolonunun fizikokimyasal özelliklerinin değişmesiyle birlikte ağır metaller sediment içerisinde sürekli sabit kalmaz, su kolonuna geçmektedirler. (Landajo 2004).

Kış mevsiminde, mangan değerleri oksik-anoksik sınırları, su-sediment arakesiti ile çakışır. Mangan indirgeme zonunda geniş bir pik gösterir ve ağır metaller sedimentin en üst katmanına birikerek buradan küçük difüzyonlarla sedimenti terk ederler ve su fazına geçerler. Ancak yaz mevsiminde, oksik-anoksik sınır su dibine doğru taşınır ve ağır metaller buradan anoksik sedimente geçerler. Eğer sedimentte ağır metallerin dağılımları tek boyutlu dikey taşınım prosesleri tarafından kontrol edilecekse, arakesitteki ağır metal akısı (J_{diff}) Fick'in birinci yasası gereği hesaplanabilmektedir (Blasco 2000).

Bu yasaya göre akı,

$$J = -\Phi D_s \left(\frac{\partial C}{\partial z} \right)_{z=0}$$

Formülü ile hesaplanır. Burada J, difüzyon akısı ($m/l^2.t$), Φ , arakesitteki porozite, D_s , moleküler difüzyon katsayısı (l^2/t), $\frac{\partial C}{\partial z}$ ise ara kesitteki konsantrasyon eğimidir.

Moleküler difüzyon katsayısı, Sweerts ve ark. (1991) nın geliştirdiği ampirik denklem ile hesaplanabilir. Bu denkleme göre D_s , aşağıdaki formül ile ifade edilir. Bu formülde D_0 , sudaki difüzyon katsayısıdır.

$$D_s = D_0(-0,73\Phi + 2,17)^{-1} \text{ ile hesaplanır.}$$

Blasco ve arkadaşlarının (2000) yapmış oldukları çalışmada, sedimentteki ağır metal profilleri düzensiz bir model göstermektedir. Gözenek suyunda ise elde edilen profiller, katı fazdakiler ile aynı değildir ve redoks koşulları ile ilgili olan elementler farklı davranışlar yansıtmaktadır.

Cr ve Cu metalleri, gözenek suyunda oksik zonda (ilk 3 cm) tipik zenginlik gösterirler çünkü bu metaller partikül organik maddeler ile ilişkilidir ve bu zondaki bileşiklerin güçlü mineralizasyonu nedeni ile yeniden hareketlenebilirler. Daha derin anaerobik katmanlarda, az etkili oksidasyon maddelerinin bulunması, organik maddenin bozunmasını sınırlandırır. Anoksik koşullar altında, iz elementlerin suda yayılımı, sülfat

iyonlarının azalması ile sülfid ortaya çıkmasının yanı sıra, sedimentin Fe^{+2} ve Mn^{+2} formlarını serbest bırakması ile belirlenir (Blasco 2000).

Ağır metallerin suda ve sedimentte taşınımaları özellikle bu metallerin çözülmüş ve partiküler form arasındaki dağılımlarına bağlıdır. Bu dağılım parçacıkların kompozisyonlarının yanı sıra sudaki kimyasal koşullara da bağlıdır. Sayısal olarak dağılım katsayısının (K_D) hesaplanması şu şekildedir,

$$K_D = C_S / C_W$$

K_D : dağılım katsayısı

C_S : sedimentteki konsantrasyon (mg/kg)

C_W : suda çözülmüş haldeki konsantrasyon (mg/l) (Yin 2002).

Bu formülden yola çıkılarak verilerimizin mevsimsel olarak K_D değerleri hesaplanmış ve bunların logaritmaları alınmıştır. Çünkü yapılan literatür araştırmasında, yüzeysel su kaynakları için belirlenen K_D değerlerinin logaritması şeklinde verildiği görülmüştür. Hem literatür sonuçları hem de yapılan çalışma sonucunda elde edilen K_D değerleri aşağıda tablo halinde verilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen K_D değerleri ile literatür değerleri kıyaslanmış bu sonuca göre metallerin sudaki ve sedimentteki dağılımına karar verilmiştir.

Tablo 5.15. Uluabat Gölü İçin Tespit Edilen Log (K_D) Değerlerinin Mevsimsel Değişimi

Metaller	İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Kış	
	Ort	SD	Ort	SD	Ort	SD	Ort	SD
As	3,330	2,982	2,548	2,146	2,592	2,424	2,981	2,651
Cr	3,733	3,439	3,922	3,871	3,780	3,780	4,143	4,145
Cd	3,200	3,530	3,206	3,287	3,018	2,660	3,001	2,560
Cu	3,307	2,977	3,698	3,998	3,932	3,850	3,691	3,835
Ni	4,024	4,084	3,995	4,049	4,354	4,334	4,076	4,035
Fe	4,922	4,700	5,060	5,148	5,331	5,211	5,092	4,841
Mn	5,633	5,856	5,194	5,163	5,644	5,936	5,379	5,816
Zn	3,705	3,732	2,586	2,430	3,314	2,913	3,242	2,857
B	2,404	2,343	1,728	1,255	1,734	1,439	1,467	0,775
Pb	3,573	4,023	3,769	4,124	3,595	4,045	3,192	3,364

Tablo 5.16. Uluabat Gölü İçin Tespit Edilen Ortalama Log (K_D) Değerleri

Metaller	Yıllık Ort	
	Ort	SD
As	2,984	2,956
Cr	3,876	3,937
Cd	3,114	3,293
Cu	3,708	3,863
Ni	4,130	4,186
Fe	5,117	5,094
Mn	5,501	5,817
Zn	3,365	3,506
B	1,990	2,154
Pb	3,575	4,007

Tablo 5.17. Yüzeysel Sular İçin Literatürde Verilen Log (K_D) Değerleri

Element	Kaynak	Aralık	Medyan
As	Anonim 2005 c	1,6 - 4,3	2,5
Cr	Anonim 2005 c	1,9 - 5,9	4,5
Cd	Anonim 2005 c	0,5 - 7,3	3,6
Cu	Anonim 2005 c	0,7 - 6,2	4,2
Ni	Anonim 2005 c	3,5 - 5,7	4
Fe	Kojima ve ark. 2003	3,0 - 5, 0	–
Mn	Ciffroy ve ark. 2009	4,06 - 4,77	4,56
Zn	Anonim 2005 c	1,5 - 6,2	3,7
Pb	Anonim 2005 c	2,0 - 7,0	5,1

Tablolarda görüldüğü gibi sedimentteki arsenik konsantrasyonunun sudaki arsenik konsantrasyonuna oranının logaritması literatürdeki minimum ve maksimum değerlerin arasında, medyan değerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durum mevsimsel olarak incelendiğinde de her mevsim medyan değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla sedimentte biriken arsenik konsantrasyonunun yüksek olduğunu ve sedimentten suya doğru arsenik geçişinin olabileceği söylenebilir.

Sedimentteki krom ve kadmiyumun sudaki konsantrasyonlarına oranlarının literatürdeki minimum ve maksimum değerlerin arasında, medyan değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Bu durum krom ve kadmiyumun sudan sedimente geçebileceğini

göstermektedir. Krom için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek kış, en düşük ilkbahar mevsimlerinde olmak üzere 2,007 ile 4,757 arasında, kadmiyum için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek yaz, en düşük kış olmak üzere 1,22 ile 4,236 arasında değişmiştir.

Sedimentteki bakırın sudaki konsantrasyonlarına oranları incelendiğinde, literatürdeki minimum ve maksimum değerlerin arasında, medyan değerlerinin altında olduğu, Ağustos, Eylül ve Ekim Ayları'nda medyan değerlerine yaklaşıldığı ve bu aylarda bakırın sedimentteki birikiminin artarak denge durumuna geldiği görülmüştür. Bakır için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek sonbahar, en düşük ilkbahar olmak üzere 2,14 ile 4,69 arasında değişmiştir.

Sedimentteki nikelin sudaki konsantrasyonlarına oranları incelendiğinde literatürdeki minimum ve maksimum değerlerin arasında, medyan değerlerine yakın bulunmuştur. Bu durum sedimentteki ve suda çözülmüş haldeki nikelin denge halinde olduğunu göstermektedir. Nikel için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek sonbahar, en düşük yaz olmak üzere 2,75 ile 5,05 arasında değişmiştir.

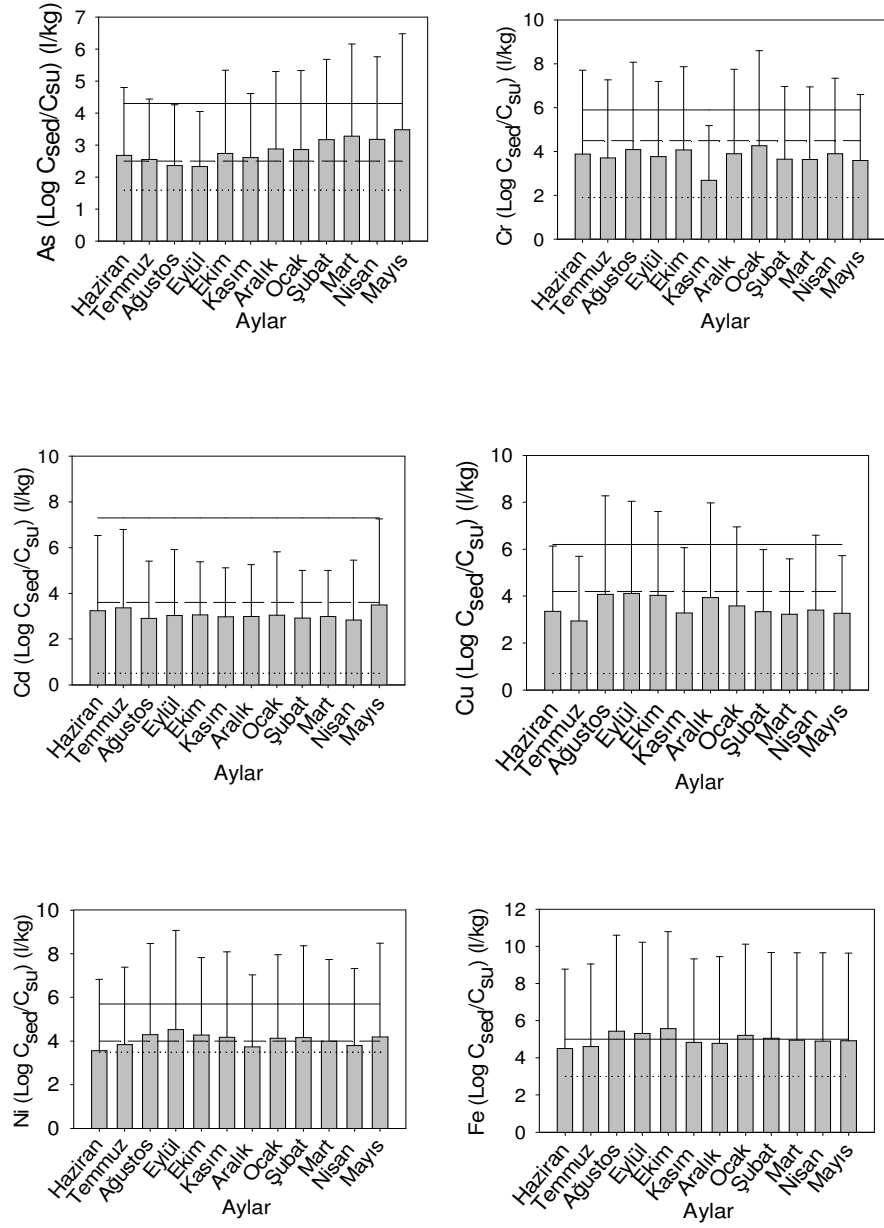
Sedimentteki demirin sudaki konsantrasyonlarına oranlarının literatürdeki maksimum değerlere yakın olduğu görülmüştür. Bu durum demirin sedimentte bolca depolandığını, dolayısıyla sedimentten suya geçebileceğini göstermektedir. Manganın da demire benzer olarak literatür değerlerine yakın ve sediment ile su arasında denge halinde bulunduğu görülmektedir. Demir ve manganın Log (K_D) değerleri sırasıyla 3,75 ile 5,74 ve 3,51 ile 6,59 arasında değişmiştir. En yüksek değerleri sonbaharda, en düşük değerleri de demir ve mangan için sırasıyla ilkbahar ve yaz mevsiminde görülmüştür.

Sedimentteki çinkonun sudaki konsantrasyonlara oranları incelendiğinde, minimum ve maksimum literatür değerlerinin arasında, medyan değerlerinin altında bulunmuştur. Yaz aylarında oranların daha düştüğü dolayısıyla sudan sedimente geçişlerin olabileceği düşünülmektedir. Çinkonun Log (K_D) değerleri en yüksek ilkbahar en düşük yaz mevsimlerinde olmak üzere 1,82 ile 4,35 arasında değişmiştir.

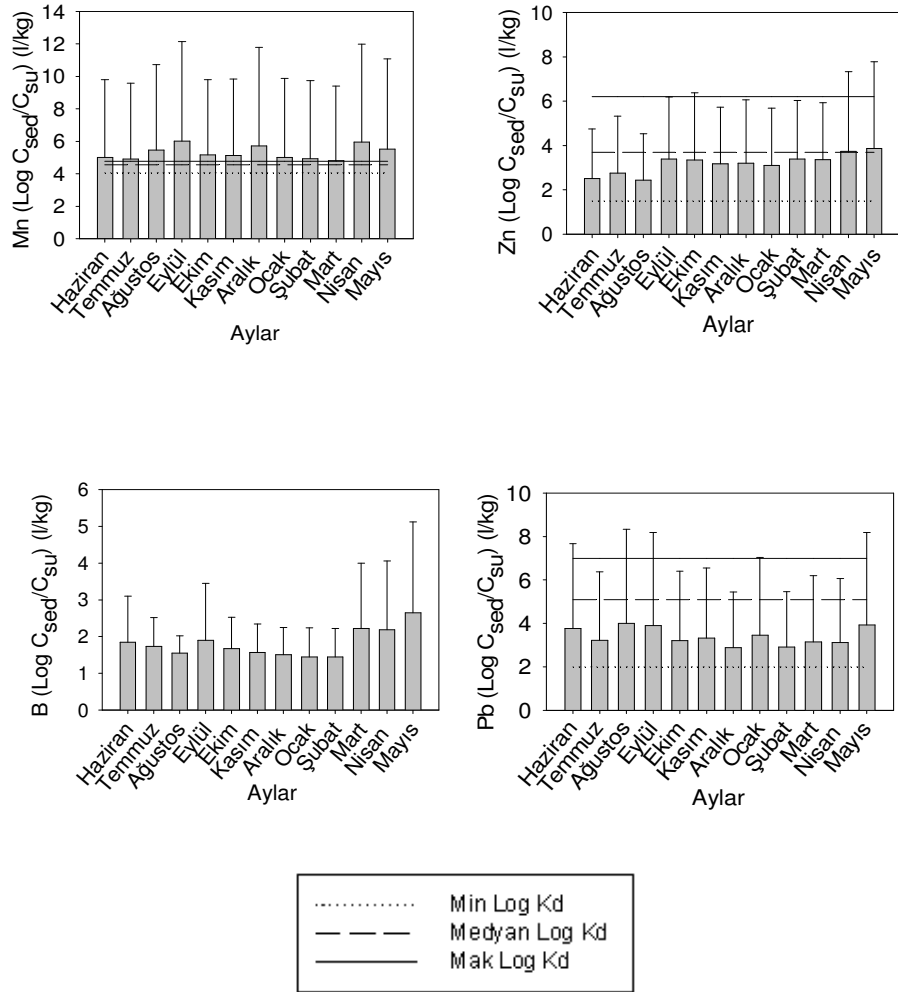
Sedimentteki bor konsantrasyonlarının sudaki konsantrasyonlarına oranlarının Mart, Nisan ve Mayıs aylarında artmış olduğu görülmüştür. Bor için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek ilkbahar, en düşük kış mevsiminde olmak üzere 1,22 ile 3,038 arasında değişmiştir. Ancak sedimentteki ve suda çözünmüş haldeki konsantrasyonların oranlarına ait K_D değerleri literatürde bulunamadığı için karşılaştırma yapılamamıştır.

Sedimentteki kurşun konsantrasyonlarının sudaki konsantrasyonlarına oranlarının literatürdeki minimum ve maksimum değerleri arasında ancak medyan değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. Bu durum kurşunun sudan sedimente geçebileceğini göstermektedir. Kurşun için belirlenen Log (K_D) değerleri en yüksek yaz, en düşük kış mevsimlerinde olmak üzere 1,9 ile 4,8 arasında değişmiştir.

Buraya kadar anlatıldığı gibi incelenen ağır metaller için hesaplanan Log K_D değerleri grafiğe aktarılmış ve Şekil 5.121 de verilmiştir.



Şekil 5.121. İncelenen Ağır Metal Log (K_D) Değerlerinin Aylara Göre Değişimleri



Şekil 5.121. (Devam) İncelenen Ağır Metal Log (K_D) Değerlerinin Aylara Göre Değişimleri

Yukarıda verildiği gibi sedimentteki konsantrasyonların sudaki konsantrasyonlara oranlarının (Log K_D) mevsimsel ve yıllık ortalamaları literatürdeki Log K_D medyan değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Buna göre arsenik, nikel, mangan ve demirin suya geçebilme olasılıklarının çok daha yüksek olduğu, diğer elementlerde mevsimsel farklılıklarla birlikte oranların sayısal değerlerinde değişimlerin olduğu ancak her mevsimde sedimente geçebilecekleri görülmüştür.

5.7. Sediment İyileştirme Çalışmaları

Sediment, ağır metallerin biriktiği en geniş ortam olup, metal taşınımında önemli rol oynamaktadır. Giderek yaygınlaşan ağır metal kontaminasyonu, nehir ve göllerin normal fonksiyonlarını bozan problemler oluşturmaktadır (Peng 2009).

Çoğu su ortamında askıda halde bulunan sediman ve sediman yatağının üst tabakası sedimanı çevreleyen mevcut su ortamından daha fazla miktarda kirlilik içerebilir. Sediman, su kütlesi içerisinde taşınan ve çözünemeyen kirliliklerin bir deposu olarak kabul edilebilir. Çevrede bulunan organik kimyasallar genellikle su içerisinde çok düşük çözünürlüklere sahiptirler. Çözünürlük ne kadar düşük olursa, organik bileşiklerin sediman partiküllerince adsorblanabilmesi de o kadar fazla olur. Akuatik ekosistemin ilgili bileşenleri ve çevreleyen suyun kalitesinin iyileştirilmesi; sediman arıtımı/temizlenmesi olmaksızın mümkün değildir (Mulligan 2001).

Sedimanların arıtımında, toprakların arıtımında/temizlenmesinde kullanılan yöntemlere benzer yöntemler kullanılır. Ancak, sedimanların özellikleri topraklardan önemli ölçüde farklıdır. Sedimanlar, topraklardan daha fazla oranda kil, silt ve organik madde içermektedirler. Ayrıca, toprak aerobik bir ortam iken sediment anaerobik bir ortam olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenlerle, toprakların arıtımında kullanılan yöntemler sedimanlar için aynı ölçüde etkili olmayabilmektedir.

Uygun bir arıtma yönteminin seçilebilmesi için yer karakterizasyonu ve değerlendirmesi, kirleticilerin yapısı ve kaynaklarının belirlenmesi gereklidir. Kirliliklerin türü ve seviyesini belirleyebilmek için civardaki endüstriyel tesisler ve diğer potansiyel noktasal kaynakların belirlenebilmesi gerekmektedir. Çalışma sahasının özellikleri ve fiziksel karakteristikleri sediman tarama aktivitelerini etkileyebileceği için önemlidir. Örneğin, eğer mevcut su kütlesi içme suyu kaynağı olarak kullanılıyorsa dip tarama işleminde kirliliklerin yayılmasının önlenmesi için ek önlemlerin alınması gerekebilmektedir (Balkaya 2005).

Arıtma işlemini gerçekleştirecek yetkililerce uygun arıtım teknolojisine karar verilirken, sediman kirlilik kriterlerinden yararlanılarak sedimanın kirlilik düzeyi

belirlendikten sonra mevcut arıtma seçenekleri göz önüne getirilerek uygulanması planlanan teknolojinin performansını etkileyen temel parametreler gözden geçirilmekte ve son olarak da en uygun teknoloji ve arıtma sisteminin bütünü belirlenmektedir (Peng ve 2009).

Uygun bir arıtma ve tarama yönteminin seçimi için; suyun derinliği ve genişliği, suyun akış yönü ve hızı, dalga yüksekliği, askıda katı madde konsantrasyonu, sediman türü ve partikül büyüklüğü, sedimanın organik karbon içeriği gibi su kütlesi hakkındaki bilgiler gerekli olmaktadır (Baklaya 2005).

Sedimanların tuz, organik madde, demir, mangan oksitleri gibi bileşenleri ve partikül boyutları, pH, oksidasyon-redüksiyon ilişkileri, su kütlesinin tuzluluğu gibi özellikler; kirlilikler ve sediman partikülleri arasındaki etkileşime tesir edebilmektedir. Sedimanların tanecik boyutları, kirliliklerin sedimanlarla ilişkisini ve kirliliklerin bir yerden bir yere taşınma potansiyelini etkilemektedirler. Küçük çaplı partiküller genellikle yüksek kirlilik konsantrasyonlarına sahiptirler. Bu küçük çaplı partiküller uzun bir zaman askıda kalabilirler. Ancak fırtınalar, seller ve gel-gitlerde askıda halde kalmaları güçleşir ve kirlilik kaynağından uzaklara taşınabilirler (Balkaya 2005).

Metallerin sedimentte dağılımını her bir çevresel faktör etkilemesine rağmen, pH, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli ve organik madde içeriğinin diğer parametrelere göre daha etkileyici olduğu tespit edilmiştir. Bu parametrelerden birinde meydana gelen en küçük değişim, metallerin dağılımında önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Peng 2009).

pH, ağır metallerin sedimentte davranışlarını belirleyen anahtar parametredir. Normalde, sedimentte pH ın düşmesi ile hidrojen iyonları (H^+) ve çözülmüş metal ligandları (OH^- , SO_4^{2-}) arasındaki rekabet önem kazanmakta ve metallerin adsorblanma kapasiteleri ile biyoyararlanımları düşmekte, sonra ise hareketlilikleri artmaktadır. Sedimentte organik maddelerin parçalanması sonucunda da pH ın genellikle nötral seviyeden asidik seviyeye düştüğü görülmüştür. Bu durumda metallerin, stabil su koşullarında tekrar suya geçtikleri gözlenmiştir (Peng 2009).

Sedimentteki organik bileşiklerde, ağır metal transformasyonunda önemli rol oynarlar. Sedimentteki organik bileşikler genelde partikül formda bulunurlar. Bazı nehir ve göllerde, organik maddeye bağlı ağır metaller en geniş fraksiyon aşamasını oluştururlar. Ayrıca, sedimentte, organik maddenin çözünürlüğü genellikle ağır metallerin hareketliliğini sınırlandırır (Peng 2009).

Genel olarak sedimentte oksidasyon redüksiyon potansiyeli, ağır metallerin mobilitesini kontrol eden en önemli faktördür. Anaerobik sedimentte, uçucu sülfürik asit, bazı divalent katyonik metallerin aktivitelerini kontrol eden en önemli bileşendir. Başlangıçta, anaerobik sedimentte bulunan uçucu sülfürik asit, demire bağlı haldedir (FeS , Fe_3SO_4). Ancak ortamda divalent metaller mevcutsa, örneğin, kadmium, bakır, krom, kurşun ya da çinko, demir sülfitteki demir yerini değiştirerek bu divalent metallerden biri uçucu sülfürik aside bağlanmaktadır. Sonuçta, kontamine olmuş sedimentte, sülfide bağlı metaller genellikle daha yüksek uygunluk göstermektedirler. Sedimentte oksidasyon redüksiyon potansiyeli arttığı zaman, metal sülfitlerin oksidasyon oranı ve organik bileşiklerin bozunma oranı buna mütakabil artmaktadır (Peng 2009).

Sediment iyileştirme teknikleri yerinde iyileştirme (in situ) ve alan dışı iyileştirme (ex situ) olarak iki grupta incelenmektedir.

Yerinde iyileştirmenin en önemli avantajı, daha düşük maliyet ve kirlenmiş sedimanların yerinden alınması yada başka yere götürülmesi ihtiyacını ortadan kaldırmasıdır. Yerinde arıtım metotları, akarsu seviyesinin düşük olduğu ve akıntı yönünün değiştirilebildiği yerlerde çok etkili bir uygulama olarak belirtilmektedir (Peng 2009).

5.7.1. Yerinde İyileştirme Teknikleri

5.7.1.1. Kaplama

Bu yöntem, su altındaki kirlı sedimanın üzerinin daha temiz bir materyalle kaplanması olarak tanımlanabilir. Kirlı sediman tabakasının üzeri daha temiz, daha az

kirlenmiş sedimanla ya da kum ile kaplanmaktadır. Kaplama yöntemi; kirlenmiş sedimanın çevresel etkilerinin ve taşıma/arıtma maliyetinin fazla olduğu durumlarda, uygun kaplama materyalleri mevcut olduğunda, hidrolik şartlar ve dip yapısı uygun olduğunda, çalışma alanı dip tarama için elverişli olduğunda kullanılabilir uygun bir yöntem olabilir (Balkaya 2005).

5.7.1.2. Katılaştırma/kararlı hale getirme

Bu yöntemde, kirlenmiş sedimanlar pozzolanik maddeler ve bazı özel katkı maddeleri ile karıştırılarak sediman karışımının katılaştırılması ve kirliliğin bir anlamda da alıkonması sağlanmaktadır. Böylece kirliliklerin açığa çıkması ve çevre için herhangi bir tehdit oluşturması önlenir. Katılaştırmada kullanılan maddeler genellikle kireç, çimento, uçucu kül ve/veya diğer kimyasallardır (Peng 2009, USEPA 1993).

Katılaştırma/kararlı hale getirme, tehlikeli organikler ve ağır metallerle kirlenmiş sedimanların arıtılması için çok sık başvurulan teknolojilerden birisidir. Bu teknoloji; fiziksel olarak katılaştırma veya kirliliğin kararlı hale getirilmesi, kirleticilerin kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğünün, hareketliliğinin ve toksisitelerinin azaltılması esasına dayanmaktadır (USEPA 1993).

Günümüzde uygulanan çimento bazlı, silikat bazlı ve mikroenkapsulasyon gibi birçok katılaştırma/kararlı hale getirme teknikleri mevcuttur. Bunlardan çimento ve silikat bazlı katılaştırma teknikleri termoplastik ve organik bazlı katılaştırma tekniklerine göre daha başarılıdır. Çimento bazlı proseste atık doğrudan Portland çimentosu ile karıştırılmakta, silikat bazlı katılaştırmada ise silisli madde, uçucu kül ve kireç, çimento ile birlikte atıkla karıştırılmaktadır. Verilerin gösterdiğine göre silikat eklenmesi çimento eklenmesine göre daha geniş oranda maddelerin stabilizasyonunu sağlamaktadır. Birçok satıcı organik maddelerin katı matrikse bağlanmasını sağlamak için organofilik tescilli bileşikler kullanmaktadır. Uygulanacak ön işlemler, ağır metallerin çözünmesini engellemek ve hareketliliklerini kısıtlamak için pH'nın ayarlanmasıdır. Kuvvetli alkali ajanlar, asitleri nötralize ederek ağır metalleri çözünmez hale getirmekte ve hareketliliklerini azaltmaktadırlar (Balkaya 2005).

Katılaştırma/kararlı hale getirme tekniklerinde kirlenmiş sedimanların katılaştırılması ve kararlı hale getirilmesi bağlayıcı, katılaştırıcı materyallerin sedimana enjeksiyonu ile sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan bir metot, killi çimentonun ya da sönmemiş kirecin sedimanın derinliklerine enjekte edilmesidir. Bu işlemde bir kaç enjeksiyon borusu mavnaya yüklenmekte, borular sedimana saplanmakta, daha sonra proses enjeksiyon/karıştırıcı aparatın istenilen derinliğe saplanması ile başlatılmaktadır. Borulardan eş zamanlı olarak çimento ya da kireç karışımı sedimana enjekte edilmektedir. Yöntemin bundan başka çeşitli tipleri de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları çoklu kolon yöntemi ve sürekli karışım aparatıdır. Bütün bu yeni teknolojilere rağmen yöntemin fizibilitesi ve uygulanabilirliği henüz ispatlanamamıştır. Bu yerinde sediman arıtma yöntemi, hava koşullarının ve su akışının elverişli olduğu durumlarda uygulanabilmektedir. Yöntemin, dip sedimanını yeniden süspanse hale getirmesi gibi olumsuz bir yönü bulunmaktadır (Balkaya 2005).

5.7.1.3. Biyolojik Arıtım

Mikroorganizmalar sedimanlardaki organik maddeleri, örneğin poliaromatik hidrokarbonlar (PAHs), arıtmada etkilidir. Mikroorganizmalar sedimanda bulunan bazı metalleri arıtmada da etkilidirler. Sedimanda bulunan metaller mikroorganizmalar aracılığıyla yükseltgenebilir ya da indirgenebilirler. Örneğin, arsenik ve demir mikroorganizmalar tarafından indirgenirken, cıva ve kadmiyum yükseltgenir. Metal giderimi organik giderimi ile bir arada da gerçekleştirilebilir (Peng 2009).

Yerinde biyolojik arıtım, arıtılması istenen sedimana mikrobiyal bir popülasyon ilave edilerek yani aşılansarak gerçekleştirilir. Böylece, doğal ayrışma (degradasyon) hızları önemli ölçüde artırılabilir. Biyolojik arıtım, geniş bir sahada yer alan sedimanda mevcut organik kirliliklerin etkin bir biçimde giderilmesi amacıyla kullanılabilir. Fakat inorganik kirliliklerin temizlenmesini sağlamamaktadır. Kısmi indirgeme ürünleri, kirleticinin kendisinden daha çözünebilir özellikte ya da zehirli olabilmektedir. Biyolojik arıtım yüksek organik konsantrasyonlarında, oksijen eksikliği, nutrient eksikliği ve düşük sıcaklık koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir (Balkaya 2005).

5.7.1.4. Kimyasal Arıtım

Kirlenmiş sedimanların yerinde arıtımında en çok kullanılan kimyasal arıtma yöntemleri; nötralizasyon, çöktürme ve oksidasyon yöntemleridir. Nötralizasyon işlemi, pH'a hassas dip canlıları için toksik etki yaratabilir. Çöktürme işlemi, inorganik katyon ve anyonların gideriminde tercih edilmektedir. Çöktürme ile, bir çöktürücü ajan ilave edilerek çözünebilir metallere ve inorganiklerin, çözünmeyen metal ve inorganik tuzlara dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Metal sülfürler geniş bir pH aralığında oluşan en az çözünen metal bileşikler olduğundan, sülfür çöktürmesi en uygun yöntem olmaktadır. Ancak en önemli dezavantajları aerobik koşullar altında etkili olması ve H₂S oluşumu gözlenmesidir. Oksidasyon işleminde ise çok sayıda organik madde giderimi söz konusudur. Bu işlem ozon veya hidrojen peroksit kullanılarak gerçekleştirilebilir. Oksidasyon sonucu kararsız parçalanma ürünleri ortaya çıkmaktadır. Hem ozon hem hidrojen peroksit sedimentte hedef olmayan organiklerle reaksiyona girmekte, bu durum prosesin etkinliğini azaltmaktadır (Balkaya 2005).

Kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemlerinin en önemli dezavantajı kirlenmiş sediman ile arıtımda kullanılan reaktiflerin tam olarak karışmasını sağlamadaki güçlüğüdür (USEPA 1993).

5.7.1.5. Toprağın Dondurulması

Toprak dondurma, tünellerde ve baraj inşaatlarında yıllarca başarıyla kullanılmıştır. Son zamanlarda sedimanlarda bulunan mevcut kirlenmelerin sedimandan ayrılmasını kolaylaştırmak ve alıkonmasını sağlamak için önem kazanan bir teknik olmuştur. Bu yöntem, sedimanın sondalar ve taşınabilir dondurma üniteleriyle dondurulmasından ibarettir. Bu işlem oldukça yavaştır çünkü her bir sonda 1,5 fit çapında küçük bir bölgeyi ancak dondurabilmektedir. Yöntem, kullanılan ekipmanların yüksek enerji gereksinimi nedeniyle pahalıdır. Bu dezavantajlar, büyük hacimlerdeki kirlenmiş sedimanların arıtımında bu yöntemin kullanımını önemli ölçüde kısıtlamaktadır (USEPA 1993).

5.7.1.6. Fitoremediasyon

Thlaspi, *Urtica*, *Chenopodium*, *Polygonum sachalase* ve *Allyssim* gibi bazı bitkilerin kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinkoyu bünyelerinde biriktirme yetenekleri vardır ve bu nedenle, söz konusu bitkilerin yetiştirilmesi kirlenmiş sedimanların arıtılmasında indirekt bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Örneğin, çoğu bitkiler yaklaşık 100 ppm'lik bir Zn birikiminde toksisite semptomları gösterirken, en yaygın metal hiperakümülatörü olarak bilinen *Thlaspi caeruledcens*'in 26000 ppm'in üzerinde bir birikimi sağlayabildiği literatürden bilinmektedir.

Fitoremediasyon teknolojisi, kirlenmiş toprakların temizlenmesinde biyolojik bazlı ve düşük maliyetli bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Toprak arıtımı için kullanılan fizikokimyasal teknolojilerin çoğu topraktaki biyolojik aktiviteyi tamamen yok etmekte ve toprağı bitki büyümesi için uygun olmayan bir ortam şekline dönüştürmekteyken, fitoremediasyon toprağın biyolojik özelliklerini ve fiziksel yapısını korumaktadır. Ancak, teknolojinin ileride arazi ölçeğinde randımanlı olarak kullanılabilmesi için, ağır metallerin bitki bünyesinde birikimini karakterize eden moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik proseslerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Fitoremediasyon yönteminin kullanımında iklim şartları ve metallerin yarıyışlılık durumları göz önünde bulundurulmalıdır. Yöntemin uygulanmasından sonra yüksek metal içeriğine sahip bitkiler kurutma, yakma, gazifikasyon, piroliz, asit ekstraksiyonları, anaerobik çürütme, gibi yöntemlerle uzaklaştırılmalıdır. Kirleticilerin yüzeye yakın yerde bulunduğu bölgeler için uygun bir teknoloji olarak geliştirilebileceği düşünülmektedir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise, diğer metotlarla karşılaştırıldığında prosesin çok daha uzun sürmesidir (Mulligan 2001).

5.7.2. Alan Dışı (Uzaklaştırarak) İyileştirme

5.7.2.1. Yıkama

Sediment yıkama teknolojisi, kazılmış sedimente uygulanan ve sedimentteki çok sayıda organik, inorganik ve radyoaktif kirleticilerin uzaklaştırılmasında etkili, klasik kimyasal-fiziksel ekstraksiyon ve ayırma proseslerini içeren su bazlı bir arıtım teknolojisidir. Bu su bazlı teknoloji, kazılmış topraktaki kirleticileri ayırmak için mekanik prosesleri veya kirleticilerin çözünürlük özelliklerini kullanmaktadır. Proses sonucu kirleticiler serbest hale geçerek orijinal toprak hacminin %5 ila %40'luk kısmında konsantre olmakta ve bu konsantre kısım diğer arıtım yöntemleriyle işlem görmek veya deponi sahalarına gönderilmek üzere sistemden ayrılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, proses kirleticileri yok eden bir proses değil, onları konsantre ederek hacmini önemli derecede azaltan ve dolayısıyla daha sonraki işlemlerin maliyetini düşüren bir prosestir (Peng 2009).

Bu metotta kirletici giderim verimini arttırmak üzere yıkama suyuna asitler, bazlar, şelatlaştırıcı maddeler, alkoller gibi kimyasal maddeler eklenmektedir (Kocaer 2003, Peng 2009). Bunlar arasında asidik sularla yıkama ve şelatlaştırıcı maddelerin kullanımına daha çok rastlanmaktadır. Ağır metallerle kuvvetli kompleks oluşturma ve yeraltı suyu sistemlerindeki biyolojik parçalanabilirliğinin nispeten düşük olması sebebiyle, yıkama suyu olarak EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit) çözeltilerinin kullanılması literatürde daha çok çalışılmasına neden olmuştur (Kocaer 2003).

5.7.2.2. Elektrokimyasal Remediasyon

Elektrokimyasal iyileştirme, düşük elektrik akımı ya da elektrotlar için düşük potansiyel gradyan içerecek şekilde, sedimentte kirlenmiş bölgeyi kapsayarak uygulanabilmektedir. Doğru akım elektrik alanları, kirlenmiş sedimana uygulandığı zaman, yüklü iyonların yer değişimi gerçekleşmektedir. Pozitif yüklü iyonlar, katoda, negatif yüklü iyonlar ise anoda taşınmaktadırlar. İyileştirme süreci bittiğinde ise, elektrotlarda birikmiş kirleticiler elektroliz, yıkama veya iyon değişimi gibi metotlarla ayıklanabilirler (Peng 2009).

5.8. Kirletici Kaynaklar

Uluabat Gölü çevresinde bulunan yerleşim yerlerinin ve endüstrilerin atık sularını deşarj ettikleri 3 farklı kirletici kaynak tespit edilmiştir. Bunlar Atabay, Karaoğlan ve Uluabat pompa istasyonları ile mezbaha ve çeşitli gıda endüstrisi atık sularının deşarj edildiği Akçalar Deresidir. Bu istasyonlarının koordinatları GPS cihazı yardımı ile belirlenmiş ve tabloda verilmiştir.

Tablo 5.18. Kirletici Kaynaklar Koordinatları

İstasyon No	X (Doğu) m	Y (Kuzey) m
9 (MKemalpaşa Giriş)	626061	4440190
10 (Kocasu Çayı Çıkış)	623020	4451392
Uluabat pompa	622891	4451426
Atabay pompa	627393	4447402
Akçalar dere	646797	4448799

Tabloda verilen Mustafa Kemal Paşa Çayı (9.istasyon) göle girişi temsil etmektedir ve göl içerisinde 2.istasyon yakınlarından göle karışmaktadır. Kocasu Çayı (10.istasyon) ise gölden çıkışı yapan ve Marmara Denizi'ne ulaşmayı sağlayan noktadır. Tüm noktalara ait ölçüm sonuçları aşağıda verilmiştir. Göl içerisinde olduğu gibi kirletici kaynaklarda aynı numune alma tarihlerinde karadan ulaşım ile örnek alınmıştır. Bu noktalarda da göl içerisinde ölçülen genel parametre ve ağır metal ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 5.19. Mustafakemal Paşa Çayı Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(°C)	23,85 ± 8,001	11,6 - 34,6
pH	8,0075 ± 0,3868	7,38 - 8,62
İletkenlik (µs/cm)	643,75 ± 107,2017	446 - 788
NH ₄ -N(mg/l)	0,35 ± 1,0122	0 - 3,5
NO ₃ -N(mg/l)	0,5833 ± 1,4263	0 - 4,9
TN(mg/l)	9,7417 ± 9,0556	2,8 - 35,7
PO ₄ -P(mg/l)	0,1051 ± 0,1025	0,0105 - 0,3585
TP(mg/l)	0,1304 ± 0,1135	0,0211 - 0,4284
ÇO(mg/l)	7,2941 ± 1,0473	5 - 8,82
AKM(mg/l)	48,3333 ± 39,5413	4 - 136
KOI(mg/l)	41,3333 ± 12,6874	16 - 64
BOI(mg/l)	24,75 ± 8,8331	15 - 50
Alkalinite(mg/l)	289,375 ± 52,7874	212,5 - 362,5
Sertlik(mg/l)	331,6667 ± 60,9192	258 - 414
Klorofil-a(mg/m ³)	9,6043 ± 12,9427	0,1187 - 41,01

Tablo 5.20. Mustafakemal Paşa Çayı Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0087482 ± 0,007182	0,0023132 - 0,0279
Cr	0,03257295 ± 0,0534	0,003451 - 0,1974
Cd	0,0049371 ± 0,0036473	0 - 0,0107
Pb	0,03509 ± 0,02375	0,0111 - 0,0777
Cu	0,0069963 ± 0,005543	0,000174 - 0,02
Ni	0,0148 ± 0,0105	0,002957 - 0,0429
B	2,78984 ± 1,47085	0,2736 - 4,77095
Fe	0,342 ± 0,2762	0,1106 - 0,9064
Mn	0,0115 ± 0,005526	0,005214 - 0,0222
Zn	0,1905 ± 0,2508	0,004083 - 0,8508

Tablo 5.21. Kocasu ayı Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(⁰ C)	18,1792 ± 8,3804	4,8 - 30,3
pH	8,3575 ± 0,4329	7,55 - 9,3
İletkenlik (µs/cm)	524,8333 ± 87,7349	418 - 683
NH ₄ -N(mg/l)	0,5833 ± 1,1496	0 - 3,5
NO ₃ -N(mg/l)	0,4667 ± 1,4106	0 - 4,9
TN(mg/l)	8,5167 ± 8,3245	1,4 - 30,8
PO ₄ -P(mg/l)	0,0683 ± 0,0609	0,0075 - 0,1769
TP(mg/l)	0,1241 ± 0,0877	0,0369 - 0,3528
O(mg/l)	6,6466 ± 1,2028	4,35 – 8,31
AKM(mg/l)	17 ± 10,5313	4,00 - 36,00
KOI(mg/l)	42 ± 17,7661	16 - 64
BOI(mg/l)	23,1667 ± 11,6391	12,00 - 50,00
Alkalinite(mg/l)	245 ± 52,4946	157,5 - 317,5
Sertlik(mg/l)	285,3333 ± 52,3925	218 - 410
Klorofil-a(mg/m ³)	7,5118 ± 3,2189	3,6616 - 13,92

Tablo 5.22. Kocasu ayı özünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0163 ± 0,0142	0,0043724 - 0,0467
Cr	0,0314 ± 0,0426	0,007743 - 0,1519
Cd	0,004245 ± 0,003649	0 - 0,0111
Pb	0,01872 ± 0,01922	0 - 0,066302
Cu	0,0105 ± 0,0090704	0,001149 - 0,0296
Ni	0,0199 ± 0,0164	0,001754 - 0,0634
B	1,89995 ± 0,87249	0,3965 - 3,04493
Fe	0,5446 ± 0,7069	0,0927 - 2,521
Mn	0,0077332 ± 0,006514	0,000458 - 0,0194
Zn	0,2422 ± 0,3872	0,01 - 1,2616

Tablo 5.23. Akçalar Deresi Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(⁰ C)	21,5667 ± 8,9539	10,5 - 35,5
Ph	7,3575 ± 0,4628	6,36 - 8,15
İletkenlik (µs/cm)	1055,4167 ± 273,7821	487 - 1365
NH ₄ -N(mg/l)	2,45 ± 2,0787	0 - 7,7
NO ₃ -N(mg/l)	4,0833 ± 3,8668	0 - 13,3
TN(mg/l)	21,9333 ± 21,9771	1,4 - 67,9
PO ₄ -P(mg/l)	0,3113 ± 0,2143	0,0448 - 0,7221
TP(mg/l)	0,39027 ± 0,1965	0,1752 - 0,7456
ÇO(mg/l)	3,9091 ± 1,8178	0,22 - 6,32
AKM(mg/l)	88,6666 ± 90,4266	4 - 292
KOI(mg/l)	121,3333 ± 165,7804	48 - 640
BOI(mg/l)	65,7083 ± 68,4778	30 - 280
Alkalinite(mg/l)	397,2917 ± 102,8373	280 - 625
Sertlik(mg/l)	342,5 ± 72,8591	172 - 450
Klorofil-a(mg/m ³)	5,2743 ± 5,8054	0,6525 - 16,4422

Tablo 5.24. Akçalar Deresi Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0118 ± 0,0207	0,00066373 - 0,0699
Cr	0,0167 ± 0,0099444	0,005022 - 0,0408
Cd	0,0048258 ± 0,0033353	0,001218 - 0,0111
Pb	0,03314 ± 0,01457	0,011253 - 0,065
Cu	0,021 ± 0,04	0 - 0,144
Ni	0,0192 ± 0,0159	0,0054545 - 0,0597
B	1,39932 ± 1,44574	0,0186 - 4,0937
Fe	0,391 ± 0,381	0,1022 - 1,4931
Mn	0,1269 ± 0,1477	0,0145 - 0,4638
Zn	0,2115 ± 0,2888	0,0416 - 1,0958

Tablo 5.25. Atabay Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(⁰ C)	23,4667 ± 7,9154	11,1 - 34,3
pH	7,5625 ± 0,3465	6,88 - 8,25
İletkenlik (µs/cm)	1356,3333 ± 367,6996	839 - 1958
NH ₄ -N(mg/l)	1,05 ± 1,3514	0 - 3,5
NO ₃ -N(mg/l)	2,0417 ± 3,6975	0 - 11,2
TN(mg/l)	9,9167 ± 10,055	0,7 - 33,6
PO ₄ -P(mg/l)	0,2875 ± 0,1741	0,0413 - 0,6133
TP(mg/l)	0,3774 ± 0,1651	0,1574 - 0,6749
ÇO(mg/l)	4,1366 ± 1,4437	0,22 - 5,77
AKM(mg/l)	13,3333 ± 8,2389	4,00 - 32
KOI(mg/l)	52 ± 19,4469	32 - 96
BOI(mg/l)	36,2083 ± 15,9138	20 - 75
Alkalinite(mg/l)	552,2917 ± 154,5391	347,5 - 845
Sertlik(mg/l)	640,3333 ± 143,0799	408 - 26,3712
Klorofil-a(mg/m ³)	6,5449 ± 8,3667	0,3669 - 26,3712

Tablo 5.26. Atabay Pompa İstasyonu Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0344 ± 0,0231	0,00066373 - 0,0819
Cr	0,0261 ± 0,0186	0,005682 - 0,0582
Cd	0,0047772 ± 0,0037346	0 - 0,0116
Pb	0,021609 ± 0,01493	0,0006279 - 0,0412
Cu	0,020005 ± 0,03948	0,00099 - 0,144
Ni	0,0194 ± 0,0153	0,004821 - 0,0579
B	1,81915 ± 1,12819	0,0186 - 3,5342
Fe	0,4404 ± 0,5294	0,0599 - 1,5795
Mn	0,3824 ± 0,6611	0,0209 - 2,3183
Zn	0,1501 ± 0,17	0,0236 - 0,6015

Tablo 5.27. Karaoğlan Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(⁰ C)	23,6917 ± 7,7167	10,7 - 34,1
pH	7,3333 ± 0,4999	6,81 - 8,28
İletkenlik (µs/cm)	732,5833 ± 108,7871	455 - 927
NH ₄ -N(mg/l)	0,175 ± 0,6062	0 - 2,1
NO ₃ -N(mg/l)	1,575 ± 2,6884	0 - 9,1
TN(mg/l)	6,3583 ± 5,0164	0,7 - 16,8
PO ₄ -P(mg/l)	0,0232 ± 0,0225	0 - 0,0647
TP(mg/l)	0,0453 ± 0,0257	0,0186 - 0,0888
ÇO(mg/l)	5,09 ± 1,1102	2,8 - 6,2
AKM(mg/l)	10,3333 ± 10,4388	4,00 - 40
KOI(mg/l)	24,6667 ± 9,316	16 - 40
BOI(mg/l)	17,0833 ± 7,32	8,5 - 32
Alkalinite(mg/l)	335,4167 ± 49,507	255 - 425
Sertlik(mg/l)	230 ± 31,8405	184 - 280
Klorofil-a(mg/m ³)	7,3807 ± 7,2156	1,305 - 26,599

Tablo 5.28. Karaoğlan Pompa İstasyonu Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0046756 ± 0,0039319	0,0010802 - 0,0129
Cr	0,0155 ± 0,0099164	0,003041 - 0,0327
Cd	0,004635 ± 0,0034516	0,000754 - 0,0102
Pb	0,02822 ± 0,02086	0 - 0,0713
Cu	0,0080715 ± 0,0073457	0 - 0,0265
Ni	0,0187 ± 0,0162	0,003921 - 0,0595
B	0,54242 ± 0,48913	0,0999 - 1,7028
Fe	0,2522 ± 0,1694	0,0727 - 0,661
Mn	0,0477 ± 0,0344	0,0172 - 0,1434
Zn	0,2349 ± 0,3745	0,005079 - 1,3428

Tablo 5.29. Uluabat Pompa İstasyonu Genel Parametre Değerleri

Parametre	Ortalama	Aralık
Sıcaklık(⁰ C)	23,4 ± 8,5923	10,8 - 34,4
pH	7,5175 ± 0,376	6,76 - 8,12
İletkenlik (µs/cm)	1582 ± 550,4297	728 - 2220
NH ₄ -N(mg/l)	2,0417 ± 2,8388	0 - 7
NO ₃ -N(mg/l)	0,7583 ± 1,4145	0 - 4,9
TN(mg/l)	9,1 ± 5,5681	1,4 - 18,9
PO ₄ -P(mg/l)	0,4107 ± 0,2396	0,1011 - 0,7685
TP(mg/l)	0,3767 ± 0,2683	0,0309 - 0,818
ÇO(mg/l)	4,2808 ± 1,603	0,15 - 6,15
AKM(mg/l)	19,6667 ± 13,0407	4,00 - 40
KOI(mg/l)	49,3333 ± 22,0633	32 - 96
BOI(mg/l)	33,875 ± 17,1545	17,5 - 75
Alkalinite(mg/l)	536,0417 ± 120,04	292,5 - 705
Sertlik(mg/l)	650,8333 ± 149,6844	396 - 786
Klorofil-a(mg/m ³)	10,7159 ± 8,1522	2,4555 - 22,2106

Tablo 5. 30. Uluabat Pompa İstasyonu Çözünmüş Ağır Metal Ortalaması (mg/l)

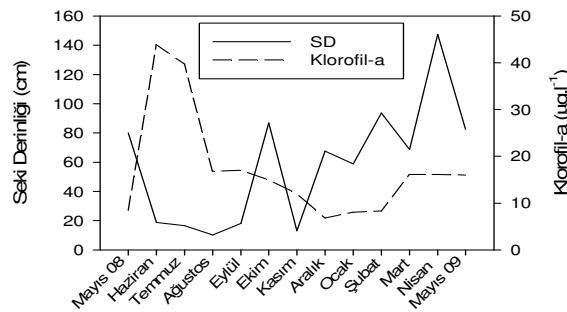
Metal	Ortalama	Aralık
As	0,0354 ± 0,019	0,0108 - 0,0702
Cr	0,0433 ± 0,0771	0,007767 - 0,2846
Cd	0,0046973 ± 0,0031715	0,000887 - 0,0105
Pb	0,02046 ± 0,01149	0 - 0,0469
Cu	0,0062932 ± 0,0067988	0 - 0,0232
Ni	0,0431 ± 0,0755	0,005591 - 0,2813
B	1,6804 ± 0,82695	0,519879 - 2,7679
Fe	0,4253 ± 0,3345	0,113 - 1,345
Mn	0,203 ± 0,2185	0,0123 - 0,6823
Zn	0,138 ± 0,1312	0,0384 - 0,5143

6. TARTIŞMA

Çalışmamız kapsamında öncelikle Uluabat Gölü kirlilik durumu hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla gölde ölçüm yaptığımız parametrelere ait değerler sunulmuştur. Özellikle ağır metal ve ötrofikasyon parametreleri açısından kirliliğin kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu ortaya konulmuştur.

Gölde kirlenmeye sebep olan en önemli kirlilik kaynağı bilinçsizce ve izinsiz yapılan deşarjlardan kaynaklanmaktadır. Özellikle Gölyazı Köyü'nde deniz ürünleri işleyen ve süt ürünleri imal eden küçük işletmelerin atık suları, Akçalar Köyü'ndeki çeşitli mezbahaların atık suları, tarımsal faaliyetler, yerleşim yerlerinden gelen evsel atık sular, göl çevresindeki sanayi kuruluşlarının atık sularının göle deşarj edildiği bilinmektedir (Akdeniz 2005). Yerleşim birimlerindeki evsel atık sular fosseptik çukurlarında biriktirilmektedir. Yöredeki toprak yapısının kumlu olmasından dolayı fosseptik çukurlarından sızan sular yer altı sularına dolayısıyla göle ulaşmaktadır (Elmacı 2008). Bu gibi nedenlerden dolayı her geçen gün gölde kirlilik artmaktadır.

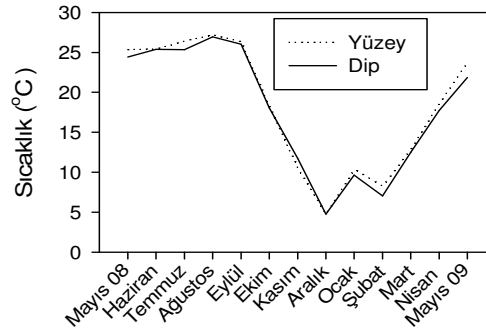
Yapılan incelemeler sonucunda incelenen parametrelerin mevsimsel değişim gösterdiği saptanmıştır. Örneğin, seki derinliği Ağustos ayında oldukça düşük seviyelere (5 cm) gerilemiştir. Bunun nedeni yaz aylarında alg popülasyonundaki artışın en yüksek değerlerine ulaşması olarak gösterilebilir. Alg popülasyonundaki artışı belirlemek amacıyla klorofil-a parametresi izlenmiş ve seki derinliği ile klorofil-a konsantrasyonu arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.



Şekil 6.1. Klorofil a- Seki Derinliği İlişkisi

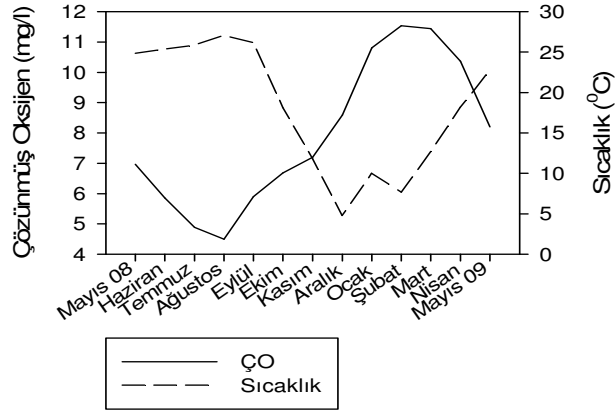
Klorofil-a konsantrasyonu en düşük değerlerine Aralık ayında ulaşmıştır. Bununla ters orantılı olarak, en yüksek seki derinliği değerlerine de Kasım ayı içerisinde ulaşılmıştır. Şekil 6.1. de görüldüğü gibi, klorofil-a konsantrasyonu ile seki diski derinliği arasında ters bir ilişki vardır. Ayrıca seki derinliğini etkileyen bir diğer etken kötü hava şartlarıdır. Kötü hava şartlarıyla birlikte gevşek olan sediment havalanarak suyu bulandırmaktadır. Bu da sığ göllerde görüş mesafesini etkileyen önemli etkenlerden biridir (Dalkıran 2006).

Çalışma kapsamında yüzeyden ve dipten alınan numunelerde ölçülen su sıcaklığı değerleri arasında önemli bir farka rastlanmamıştır. Bunun sebebi sığ bir göl olan Uluabat Gölü'nün sürekli ve iyi bir karışıma uğramasıdır. En yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında 28,3 °C olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise Aralık ayında 4,1 °C olarak kaydedilmiştir.



Şekil 6.2. Sıcaklık Yüzey-Dip İlişkisi

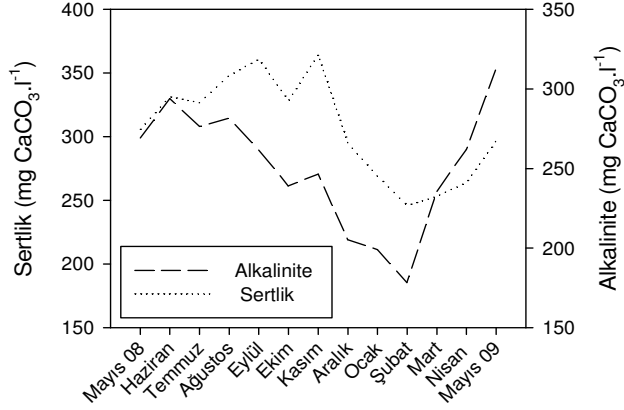
Sıcaklık değerleri ile çözünmüş oksijen değerlerinin beklendiği gibi ters bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir(Şekil 6.3). Sıcaklığın artışıyla birlikte yaz aylarında düşük seviyelere gerileyen çözünmüş oksijen değerleri, kış aylarında yine yüksek seviyelere ulaşmıştır. Ölçülen en düşük çözünmüş oksijen değeri Temmuz ayında 3,43 mg/L, en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu 12,09 mg/l olarak Şubat ayında ölçülmüştür.



Şekil 6.3. Çözünmüş Oksijen-Sıcaklık İlişkisi

pH değerlerinin mevsimsel ortalamaları birbirine yakın olmakla beraber en yüksek değer yaz mevsimi içerisinde Temmuz ayında (8,65) görülmüştür. Bunun nedeninin yaz aylarında artan fotosentez sırasında planktonların çözünmüş inorganik karbonu asimile etmeleri sırasında alkalinitenin artması olarak düşünülmüştür. Buna bağlı olarak en yüksek alkalinite ortalaması 312,81 mg/l olarak Mayıs ayında görülmüştür. En düşük pH değeri ise yine Mayıs ayında (7,92) ölçülmüştür. Uluabat Gölü Havzası toprak yapısında bulunan kalsit ve dolomit mineralleri yağışlarla ve sulama sonucunda meydana gelen yüzeysel akış ile göl suyuna karışabilmekte ve alkaliniteyi artırabilmektedir. Yüksek alkalinite ötrofikasyon meydana gelmiş su kütlelerinde görülmektedir (Ajay 2008).

Yapılan çalışmada ayrıca göl suyunun sertlik değerleri ölçülmüştür. Ölçülen tüm değerler dikkate alındığında istasyon ve derinliklere göre büyük farklılıklar görülmemiştir. Ölçülen en yüksek sertlik değeri 490 mg CaCO₃/l ile Haziran ayında 7.istasyonda, en düşük sertlik değeri ise 230 mg CaCO₃/l olarak 8.istasyonda Mart ayında ölçülmüştür. Alkalinite de ise en yüksek değer yine Haziran ayında 7.istasyonda 407,5 mg CaCO₃/l ve en düşük değer Şubat ayında 1.istasyonda 157,5 mg CaCO₃/l olduğu tespit edilmiştir. Alkalinite ve sertlik değerlerinin değişiminin paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

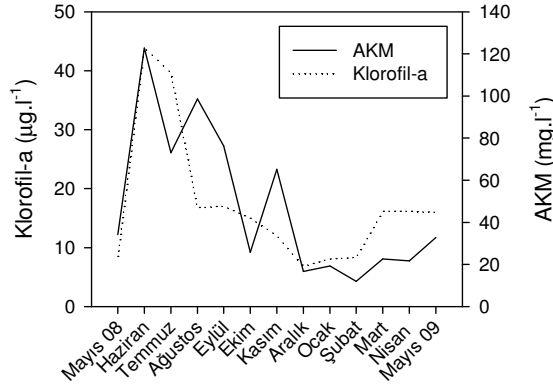


Şekil 6.4. Alkalinite-Sertlik İlişkisi

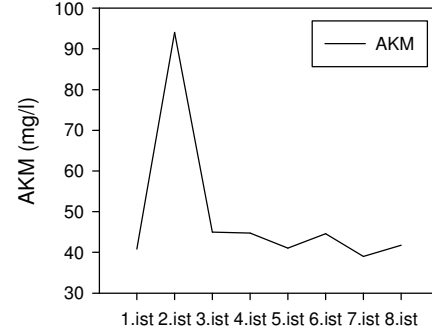
Suların iletkenliği sulardaki iyon sayısı hakkında bilgi verir. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri 670 $\mu\text{s/cm}$ olarak Eylül ayında, en düşük ise 402 $\mu\text{s/cm}$ olarak Mart ayında ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında yüzeyden ve dipten alınan su numunelerinde AKM konsantrasyonları ölçülmüştür. AKM suyun bulanıklığını artırır ve ışık geçirgenliğini azaltır. Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek fotosentezi etkiler ve sudaki çözülmüş oksijenin azalmasına neden olur (Ünlü 2008). Gölde tespit edilen ortalama en yüksek AKM konsantrasyonu 122 mg/l ile Haziran ayında, en düşük değer ise 12 mg/l olarak Şubat ayında ölçülmüştür. Yaz aylarında alglerin çoğalmaya başlaması ile AKM konsantrasyonunun arttığı bilinmektedir. Ayrıca göl ve çevresinin yaz aylarında rüzgarlı olması ve su derinliğinin az olması bu dönemde göl sedimentinin hareketlenmesine ve suya karışarak AKM konsantrasyonunun yükselmesine sebep olur. Buna karşılık yağışın olduğu kış aylarında ise seyrelmenin etkisi ile AKM konsantrasyonu düşüktür. Yapılan çalışmada AKM ve klorofil-a'nın aylara göre değişimi incelenmiştir ve her iki parametrenin de Haziran Ayı'nda maksimum seviyede oldukları görülmüştür. Bu durum artan alg popülasyonunun AKM konsantrasyonunu doğrudan etkilediğini göstermiştir. AKM konsantrasyonları senelik ortalama değerleri istasyonlara göre incelendiğinde, en yüksek konsantrasyon 2. istasyonda görülmüştür.

Bunun nedeni olarak bu bölgenin çok rüzgar alması ve dolayısıyla sediment karışımının meydana gelmesi olarak düşünülmüştür. Diğer istasyonlardaki değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

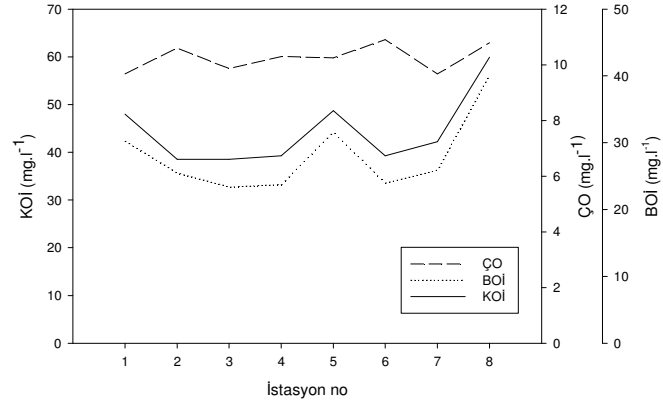


Şekil 6.5. AKM-Klorofil a ilişkisi

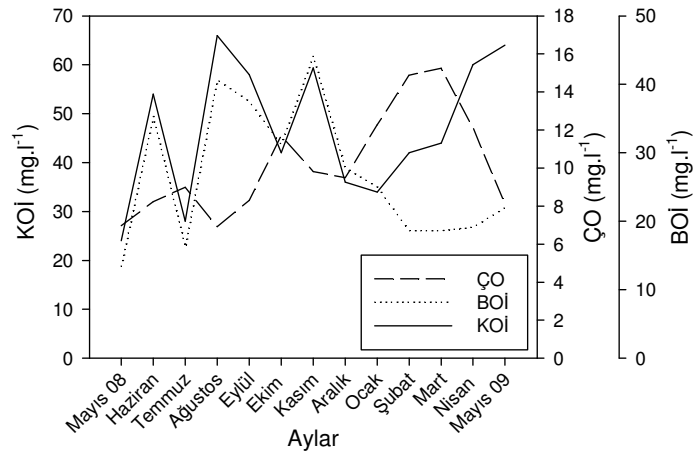


Şekil 6.6. AKM İstasyonlara Göre Değişim

Sularda organik kirlenmeyi gösteren parametrelerden, BOI ve KOI konsantrasyonlarının aylara göre değişimleri incelenmiştir. Ağustos ayı çözülmüş oksijenin en düşük, KOI' nin en yüksek olduğu aydır. Bu ayda BOI de oldukça yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Bu ayda, KOI değeri 66 mg/l, BOI 40,62 mg/l olarak ölçülmüştür. BOI' nin maksimum değeri Kasım ayı'nda 44,125 mg/l olarak belirlenmiştir. Kasım ayı'nda KOI değeri 59,37 mg/l olarak bulunmuş olup yine yüksek değerdedir. Bunun sebebinin yeni başlayan yağışların neden olduğu yüzeysel akış sonucu sudaki organik maddelerin artması olarak düşünülmüştür. Yaz aylarında mikrobiyal aktivitenin artması sebebiyle organik maddelerin bozunma hızları artmaktadır. Bu nedenle de çözülmüş oksijen seviyesi düşmekte, BOI ve KOI artmaktadır. Bahar ve kış aylarında yağmurların ve rüzgarların şiddetinin artmasıyla sirkülasyon oluşmakta ve gölü besleyen su debilerinin artması, meydana gelen karışımların etkisiyle göl suyu tekrar oksijen kazanmaktadır. Ayrıca, seyrelmenin artmasıyla organik kirleticilerin konsantrasyonları bu aylarda düşmektedir. Aşağıda KOI, BOI ve çözülmüş oksijen parametrelerinin birbirleri ile ilişkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 6.7. İstasyonlara Göre KOI-BOI-ÇO İlişkisi

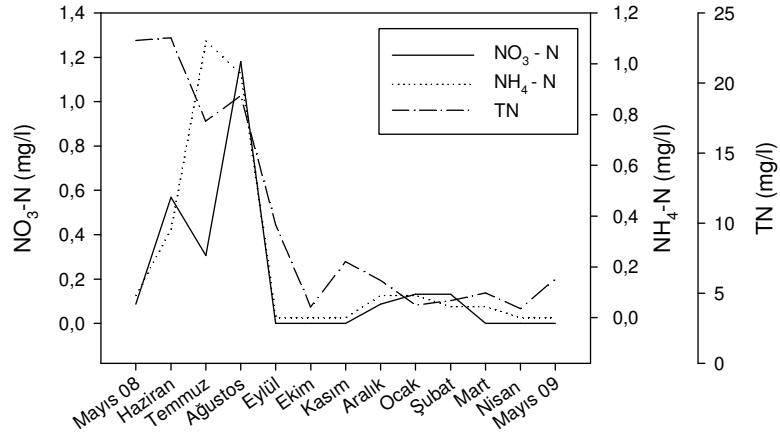


Şekil 6.8. Aylara Göre KOI-BOI-ÇO İlişkisi

Grafiklerde de görüldüğü üzere KOI ve BOI istasyonlara ve aylara göre paralel değişim gösterirken, çözülmüş oksijen bu parametreler ile ters orantılı olacak şekilde değişmektedir.

Çalışmamız kapsamında göldeki nütrient seviyelerini belirlemek amacıyla azot ve fosfor fraksiyonları üzerinde ölçümler yapılmıştır. Gölün trofik seviyesini belirlemede kullanılan temel parametrelerden biri olan toplam azot (TN) başta olmak üzere, amonyum azotu (NH₄-N) ve nitrat azotu (NO₃-N) parametreleri ölçülmüştür. TN

parametresine ait ortalama en yüksek ölçüm 23,23 mg/l olarak Haziran ayında, en düşük ölçüm 3,89 mg/l olarak Nisan ayında ölçülmüştür. Yaz döneminde TN değerlerinin yüksekliği beklenen bir gelişmedir. Çünkü göldeki azotun temel kaynağı olan tarımsal faaliyetler bu dönem içerisinde hız kazanmaktadır. Aynı zamanda bu dönemde sedimentten suya ciddi miktarlarda azot yükünün geldiği de düşünülebilir. $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresine ait ortalama en yüksek değer 1,09 mg/l ile Temmuz ayında ölçülmüştür. Eylül, Ekim, Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında gölde $\text{NH}_4\text{-N}$ görülmemiştir (0 mg/l). $\text{NO}_3\text{-N}$ azotuna ait ortalama en yüksek değer 1,181 mg/l ile Ağustos ayında ölçülmüştür. Eylül, Ekim, Kasım, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ise göl içerisinde $\text{NO}_3\text{-N}$ azotuna rastlanmamıştır. Azot formlarının göl içerisinde yıllık ortalama değişimleri Şekil 6.9. da verilmiştir.

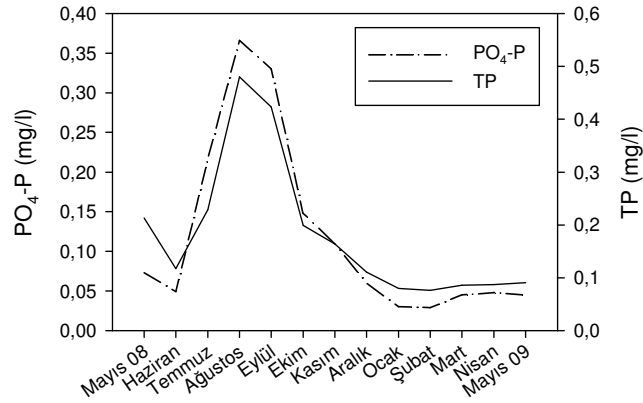


Şekil 6.9. Azot Formları

Gölde genel olarak amonyum azotu konsantrasyonunun yüksek olması göl çevresindeki yerleşim yerlerinden ve tarım arazilerinden evsel veya tarımsal kökenli bir bulaşmanın olduğunu düşündürmektedir.

Göldeki nutrient seviyesini belirlemek amacıyla izlenen bir diğer önemli parametre fosfordur. Göldeki fosfor durumunu belirlemek amacıyla toplam fosfor (TP) ve fosfat fosforu ($\text{PO}_4\text{-P}$) ölçümleri yapılmıştır. TP parametresi için ortalama en yüksek

değerler 0,48 mg/l olarak Ağustos ayında ölçülmüştür. Buna karşılık ortalama en düşük ölçüm sonucu Şubat ayında 0,076 mg/l olarak ölçülmüştür. TP değerleri de tıpkı TN değerleri gibi yaz döneminde en yüksek seviyelere ulaşırken, yağışların artış gösterdiği kış aylarında minimum değerlerine gerilemiştir. TP parametresinin yaz döneminde tüm istasyonlarda yüksek değerlerde ölçülmesinin sebepleri, su seviyesi ile olan ilişkisinin yanında, düşük göl hacmine yüksek konsantrasyonlarda gelen fosfor yükleri ve sedimentten suya gerçekleşen yükler olabilir. Yine yaz aylarında artan tarım faaliyetlerinin de konsantrasyonların artışında etkili olması muhtemeldir. Uluabat Gölü'nde ölçülen fosfat fosforu konsantrasyonları genel olarak çok yüksek seviyelerde değildir. Ancak yaz aylarında fosfat fosforu konsantrasyonunun diğer aylara göre oldukça yüksek (0,366 mg/l) olduğu gözlenmiştir. Bu durum Şekil 6.10 da gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Fosfor Formları

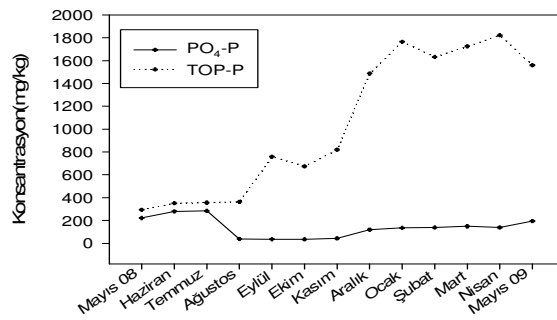
Grafikte de görüldüğü üzere fosfor formları özellikle yaz aylarında maksimum seviyelere ulaşmıştır.

Sulardaki fosfat fosforu konsantrasyonları genellikle göl çevresindeki tarım arazilerinin gübrenmesinden sonra artmaktadır. Ayrıca arıtma tesisleri ve kanalizasyon suları yoluyla suya fosfat geçişi olabilmektedir (Elmanama 2006). Öte

yandan sıcaklığın artışı ile birlikte göl sedimentinden suya fosfor geçişi sudaki fosfat konsantrasyonunu arttırabilmektedir (Polatsü ve Topçu 2006).

Yüzeysel sularda azot ve fosfor yüklerinin artması ötrofikasyon kontrolünün yanı sıra mikrobiyal çoğalma açısından da önem taşımaktadır. Mikrobiyal değişimler, alg ve diğer su bitkilerinin artışı su kalitesinin bozulmasına neden olmakla birlikte suyun balıkçılık, endüstri ve rekreasyonel amaçlı kullanımını da sınırlamaktadır (Davis 2005).

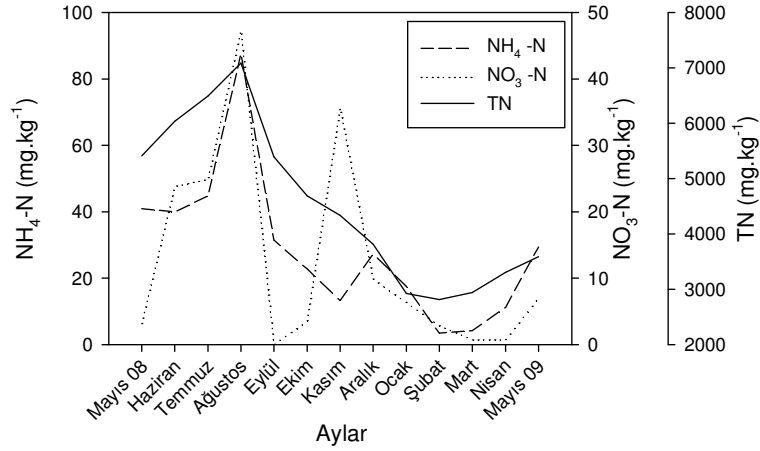
Çalışmamız kapsamında, sediment numuneleri üzerinde, amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), toplam azot (TN), fosfat fosforu ($\text{PO}_4\text{-P}$) ve toplam fosfor (TP) ölçümleri yapılmıştır. Değerler incelendiğinde sedimentteki değerlerin istasyonlar ve mevsimler bazında değişimler gösterdiği görülmektedir. İstasyonlar bazında ölçülen farklı değerlerin sebebi, ölçüm yapılan istasyonların sediment yapısının farklılığından olabileceği gibi, bu istasyonlardaki su hareketleri arasındaki farklılıklar da olabilir. Ölçümler sonucu en yüksek toplam fosfor değeri 1822,4 mg/kg olarak Nisan ayında ölçülmüş, en düşük değer ise 350,6 mg/kg olarak Haziran ayında ölçülmüştür. Yaz mevsiminin gelişi ile birlikte sedimentteki fosfor konsantrasyonu hızla düşmektedir. Bu düşüş ta ki Kasım ayına kadar devam etmektedir. Bu düşüşün sebebi havaların ısınması ile birlikte düşen oksijen konsantrasyonu sonucu sedimentteki fosforun hızla göl suyuna geçmesidir. $\text{PO}_4\text{-P}$ değeri ise en yüksek Temmuz ayında 282,8 mg/kg, en düşük Ekim ayında 34,86 mg/kg olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.11.Sedimentte Fosfor Formları

Grafikte de görüldüğü üzere yaz aylarında düşük olan fosfat ve toplam fosfor değerleri kış aylarından itibaren artış göstermektedir.

Göl sedimentinde ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ Azotu Ağustos ayında $87,5 \text{ mg/kg}$ olarak en yüksek değere ulaşmış, en düşük değeri $3,5 \text{ mg/l}$ olup Şubat ayında gözlenmiştir. $\text{NO}_3\text{-N}$ parametresi Ağustos ayında ortalama $28,6 \text{ mg/kg}$ en yüksek değerinde, Mart ve Nisan aylarında $0,7 \text{ mg/kg}$ en düşük değerlerde tespit edilmiştir. Toplam azot (TN) ise Ağustos ayında $7087,5 \text{ mg/kg}$ en yüksek değerinde, $2817,5 \text{ mg/kg}$ Şubat ayında en düşük değerde ölçülmüştür.



Şekil 6.12.Sedimentte Azot Formları

Grafik de sedimentte bulunan azot formlarının bir yıl boyunca aylara göre göldeki dağılımı verilmiştir.

Ayrıca göl sedimentinde pH, iletkenlik, nem içeriği ve organik madde içeriği ölçülmüştür. Sedimentte su muhtevası olarak da nitelendirilen nem içeriği yaz aylarında oldukça düşük, kış aylarında ise artan değerler gözlenmiştir. En yüksek nem içeriği Kasım ayında %38,2, en düşük ise Temmuz ayında %16,2 olarak tespit edilmiştir.

Sedimentteki organik madde içeriği aylar ve istasyonlar bazında incelendiğinde çok büyük değişimlerin olmadığı gözlenmiştir. En yüksek organik madde içeriği Haziran ayında %4,35, en düşük Şubat ayında %3,19 olarak ölçülmüştür.

Göllerde, suda ve sedimentte yapılan ağır metal ölçümleri, kimyasalların davranışlarını ve çevreye olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu bilgiler, göl ortamına kimyasalların girişini, biyolojik birikimlerini kontrol etmek ve yönetmek için iyi bir araç olmaktadır (Fernandez 2000).

Ağır metal kirliliğinin sucul organizmalar üzerinde gösterdiği direkt etki, besin zinciri yoluyla dolaylı olarak insanlara kadar ulaşmaktadır. Bu nedenle Uluabat Gölü çevresindeki tarımsal ve endüstriyel gelişmeye bağlı olarak meydana gelebilecek potansiyel ağır metal kirliliğinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında önceki bölümlerde belirtildiği gibi on farklı ağır metalin konsantrasyonları suda çözülmüş halde ve sedimentte ölçülmüştür.

Ağır metaller, bileşik oluşturabilmekte, iyon değişimine, çökelmeye ve biyolojik proseslere uğramaktadırlar. Su kolonunun fizikokimyasal özelliklerinin değişmesiyle birlikte ağır metaller sediment içerisinde sürekli sabit kalmaz, su kolonuna geçmektedirler (Landajo 2004). Bu nedenle, göllerdeki konsantrasyonlarını çeşitli parametreler etkilemektedir. Örneğin,

Yağış miktarı sudaki ve sedimentteki ağır metal seviyesini etkilemektedir. Bunun sebebi, sudaki askıda katı maddeyi ve dolayısıyla partikül metal seviyesini etkilemesidir. Sedimentin dane büyüklüğü ve organik madde içeriği de yağıştan etkilenmektedir. Yağmurdan önce alınan sediment örneklerinin kumlu, sonra alınan örneklerinse daha çamur kıvamında olduğu yani daha ince dane boyutunda olduğu görülmüştür (Mil-Homens 2006).

Nguyen ve Cuong yaptıkları araştırmalarında, göllerin bazı bölgelerinde, ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olduğunu görmüştür. Bunun sebebinin kirletici kaynakların yakınlığı veya aktivitelerin yoğunluğu olduğu düşünülmüştür. Organik madde miktarı ile sedimentte bulunan % kil, silt ve mil miktarı çözülmüş, partikül ve

sedimentte bulunan ağır metal miktarlarını etkilemektedir. Metallerin taşınmasında, biyokimyasal prosesler etkili olmaktadır. Canlıların ölmeleri, bozunmaları ve dışıkları ile ağır metal miktarı artabilmektedir (Nguyen 2005 ve Cuong 2008).

Numune alınan noktaların derinliği de ağır metallerin sudaki konsantrasyonlarını ve bulunuş biçimlerini etkileyen diğer bir parametredir. Yapılan bir çalışmada, çözülmüş ve askıdaki metal konsantrasyonlarının derinlik profiline sahip olduğu, yüzey suyunda en düşük dip suyunda ise en yüksek seviyede bulunduğu görülmüştür. Derinlik, askıdaki maddelerin çökmesi için uygun ortam oluşturur ve ağır metallerin başta fitoplanktonlar olmak üzere diğer canlılar tarafından bünyeye alınmalarına sebep olur, bu durumda sudaki ağır metal konsantrasyonunu değiştirir (Cuong 2008).

Meteorolojik koşullar, sığ göllerde ağır metal dağılımı için önemlidir. Özellikle rüzgar hızı, sıcaklık ve yağmur miktarı ağır metal konsantrasyonlarını etkilemektedir. Daha önce, havada belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının sonuçları ile sudaki konsantrasyonların sonuçları birlikte değerlendirilerek hava-su arasındaki ağır metal hareketleri incelenebilmektedir, aynı durum su-sediment kesiti içinde değerlendirilmelidir (Nguyen 2005).

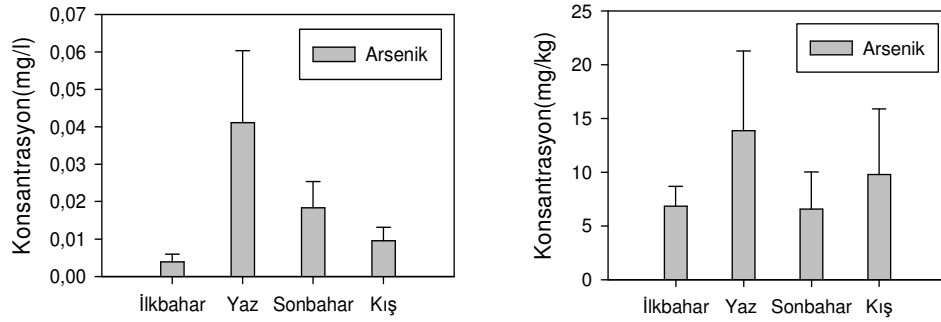
Evsel ve endüstriyel atıksuların yanı sıra, madencilik ve bölgeye ait jeokimyasal yapı ağır metal konsantrasyonlarını etkilemektedir. Özellikle bölgede bor minerali işleten tesisler varlığı, havzada bu metalin yüksek konsantrasyonlarda görülmesine neden olmaktadır. Ayrıca demir ve mangan konsantrasyonlarının yüksek oluşu, gölün bulunduğu bölgenin jeolojik özelliklerinden kaynaklandığını göstermektedir.

Uluabat Gölü'nde çözülmüş formda ve sedimentte bulunan ağır metaller incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir, ağır metal birikimi su örneklerinde B>Fe>Zn>Cr>Pb>Ni>As>Cu>Mn>Cd; sediment örneklerinde ise Fe>Mn>Ni>B>Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd şeklinde gözlenmiştir.

Arseniğin istasyonlara ve aylara göre değişimi önceki bölümlerde verilmiştir. Çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0182 \pm 0,0176$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan As konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $9,2581 \pm$

5,9065 mg/kg olarak bulunmuştur. Uluabat Gölü'ndeki bir diğer araştırmada ise As konsantrasyonunun 12-15 µg/l arasında değiştiği ve bunun MKemalpaşa çayından kaynaklandığı bildirilmiştir (Torunoğlu 1989).

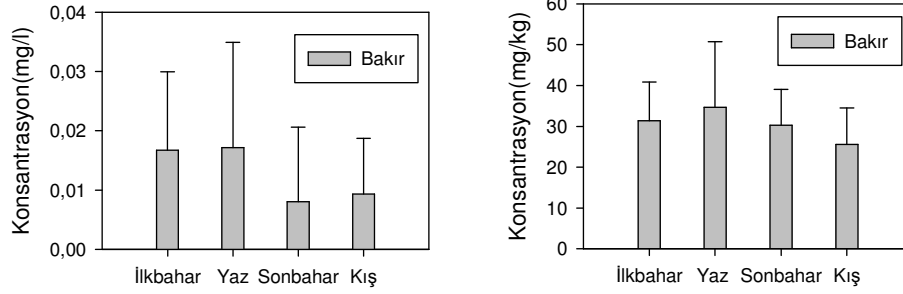
Sudaki ve sedimentteki arsenik konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.13. Arsenik Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü üzere özellikle yaz mevsiminde arsenik konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. Uluabat Gölü'nde genel olarak su ve sediment örneklerinde bahar ve kış aylarında bazı ağır metal (Cd, B, Zn, Cu) konsantrasyonlarının yüksek oluşunun akarsularla taşınan kirlilik yükünden kaynaklandığı, yaz aylarında bazı ağır metal (As, Ni, Cr, Pb) konsantrasyonlarının yüksek oluşunun da göldeki su seviyesinin azalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

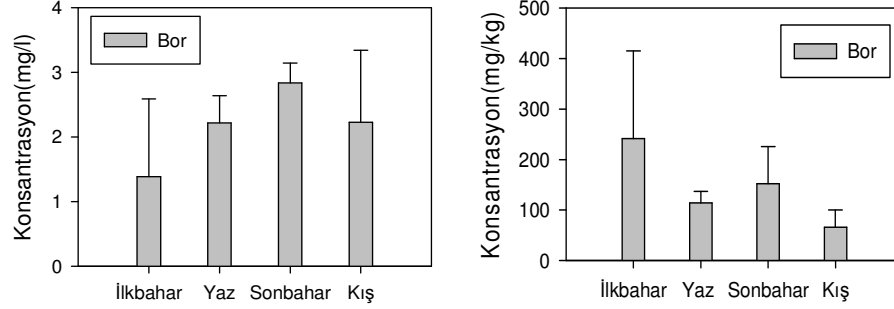
Bakırın çözünmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0128 \pm 0,0141$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan Cu konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $30,4620 \pm 11,5228$ mg/kg olarak bulunmuştur. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.14. Bakır Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü üzere özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde bakır konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. Sonbahar ve kış mevsimlerindeki düşüş ise sıcaklık ve yağış parametrelerinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Özellikle yağışlı dönemlerde meydana gelen seyrelmenin etkisi ile de bakır konsantrasyonunun azalmış olduğu düşünülmektedir.

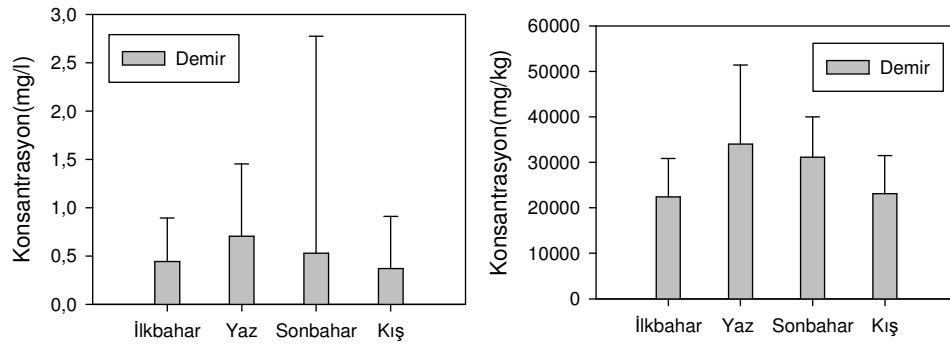
Borun çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $2,1668 \pm 0,9964$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan B konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $143,5631 \pm 114,55$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözülmüş formda bor konsantrasyonu en yüksek Kasım ayında 3,025 mg/l, en düşük 0,7896 mg/l ile Mart ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Nisan ayında 409,44 mg/kg, en düşük ise Şubat ayında 21,89 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Uluabat Gölü'ndeki bir diğer araştırmada ise sudaki B konsantrasyonunun $0,9592 \pm 0,03$ mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Elmacı 2007). Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.15. Bor Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü üzere sudaki bor konsantrasyonu sonbahar mevsiminde, sedimentte ise ilkbahar mevsiminde yüksek olduğu görülmektedir. Bu dönemdeki yüksek kirlilik yükünün akıntılar yoluyla geldiği düşünülmüştür (Elmacı 2007).

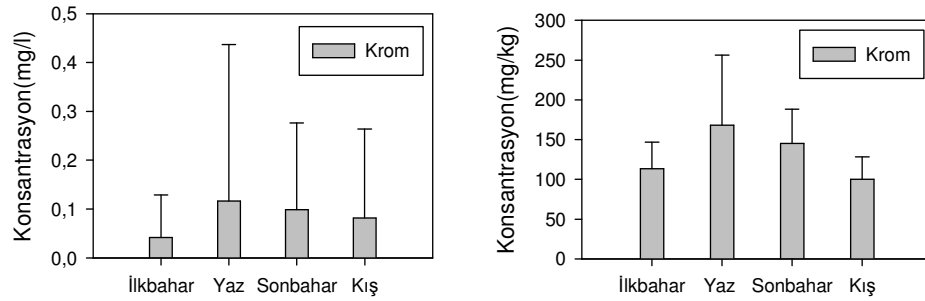
Demirin çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,5116 \pm 1,2313$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan demir konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $27664,1972 \pm 12317,1877$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözülmüş formda demir konsantrasyonu en yüksek Eylül ayında 1,202 mg/l, en düşük 0,13 mg/l ile Ekim ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ağustos ayında 57401,16 mg/kg, en düşük ise 2009 Mayıs ayında 11593,16 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.16. Demir Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü üzere sudaki ve sedimentteki demir konsantrasyonlarının özellikle yaz mevsiminde yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Eylül ayında göl içerisinde 8.istasyonda (15,7298 mg/l) ölçülen demir konsantrasyonu izleme sürecinde ölçülen en yüksek demir konsantrasyonudur, bu durum göle o dönemde yüksek miktarda demir girişinin olduğunu düşündürmektedir.

Kromun çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0848 \pm 0,2092$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan krom konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $131,6276 \pm 59,2069$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözülmüş formda krom konsantrasyonu en yüksek Kasım ayında 0,22 mg/l, en düşük 0,0201 mg/l ile 2009 Mayıs ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ağustos ayında 286,47 mg/kg, en düşük ise 2009 Mayıs ayında 69,92 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.

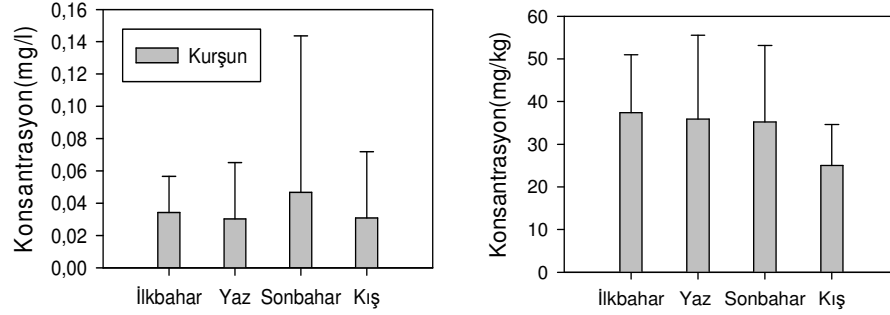


Şekil 6.17. Krom Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi krom konsantrasyonu özellikle yaz mevsiminde yüksek bulunmuştur. Uluabat Gölü'ndeki bir diğer araştırmada ise sudaki Cr konsantrasyonunun $0,021 \pm 0,024$ mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Elmacı 2007).

Kurşunun çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0355 \pm 0,0567$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan kurşun konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $33,3769 \pm 16,21583$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözülmüş formda kurşun konsantrasyonu en yüksek Eylül ayında 0,095 mg/l, en düşük 0,019 mg/l ile Kasım

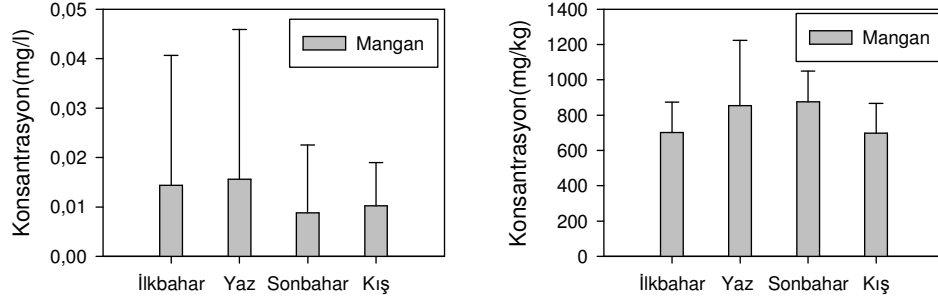
ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ağustos ayında 61,136 mg/kg, en düşük ise Aralık ayında 16,617 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.18. Kurşun Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi kurşun konsantrasyonunun suda ve sedimentte özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Uluabat Gölü'ndeki bir diğer araştırmada ise sudaki Pb konsantrasyonunun $0,025 \pm 0,003$ mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Elmacı 2007).

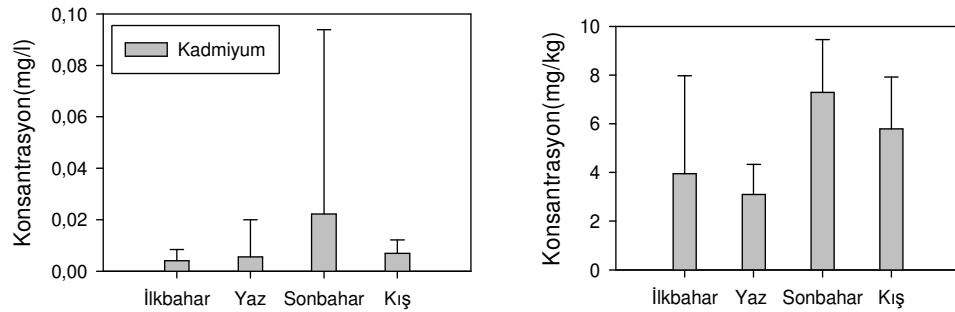
Manganın çözünmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0123 \pm 0,0217$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan mangan konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $781,9467 \pm 248,2939$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözünmüş formda mangan konsantrasyonu en yüksek Mart ayında 0,0215 mg/l, en düşük 0,0057 mg/l ile Kasım ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ağustos ayında 1318,21 mg/kg, en düşük ise 2009 Mayıs ayında 480,64 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.19. Mangan Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi mangan konsantrasyonunun suda yaz mevsiminde, sedimentte ise sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

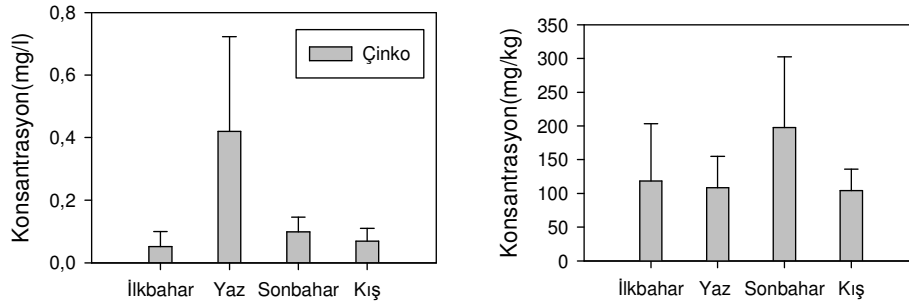
Kadmiyumun çözülmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0097 \pm 0,0371$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan kadmiyum konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $5,0377 \pm 3,0339$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözülmüş formda kadmiyum konsantrasyonu en yüksek Eylül ayında 0,0512 mg/l, en düşük 0,0011 mg/l ile 2009 Mayıs ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ekim ayında 9,489 mg/kg, en düşük ise Nisan ayında 1,145 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.20. Kadmiyum Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi kadmiyum konsantrasyonunun suda ve sedimentte özellikle sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bir yıllık izleme sürecinde göl içerisinde 1.istasyonda Eylül ayında en yüksek kadmiyum değeri ölçülmüştür (yüzeyde 0,3353 mg/l, dipte 0,3845 mg/l). Uluabat Gölü'ndeki bir diğer araştırmada ise sudaki Cd konsantrasyonunun $0,04 \pm 0,02$ mg/l arasında değiştiği belirtilmiştir (Elmacı 2007).

Çinkonun çözünmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,1595 \pm 0,2169$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan çinko konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $132,2166 \pm 81,4116$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözünmüş formda çinko konsantrasyonu en yüksek Ağustos ayında 0,672 mg/l, en düşük 0,0171 mg/l ile 2009 Mayıs ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Ekim ayında 312,45 mg/kg, en düşük ise 2009 Mayıs ayında 35,173 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.

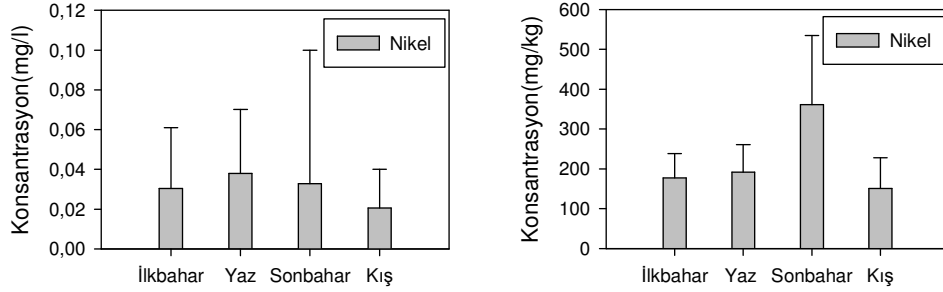


Şekil 6.21. Çinko Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi çinko konsantrasyonunun suda yaz mevsiminde ve sedimentte sonbahar mevsiminde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Nikel çözünmüş formda göl ortalamasına bakıldığında $0,0304 \pm 0,0416$ mg/l olduğu tespit edilmiştir. Sedimentte bulunan nikel konsantrasyonları incelendiğinde ortalama $220,0328 \pm 133,0790$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çözünmüş formda nikel konsantrasyonu en yüksek Haziran ayında 0,0658 mg/l, en düşük 0,01002 mg/l ile Şubat

ayında ölçülmüştür. Sedimentte ise en yüksek Kasım ayında 507,62 mg/kg, en düşük ise 2009 Mayıs ayında 94,55 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu metalin mevsimsel değişimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.22. Nikel Konsantrasyonunun Suda ve Sedimentte Mevsimsel Değişimi

Grafiklerde de görüldüğü gibi nikel konsantrasyonunun suda yaz mevsiminde en yüksek, kış mevsiminde en düşük ve sedimentte özellikle sonbahar mevsiminde yüksek olduğu bulunmuştur.

Genel olarak çözülmüş haldeki ağır metallerin istasyonlara göre dağılımı homojen olsa da, 1. istasyon bu durum dışındadır. Çünkü Uluabat pompa istasyonu, diğer pompa istasyonları içerisinde en yüksek debiye ve kirlilik yüküne sahiptir. Bu pompa istasyonu göl içerisindeki 1.istasyona oldukça yakındır. Bu nedenle bu bölgede ağır metal kirliliği göl geneline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Uluabat Gölü'ne geniş bir drenaj havzasından su, sediment ve kirlenici girişi olmaktadır. Olası ağır metal kaynakları şu şekilde sınıflandırılabilir, toprak erozyonu ve göle gelen toprak partikülleri, madencilik ve diğer endüstriyel aktiviteler, tarımsal faaliyetler, civar köylerden ve kentlerden atık bertarafı (Kazancı 2004). Göl havzadan akıntılar ile gelen kanalizasyon sularına, tarımsal sulara, evsel ve endüstriyel atık sulara maruz kalmıştır. Özellikle analiz sonuçlarına göre Mustafa Kemal Paşa Çayı'nın göle yüksek miktarda kirlilik yükü taşıdığı görülmüştür (Filik 2007). Mustafa Kemal Paşa Çayı ile kolları olan Orhaneli ve Emet Çayları da göle kirlilik taşıyan en önemli

kaynaklardır (Elmacı 2007). Göl etrafında pek çok kirletici kaynak mevcut olup, göle direk deşarj yapıldığı bilinen Uluabat, Akçalar, Atabay ve Karaoğlan pompa istasyonları üzerinde de izleme sürecinde ölçümler yapılmış ve bu sonuçlar önceki bölümde verilmiştir.

Su-sediment ara kesitinde ya da su kolonunda metaller kolaylıkla taşınabilir ve buradan besin zinciri yoluyla tüm yaşayan canlılara ulaşırlar. Bazı iz elementler, Cu, Mn, Zn ve Fe gibi, tüm canlılar için çok düşük konsantrasyonlarda gerekli iken yüksek konsantrasyonları toksik tehlikeler oluştururlar. Bu metallerin birçoğu doğal olarak deniz suyunda veya göl sularında bulunabilir, çünkü bu sulardaki temel kirlilik nedeni insan aktiviteleridir (Barlas 2005).

Gölde sediment örneklerindeki ağır metal içeriği sudaki ağır metal içeriğine göre daha yüksek bulunmuştur (Barlas 2005, Elmacı 2007).

Chale'nin Tanganyika Gölü'nde yapmış olduğu çalışmada Mn, Zn, Pb, Cd ve Cu gibi metallerin suda oldukça düşük, sedimentte ise yüksek konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir (Chale 2002).

Kurşun ve kadmiyum konsantrasyonları Uluabat Göl sedimentinde özellikle yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum oldukça önemlidir, çünkü bu metaller besin zinciri yoluyla tüm canlılara ulaşır. Bu metallerin yüksek olması göl etrafında kirletici aktivitelerin var olduğunu gösterir. Evsel ve endüstriyel deşarjlar ile atmosferik birikim, yüksek kurşun ve çinko konsantrasyonlarının gözlenmesinde temel nedenlerdir (Barlas 2005).

Gölde ağır metallerin ve diğer kirleticilerin konsantrasyonları mevsimsel değişim gösterir, bu durum muhtemelen mevsimsel ağaç kesimi, çiftçilik, sel, fırtına ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Sedimentteki bazı ağır metal ve bor içeriği ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu metaller, bor hariç sedimentte az çok üniform bir dağılım göstermektedirler. Bölgede bor yataklarının mevcudiyeti, 4 m seviyelerinde keskin bir bor artışının olduğunu göstermiştir. Ağır metallerin, sedimentte bu şekilde üniform dağılımları, ancak maden atıklarının sediment kaynağı olması ile

mümkündür. Ayrıca göldeki beklenmedik ağır metal dağılımları su hareketleri ve hidrolojik koşullardan kaynaklanmaktadır. Özellikle mevsimsel rüzgarlar etki etmektedir (Kazancı 2004).

Ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve farklı koşullarda davranışları iyi bilinmektedir. Göllerde bu metallerin konsantrasyonları ve dağılımları, mineraloji, tane boyutu, organik madde, karbonat içeriği, asidite, tuzluluk ve pH gibi sediment karakteristiklerini önemli ölçüde etkiler. Dahası, sedimentin bu ilgili metaller ile birlikte tekrar süspansiyon haline gelmesi ve dağılımı, sığ göllerdeki yaygın rüzgar baskısının bir göstergesidir. Rüzgarlar, taşınım ve dağılım proseslerinde önemli rol oynarlar, özellikle su ve sediment yük deşarjının maksimal olduğu zaman ile kış ve ilkbaharda güçlü estiği dönemlerde. Ağır metaller ilişkili oldukları kil boyutundaki tanecikler ile göl dışına taşınabilirler. Bu çalışma neticesinde anlaşılmıştır ki, Uluabat Gölü'nde ağır metaller çok ince partiküllere bağlı halde ve sedimentte yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Ağır metallerin yüzey sedimentindeki oranı, dip sedimentin doygunluğu ile ilişkilidir. Dip sedimentinde ağır metal azalması, yüzey sedimentinin tekrar süspansiyon haline gelmesi ve taşınımı ile açıklanabilir. Göl suyu ve yüzey sedimenti arasındaki etkileşim ile ağır metallerin sedimentteki stratigrafisinden rüzgarlarda sorumludur (Kazancı 2004).

Göllerin su kalite ve ekosistem yapılarını, öncelikle fiziksel (ısı, ışık v.b), kimyasal (azotlu, fosfatlı bileşikler v.b) ve biyolojik besin zinciri ilişkileri belirler. Bir göl ekosisteminde besin zincirini şöyle özetleyebiliriz; ilk halkasını azot ve fosfat kullanarak fotosentez yapan fitoplanktonlar (tek hücreli bitki) oluşturur. Fitoplankton yiyen hayvansal planktonlar ise ikinci halkadır. Sonraki halka ise hayvansal-plankton yiyen otçul balıktır (sazan, kadife v.b). Besin zincirinin en üstünü de küçük balıklarla beslenen yırtıcı balıklar (turna, tatlı su levreği v.b.) oluşturur. Göllerde su içi bitkileri de çok önemlidir. Su içi bitkilerinin sağladıkları mekanizmalar (barınak sağlamaları, balıkların yumurtlama alanları olmaları, suların berrak durumda kalmalarını sağlamaları gibi), diğer organizmalara da yaşamlarına elverişli ortamların oluşmasına yardımcı olur. Sığ göllerdeki besin tuzlarındaki (özellikle fosfat ve azot) değişiklik besin zincirinin bozulmasına neden olur. Son yıllarda yüzey sularına özellikle tarımdan ulaşan

azot ve arıtılmamış evsel atıklarla ulaşan fosfat artmıştır. Azot ve fosfat girdisindeki bu artış, göllerde aşırı bitkisel-plankton üremesiyle suyu bulanıklaştırarak besin zinciri ilişkilerini bozar. Bu duruma ötrofikleşme (besin zinciri yıkımı) denir. Sığ göller ötrofikleşmeyle su içi bitkilerini kaybederek fitoplanktonun baskın olduğu bulanık su durumuna geçer. Ötrofikasyon sığ göllerin karşılaştığı en önemli tehlikelerdendir. Ötrofikleşme ile göl su berraklığı ve oksijeni azalır. Bu da besin zincirinin en üstündeki yırtıcı balıkların (turna gibi) çok azalmasına, bir alt gruptaki otçul balıkların (sazan, kadife v.b) da aşırı artmasına neden olur. Bir göldeki otçul balık miktarı yüksekse artan avlanma baskısından dolayı hayvansal-plankton azalacak bu da bitkisel-planktonu artıracaktır. Ötrofikasyonun temel nedenlerini işlenmemiş evsel atıkların, endüstriyel ve tarım kaynaklı atık suların (özellikle P artışı) doğrudan göle akıtılması, hidrolojilerindeki yanlış düzenlemeler, yabancı balık türlerinin göllere aşılması ve göllerin ticari amaçlı kullanılması (dip çamurunun kazılması, sazlıkların temizlenmesi) olarak sıralayabiliriz. Ötrofikasyonun kontrol edilmemesi sığ göllerde daha karmaşık sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Sığ göller, sistemde doğal olarak, zengin ve çeşitli su bitkilerinin baskın olduğu göllerdir. Bunlar çoğunlukla fitoplanktonların baskın olduğu bulanık suya dönüşmüşlerdir. Ötrofik göllerin iyileştirilmesindeki öncelikli konu, besin tuzlarınca, özellikle fosforca, zengin su girdilerinin uzaklaştırılması yolu ile göle dış kaynaklı fosfor ulaşımını engellemektir. Dış kaynaklı fosfor kontrolünü takip eden adım biyomanipülasyon, yani bentik ve planktivor balık stokunun azaltılması ve/veya piskivor balık stokunu artırmak için aşılama işlemidir. Bu yolla *Daphnia spp.* gibi büyük vücutlu otlayıcılar üzerindeki av baskısı azaldığı için bu otlayıcıların yoğunluğu ve fitoplankton üzerine uyguladıkları otlama baskısı artacağından, fitoplankton yoğunluğu (klorofil-a) azalır. Azalan fitoplankton yoğunluğu suda ışık geçirgenliğinin artmasına neden olur. Artan su içi ışık geçirgenliği göl kıyı bölgelerindeki fotosentetik su içi bitkilerinin tekrar büyümesine olanak sağlar. Aynı zamanda azalan bentik balık biokütlesi ve onların dip çamuru karıştırması askıda katı madde miktarının azalmasını da sağlar. Azalan klorofil-a ile birlikte suyun berraklığı artar (Beklioğlu 1999). Bu uygulama Ankara Eymir Gölü'nde uygulanmış olup, biyomanipülasyon 2000 Aralık da sona ermiştir. Bu süreçte gölde var olan kadife ve sazan stoklarının %45'i gölden çıkartılmıştır. Gölbaşı ilçesinin arıtılmamış evsel atıksuyu, yapılan bypass ile Eymir

Gözü'nün ayağına İmrahor deresine 1995 yılı itibariyle uzaklaştırılmıştır. Göldeki toplam fosfor (TP) yüklemesinde %88, çözülmüş inorganik azot (DIN) yüklemesinde %95'lik azalma sağlanmıştır (Beklioğlu 1999).

Özetle, sığ göllerde bitkilerin tekrar baskın olduğu koşulların sağlanması için gerekli genel stratejinin ne olduğunu söylemek mümkündür,

1. Restorasyon hedefinin ne olduğunu kararlaştırmak.
2. İleriye doğru (fitoplanktonun baskın olduğu) geçişlerin nedenini ortadan kaldırmak.
3. Besin tuzlarını kontrol etmek.
4. Biyomanipölasyon uygulamak.
5. Gerekliyse ortama bitki aşılmak ve korumak.
6. Ortama uygun bir balık topluluğunu yeniden aşılmak.
7. Sonuçları izlemek (Beklioğlu 1999, Hosper 1997).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su kalitesinin belirlenmesi insanların, diğer canlıların sağlıklarının ve ekolojik dengenin korunması açısından çok önemlidir. İnsan aktiviteleri sonucunda suda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler su kaynaklarını kullanılamaz hale getirmektedir. Uluabat Gölü endüstriyel ve tarımsal aktiviteler nedeniyle kirlenmeye maruz bırakılmıştır. Uluabat Gölü su ve sediment kalitesinin fizikokimyasal parametreler ve ağır metal konsantrasyonları açısından değerlendirilmesi bu çalışmanın başlıca amacını oluşturmuştur. Uluabat Gölü suyunun fiziko-kimyasal özelliklerinin incelenmesi sonucunda, parametrelerin mevsimsel olarak değişiklik gösterdiği görülmüştür. AKM, alkalinite, klorofil-a, sıcaklık, toplam azot ve toplam fosfor maksimum değerlerini yaz mevsiminde, minimum değerlerini ise kış mevsiminde almışlardır. Yaz ve kış arasındaki bu farklılık, yaz boyunca artan sıcaklık ve buharlaşma dolayısıyla konsantrasyonlarda artışa, kışın meydana gelen yağışlar ve havzadan gelen yüzeysel akışlar nedeni ile meydana gelen seyrelmelere bağlanmıştır. Çalışma süresince kış aylarında daha yüksek, yaz aylarında daha düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının belirlenmesi göl suyundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunu kontrol eden en önemli faktörün sıcaklık olduğunu göstermektedir. Yaz aylarında atık su deşarjlarına bağlı olarak artış gösteren organik madde konsantrasyonu ve bakteri sayılarının da göldeki çözülmüş oksijen seviyesinin azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında önceki bölümlerde belirtildiği gibi on farklı ağır metalin konsantrasyonları suda çözülmüş halde ve sedimentte ölçülmüştür. Suda çözülmüş haldeki ağır metallerin konsantrasyonları, genel olarak düşük bulunmuştur. Özellikle, yağışlı dönemlerde çözülmüş metal konsantrasyonlarının akarsudaki ve göldeki konsantrasyonları azalmıştır. Bunun sebebinin gölde gerçekleşen yatay karışma (hidrodinamik hareketler) ve dip sedimenti ile olan karışma olduğu görülmüştür. Çözülmüş metallerin partikül maddelere tutunması, konsantrasyonları azaltmıştır. Bunun sebebi inorganik ve organik maddelerle gerçekleşen adsorbsiyon olayıdır. Ayrıca, sedimentte bulunan ağır metal türleri, su kolonunda bulunan ve balıklardaki birikim açısından bir risk oluşturmaktadır. Değerlerin yağışlı ve kurak dönemdeki

değişme aralıkları önemlidir. Yapılan çalışmalarda sedimentte elde edilen sonuçlar, Ulusal Okyanus ve Hava Kurumu (NOAA) sediment kalitesi kriterleri ile karşılaştırılmıştır.

Uluabat Gölü'nde çözülmüş formda ve sedimentte bulunan ağır metaller incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmiştir, ağır metal birikimi su örneklerinde $B > Fe > Zn > Cr > Pb > Ni > As > Cu > Mn > Cd$; sediment örneklerinde ise $Fe > Mn > Ni > B > Zn > Cr > Pb > Cu > As > Cd$ şeklinde gözlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında bize ihtiyaç duyduğumuz araçları sağlayan CBS uygulamalarından faydalanılmıştır. Bu çalışma sayesinde hem parametrelerin göl içerisindeki konsantrasyon dağılımları elde edilmiş hem de gölde nasıl bir dağılım gösterdikleri ortaya konulmuştur. Bu sayede parametreler bazında gölün hangi bölgelerinin daha fazla baskı altında olduğu ve bunun nedenlerinin neler olabileceği hakkındaki yorumlara da yer verilmiştir. CBS uygulamalarının son ayağında elde edilen tüm dağılım haritaları çakıştırılmış ve sonuçta çok parametrelili bir değerlendirilmenin yapıldığı sonuç haritaları elde edilmiştir. Bu haritalara göre gölün genel durumu standartlar ile kıyaslandığında, Uluabat Gölü'nün su kalitesi açısından SKKY' ne göre 4. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Sediment kalitesi açısından ise NOAA' ya göre tüm ağır metal verilerinin yüksek etki eşliğinin üzerinde olduğu görülmüştür.

GIS uygulamalarından yararlanılarak yapılan bu çalışmada bir diğer amaç da, göldeki kirlilik dağılımlarının mevsimsel olarak nasıl bir değişiklik gösterdiğinin ortaya konulması olmuştur. Özellikle yaz döneminde gölün doğu ve batı ucunda (Akçalar Deresi ve Uluabat Pompa İstasyonu) kirlilik seviyesinin diğer bölgelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızda gölün batı ucunu 1. istasyon temsil etmektedir ki, bu bölge gölün çıkış ağzı civarlarındadır. Uluabat Gölü ile ilgili literatürde de sıkça sözü edilen, yaz döneminde göl su seviyesinin düşmesi ile gölün çıkışının gerçekleştiği Gölayağı'ndan geri dönüşlerin, bu dönem içerisinde de devam ettiği sonucuna varılmaktadır. Yaz döneminde bu bölgede tespit edilen yüksek konsantrasyon değerleri bu olayı açıkça göstermektedir.

Kirlilik dağılımının diğer bölgelerden daha yüksek seviyelerde gerçekleştiği bir diğer bölgede gölün doğu ucundaki Akçalar deresidir. Bu bölgede özellikle klorofil-a parametresi oldukça yüksek bulunmuştur. Çünkü yaz döneminde bu bölgeyi temsil eden 8. istasyon civarında ölçülen klorofil-a konsantrasyonları diğer bölgelerde ölçülen değerlerin çok üzerinde olduğu ortadadır. Bu bölgede gerçekleşen bu alg patlamasının en önemli nedenleri bölgenin giriş çıkış hareketlerine uzak durgun bir bölge olması ve çevresinde yerleşim yerleri ile sanayi kuruluşlarını barındırıyor olmasıdır. Bu bölge etrafında yer alan yerleşim bölgeleri ve sanayi kuruluşlarından göle direk deşarjların olduğu bilinmektedir.

Yapılan tüm bu çalışmalarla, Uluabat Gölü'nün kirlilik düzeyi hem genel, hem bölgesel ve hem de mevsimsel sonuçları ortaya konulmuştur. Ortaya çıkarılan bu sonuçlardan sonra Uluabat Gölü'nde alınacak önlemler ve yapılabilecek iyileştirmeler hakkında önerilerde ve yorumlarda bulunmak daha kolay olacaktır.

Göllerimizin suyunun artırılmasının maliyeti yüksek olduğu gibi, çok amaçlı kullanılması için ıslah edilmesinin de bilgi, deneyim ve teknoloji gerektirdiğini, zaman alıcı ve maliyetinin de yüksek olduğunu biliyoruz. Fakat gölü ve havzasını çeşitli amaçlarla kullananların ve toplumumuzun yaşamsal ve sosyo-ekonomik bakımdan göle ihtiyacı vardır. Bu da bizi ya yeni bir su kaynağı bulmak ya da bu gölü ıslah etmek zorunluluğu ile karşı karşıya getirmektedir. Ekolojik ve ekonomik bakımdan en yararlı ve uygun olanı ise göllerin kullanım amaçlarına göre seçilecek en uygun teknik yöntemlerle ıslah edilmesidir. Fakat ıslah edilmesi gerekli ve önemli olduğu kadar, ıslah sonrası da bu gölün zamanla çevresel etkenlere bağlı olarak tekrar bozulmaması için de sürekli olarak izlenmesi, kontrol altında tutulması ve korunması gerekmektedir.

Sonuç olarak Uluabat Gölü'nde ortaya çıkan tüm olumsuz koşulları ortadan kaldırmak için iyi bir yönetim planının kararlı bir şekilde uygulanması gereklidir. Bu yönetim planında öncelikler şu şekilde olmalıdır,

Uluabat Gölü, Marmara bölgesi içerisinde nüfus ve sanayi yoğunlaşmasının odaklandığı ve kirlenmenin diğer bölgelere göre oldukça yüksek düzeyde olduğu bir konumda yer almaktadır. Bu nedenle göl, yağış havzası ile bütün olarak ele alınmalı,

havzadaki noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar tespit edilmelidir. Göl çevresinde çok sayıda yerleşim yeri, fabrika ve işyeri bulunmaktadır. Bu yerleşim birimleri ve sanayi tesislerinden gelen atık sular çoğu zaman hiçbir arıtıma tabi tutulmadan doğrudan göle deşarj edilmektedir. Bu yüzden yerleşim bölgelerinden gelen evsel atık sular ile endüstriyel atık suların göle direk deşarjı önlenmeli ve arıtıldıktan sonra göle deşarj edilmelidir.

Mustafakemalpaşa ve Tavşanlı ilçeleri ile Akçalar Beldesi ve göle yakın olan köylere ait kanalizasyon atık sularının derhal arıtılması gerekmektedir. Bu yerleşim yerleri için arıtma tesisi kurulmasından ziyade doğal arıtma yöntemleri ile arıtım yapılmasının daha etkili olabileceği düşünülmüştür. Çevre kirliliği ile mücadele etmek ve toplumların hayat kalitesini iyileştirmek amacıyla pahalı teknikler ve prosesler yerine, doğadaki mevcut biyolojik sistemlerin kullanılabilmesi düşüncesi son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Dolayısıyla, bugüne kadar faydasız ya da zararlı olarak nitelendirilen bazı bitkisel ve hayvansal canlı sistemlerle yeni kullanım alanları oluşturulmuştur. Bu canlı biyolojik sistemlerin organik maddeleri büyük bir hızla absorblayıp, nitrat, fosfat ve ağır metalleri uzaklaştırabilme yeteneklerinin olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca biyolojik materyallerden elde edilen bazı organik maddelerin de atık suların arıtılmasında göz ardı edilemeyecek bir etkinliğe sahip oldukları bilinmektedir. Bu yerleşim yerleri için doğal arıtma yöntemlerinden yapay sulak alanlar veya stabilizasyon havuzlarının uygun olacağı düşünülmüştür. Yapay sulak alanlar, özellikle arazinin bol, ucuz ve işletme için kalifiye teknik personelin az olabileceği kırsal bölgelerde, kompleks ve mekanik donanımcı hantal konvansiyonel arıtma sistemlerine göre, fizibil bir atık su arıtma yöntemi olarak son yıllarda artan oranlarda uygulanmaktadır. Yapay sulak alanlarda bulunan bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar, toprak bileşenleri ve atık sudaki kirleticiler arasında kompleks ve bütünleşmiş mekanizmalar mevcuttur. Yapay sulak alanlardan yüksek arıtma verimi sağlanabilmesi için sistemi oluşturan bu birimlerin ve ekolojilerinin iyi kavranması gereklidir. Yapay sulak alan sistemleri, inşası diğer arıtma alternatiflerinden daha ucuz, işletme ve bakım maliyeti daha az, debi değişimlerine toleranslı, besin tutma kapasitesi yüksek ve çamur üretimi yok denecek kadar az olan sistemlerdir. Bu sistemler paralel veya seri bağlı olarak oluşturulabilir ve elde edilen çıkış suyunun kalitesine göre

tarımsal sulama veya proses suyu olarak tekrar kullanımı söz konusu olabilir. Stabilizasyon havuzları ise basit olmaları ve işletim kolaylığından dolayı tercih edilmektedirler. Ancak bu sistemler ekipmansız çalıştıklarından dolayı, biyolojik aktivite yavaş ilerler. Bu nedenle uzun kalma zamanına ve geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemler arazinin bol ve ucuz, iklim koşullarının elverişli olduğu bölgelerde tercih sebebidir. Arıtım çökelme prensibi ile gerçekleşir. Atık su ile gelen ağır katılar direk dibe çöker, süspanse haldeki maddeler ise mikroorganizmalar vasıtası ile uzaklaştırılır. En önemli dezavantajları, koku ve haşere problemleridir. Bu nedenlerden ötürü Uluabat Gölü etrafındaki yerleşim yerleri için yapay sulak alan inşası önerilmektedir.

Gölde kirlenmenin düzeyinden söz ederken sadece Uluabat Gölü çevresini ele almak yanlış olacaktır. Çünkü gölü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı ve iki kolu Orhaneli ve Emet Çaylarında meydana gelen kirlilik doğrudan göle ulaşmaktadır. Uluabat Gölü ve Mustafakemalpaşa Çayı'nın etrafında çok sayıda yerleşim birimi ve sanayi tesisleri mevcuttur, buralardan göle yüksek oranlarda kirlilik girişi söz konusudur. Özellikle MKP Çayının göle yüksek oranda askıda katı madde taşıdığı bilinmektedir. Mustafakemalpaşa Çayı'ndaki askıda katı madde sorununun en büyük kaynağı çeşitli işletmelerden deşarj edilen atık sulardır. Ayrıca ölçülen yüksek askıdaki katıların kaynakları, doğal erozyon olayı ile Orhaneli Çayı üzerindeki Keles Linyitleri İşletmesi, Tunçbilek Kömür işletmesi, Tunçbilek Termik Santrali ve Emet Çayı üzerinde Emet Kolemanit (kirlenici olarak As ve B içermektedir) işletmeleri sayılabilir. Bu havzada erozyon en yoğun olarak Orhaneli – Büyükorhan arasında kalan yükseltide gerçekleşmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak bu bölgelerde erozyonun önlenmesi çalışmaları yürütülmelidir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar arazi kullanımı, toprak işleme yöntemleri ve teraslandırma esasına dayanmalıdır. Çünkü bu arazilerin, çıplak arazi, zayıf bitki örtüsü ve kuru tarım alanları ile kaplı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle erozyon kontrolü ile ilgili çalışmaların bu alanlarda arazi kontrolü ve toprak işlenmesi ıslahına yönelik faaliyetlerden oluşması gerekmektedir. Erozyon ile sediment taşınımı kontrol altına alındıktan sonra, MKP Çayı üzerinde askıda katı madde yükünü azaltmak için belirli noktalara seddeler inşa ederek hem gelen debi hem de askıda katı madde yükü kontrol altına alınabilir.

Göle katı atıkların boşaltılması önlenmelidir. Tarım alanlarından gelen yükler kontrol altına alınmalıdır. Bunun için en uygun yöntem, havza içerisinde gölü besleyen kollar etrafında ve göl çevresinde koruma bantları oluşturulmalıdır. Bu koruma bölgeleri içerisinde hiçbir faaliyete izin verilmemelidir. Ayrıca, havza içerisinde yeni kurulacak tesislerin, göl suyunun kalitesini ve miktarını etkilemeyecek şekilde denetlenerek kurulmasına izin verilmesi veya zarar vereceği düşünülen tesislerin kurulmaması gerekmektedir. Bu konuda ciddi önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kıyı korunmasına yönelik yasal düzenlemelerin uygulanması konusunda titizlik gösterilerek göl çevresindeki düzensiz ve plansız yapılaşma kontrol altına alınmalıdır. Gölün su seviyesi ekolojik dengeleri bozmayacak şekilde korunmalıdır. Tarımsal uygulamalarda kullanılan gübre ve zirai ilaçların kullanımları denetim altına alınarak, bu konuda da yasal düzenlemelerin getirilmesi gerekmektedir. Tarımdan kaynaklanan yayılı kaynakların denetlenebilmesi amacıyla, tarım topraklarında zirai ilaç kalıntılarının, ağır metallerin ve nutrientlerin sürekli olarak ölçülmesi gerekmektedir.

Ağır metallerin, iz elementlerin ve nutrientlerin sedimentten suya geçtiğinin tespit edilmiş olması nedeniyle Türkiye’de henüz mevcut olmayan sediment kirliliğinin kontrolüne yönelik sınır değerlerin geliştirilmesi ve su kalitesi ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, sediment kirliliğinin yoğun, toksik etki seviyesinin fazla olduğu bölgelerde sedimentin ıslah edilmesi (8. istasyon gibi) de yapılabilecek çalışmalardan biri olarak düşünülmüştür. Önemli olan etkili olabilecek sediment iyileştirme metodunun seçilmesidir. Bunun içinde çalışmaların öncelikle laboratuvar ortamında denenmesi ve uygun olan yöntemin belirlenmesi gerekmektedir.

Alınabilecek önlemler değerlendirildikten sonra, gölün iyileştirilmesine yönelik olarak çeşitli bitki türlerinin kullanılmasıyla ağır metal ve nutrientlerin azaltılması için laboratuvar ölçekli çalışmaların ve araştırmaların yapılması gerekir.

KAYNAKLAR

ABDEL BAKİ, T.E., A.E.HAGRAS, S.H. HASSAN ve M.A ZYADAH 1998. Environmental Impact Assessment of Pollution in Lake Manzala, I-Distribution of Some Heavy Metals in Water and Sediment, J. Egypt. Ger. Soc. Zool., Vol: 26(B), Pg: 25-38.

AJAY, P.S., C.S. PRAKASH ve S. PRASHANT 2008. Relationships of Heavy Metals in Natural Lake Waters with Physico-chemical Characteristics of Waters and Different Chemical Fractions of Metals in Sediments. Water, Air, & Soil Pollution. Vol: 188, Pg: 181-193.

AKBAŞ, F., A. ÜNLÜKARA, A. KURUNÇ, U. İPEK ve H. YILDIZ 2008. Tokat-Kazova'da Taban Suyu Gözlemlerinin CBS Yöntemleriyle Yapılması ve Yorumlanması. Sulama ve Tuzlanma Konferansı, 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa.

AKÇAY, H., A. OĞUZ ve C. KARAPİRE 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. Water Research, Vol: 37, Pg: 813-822.

AKDENİZ, S. 2005. Uluabat Gölü Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizi. Uludağ Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.

AKSOY, A., D. DEMİREZEN ve F. DUMAN, 2005. Bioaccumulation, Detection and Analysis of Heavy Metal Pollution in Sultan Marsh and Its Environment. Water, Air, and Soil Pollution Vol. 164: 241-255.

AKSOY, E. ve G. ÖZSOY 2002. Investigation of Multi-Temporal Land Use /Cover and Shoreline Changes of the Uluabat Lake RAMSAR Site Using RS and GIS. International Conference on Sustainable Land Use and Management. 10-13 June 2002, Çanakkale, Türkiye, Pg: 318-325.

AKSOY, E., M.A. ÇULLU ve H. ERGÜN 1997. Bursa İlinde Doğal Kaynaklardaki Olumsuz Değişmelerin Belirlenmesinde Uzaktan Algılama ve Coğrafik Bilgi Sistem Teknikleri Uygulamaları, TUFUAB III.Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri 16-18 Mayıs 1997. Uludağ, Bursa. Pg: 22-30.

ALBAY, M. ve R. AKÇAALAN 2007. Effects of water quality and hydrologic drivers on periphyton colonization on *Sparganium erectum* in two Turkish lakes with different mixing regimes. Environ Monit Assess Vol. 146: 171-181.

AN, Y.J. ve D.H. KAMPBELL 2003. Total, Dissolved, and Bioavailable Metals at Lake Texoma Marinas. Environ Pollution, Vol: 122, Pg: 253-9.

ANONİM. 1995. Su Ürünleri Yönetmeliği, 10 Mart 1995 Tarihli, 22223 Sayılı Resmi Gazete. <http://www.cevreorman.gov.tr/yasa>. Erişim Tarihi: 08.04.2009.

ANONİM. 1997. Anzecc (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council). Anzecc interim sediment quality guidelines. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist. Sydney, Australia.

ANONİM. 1998. Uluabat Gölü Üreyen Kuşlar Araştırması, Doğal Hayatı Koruma Derneği, Pg: 1-81, Ankara.

ANONİM. 1999. Environmental Protection Agency (EPA). An overview of Sediment Quality in the United States. EPA 905/9-88-002. Office of Water Regulations and Standards.

ANONİM. 1999. NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. Screening Quick Reference Tables (SquiRTs) <http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/squirt/squirt.html> Erişim Tarihi: 24.06.2009.

ANONİM. 2002. Sulak Alanların Yönetimi Projesi Uluabat Gölü Mustafa Kemal Paşa Çayı Sistemi. Sediment Birikimi Araştırma Alt Prpjesi. Hacettepe Üniversitesi. Uluslar arası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi. Beytepe, Ankara.

ANONİM. 2003a. Agency for Toxic Substance ve Disease Registry, Toxicological Profile for Heavy Metals U.S. Department of Health and Humans Services, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.

ANONİM. 2004. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete No: 25687, <http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687> Erişim Tarihi: 24.06.2009.

ANONİM. 2005c. <http://www.epa.gov>, Environmental Protection Agency (EPA).

ANONİM. 2006. Environmental Protection Agency (EPA). National Recommended Water Quality Criteria. Pg: 1-24.

AUDRY, S., J. SCHAFER, G. BLANC ve J.M. JOUANNEAU 2004. Fifty-Year Sedimentary Record of Heavy Metal Pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River Reservoirs (France). Environmental Pollution, Vol: 132, Pg: 413-426.

AYBERK, S. 2002. Çevre Mühendisliğinde Ekoloji Bilgisi, Kocaeli Üniversitesi Basımevi, İzmit, Türkiye, (2002) Pg: 72-74.

AYDINALP, C., E. A. FITZPATRICK ve M. S. CRESSER 2005. Heavy Metal Pollution in Some Soil and Water Resources of Bursa Province, Turkey. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Vol: 36, Pg: 1691–1716.

BAKAN, G. ve B. ŞENEL 2000. Samsun Mert Irmağı Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. Türk J Engin Environ Sci. Vol: 24 (2000) , Pg: 135-141.

- BAKAN, G., S. ARIMAN ve H. B. ÖZKOÇ 2003. Sediman Kalite İzleme ve Belirleme Çalışmalarında Uygulanan Metotlar. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.
- BALKAYA, N., B. ERDOĞRU, M. T. ERDOĞRU ve K. ULUSOY 2005. Sedimanların Yerinde Arıtım Yöntemleri. II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK 2005. Pg: 579-587.
- BARLAS, N., N. AKBULUT ve M. AYDOĞAN 2005. Assessment of Heavy Metal Residues in the Sediment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol: 74, Pg: 286-293.
- BARTOLOMEO, A. DE, L. POLETTI, G. SANCHINI, B. SEBASTIANI ve G. MOROZZI 2004. Relationship among parameters of lake polluted sediments evaluated by multivariate statistical analysis. Chemosphere 2004, Vol 55, Issue 10, June 2004, Pg 1323-1329.
- BAŞAR, H., S. GÜREL ve A.V. KATKAT 2004. İznik Gölü Havzasında Değişik Su Kaynaklarıyla Sulanan Toprakların Ağır Metal İçerikleri. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Dergisi Vol: 18(1), Pg: 93-104.
- BEKLİOĞLU, M. 1999. A review on the Control of Eutrophication in Deep and Shallow Lakes. Tr. J. of Zoology 23 (1999) 327–336 © TÜBİTAK.
- BEKLİOĞLU, M., S.L. BURNAK ve Ö. İNCE 2000. Benthic-Planktivorous Fish-Induced Low Water Quality of Lake Eymir Before Biomanipulation, Türk.J.Zool. 2004. Vol: 24, s: 315-326.
- BİLGEL, N. 2002. Uluabat Gölü, Uludağ Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Uludağ Üniversitesi Basımevi, ISBN 975-6958-60-X, 1-41, Bursa.
- BLASCO, J., V. SÁENZ ve A. GÓMEZ-PARRA 2000. Heavy Metal Fluxes at the Sediment-Water Interface of three Coastal Ecosystem from South-West of the Iberian Peninsula. The Science of the Total Environment. Vol: 247, Pg: 189-199.
- BOSTROM, B., J.M. ANDERSEN, S. FLEISCHER ve M. JANSSON 1988. Exchange of Phosphorus Across the Sediment-Water Interface, Hydrobiologia. Vol: 170, Pg: 229-244.
- BURLEY, K.L., E.E. PREPAS ve A.P. CHAMBERS 2001. Phosphorus Release from Sediments in Hard water Eutrophic Lakes: The Effects of Redox-Sensitive and Insensitive Chemical Treatments, Freshwater Biology. Vol: 46, Pg: 1061-1074.
- BURTON, G. ALLEN, JR. 2002. Sediment quality criteria in use around the world. Limnology 2002. Vol: 3, Pg: 65–75.

CARIGNAN, R. 1984. Sediment Geochemistry in a Eutrophic Lake Colonized by the Submersed Macrophyte. *Myriophyllum Spicatum*, Verh. Int. Ver. Limnol., Vol: 22, Pg: 355-370.

CATALDO, D., J.C. COLOMBO, D. BOLTOVSKOY, C. BILOS ve P. LANDONI 2001. Environmental Toxicity Assessment in the Paraná River Delta (Argentina): Simultaneous Evaluation of Selected Pollutants and Mortality Rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) Early Juveniles. *Environmental Pollution*, Vol: 112, Pg: 379-389.

CERCO, C.F. 1989. Measured and Modelled Effects of Temperature, Dissolved Oxygen and Nutrient Concentration on Sediment-Water Nutrient Exchange, *Hydrobiologia*. Vol: 174, Pg: 185-194.

CHALE, F. M. M. 2002. Trace Metal Concentrations in Water, Sediments and Fish Tissue From Lake Tanganyika. *Science of the Total Environment*. Vol: 299, Pg: 115-121.

CHENG, S. 2003. Heavy Metal Pollution in China: Origin, Pattern and Control. *Environ Sci Pollut Res Int.*, Vol:10 (3), Pg: 192-198.

CIFFROY, P., G. DURRIEU ve J.M. GARNIER 2009. Probabilistic Distribution Coefficients (Kds) in Freshwater for Radioisotopes of Ag, Am, Ba, Be, Ce, Co, Cs, I, Mn, Pu, Ra, Ru, Sb, Sr and Th İmplications for Uncertainty Analysis of Models Simulating the transport of Radionuclides in rivers. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol: 100, Pg: 785-794.

CUONG, D., S. KARUPPIAH ve J.P. OBbard 2008. Distribution Of Heavy Metals İn The Dissolved And Suspended Phase Of The Sea-Surface Microlayer, Seawater Column and in Sediments of Singapore's Coastal Environment. *Environ Monit Assess*. 138:255-272.

ÇELİK, G. 2000. Çevre Yönetiminde Ekolojik Risk Değerlendirilmesi ve Uluabat Ramsar Alanı İçin Problem Formülasyonu, Uludağ Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

DALKIRAN, N., D. KARACAOĞLU, Ş. DERE, E.ŞENTÜRK ve T. TORUNOĞLU. 2006. Factors affecting the current status of a eutrophic shallow lake (Lake Uluabat, Turkey): Relationships between Water Physical and Chemical Variables. *Chemistry and Ecology* Vol. 22, No. 4, 279-298.

DAVIS, K., M.A. ANDERSON ve M.V. YATES 2005. Distribution of İndicator Bacteria in Canyon Lake, California, *Water Research*. Vol: 39, Pg: 1277-1288.

DEMİR, A.O., E. AKSOY ve T. TORUNOĞLU 1998. Uluabat Gölü'nün Çevresel Sorunları ve Çözüm Önerileri. Bursa Büyükşehir Belediyesi Yerel Gündem 21 Genel Sekreterliği Uluabat Çalışma Grubu, 1-25, Bursa.

DUMAN, F., A. AKSOY ve D. DEMİREZEN 2007. Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey. *Environ Monit Assess.* Vol: 133, Pg: 277–283.

ELMACI, A., A. TEKSOY, F. OLCAY TOPAÇ, N. ÖZENGİN ve H. SAVAŞ BAŞKAYA 2008. Uluabat Gölünün Mikrobiyolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 13, Sayı 1, Pg: 93-103.

ELMACI, A., A. TEKSOY, F. OLCAY TOPAÇ, N. ÖZENGİN, S. KURTOĞLU ve H. SAVAŞ BAŞKAYA 2007. Assessment of Heavy Metals in Lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6 (19), Pg: 2236-2244.

ELMANAMA, A.A., S. AFİFİ ve B. BAHR 2006. Seasonal and Spatial Variation in the Monitoring Parameters of Gaza Beach during 2002-2003, *Environmental Research*. Vol: 101, Pg: 25-33.

FERNANDEZ, M., S.CUESTA, O. JIMENE, M.A. GARCIA, L.M. HERNANDEZ, M.L. MARINA ve M.J. GONZALEZ 2000. Organochlorine and Heavy Metal Residues in the Water/Sediment Systems of the Southeast Regional Park in Madrid, Spain. *Chemosphere*. Vol: 41, Pg: 801-812.

GELDİAY, R. ve A. KOCATAŞ A 2002. Deniz Biyolojisine Giriş, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, (2002) Pg:59-137.

GONDAR, D., S.A. THACKER, E. TIPPING ve A. BAKER. 2008. Functional Variability of Dissolved Organic Matter from the Surface Water of a Productive Lake. *Water Research* Vol. 42: 81–90.

GUE'GUEN, C. ve J. DOMINIK. 2003. Partitioning of Trace Metals Between Particulate, Colloidal and Truly Dissolved Fractions in a polluted river: the Upper Vistula River (Poland). *Applied Geochemistry* Vol. 18: 457–470.

GÜVENSEL, T. 2006. Ömerli Baraj Gölü Su Kalitesinin Araştırılması. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul.

HAVENS, K.E., T. FUKUSHIMA, P. XIE, T. IWAKUMA, R.T. JAMES, N. TAKAMURA, T. HANAZATO ve T. YAMAMOTO 2001. Nutrient dynamics and the eutrophication of shallow lakes Kasumigaura, Japan, Donghu, China, and Okeechobee, USA. *Environmental Pollution*, Vol: 111, Pg: 263-272.

HEJZLAR, J. ve V. VYHNALEK 1998. Longitudinal Heterogeneity of Phosphorus and Phytoplankton Concentrations in Deep-valley Reservoirs. *Int. Rev. Hydrobiol.* Vol: 83, Pg: 139-146.

HOSPER, H. 1997. Clearing Lakes, An Ecosystem Approach to the Restoration and Management of Shallow L lakes in the Netherlands. Doktora tezi. <http://www.narcis.info/publication/RecordID/oai:library.wur.nl:wurpubs%2F38817>

Erişim Tarihi: 18.01.2010

<http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/icp> Erişim Tarihi: 13.10.2009
Konu: ICP-MS Çalışma Prensipleri.

<http://www.ins.itu.edu.tr/cevre/labor/dokuman/Foyler/KOI.pdf> Erişim Tarihi: 15.08.2009
Konu: Çevre Müh.Laboratuvarı Temel Parametre Analizleri.

<http://www.nukte.org/borgercegi> Erişim Tarihi: 22.11.2009 Konu: Bor Gerçeği.

<http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html> Erişim Tarihi: 28.10.2009 Konu: İnsan Sağlığını Etkileyebilecek Unsurlar Konusunda Türk Tabipleri Birliği Görüşü.

İKEM, A., O. EGİEBOR ve K. NYAVOR 2003. Trace Elements in Water, Fish and Sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. Water Air Soil Pollut. Vol: 149, Pg: 51-75.

İKEM, A. ve N.O. EGİEBOR 2005. Assessment of Trace Elements in Canned Fishes (Mackerel, Tuna, Salmon, Sardines and Herrings) Marketed in Georgia and Alabama (United States of America). Journal of Food Composition and Analysis Vol: 18 (8), Pg: 771-787.

ISCEN, C. F., Ö. EMİROĞLU, S. İLHAN, N. ARSLAN, V. YILMAZ ve S.AHİSKA 2007. Application of Multivariate Statistical Techniques in the Assessment of Surface Water Quality in Uluabat Lake, Turkey. Environ Monit Assess. Vol: 144, Pg: 269-276.

KARACAOĞLU, D. 2000. Uluabat Gölü'nün (Bursa) Fitoplanktonunun Mevsimsel Değişimi. Uludağ Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, s: 1-169, Bursa.

KARADEDE, H. ve E. ÜNLÜ 2000. Concentration of some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, Vol: 41, Pg: 1371- 1376.

KARAKOÇ, G., F. Ü. ERKOÇ ve H. KATIRCIOĞLU 2003. Water Quality and Impacts of Pollution Sources for Eymir and Mogan Lakes (Turkey). Environment International Vol. 29: 21- 27.

KARAPİRE, C. 1998. Determination of Some Trace Elements in Gediz River Sediments. Graduate School of Naturel and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, The Degree of Master Science.

KATİP, A. 2010. Uluabat Gölü Su Kalitesinin İzlenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi (yayınlanmamış). Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Bursa.

KAZANCI, N., S. LEROY, Ö. İLERİ, Ö. EMRE, M. KİBAR ve S. ÖNCEL 2004. Late Holocene Erosion in NW Anatolia from Sediments of Lake Manyas, Lake Ulubat and the Southern Shelf of the Marmara Sea, Turkey. *Catena* Vol: 57, Pg: 277–308.

KIRBY, J., W. MAHER ve F. KRIKOWA 2001. Selenium, Cadmium, Copper, and Zinc Concentrations in Sediments and Mullet (*Mugil Cephalus*) from the Southern Basin of Lake Macquarie, NSW, Australia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, Vol: 40, Pg: 246-256.

KISHE, M.A ve J.F. MACHIWA. 2003. Distribution of Heavy Metals in Sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. *Environment International* Vol. 28(7): 619-625.

KOCAER, F. O ve H.S. BAŞKAYA 2003. Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1, S: 93-103.

KOCATAŞ, A. 1997. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, E.Ü. Basımevi, Yayın No: 51, s: 435. Bornova, İzmir.

KOJIMA, S., T. SAITO, J. TAKADA, M. FURUKAWA, H. ODA, T. NAKAMURA ve K. YOKOTA 2003. Neutron Activation Analysis of Trace Elements at Sediment–Water Interface in the Biwa Lake, Japan. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol: 255, Pg: 119–123.

KÖKMEN, S., N. ARSLAN, C. FİLİK ve V. YILMAZ 2007. Zoobenthos of Lake Uluabat, a Ramsar Site in Turkey, and Their Relationship with Environmental Variables. *Clean* 2007, Vol: 35 (3), Pg: 266-274.

KURTOĞLU, S. 2006. Uluabat Göl Sedimentinde Bazı Kimyasal Parametrelerin ve Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.*

LANDAJO, A., G. ARANA, A.D. DİEGO, N. ETXEBARRİA, O. ZULOAGA ve D. AMOUROUX 2004. Analysis of Heavy Metal Distribution in Superficial Estuarine Sediments (Estuary of Bilbao, Basque Country) by Open-Focused Microwave-Assisted Extraction and ICP-OES. *Chemosphere* Vol: 56, Pg: 1033–1041.

LAU, S.S.S. ve L.M. CHU 1999. Contaminant Release from Sediments in a Coastal Wetland. *Water Research* Vol. 33: 909–918.

MA, Y. J. ve C. Q. LİU. Ninth Annual V. M. Goldschmidt Conference. Seasonal Migration of Redoks Boundary and its Influence on Water Quality in Lake Lugu, Yunnan, China. <http://www.lpi.usra.edu/meetings/gold99/pdf/7026.pdf> Erişim Tarihi: 23.08.2009

MAASSEN, S., I. ROSKE ve D. UHLMANN 2003. Chemical and Microbial Composition of Sediments in Reservoirs with Different Trophic State, *Internat. Rev. Hydrobiol.* Vol: 88(5), Pg: 508-518.

MARSDEN, M. W. 1989. Lake restoration by reducing external Phosphorus loading: the Influence of Sediment Phosphorus Release, *Freshwater Biology.* Vol: 21, Pg: 139.

McCOMAS, S. 2003. *Lake and Pond Management Guidebook.* Lewis Publishers is an Imprint of CRC Press LLC. Pg: 2-4, 273-274.

MIL-HOMENS, M., R.L. STEVENS, W. BOER, F. ABRANTES ve I. CATO 2006. Pollution History of Heavy Metals on the Portuguese Shelf Using ²¹⁰Pb-geochronology. *Science of the Total Environment* Vol: 367 (2006), Pg: 466–480.

MORKOÇ, E. 1991. Karbon-14 Tekniği Kullanarak Birincil Üretim ve Sınırlayıcı Besin Elementlerinin Mevsimsel Değişiminin İzmit Körfezinde İzlenmesi ve Çevresel Etkenlerle İlişkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Pg: 3-54. İstanbul Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.

MULLIGAN, C.N., R.N. YONG ve B.F. GIBBS 2001. An Evaluation of Technologies For The Heavy Metal Remediation of Dredged Sediments, *J Hazard. Mater.*, Vol: 85, Pg: 111-125.

NAMMINGA, H. N. ve J. WILHM 1976. Effects of High Discharge and an Oil Refinery Cleanup Operation on Heavy Metals in Water and Sediments in Skeleton Creek. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 56: 133–138.

NGUYEN, H.L., M. LEERMAKERS, J. OSAN, S. TÖRÖK ve W. BAEYENS 2005. Heavy Metals in Lake Balaton: Water Column, Suspended Matter, Sediment and Biota. *Science of the Total Environment*, Vol: 340, Pg: 213– 230.

OKONKWO, J.O. ve M. MOTHIBA 2005. Physico-Chemical Characteristics and Pollution Levels of Heavy Metals in the Rivers in Thohoyandou, South Africa. *Journal of Hydrology*, Vol: 308, Pg: 122–127.

ÖZDİLEK, H.G. 2002. Distribution and Transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, Pg: 242-253, USA.

ÖZSOY, G. 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Toprak Anabilim Dalı, Bursa.

PAPATHEODOROU, G., G. DEMOPOULOUA ve N. LAMBRAKİS 2006. A Long Term Study of Temporal Hydrochemical data in a Shallow Lake Using Multivariate Statistical Techniques. *Ecological Modelling* Vol: 193, Pg: 759–776.

- PARDO, R, E. BARRADO, L. PÉREZ ve M. VEGA 1990. Determination and Speciation of Heavy Metals in Sediments of the Pisuerga River. *Water Resources*. Vol. 24: 373-379.
- PARK, J. ve D B. J. PRESLEY 1997. Trace Metal Contamination of Sediments and Organisms from the Swan Lake Area of Galveston Bay. *Environmental Pollution*, Vol: 98, Pg: 209–221.
- PENG, J.F., Y.H. SONG, Y. PENG, C. XIAO-YU ve Q. GUANG-LEI 2009. The remediation of Heavy Metals Contaminated Sediment. *Journal of Hazardous Materials*. Vol: 161 (2009), Pg: 633–640.
- PHILLIPS, G., A. BRAMWELL, J. PITTL, J. S TANSFIELD ve M. P ERROW 1999. Practical application of 25 years' research into the management of shallow lakes. *Hydrobiologia* Vol: 395/396, Pg: 61–76.
- PULATSÜ, S. ve A. TOPÇU 2006. Sakaryabaşı Gölet'inde (Türkiye) Sedimentten Fosfor Salınımının Tahmini, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. Vol: 23, Pg: 119-121.
- RASHED, M.N. 2001. Monitoring of Environmental Heavy Metal in Fish from Nasser Lake. *Environment International*, Vol: 27, Pg: 27-33.
- REN-YING, L., H. YANG, Z. ZHOU, L. JUN-JIE, S. XIAO-HUA ve J. FENG 2007. Fractionation of Heavy Metals in Sediments from Dianchi Lake, China. *Pedosphere* Vol. 17(2): 265-272.
- RICHARDS, D.J. ve B.R ALLENBY 2003. Information Systems and the Environment, <http://site.ebrary.com/lib/deulibrary/Doc>. Erişim Tarihi: 15.09.2009.
- RUBIO, B., M.A. NOMBELA ve F. VILAS 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ría De Vigo (NW Spain): an Assessment of Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, Vol: 40 (11), Pg: 968-980.
- SALİHOĞLU, G. ve F. KARAER, 2004. 'Ecological Risk Assessment and Problem Formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey,' *Environmental Management*, Vol: 33, No: 6, Pg: 899-910.
- SCHEFFER, M. 2001. Alternative Attractors of Shallow Lakes. *The Scientific World* 2001, Vol: 1, Pg: 254-263.
- SENG, C.E., P.E. LIM, P.K. CHONG ve L.M. WONG. 1995. Heavy Metal Pollution and Waters of the Penang River, Malaysia. *Water Qual. Res. J. Canada*, Vol: 30 (1), Pg: 39-43.
- SHARIP, Z. ve J. JUSOH 2010. Integrated Lake Basin Management and its Importance for Lake Chini and Other Lakes in Malaysia. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* Vol: 15, Pg:: 41–51.

SHRESTHA, S. ve F. KAZAMA 2006. Assessment of Surface Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software Vol. 22: 464–475.

SİNGH, K.P., D. MOHAN , V.K. SİNGH ve A. MALİK 2005. Studies on Distribution and Fractionation of Heavy Metals in Gomti River Sediments, A Tributary of the Ganges, India. Journal of Hydrology,s y: 1–14.

SMOL, J.P. 2002. Co-published by Oxford University Press, New York. 280 pg. Glossary, Index. Paperback ISBN: 0 34069167 0; Hardcover ISBN: 0 340 74146 5.

STEAD-DEXTER, K. ve N.I WARD 2004. Mobility of Heavy Metals within Freshwater Sediments Affected by Motorway Stormwater. Science of the Total Environment Vol: 17, Pg: 334– 335: 271–277.

STRASKRABA, M. 1993. Ecotechnology as a New Means for Environmental Management. Ecological Engineering. Vol :2, Pg: 311-331.

SWEERTS, J., MJ. BAER-GILISSEN ve AA. CORNELESE 1991. Oxygen-consuming Processes at the Profundal and Littoral Sediment-Water Interface of a Small Mesotrophic Lake, Lake Vechten, The Netherlands. Limnological Oceanography. Vol: 36, Pg: 1124-1133.

ŞENGÜL, F. ve A. TÜRKMAN. 1998. Su ve Atıksu Analizleri. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İzmir. 152 s.

ŞENTÜRK, E., N. DALKIRAN, D. KARACAOĞLU, Ş. DERE, A. ELMACI ve G. YILDIZ 2004. Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çaylarının Uluabat Gölü'ne Etkileri, Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerle Kirliliğin Etkisinin Belirlenmesi. I.Ulusal Limnoloji Çalıştayı Özet Kitabı, 16-19 Mayıs 2004, Sapanca, Sy: 14.

TANYOLAÇ, J. 1993. İç Sularda Ekosistem, Enerji ve Produktivite. Limnoloji Vol: 6, Pg: 206-208.

TOPKAYA, B. 1992. Keban Baraj Gölünü Kirleten Bazı Kaynaklarda Fosfor Konsantrasyonlarının Tespiti. XI. Ulusal Biyoloji Kongresi, Elazığ, Hidrobiyoloji ve Çevre Biyolojisi Bildirileri, Pg: 227-238.

TUNCAY, Y. 2007. Kovada Gölü'nde Yasayan Istakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniv. Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

TURGUT, C. 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey. Environ. Int, Vol: 29, Pg: 29-32.

TÜRKMEN, A. 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Tas İstiridyesi'nde Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, s: 152-158.

USEPA, Selecting Remediation Techniques for Contaminated Sediment, EPA-823-B93 081, Washington D.C., 1993.

USLU, O. ve A. TÜRKMAN 1987. Su kirliliği ve kontrolü. Ankara, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, 344, 1987.

UYSAL, K., Y. EMRE ve E. KÖSE 2008. The Determination of Heavy Metal Accumulation Ratios in Muscle , Skin and Gills of some Migratory Fish Species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey)', Microchemical Journal Vol: 90, Pg: 67-70.

ÜNLÜ, A., F. ÇOBAN ve M.S. TUNÇ 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 2008 Cilt 23, No 1, 119-127.

WANG, F. ve J. CHEN 2000. Relation of Geochemical and Surface Properties to Heavy Metal Concentrations of Sediments From Eastern Chinese Rivers. Environmental Chemistry Vol: 52, Pg: 254-261.

WANG, S., X. JİN, Y. PANG, H. ZHAO, X. ZHOU ve F. WU 2005. Phosphorus Fractions and Phosphate Sorption Characteristics in Relation to the Sediment Compositions of Shallow Lakes in the Middle and Lower Reaches of Yangtze River Region, China. Journal of Colloid and Interface Science Vol. 289: 339-346.

WOITKE, P., J. WELLMITZ, D. HELM, P. KUBE, P. LEPOM ve P. LITHERATY. 2003. Analysis and Assessment of Heavy Metal Pollution in Suspended Solids and Sediments of the River Danube. Chemosphere Vol. 51: 633-642.

YANG, H., N.L. ROSE ve R.W. BATTARBEE 2002. Distribution of Some Trace Metals in Lochnagar, a Scottish Mountain Lake Ecosystem and its Catchment. Sci. Total Environ. Vol: 285, Pg: 197-208.

YİĞİTERHAN, O. ve J. W. MURRAY 2008. Trace Metal Composition of Particulate Matter of the Danube River and Turkish rivers draining into the Black Sea. Marine Chemistry Vol: 111, Pg: 63-76.

YIN, Y., A. CHRISTOPHER, Y. SUN-JAE ve E. ALLEN 2002. The Importance of Organic Matter Distribution and Extract Soil:Solution Ratio on the Desorption of Heavy Metals from Soils. The Science of the Total Environment Vol: 287, Pg: 107-119.

YOMRALIOĞLU, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İber Ofset, 2. Baskı, Trabzon.

YOMRALIOĞLU T. ve M. AKÇA 2002. Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model Altlık Tasarımı, Trabzon Değirmendere Havzası Örneği. Kent Bilgi Sistemleri Uygulama Sempozyumu.

YOUN-JOO A. ve D. H. KAMPBELL 2003. Total, Dissolved and Bioavailable Metals at Lake Texoma Marinas. Environmental Pollution Vol: 122, Pg: 253–259.

ÖZGEÇMİŞ

Saadet İLERİ, 1984 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa'da tamamladıktan sonra, 2001 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı.

2007 yılı Eylül ayında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 2010 yılında tamamlama aşamasına geldi.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya, TÜBİTAK-ÇAYDAG Çalışma Grubu'nun 1001 kodlu 2007 yılı 3. Dönem Araştırma Programı'nda 107Y278 nolu "Uluabat Gölü Su Kalitesinin Modellenmesinde Ağır Metal ve Bazı İz Elementlerin Değerlendirilmesi" isimli proje ve Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı M-2007/27 nolu "Ağır Metal ve İz Element Kirliliğinin Sığ Göllerde Modellenmesi ve Ekolojik Etkisi" isimli projeler maddi destek olmuşlardır.

Tez çalışmam sırasında benden bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman anlayışlı ve yol gösterici olan, bilgisi ve sağladığı imkanlar ile her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olan danışman hocam Doç. Dr. Feza KARAER'e,

Önemli zamanlarda çok değerli bilgileri ve tecrübeleri ile her zaman çözüm üretici olan değerli hocalarım Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA ve Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR'e,

Çalışma sonuçlarımın değerlendirilmesi aşamasında yol almamda büyük katkıları olan, çok değerli zamanını, bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY'a,

Özellikle arazi çalışmalarımda çok büyük desteğini gördüğüm, yardımlarını, bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Arş. Gör. Aslıhan KATİP'e

Çalışmalarım sırasında, yardım ve desteğini hiç bir zaman esirgemeyen değerli çalışma arkadaşım Sonay SARMAŞIK'a ve Doğu Atık su Arıtma Tesisi çalışanlarına, arazi çalışmaları sırasında, büyük yardımlarını gördüğüm DSİ personeline,

Bana moral desteği veren ve her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım Arş. Gör. Efsun DİNDAR'a

Üzerimde büyük emekleri olan, her zaman desteklerini gördüğüm ve çok sevdiğim aileme

Çok teşekkür ederim...