

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAFA GÖLÜ SU VE SEDİMENTİ İLE ASKIDA KATI
MADDEDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

AYKUT YOZUKMAZ

AĞUSTOS 2017

MUĞLA

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAFA GÖLÜ SU VE SEDİMENTİ İLE ASKIDA KATI
MADDEDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

AYKUT YOZUKMAZ

AĞUSTOS 2017

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

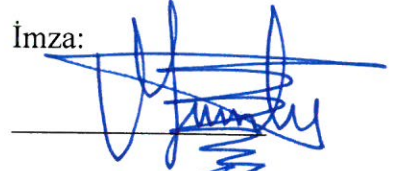
TEZ ONAYI

AYKUT YOZUKMAZ tarafından hazırlanan **BAFA GÖLÜ SU VE SEDİMENTİ İLE ASKIDA KATI MADDEDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI** başlıklı tezinin, 03.08.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Uğur SUNLU (**Jüri Başkanı**)
Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler
Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı,
Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:



Doç. Dr. Murat YABANLI (**Danışman**)
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



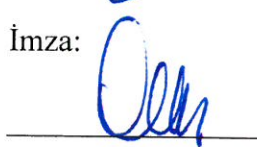
Prof. Dr. Murat BARLAS (**Üye**)
Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



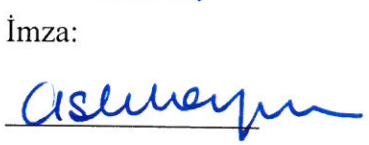
Doç. Dr. Nedim ÖZDEMİR (**Üye**)
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Doç. Dr. Aslı BAŞARAN (**Üye**)
Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler
Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı,
Ege Üniversitesi, İzmir

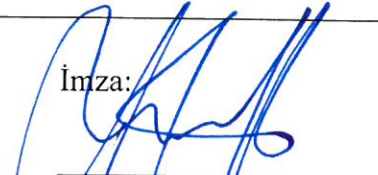
İmza:



ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

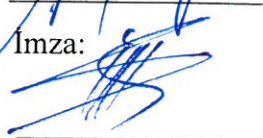
Prof. Dr. Mehmet KIR
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Doç. Dr. Murat YABANLI
Danışman, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

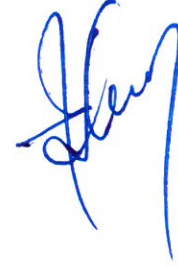


Savunma Tarihi: 03/08/2017

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Aykut YOZUKMAZ

03/08/2017



ÖZET

BAFA GÖLÜ SU VE SEDİMENTİ İLE ASKIDA KATI MADDEDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Aykut YOZUKMAZ

Doktora Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat YABANLI

Ağustos 2017, 172 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Bafa Gölü gibi hem antropojenik faktörlerin (tarımsal, evsel ve sanayi atıkları) etkisi altında olan hem de coğrafik özellikleri bakımından (denizle ve yeraltı su sistemiyle olan bağlantıları açısından) kendine özel bir sucul ekosistemde 9 farklı ağır metalin (Al, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) kirliliğinin boyutlarını belirlemek ve bu birikimi etkileyen faktörler (kirlenici kaynaklar ve mevsimsel değişimler) ile bu birikimin meydana geldiği farklı tabakalara (su, sediment ve askıda katı madde) kirliliğin etkisini açık bir şekilde zamansal ve mekansal olarak ortaya koymaktır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, Bafa Gölü'nde fiziko-kimyasal parametrelerden sıcaklığın 7,6-29,5 °C arasında, ÇO'in 1,84-17,46 mg L⁻¹ arasında, oksijen doygunluğunun 23,10-234,30 arasında, klorofil-a'nın 0,79-35,57 mg L⁻¹ arasında, pH'nın 7,56-9,76 arasında, tuzluluğun ‰ 10,55-11,88 arasında ve TDS'nin 11,34-20,88 g L⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı dönemde besin tuzlarından amonyum azotunun ALA-1,598 mg L⁻¹ arasında, nitrit azotunun 0,001-0,187 mg L⁻¹ arasında, nitrat azotunun 0,078-15,800 mg L⁻¹ ve fosfat fosforunun 0,006-4,740 mg L⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. AKM örneklerinde organik madde miktarlarının 0,0002-0,0309 g L⁻¹ ve inorganik madde miktarlarının ise 0,0002-0,0184 g L⁻¹ arasında değiştiği ortaya konmuştur. Sediment örneklerinde ölçülmüş olan TOK miktarlarının ise 0,59-5,50 g kg⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Yapılan ağır metal analizleri sonucunda ise su örneklerinde; Al elementinin ALA-47,45 mg L⁻¹ arasında, Mn elementinin 1,00-37,65 mg L⁻¹ arasında, Fe elementinin 1,00-79,61

mg L⁻¹ arasında, Co elementinin ALA-0,007 mg L⁻¹ arasında, Ni elementinin ALA-20,24 mg L⁻¹ arasında, Cd elementinin ALA-0,0197 mg L⁻¹ arasında ve Zn elementinin ALA-5,19 mg L⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. AKM örneklerinde; Al elementinin 72,87-3164,90 mg kg⁻¹ arasında, Mn elementinin 1,47-947,77 mg kg⁻¹ arasında, Fe elementinin ALA-1779,36 mg kg⁻¹ arasında, Cr elementinin ALA-18,48 mg kg⁻¹ arasında, Co elementinin ALA-0,733 mg kg⁻¹ arasında, Ni elementinin ALA-85,42 mg kg⁻¹ arasında, Cd elementinin ALA-2,3162 mg kg⁻¹ arasında, Pb

elementinin 0,06-30,49 mg kg⁻¹ arasında ve Zn elementinin 0,55-14,48 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Sediment örneklerinde ise; Al elementinin 54,03-7251,38 mg kg⁻¹ arasında, Mn elementinin 197,05-1331,47 mg kg⁻¹ arasında, Fe elementinin 22308,95-41345,00 mg kg⁻¹ arasında, Cr elementinin ALA-284,50 mg kg⁻¹ arasında, Co elementinin ALA-0,73 mg kg⁻¹ arasında, Ni elementinin 106,92-373,48 mg kg⁻¹ arasında, Cd elementinin 0,02-0,20 mg kg⁻¹ arasında, Pb elementinin 11,02-27,57 mg kg⁻¹ arasında ve Zn elementinin 22,03-87,17 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan örneklenmiş yüzey sedimenti ile 3 farklı istasyondan alınmiş karot örneklerinde istasyonlara göre ortalama metal konsantrasyonları bakımından NI_{geo}'ya göre tüm sonuçlar "<1" şeklinde bulunmuştur. Sediment karot örneklerinden elde edilmiş verilerden hesaplanmiş zenginleşme faktörlerinin her bir metal için sırasıyla; EF_(Al) 0,4-2,0 arasında, EF_(Cr) 0,65-1,0 arasında, EF_(Mn) 0,62-1,38 arasında, EF_(Pb) 1,18-1,6 arasında, EF_(Zn) 0,8-1,18 arasında, EF_(Co) 0,6-1,1 arasında ve EF_(Cd) 0,37-1,13 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm analiz sonuçları değerlendirildikten sonra Al elementinin sedimentteki ortalama konsantrasyonunun en fazla Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne giriş yaptığı noktada, Mn elementinin özellikle zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu noktada birikim yaptığı ve ayrıca, Ni elementi değerlerinin de zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu bölge ile otelin bulunduğu bölgede yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, Güney Batı Ege Bölgesi'ndeki en önemli sulak alan olan Bafa Gölü'nde su kalitesindeki değişimlerin gözlenebileceği, kirleticilerin seviyelerindeki değişimlerin tespit edilebileceği ve gölün ekolojik durumunun ortaya konabileceği bu tür çalışmaların periyodik olarak yapılması erken uyarı niteliği taşıdığından göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bafa Gölü, Ağır Metaller, Kirlilik, EF, NI_{geo}.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN WATER, SEDIMENT AND SUSPENDED SOLID MATTER IN LAKE BAFA

Aykut YOZUKMAZ

Doctor of Philosophy (Ph.D.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Fisheries

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat YABANLI

August 2017, 172 pages

The purpose of this dissertation is to determine potential pollution levels of 9 different metals (Al, Cr, Co, Ni, Zn, Cd, Pb, Fe and Mn) in an aquatic environment such as Lake Bafa which is idiosyncratic in terms of both its being influenced by anthropogenic factors (agricultural, domestic and industrial wastes) and its own geographical characteristics (its connections with the sea and underground waters) and to reveal the relationship between the factors affecting this pollution accumulation and different segments (water, sediment and suspended solid matter) in which pollutants accumulate spatially and temporally.

The data revealed after the analyses were interpreted via statistical analyses. According to the findings obtained after the analyses, firstly the physico-chemical parameters of the lake water were determined. The temperature was found between 7,6-29,5 °C; dissolved oxygen was found between 1,84-17,46 mg L⁻¹, oxygen saturation was found between 23,10-234,30, chlorophyll-a was found between 0,79-35,57 mg L⁻¹, pH values were found between 7,56-9,76, salinity values were found between ‰ 10,55-11,88 and TDS were found between 11,34-20,88 g L⁻¹. The values of nutrients were specified as follows: ammonium nitrogen was between LOD-1,598 mg L⁻¹, nitrite nitrogen was between 0,001-0,187 mg L⁻¹, nitrate nitrogen was between 0,078-15,800 mg L⁻¹ and phosphate phosphorus was between 0,006-4,740 mg L⁻¹. The amount of organic matter in the SSM varied between 0,0002-0,0309 g L⁻¹, the amount of inorganic matter varied between 0,0002-0,0184 g L⁻¹. The amounts of TOC detected in sediment samples were between 0,59-5,50 g kg⁻¹. As a result of heavy metal analyses in water samples, it was detected that Al values varied between LOD-47,45 mg L⁻¹, Mn values were between 1,00-37,65 mg L⁻¹, Fe values varied between 1,00-79,61 mg L⁻¹, Co values varied between LOD -0,007 mg L⁻¹, Ni values were between LOD-20,24 mg L⁻¹, Cd values varied between LOD -0,0197 mg L⁻¹ and Zn values varied between LOD-5,19 mg L⁻¹. In the samples of SSM the amounts of heavy metals were found as follows: Al values were between 72,87-3164,90 mg kg⁻¹, Mn values were between 1,47-947,77 mg kg⁻¹, Fe values were between LOD-1779,36 mg kg⁻¹, Cr values were between LOD-18,48 mg kg⁻¹, Co

values were between LOD-0,733 mg kg⁻¹, Ni values were between LOD-85,42 mg kg⁻¹, Cd values were between LOD-2,3162 mg kg⁻¹, Pb values were between 0,06-30,49 mg kg⁻¹ and Zn values were between 0,55-14,48 mg kg⁻¹. After the analyses of sediment samples, Al was found between 54,03-7251,38 mg kg⁻¹, Mn was found between 197,05-1331,47 mg kg⁻¹, Fe was found between 22308,95-41345,00 mg kg⁻¹, Cr was found between LOD-284,50 mg kg⁻¹, Co was found between LOD-0,73 mg kg⁻¹, Ni was found between 106,92-373,48 mg kg⁻¹, Cd was found between 0,02-0,20 mg kg⁻¹, Pb was found between 11,02-27,57 mg kg⁻¹ and Zn was found between the values of 22,03-87,17 mg kg⁻¹. In terms of stations, mean heavy metal concentrations in the core samples, which were taken from 3 different stations, and the samples of surface sediment taken from 10 different stations were detected as "<1" according to NI_{geo}. Enrichment factors calculated via obtained data from sediment core samples were found as follows; EF(Al) between 0,4-2,0, EF(Cr) between 0,65-1,0, EF(Mn) between 0,62-1,38, EF(Pb) between 1,18-1,6, EF(Zn) between 0,8-1,18, EF(Co) between 0,6-1,1 and EF(Cd) between 0,37-1,13.

When all the findings were interpreted, it was concluded that the highest level of Al concentration was detected at the station where Büyük Menderes River entered into the Lake Bafa; Mn was mostly accumulated at the station where olive oil factories were situated and Ni values were at the highest levels at the stations where olive oil factories and the hotel were located. As a conclusion, it is of prime importance in terms of the sustainability of lake ecosystem that this kind of exemplary studies through which the changes in water quality can be monitored; the changes in the levels of pollutants can be detected and ecological situation of the lake can be revealed are conducted periodically on the Lake Bafa, the most significant wetland in South Western Aegean Region.

Keywords: Lake Bafa, Heavy Metals, Contamination, EF, NI_{geo}.



Eşim, Annem, Babam ve Kardeşime

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını gerçekleştirmemde büyük emeği bulunan, tez konusunun seçimi, hazırlanması ve çalışmaların yürütülmesinde her türlü tecrübe, bilgi ve önerileriyle bana yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Murat YABANLI'ya saygı ve şükranlarımı sunar, teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez çalışması boyunca desteklerini esirgemeyen, varlıkları ile bana güç veren çok değerli hayat arkadaşım eşim Sayın Araş. Gör. Nisan YOZUKMAZ ile annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışmasının zorlu süreçlerinde her zaman bana destek olan, hiçbir yardımı esirgemeyen Sayın Nazım Tolga HANEY ile Sayın Araş. Gör. Rifat TEZEL ve Sayın İdris ŞENER'e şükran ve minnetlerimi sunarım.

11/121 No'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ile Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ÖYP Koordinatörlüğüne de ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metaller ve Çevresel Etkileri	4
1.2. Bazı Ağır Metaller ve Özellikleri.....	10
1.2.1. Krom (Cr).....	10
1.2.2. Nikel (Ni)	11
1.2.3. Kurşun (Pb)	12
1.2.4. Kadmiyum (Cd)	14
1.2.5. Mangan (Mn)	15
1.2.6. Demir (Fe).....	16
1.2.7. Çinko (Zn).....	17
1.2.8. Kobalt.....	18
1.2.9. Alüminyum	20
1.3. Göl Kavramı ve Özellikleri.....	21
1.3.1. Sediment ve göl kirliliği.....	23
1.3.2. Sedimentte ağır metal kirliliği.....	24
2. TEZ BİLDİRİŞLERİ	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1. Örneklem Bölgesinin Genel Özellikleri	39
3.1.1. Bafa Gölü	39
3.1.2. Büyük Menderes Nehri	41
3.2. Su, Sediment ve Askıda Katı Madde (AKM) Örneklemesi.....	42
3.3. Laboratuvar Prosedürleri ve Analizleri.....	44
3.3.1. Su örneklerinde ağır metal tayini	44
3.3.2. Sedimentte ağır metal analizleri.....	45
3.3.3. AKM örneklerinde ağır metal tayini	45

3. 3.4. Sediment karot örneklerinde tanecik boyutu tayini ve ağır metal analizleri.....	47
3.3.5. Jeokümülyasyon indeksi (NI_{geo}) ve zenginleşme faktörü (EF)	47
3.3.6. Sediment örneklerinde organik karbon miktarlarının tayini	48
3.3.7. Su örneklerinde fiziko-kimyasal parametreler ile besin tuzu konsantrasyonlarının belirlenmesi	49
3.3.8. Su örneklerinde klorofil-a (chl-a) analizleri.....	50
3.3.9. İstatistiksel analizler.....	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	52
4.1. Göl Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	52
4.1.1. Su sıcaklık değerlerine dair bulgular.....	53
4.1.2. Çözünmüş oksijen değerlerine dair bulgular	54
4.1.3 Oksijen doygunluğu değerlerine dair bulgular.....	55
4.1.4. Klorofil-a değerlerine dair bulgular	57
4.1.5. pH değerlerine dair bulgular	59
4.1.6. Tuzluluk değerlerine dair bulgular	60
4.1.7. TDS değerlerine dair bulgular.....	62
4.1.8. Amonyum azotu değerlerine dair bulgular	64
4.1.9. Nitrit azotu değerlerine dair bulgular	66
4.1.10. Nitrat azotu değerlerine dair bulgular	68
4.1.11. Fosfat fosforu değerlerine dair bulgular.....	70
4.1.12. AKM, organik ve inorganik madde miktarlarına dair bulgular	73
4.2. Yüzey Sedimenti ve Karot Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları	81
4.2.1. TOK ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişki.....	81
4.2.2. Jeokümülyasyon indeksi (NI_{geo}) ve zenginleşme faktörü (EF)	83
4.2.3. Ağır metal analiz sonuçları	87
4.2.4. Temel bileşen analizi (PCA) sonuçları	137
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	138
KAYNAKLAR	151
ÖZGEÇMİŞ.....	172

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyadaki başlıca büyük tatlı su kütlelerinin ortalama derinliği ve yüz ölçümleri (Toplam su hacimlerine göre azalan şekilde sıralanmıştır).	22
Çizelge 3.1. Bafa Gölünde örnekleme yapılan 10 istasyon ile karot örneği alınmış noktaların ve özellikleri.....	44
Çizelge 3.2. Agilent 7700x ICP-MS için tespit limitleri.....	45
Çizelge 3.3. CRM016 Tatlı su sedimenti sertifikalı iz metaller referans madde analiz sonuçları.	46
Çizelge 3.4. YSI Professional Plus multi parametre cihazının ölçüm aralıkları.	49
Çizelge 3.5. Hach Lange DR 3900 spektrometre cihazının test kitlerinin ölçüm aralıkları.	50
Çizelge 4.1. Bafa Gölü'nde örnekleme gerçekleştirilen 1 yıllık dönemdeki (2013-2014) meteorolojik olaylara ilişkin veriler (Anonim, 2015).....	52
Çizelge 4.2. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre su sıcaklığı değerleri (°C).....	53
Çizelge 4.3. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre çözünmüş oksijen değerleri (mg L^{-1}).....	54
Çizelge 4.4. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre oksijen doygunluğu değerleri (%).	56
Çizelge 4.5. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 6 ay boyunca (Mayıs-Ekim 2014) elde edilmiş klorofil-a miktarları (mg L^{-1}).....	57
Çizelge 4.6. Bafa Gölü'nde ölçülmüş ÇO, oksijen doygunluğu ile klorofil-a değerleri arasındaki korelasyon sonuçları.	59
Çizelge 4.7. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre pH değerleri.	59
Çizelge 4.8. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre tuzluluk değerleri (%).	61
Çizelge 4.9. Bafa Gölü'nde 10 istasyondan aylara göre belirlenen TDS değerleri (g L^{-1}).	62
Çizelge 4.10. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen fiziko-kimyasal parametrelerin aylara göre ortalamaları.	63
Çizelge 4.11. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyonun fiziko-kimyasal parametrelerinin istasyonlar bazında ortalamaları.....	64
Çizelge 4.12. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen amonyum azotu miktarlarının aylara göre değişimi (mg L^{-1}).....	65

Çizelge 4.13. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen nitrit azotunun aylara göre değişimi (mg L^{-1}).....	67
Çizelge 4.14. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen nitrat azotu değerlerinin aylara göre değişimi (mg L^{-1}).	69
Çizelge 4.15. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçülen fosfat fosforu değerlerinin aylara göre değişimi (mg L^{-1}).	71
Çizelge 4.16. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca ölçümlenen besin tuzlarının aylara göre ortalamaları (mg L^{-1}).....	73
Çizelge 4.17. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca ölçümlenen besin tuzlarının istasyonlara göre ortalamaları (mg L^{-1}).	73
Çizelge 4.18. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış AKM örneklerinden yıl boyunca elde edilmiş organik madde miktarları (g L^{-1}).....	74
Çizelge 4.19. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış AKM örneklerinden yıl boyunca elde edilmiş inorganik madde miktarları (g L^{-1}).....	75
Çizelge 4.20. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan elde edilmiş AKM, organik ve inorganik madde miktarları değerlerinin aylara göre ortalamaları (g L^{-1}).77	
Çizelge 4.21. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan elde edilmiş AKM, organik ve inorganik madde miktarları değerlerinin istasyonlar bazında ortalamaları (g L^{-1}).	78
Çizelge 4.22. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca elde edilmiş organik madde miktarları (%).	79
Çizelge 4.23. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca elde edilmiş inorganik madde miktarları (%).	80
Çizelge 4.24. Bafa Gölü'nde ölçülmüş besin tuzları ve AKM ile yıllık yağış miktarı arasındaki korelasyon değerleri.....	81
Çizelge 4.25. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 farklı mevsimde alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş TOK miktarları (g kg^{-1}).	81
Çizelge 4.26. Bafa Gölü sedimentinde metal derişimleri ile organik karbon içeriklerine ait korelasyon değerleri.....	83
Çizelge 4.27. Bafa Gölü sedimentinde ölçülen ağır metallerin jeoakümülyasyon index (NI_{geo}) değerleri.....	83
Çizelge 4.28. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg L^{-1}).	88
Çizelge 4.29. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık)..	89
Çizelge 4.30. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık)..	90
Çizelge 4.31. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	92

Çizelge 4.31. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg L^{-1}).	94
Çizelge 4.32. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	95
Çizelge 4.33. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	96
Çizelge 4.34. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediman core örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	98
Çizelge 4.35. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg L^{-1}).	100
Çizelge 4.36. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	101
Çizelge 4.37. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	102
Çizelge 4.38. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş demir değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	104
Çizelge 4.39. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	106
Çizelge 4.40. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	107
Çizelge 4.41. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	108
Çizelge 4.42. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg L^{-1}).	110
Çizelge 4.43. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	111
Çizelge 4.44. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	112
Çizelge 4.45. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	114
Çizelge 4.46. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg L^{-1}).	116
Çizelge 4.47. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	117
Çizelge 4.48. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	118

Çizelge 4.49. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg L^{-1}).....	121
Çizelge 4.50. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık). 122	
Çizelge 4.51. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	123
Çizelge 4.52. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	125
Çizelge 4.53. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	127
Çizelge 4.54. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	128
Çizelge 4.55. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	130
Çizelge 4.56. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg L^{-1}).....	132
Çizelge 4.57. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	133
Çizelge 4.58. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	134
Çizelge 4.59. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediman core örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	136
Çizelge 5.1. Büyük Menderes Nehri'nde gerçekleştirilmiş çalışmalarda bulunmuş ortalama fiziko-kimyasal parametreler.	141
Çizelge 5.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	143
Çizelge 5.3. Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri.....	145
Çizelge 5.4. Ülkemizde gerçekleştirilmiş benzer çalışmalarda sedimentte ölçülmüş ağır metal sonuçları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	148

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ağır metallerin sucul ekosistemdeki dolanımları ve etkileri	26
Şekil 3.1. Bafa Gölü	39
Şekil 3.2. Bafa Gölü'nde örnekleme faaliyetleri gerçekleştirilen istasyonlar.	43
Şekil 4.1. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen su sıcaklığı değerleri ($^{\circ}\text{C}$) haritası.	53
Şekil 4.2. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen çözünmüş oksijen değerleri (mg L^{-1}) haritası.	55
Şekil 4.3. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen oksijen doygunluğu değerleri (%) haritası.	56
Şekil 4.4. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 6 aylık dönemde (Mayıs-Ekim 2014) ölçümlenen klorofil-a değerleri haritası (mg L^{-1}).	58
Şekil 4.5. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen pH değerleri haritası.	60
Şekil 4.6. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen tuzluluk (‰) değerleri haritası.	61
Şekil 4.7. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen TDS (g L^{-1}) değerleri haritası.	63
Şekil 4.8. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen amonyum azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.	66
Şekil 4.9. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen nitrit azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.	68
Şekil 4.10. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen nitrat azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.	70
Şekil 4.11. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen fosfat fosforu değerleri (mg L^{-1}) haritası.	72
Şekil 4.12. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen organik madde miktarları (mg L^{-1}) haritası.	76
Şekil 4.13. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen inorganik madde miktarı değerleri (mg L^{-1}) haritası.	77
Şekil 4.14. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş TOK miktarlarının mevsimsel değişimi (g kg^{-1}).	82
Şekil 4.15. Bafa Gölü'ndeki Al elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	84
Şekil 4.16. Bafa Gölü'ndeki Cr elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	84

Şekil 4.17. Bafa Gölü'ndeki Mn elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	85
Şekil 4.18. Bafa Gölü'ndeki Pb elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	85
Şekil 4.19. Bafa Gölü'ndeki Zn elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	86
Şekil 4.20. Bafa Gölü'ndeki Co elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	86
Şekil 4.21. Bafa Gölü'ndeki Cd elementi için hesaplanmış EF sonuçları.	87
Şekil 4.22. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Al değerleri haritası.	91
Şekil 4.23. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Al konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık). ...	92
Şekil 4.24. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Mn değerleri haritası.	97
Şekil 4.25. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Mn konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık)...	98
Şekil 4.26. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Fe değerleri haritası.	103
Şekil 4.27. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Fe konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık). .	104
Şekil 4.28. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Cr değerleri haritası.	108
Şekil 4.29. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Cr konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık). .	109
Şekil 4.30. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş kobalt değerleri haritası.	113
Şekil 4.31. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif kobalt konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).	114
Şekil 4.32. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Ni değerleri haritası.	119
Şekil 4.33. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Cd değerleri haritası.	124
Şekil 4.34. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Cd konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık)..	125
Şekil 4.35. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Pb değerleri haritası.	129
Şekil 4.36. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Pb konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık). .	130
Şekil 4.37. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Zn değerleri haritası.	135

Şekil 4.38. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Zn konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık)..	136
Şekil 4.39. Çalışma boyunca elde edilmiş verilerin tamamına yapılmış PCA analizi sonuçları	137



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

O ₂	Oksijen
ÇO	Çözünmüş oksijen
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
pH	Hidrojen gücü
‰	Binde
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
mg	Miligram
m	Metre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
µS	Mikrosiemens
g	Gram
L	Litre
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
km ³	Kilometreküp
ha	Hektar
dk	Dakika
Fe	Demir
Zn	Çinko
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
Hg	Civa
Co	Kobalt
Ni	Nikel
Cr	Krom
Cd	Kadmiyum
Mn	Mangan
AKM	Askıda Katı Madde

TOK	Toplam Organik Karbon
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Min	Minimum
Maks	Maksimum
EMS	En Muhtemel Sayı
ICP-MS	İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi
CRM	Sertifikalı Referans Madde
MnO ₂	Mangan Oksit
Fe ₃ O ₄	Magnetit
FeS ₂	Pirit
Fe ₂ O ₃	Hematit
Fe(OH) ₂	Limonit
AlH ₃	Alüminyum hidrür
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
AlCl ₃	Alüminyum klorür
Al ₂ (SO ₄) ₃	Alüminyum sülfat
Al(OH) ₃	Alüminyum hidroksit
Al ₂ O ₃ H ₂ O	Boksit minerali
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
NaCl	Sodyum klorür
CaSO ₄	Kalsiyum sülfat
FeO ₂	Demir(II) Oksit
AlO ₂	Alüminyum(II) Oksit
NO ₂ -N	Nitrit azotu
NH ₄ -N	Amonyum azotu
NO ₃ -N	Nitrat azotu
PO ₄	Fosfat
HCl	Hidroklorik Asit
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₃ BO ₃	Borik Asit
K ₂ Cr ₂ O ₇	Potasyum dikromat
PAH	Poliaromatik hidrokarbonlar
PTFE	Politetrafloretillen
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi

IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Çevre Koruma Ajansı
EC	Avrupa Komisyonu
APHA	Amerikan Halk Sağlığı Örgütü
ASTM	Amerikan Malzeme ve Test Topluluğu
ATSDR	Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı
WWF	Dünya Doğal Yaşamı Koruma Derneği
DWAF	Güney Afrika Orman ve Su İşleri Müdürlüğü
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TSI	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
DSİ	Devlet Su İşleri
PSA	Tanecik Boyut Analizleri
PCA	Temel Bileşen Aanalizi
ALA	Analiz Limitlerinin Altında
chl-a	Klorofil-a
NI _{geo}	Yeni jeoakümülyasyon indeksi
EF	Zenginleşme Faktörü
ÖYP	Öğretim üyesi Yetiştirme Programı
Bkz	Bakınız

1. GİRİŞ

Sanayi devrimine paralel olarak bileşenleri su, toprak ve hava olan yeryüzündeki ekosistemler, sağlığa zararlı olan pek çok madde ile etkileşim haline girerek kirletilmiş ve bu durum özellikle son yıllarda önemli bir çevre sorunu haline alarak dünyanın en önemli gündem maddesi haline gelmiştir. Doğal çevrenin kirlenmesi, nüfus artışına paralel olarak insanoğlunun daha iyi koşullarda yaşayabilmesi ya da var olan yaşam kalitesinin bozulmaması için üretimin ve dolayısıyla tüketimin bilinçsizce artmasından kaynaklanmaktadır. Bu tüketim kültürünün hızının, doğal çevrenin var olan yenilenme hızının çok üzerinde olması "Çevre Kirlenmesi" adı verilen problemi ortaya çıkarmaktadır (Dökmeci, 1988).

20. yüzyıl içerisinde nüfus artışına bağlı olarak hızlı bir sosyo-ekonomik gelişimin ortaya çıkmış olması kentleşme, endüstriyel gelişim ve tarımsal aktivitelerin artmasına, doğal olarak da temiz su kaynaklarına olan ihtiyacın her geçen gün fazlalaşmasına neden olmuştur (Jurdi vd., 2002). Özellikle sanayi devrimi ile birlikte sucul ekosistemlerde görülen kirlenme büyük bir ivme kazanmış ve günümüzün en önemli çevre sorunu haline gelmiştir (Mason, 1991). Son yarım yüzyılda teknolojinin gelişmesi ile artan endüstri, sanayi ve kentleşme faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıklar, nehir ve göllere ulaşarak buraları kirletmekte ve bu durumda sucul hayatı geri dönüşü olmayacak bir şekilde tehdit etmektedir. Atık sulara bulunan iz elementlerin en fazla birikim gösterdiği yerler bu atık suların döküldüğü ortamlar olduğu için, bu elementler su canlılarının yaşamlarını olumsuz etkilemekte ve besin zincirine giriş yaparak besin zincirinin en üstünde bulunan insanoğlunun sağlığını da etkiler boyuta gelmektedirler. Ayrıca, bu atıklar diğer metallerle birleşebilme özelliğine sahip olduğu gibi, başka formlarda bileşikler haline de dönüşerek toksik özellik kazanmakta olup, bu durum daha ciddi problemlere yol açmaktadır (Sarıyüpoğlu ve Say, 1991).

Kirletici gruplar arasında doğal çevre açısından en tehlikeli olanları, bulundukları ortamda uzun süre bozulmadan kalanlar, asimile edilemeyenler ve yüksek toksik

etkisi olanlardır. Bu grup içinde sayılan maddelerin su, toprak veya havadaki konsantrasyonları belirli değerlerin üzerine çıktığında, bulundukları ekosistemlerdeki canlıların yaşamları ile yaşamsal faaliyetleri tamamen olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuz etkilerden dolayı canlı organizmalar üzerinde toksik etkiye sahip olan ağır metallerin özellikle doğal ekosisteme giriş yolları (noktasal ve yaygın kaynaklar vb.), diğer kirletici grupları ile olan etkileşimleri, ekosistemin farklı basamaklarındaki dolanımları ve besin zinciri içerisindeki davranışları bu konuda son yıllarda yapılan bilimsel araştırmaların sayısının hızla artmasına neden olmuştur (Tunçer ve Uysal, 1983).

Su kirliliği, antropojenik etmenler sonucu ortaya çıkan, suyun kullanımını kısıtlayan, engelleyen ve ekonomik dengeleri bozan bir kalite değişimi şeklinde tanımlanabilmektedir. Bir başka ifade ile; su kaynağının fiziksel, kimyasal, mikrobiyal, radyoaktif ve ekolojik fonksiyonlarının olumsuz olarak etkilenmesi ve doğrudan ya da dolaylı olarak biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (Sönmez vd., 2006).

Su kirliliği fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Bir su kaynağının fiziksel açıdan kirlenmesi, o su kaynağına olumsuz etki yapacak herhangi bir maddenin girişim yaparak su kütlesinde istenmeyen değişiklik yapması şeklinde tanımlanabilir. Biyolojik yönden kirlilik ise, sucul ekosistemde yaşayan bireylerin metabolizmik aktiviteleri sonucunda ekosistemin kalitesinin bozulması şeklinde gerçekleşmektedir. Sularda meydana gelen ve en yaygın görülen kirlilik tipi ise, kimyasal kirliliktir ve pek çok farklı kaynaktan meydana gelmektedir. Son yıllarda artan tarımsal faaliyetler sonucunda elde edilen ürünlerin korunabilmesi için yaygın olarak kullanılan pestisitler ve kimyasal ilaçlardan dolayı sucul ekosistemler yoğun bir kimyasal kirlilik ile karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca, sanayi atıkları, tarımsal ilaç atıkları ve endüstri (petrol, deri, deterjan vb.) atıkları sucul ekosistemin kalitesini bozarak su canlıları aleyhine önemli olumsuz değişiklikler yapmakta ve bu canlıların canlılıklarını devam ettirmelerini güçleştirmektedir (Sönmez vd., 2008).

Doğal ekosistemleri olumsuz yönde etkileyen kirleticiler, farklı tip kaynaklardan sucul ekosisteme giriş yapmakta ve fiziksel, kimyasal, biyolojik süreçlere maruz kalmaktadırlar (Egemen ve Sunlu, 1999). Pek çok kirleticinin toksisitesi bulundukları ortamın kalitesine bağlıdır. Örneğin ağır metaller eğer sucul ekosistem söz konusu olduğunda yumuşak karakterli sulara sert karakterli sulara oranla sucul canlılar için daha toksik bir karakteristiğe sahip olurlar. Askıda katı madde (AKM), sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH gibi diğer fiziksel faktörler de ağır metallerin bulundukları dolaşım özelliklerini etkiler (Barlas, 1998). Bu grup içerisinde ayrışabilenler zamanla ayrışarak, çeşitli süreçler içerisinde dönüştürülürken özellikle ağır metaller gibi ayrışma özelliğine sahip olmayan gruplar bulundukları ortamın fiziko-kimyasal yapısına bağlı olarak parçalanma, bileşik oluşturma, adsorpsiyon, kompleksleşme, besin zincirine katılma ve sedimentte birikme gibi süreçler sonucunda değişime uğramaktadır. Bu dönüşüm, metallerin bulundukları ortamdaki yapısı, konsantrasyon seviyeleri ve bu kirliliğe maruz kalan canlı organizmaların metabolizmik faaliyetleri ile doğru orantılı olarak etkilenmektedir. Besin zincirine giren ağır metallerin etkiledikleri canlı grubundaki birikimleri, bulundukları ortamdaki toplam konsantrasyonlarından çok daha fazla olabilmektedir. Ağır metaller gibi ayrışma özelliği bulunmayan kirleticilerin, besin zinciri vasıtasıyla daha yüksek organizasyonlu canlılara geçerek, bu canlıların farklı doku ve organlarında toplanması durumuna “biyobirikim (biyolojik birikim)” adı verilmektedir. Bu süreç sonunda gerçekleşen birikimin seviyeleri, canlıların yapılarına göre benzer doku ve organlarda birbirlerinden çok farklı olabileceği gibi birikimin bulunduğu canlının farklı doku ve organlarında da değişim gösterebilmektedir (Mason, 1996).

Canlılarda meydana gelen biyolojik birikim çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Özellikle yüksek metabolizma hızlarına sahip canlılar, kirleticileri çok daha yüksek miktarlarda biriktirebilmektedir. Ayrıca, yaş, cinsiyet ve kirleticinin bulunduğu ekosistemdeki konsantrasyonu, birikim hızlarını etkilemektedir. Canlı metabolizmasına giren kirletici, vücutta çeşitli süreçlerden geçip atılabilmektedir. Bunlar, biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerdir. Bazı canlılar farklı seviyelerdeki elementleri bünyelerinde tutmaktadır ki metal konsantrasyonlarının daha yüksek olması durumunda, bu ağır metalleri doku ve organlarında biriktirmektedir. Canlıların vücudunda var olan elementlerin miktarlarının düzenlenmesi, metal alım oranı ile metal atım oranındaki paralel artışla sağlanmaktadır. Ekosistemde

konsantrasyonu eser miktarda olmayan ağır metallerin, canlı vücudundaki metabolizasyonu kontrol edilememekte ve bu nedenle de birikimleri alındıkları ortamdaki değerleri ile paralel artış göstermektedir. Bir metalin canlı bir organizmadaki akümülyasyon seviyesi, organizmanın o metali biriktirme yeteneğine bağlıdır (Rainbow ve White, 1990; Ünlü ve Gümgüm, 1993).

Bu çalışmanın amacı, Bafa Gölü gibi hem antropojenik faktörlerin (tarımsal, evsel ve sanayi atıkları) etkisi altında olan hem de coğrafik özellikleri bakımından (denizle ve yeraltı su sistemiyle olan bağlantıları açısından) kendine özel bir sucul ekosistemde 9 farklı ağır metalin (Al, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) kirliliğinin boyutlarını belirlemek ve bu birikimi etkileyen faktörler (kirlenici kaynaklar ve mevsimsel değişimler) ile bu birikimin meydana geldiği farklı tabakalar (su, sediment ve askıda katı madde) arasındaki ilişkiyi açık bir şekilde zamansal ve mekansal olarak ortaya koymaktır. Bu bağlamda uluslararası standartlara uygun şekilde yapılacak örnekleme ve analiz süreçleri sonunda elde edilecek sonuçlar ışığında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken uzun vadeli izleme faaliyetleri tez çalışmasının sonuçları olarak ortaya konulacaktır.

1.1. Ağır Metaller ve Çevresel Etkileri

Metallerin işlenerek kullanılmaya başlandığı antik çağlardan beri, metaller, doğal döngülerinin dışında insan faaliyetleri sonucunda biyosfere yayılım göstermeye başlamıştır. Demir çağından bu yana metaller, çevreye var olan etkileri bilinmeden insanoğlu tarafından pek çok farklı alanda çok yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Sanayi devriminden sonra özellikle bünyesinde yoğun miktarda ağır metal içeren karbon kökenli yakıtların (kömür, petrol vb.) yakılması sonucu hızlı endüstrileşen bölgelerdeki sucul ekosistemlerde, hızlı bir kirlilik faaliyeti meydana gelmiş ve geri dönüşü neredeyse imkansız sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, özellikle ağır metal kirliliği çağımızda bilim dünyasının araştırdığı en önemli konuların başında gelmektedir (Mason, 1991). En sade tanımı ile kirlilik, “Herhangi bir kirlenici unsurun yanlış mekanda gereğinden fazla miktarda bulunması” olarak tanımlanabilmektedir (Philips ve Rainbow, 1994).

Kirlilik, canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyebilecek olan kirleticilerin çevreye çeşitli yollarla girişi ve bu alanlarda tehlike arz edecek miktarlarda birikmesi şeklinde tanımlanabilmektedir (Kösesakal, 2011). Kirletici çeşitlerine göre kirlilik; fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç grupta incelenebilir. Doğaya karışan kimyasal maddelerle, endüstriyel atıkların karışımı sonucunda ortaya çıkan ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyen kirlilik kimyasal kirliliktir (Yalçın, 2014). Çevre kirliliği, kentsel yaşamın başlamasıyla ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişime paralel olarak artış göstermiştir (Şimşek, 2012). Sanayileşme ve kentleşme faaliyetlerinin hızla ilerlemesine bağlı olarak ekosistem üzerinde oluşan atıkların bertarafı büyük bir çevre sorunu haline gelmiştir (Mokhtar vd., 2011). Özellikle son yıllarda kentsel yerleşimin hızla artması, bilinçsizce yapılan tarımsal faaliyetler, gelişen sanayileşme, madencilik faaliyetleri gibi çeşitli nedenlerden dolayı, çevre kirliliği büyük bir sorun haline gelmiştir (Dodman, 2017).

Doğal ekosistemde özellikle de sucul ortamlarda meydana gelen kirlenmenin başlıca nedenleri evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler, petrokimya atıkları, fosil yakıtlar ve bu yakıtları kullanan taşıtlar, madencilik faaliyetleri gibi antropojenik faktörler ile yeryüzünde meydana gelen doğal süreçler şeklinde sıralanabilmektedir (Bergman vd., 1986; Moss, 1988; Chen ve Chen, 2001). Sucul ortamlarda insan eliyle meydana gelen bu kirlilik "Ötrofikasyon, sularda asitlenme, alüvyon birikmesi ve ağır metal kirlenmesi" gibi pek çok değişik şekilde ortaya çıkabilmektedir (Henderson-Sellers ve Markland, 1987; Vollenveider, 1989; Kira, 1993; Straskraba ve Tundisi, 1999). Yukarıda adı geçen bu kirletici kaynaklardan özellikle ağır metaller, girdikleri farklı tip ekosistemlerde uzun süre kalabilmeleri, canlılarda toksik etkilere neden olmaları ve besin zinciri içerisinde birikerek zincirin en üst halkasında bulunan insanoğlunun sağlığını tehdit etme potansiyeline sahip olduklarından, en dikkat çekici grup olma özelliğine sahiptirler. Sulardaki en önemli inorganik kirletici kaynağı ağır metallerdir. Ağır metaller sucul ekosistemlerde olması gereken doğal konsantrasyonlarını aştıklarında, pek çok farklı olumsuzluklar ortaya çıkmakta ve canlılığı kısıtlamaktadırlar. Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonlarda potansiyel olarak zehirlidirler (Ağcasulu ve Akçil 2017).

Ağır metal kavramı, yoğunlukları yüksek olan ve çok düşük konsantrasyonlarda dahi yüksek toksik etkiye sahip elementler için kullanılan bir terimdir. Ağır metallerin

atom numaraları 92 ile 222 arasında değişmektedir. Tanımı itibariyle, yoğunlukları $4-5 \text{ g cm}^{-3}$ den daha yüksek olan metaller ve/veya metaloidler için kullanılan genel bir tabirdir (Hutton ve Symon, 1986; Nriagu, 1989; Garbarino vd., 1995; Nies, 1999). Ağır metal olarak da adlandırılan tüm bu elementler ve bunlara ait iyonlar, periyodik cetvelde geçiş elementleri olarak tanımlanmış geniş bir grubun üyeleridir. Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunan, bozulmaya uğramayan ve yok edilemeyen elementlerdir. Toprak, su ve havada farklı oranlarda bulunabilen ağır metaller, belirli konsantrasyonların üzerine çıktığında, kirliliğe yol açmaktadır. Ağır metal kirliliğinin sebepleri insan kaynaklı ve doğal kaynaklı olabilmektedir. Endüstriyel faaliyetler, egzoz gazları, madencilik faaliyetleri, volkanik faaliyetler, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi pek çok etken ağır metal kirliliğine yol açmaktadır. Ağır metal kirliliğinden kaynaklanan en önemli problem, bu metallerin besin zincirinde birikerek insanlara kadar ulaşması ve doğada kalıcı olmalarıdır (Uruç ve Yılmaz, 2008). Ağır metallere ayrıca sıklıkla mikro besin elementleri veya iz elementler de denmektedir (Philips, 1981). Ancak, iz elementler ya da mikro besin elementleri olarak adlandırılan bu grup, organizmaların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan esansiyel (vazgeçilemez) metalleri ifade etmek için kullanılmaktadır ve bu maddelerin hücrelerdeki konsantrasyonları çok düşük seviyelerde bulunmaktadır (Bat vd., 1998). Doğada bulunan 90 adet elementten 53 tanesi ağır metaldir ki bunlara kurşun, kadmiyum, civa, bakır, krom, kobalt, demir, nikel ve çinko gibi elementler dahildir. Fakat doğada bulunan bu 53 adet ağır metalden yalnızca 17 tanesi biyolojik olarak bulunmakta olup ekosistem yönünden önem taşımaktadırlar. Biyolojik açıdan önem taşıyan bu elementler enzim ve pigmentlerin yapı taşlarına katılmakla birlikte, tüm ağır metaller bulundukları ortamlarda yüksek konsantrasyon seviyelerine ulaştıklarında toksik özellik kazanmaktadırlar. Toksisite kavramı metalden metale değişiklik gösterebildiği gibi, organizmaların fizyolojik yapılarına göre de farklılıklar göstermektedir. Özellikle, kurşun (Pb), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) yüksek konsantrasyon seviyelerinde canlıların enzim aktivitelerini bozmaları, pigmentasyon fonksiyonlarında kullanılan temel metallerle yer değiştirmeleri ya da reaktif oksijen türevleri oluşturma özelliklerine sahip olduklarından, canlı organizmalar için oldukça zararlı olabilmektedir. Bazı ağır metallerin kimyasal karakteristik olarak esansiyel elementlere olan benzerliği (Cd-Zn, As-P ya da Se-S vb.) enzim sentez süreçleri

sırasında bu temel metallerle yer değiştirebilme olasılığını ortaya çıkardığından, ağır metallerin yüksek toksisite gösterme özelliği ile sıkça karşılaşılmaktadır (Carranza-Alvarez vd., 2008; Babula vd., 2008).

Bu çok toksik ve zehirli kirletici grubunun var olan kaynakları ile ekolojik süreçler ve döngüler sonundaki akıbetlerinin belirlenmesi ve doğadaki varlıklarının belirli standartlar çerçevesinde ölçülmesinde yaşanan zorluklar, özellikle karar verme yetkisine sahip olan mercilerin karşılaştıkları en önemli problemlerden biridir (Thomas ve Swain, 1988). Ağır metaller arasında civa ile kadmiyum ve bunların oluşturduğu bileşikler, Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanmış olan en tehlikeli zehirli maddeler grubunda “kara liste”de yer almakta olup zehirlilik, kalıcılık ve biyo birikim yönünden en dikkat edilmesi gereken ağır metaller sınıfında sayılmaktadırlar. Nikel, krom, bakır, kurşun, çinko ve daha pek çok ağır metal ise “gri liste” olarak adlandırılan ve görece daha az tehlikeli bileşiklerin bulunduğu grupta yer almaktadır (Mason, 1991). Doğal süreçler sonunda bütün kirleticiler gibi ağır metallerin de son durağı sucul ekosistemler olup bu iz elementler su, organizmalar ve sediment arasında sürekli bir dolaşım ve değişim sergilemektedir (Forstner ve Withmann, 1983). Pek çok ağır metal, biyosferin farklı basamaklarının yapısında bulunmakta olup kayaçların aşınması ya da volkanik faaliyetler sonucunda ortaya çıkmakta; fiziksel ve kimyasal süreçlerden geçerek su kolonunda ağır metal konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Ancak, her ne kadar pek çok ağır metal dünyamızın doğal yapısında bulunsa da, kirletici kaynaklar yönünden incelendiğinde en fazla katkı antropojenik faaliyetler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu aktiviteler neticesinde, canlıların yaşamsal fonksiyonlarını yerine getirmesi için hiçbir ihtiyaç olmayan kadmiyum ve civa gibi ağır metaller ile bulundukları ortamda belirli seviyelerin çok üstünde toksik etki gösteren demir, çinko ve bakır gibi metallerin de sulardaki bulunurluğu artmaktadır (Forstner ve Withmann, 1983; Moriarty, 1988; Meybeck vd. 1989; Veena vd., 1997; Rashed, 2001; Canlı ve Atlı, 2003). Sucul ekosistemde ağır metal kirliliğine neden olan atık suların başlıca kaynakları maden işletmeleri, metal endüstrileri ile matbaacılık, seramik, tekstil, fotoğrafçılık, kağıt, boya ve otomotiv gibi endüstriyel sektörlerden oluşmaktadır (şengül, 1991; Zhang vd., 2004).

Çok farklı şekillerde sucul ekosisteme giriş yapan metaller, ortam bileşenleri (su, sediment ya da seston vb.) ve canlılar yoluyla (mikro ve/veya makro omurgalı ve omurgasızlar) ya da beslenme harici yollarla (solunum, deriden absorpsiyon ya da adsorpsiyon gibi) besin zincirine girmektedir (Brezonik vd., 1991). Bu süreçler sonucunda canlı organizmalar doğrudan zarar görmese bile, ağır metaller biyolojik birikim ve karmaşık besin zinciri etkileşimleri sonucunda farklı doku ve organlarda birikmektedir (Chernoff ve Dooley, 1979; Eromesele vd., 1995). Sucul ekosistemlerde varlıklarını sürdüren farklı canlı organizmaların doğrudan ya da dolaylı olarak bünyelerine aldıkları kirleticileri metabolizmalarından uzaklaştırma hızları, bu maddelerin alınımlarından daha yavaş olduğundan, biyolojik birikim meydana gelmektedir. Biyo-konsantrasyon terimi ise, canlıların doğrudan sudan farklı doku ve organları (solungaçlar veya epitel doku vb.) aracılığıyla aldığı ve vücudunun farklı doku ve organlarında (kas, böbrek, karaciğer vb.) biriken madde miktarı şeklinde açıklanmaktadır (Matsiu vd., 1991; Adham vd., 1999; Newman ve Unger, 2002). Sucul ekosistemlerde yaşamsal fonksiyonlarını yerine getiren canlılar, sularındaki kirletici maddelerin var olan konsantrasyonlarından çok daha fazla miktarlarda kirletici akümüle edebilmektedir (Cha vd., 1997).

Çevre kirliliği felaketleri sonucunda ortaya çıkan gıda zehirlenmelerinin nedeni, nadiren ağır metallerdir. Ancak, tarihte en çok bilinen ve insanoğlunun ağır metal konusunda özellikle dikkatini çeken olay, 1932-1955 yılları arasında Japonya'da küçük bir balıkçı kasabasında meydana gelmiştir. Minamata adı verilen bir sahil kasabasının aşırı miktarda civa atığı içeren lağım sularının denize herhangi bir arıtım işlemine maruz kalmadan bırakılması sonucunda, 1952 yılında yüksek konsantrasyonlarda civa akümüle etmiş deniz ürünlerinin kasaba halkı tarafından düzenli olarak tüketilmesi sonucunda yerel nüfusta civa zehirlenmesi gözlenmeye başlanmış ve tedavisi mümkün olmayan "Minamata Sendromu" adı verilen hastalık ortaya çıkmıştır (Irukayama vd., 1961; Newman ve Unger, 2002). Ayrıca, yine Japonya'da ortaya çıkan Itai-Itai hastalığının nedeni de deniz ürünlerinden aşırı miktarlarda alınan kadmiyum olarak belirlenmiştir (Ishizaki ve Fukushima, 1968). Maden çıkarma işiyle uğraşan bir endüstriyel kuruluşun yüksek miktarlarda kadmiyum içeren atıklarını Japonya'da bulunan Jinzu Nehri'ne bırakması sonucunda, nehrin suyunu tarımsal üretimde kullanan aşağı havzada bulunan pirinç tarlaları etkilenmiştir. Bu bölgede yetişen pirinç tanelerinde kadmiyum aşırı derecede

birikerek, yıllarca bilinçsiz bir şekilde insanlar tarafından tüketilmiştir. Özellikle nehir çevresinde yaşayan insanların vücutlarında aşırı derecede biriken kadmiyum böbrek yetmezliğine ve kemik erimesine (osteoporoz) neden olmuştur (Aoshima vd., 1988).

Suların endüstriyel faaliyetler sonucunda ağır metaller yönünden aşırı derecede kirlenmesi ile gözlenen Minamata ve Itai-Itai gibi hastalıklar insanların ölümlerine neden olmuş ve bilimsel çevrelerin dikkatini ağır metallerin sucul ekosistemlerde birikerek çevre için oluşturduğu tehlikeler üzerine yoğunlaştırılmıştır. Bu sayede, ağır metaller gibi toksik özelliğe sahip maddelerin meydana getirdiği su kirliliğinin suyun sadece içme suyu amaçlı kullanılması ile değil aynı zamanda pek çok farklı süreçler ve yollar ile de insanoğlunun sağlığını tehlike altına atabileceği ortaya konmuştur. Buna göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, su kirliliğinin ortaya çıkan sonuçlarını dikkate alarak çeşitli kalite kriterleri ortaya koymuş ve sucul ekosistemi etkileyen tüm maddeler için alt ve üst sınırlar belirlenmiştir.

Ağır metaller, sucul ekosisteme giriş yaptıktan sonra yoğunlukları yüksek olduğundan su kolonunda fazla kalamamakta ve sedimente inmektedir. Sediment, sucul ekosisteme giriş yapmış kirleticiler için yenilenebilir bir kaynak özelliği taşımaktadır. Yapıları itibarıyla bulundukları ortamın koşullarına dayanım gösteren, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda parçalanamayan organik ve inorganik kirleticiler, sediment tabakasında birikim göstererek uzun yıllar boyunca sucul canlılar ile birlikte doğrudan ve dolaylı olarak insan sağlığı açısından tehdit oluşturabilmektedir. Bu sebepten ötürü, özellikle sediment kalitesinin korunabilmesi, sucul yaşamın ve ekolojik dengelerin korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanması ile ulusal sınırlardaki büyük ve/veya küçük hacimli su kütlelerinin biyolojik yönden de korunabilmesi açısından önemlidir. Sedimentte bulunan kirleticiler besin zincirini olumsuz yönde etkileyerek sucul canlıların türlerini tehdit edebilmekte ve hatta ortadan kaldırabilmektedir. Bunun da ötesinde, bazı kirleticiler grupları sedimentte meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda besin zinciri boyunca akümüle olarak su tabakasına ve hatta canlı bünyesine geçiş yapabilmektedir (USEPA, 2001).

Sediment tabakalarının kalitesi, üzerinde bulunan su kolonunun kalitesini de belirlemektedir. Bu sebepten dolayı, çevresel sedimantoloji çalışmaları ile su kalitesi

analizleri ayrı düşünölememekte ve bu çalışmalar eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Çünkü sediment tabakasının içerisinde bulunan kirleticiler için (organik maddeler, fosfat, azotlu bileşikler ve çeşitli metaller) belirli bir doygunluk seviyesi bulunmakta ve bu seviyeye erişen sediment tabakası bir süre sonra tıpkı bir kirletici kaynak gibi barındırdığı kirleticileri tekrar suya bırakmaktadır. Böylece, sadece su kolonunda meydana gelmiş kirlilik problemleri çözölmüş olmakta ve bir sucul ekosistem, sedimentten salınım yüzünden tekrar bir evre kirliliğı problemi yaşayabilmektedir (Lijklema vd., 1993). Sediment tabakasının çevresel tehlike boyutunun belirlenebilmesi ve sediment kalitesi için standart kalite kriterlerinin oluşturulması, sedimentte yaşayan canlılarla, canlıları etkileyen maddelerin bu türler üzerindeki toksisitesi ve kimyasal analizlerle, kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenerek, karşılaştırma yapılmasıyla anlaşılabilir (ATSDR, 2000).

Farklı yollardan sucul ekosisteme ulaşan ve değışik formlarda bulunabilen metaller, su canlılarının bünyelerine doğrudan su yoluyla olduğı kadar, besin maddeleri, yüzeylerine ağır metal adsorbe olmuş seston ve absorbsiyon yoluyla da geçebilmektedir. Algler, yüzeylerinde sahip oldukları yüksek negatiflikten dolayı, sudaki birçok ağır metal iyonunu kendilerine çekme ve depolama özelliğine sahiptir. Su ortamındaki metalin canlılar üzerindeki etkileri, ekolojik ihtiyaçlar, metabolizmik faaliyetler, besin tipi ve bolluğı, sediment tipi ve kalitesi ile diğerk faktörlerle (mevsimsel değışimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) değışebilmektedir (Nzeve, 2015).

1.2. Bazı Ağır Metaller ve Özellikleri

1.2.1. Krom (Cr)

Atom numarası 24 olan Krom periyodik cetvelde geçiş elementleri kategorisinde yer almaktadır. Krom, parlak gri renge ve sert bir yapıya sahiptir ve son derece yüksek bir erime derecesi bulunmaktadır. Dünyamızın doğal kayaç yapısı içerisinde bulunmakla birlikte, bitki, hayvan, toprak, volkanik aktiviteler sonucu ortaya çıkan toz ve gazların da yapısında bir miktar yer almaktadır. Özellikle hayvanlar ve bitkiler için önemli bir mikrobesein elementidir. Biyolojik açıdan önem taşıyan krom, bulunduğı ortam için de kirlilik indikatörü olan bir elementtir (Rajappa vd., 2010).

Krom, endüstriyel bir metal olma özelliği taşımakta olup, genellikle çeliğin sertleştirilmesi ve paslanmaz özellik kazandırılması ile çeşitli metallerle farklı alaşımlar elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Mekanik aksamalarda bulunan hareketli parçalarda kullanılan metallerin ve kesici aletlerin paslanmasını engellemek amacıyla korozyon önleyici kaplama olarak kullanımı çok yaygın olarak görülmektedir. Erime sıcaklığı yüksek olduğundan dolayı, tuğla ile briket üretiminde ve kalıp yapımında da sıklıkla kullanılmaktadır. Cam üretim sanayinde özellikle renk pigmenti olarak krom tercih edilmektedir. Ayrıca, değerli taşlardan yakut ve zümrüte yeşil rengini veren element de kromdur (Manav, 2014).

Ekosistemlerde konsantrasyon aşımı yaparak canlıların yaşam koşullarını sınırlandıran ve hatta sonlandıran krom, yüksek yapılı canlı organizmaların metabolizmalarına en fazla solunum yoluyla partiküller halinde girmektedir. Bu sebepten dolayı, yüksek organizasyonlu canlılarda krom, en fazla akciğerlerde birirmektedir. Bu birikimin sonucunda, dolaşım sistemi yardımıyla metabolizmal faaliyetlerin sürdürüldüğü diğer organlara taşınan krom, son olarak böbreklerden süzülüp dışarı atılmaktadır. Gıda yoluyla alınan kromun bir kısmı ise, en son ince bağırsakta süzülmekte ve kana karışmaktadır (ATSDR, 2000).

Krom, düşük konsantrasyonlarda metabolizma için faydalı bir metal olup kan şekeri ve kolesterol seviyelerini kontrol etmekte ve dengede tutmaktadır. Canlı metabolizmasında yüksek konsantrasyonlara ulaştığında ise, özellikle korneada hasarlara, cilt dokusunda alerjik tepkilere, kanlı ishale, solunum yolları rahatsızlıklarına, akciğerde tahriş ve böbrek yetmezliği gibi ciddi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. İçme suyundaki doğal krom miktarı $0.01-0.05 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir (Wedepohl, 1978). Balıklar diğer sucul organizmalarla karşılaştırıldığında krom toksisitesine karşı daha dirençli gözükse de sudaki krom konsantrasyonu arttığında bu canlı türü içinde öldürücü olmaktadır (Krishna vd., 2014).

1.2.2. Nikel (Ni)

Nikel'in atom numarası 28'dir ve VIII B grubu bir elementtir. En önemli özelliklerinden bir tanesi doğada oksijen ve sülfür ile bileşikler oluşturabilmesidir. Yapısal olarak sert bir element olan nikel, gümüşü bir renge sahiptir. Diğer metallerle

alaşım oluşturmak için birleşme bilme yeteneğine sahip olduğundan genellikle, toprak ve sedimentte demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı bir şekilde bulunmaktadır (Anonim, 2017a; Anonim 2017b).

Nikel, paramanyetik bir özelliğe sahip olup bu sebepten dolayı dış etkilere kolay kolay etkilenmemektedir. Endüstriyel anlamda nikel, genellikle paslanmaz çelik yapımında, mıknatıslarda, pil ve akülerin yapısında, bozuk para yapımında ve özel alaşımların oluşturulmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, cama renk vermek amacıyla pigment maddesi olarak da kullanılmaktadır. Bir alaşım metali olarak nikelin pek çok kullanım alanı bulunmaktadır. Endüstriyel sanayide en çok bakır, krom, altın, kobalt, alüminyum, kurşun ve gümüş metalleri ile gerçekleştirdiği alaşımlar kullanılmaktadır (Grandjean, 1984; Clarkson, 1988).

Tükettiğimiz gıdalarda az miktarlarda da olsa nikel bulunmakla beraber, katı yağlarda ve kakaolu ürünlerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Besin zinciri içerisinde katılımı, en çok nikel ile kirletilmiş olan topraklarda yetişen bitkiler sayesinde olmaktadır. Nikel, düşük konsantrasyonlarda insan metabolizmasının ihtiyacı olan bir metal olmasına karşın, canlı metabolizması içerisinde konsantrasyonu yüksek seviyelere çıktığında özellikle akciğer, prostat ve gırtlakta kanserleşmeye, solunum yetmezliği ve astım rahatsızlığına, deride alerjik tepkimelere, kalp rahatsızlıklarına, doğum sırasında kusur oluşmasına neden olmaktadır (Cempel ve Nikel, 2006).

1.2.3. Kurşun (Pb)

Kurşunun atom numarası 82'dir ve IVA grubu bir elementtir. Kurşun, havanın, suyun ve biyosferin doğal bileşenidir (Alala, 1981). Kurşun özellikle varlığıyla çevre kirliliği açısından önem teşkil eden bir metaldir. Doğal kaynaklardan gelen kurşunun çevreye olan etkisi az olmakla birlikte, en önemli kaynağı insan faaliyetleridir (Tirkey vd., 2012). Kurşun kirliliğine neden olan kaynaklar arasında kurşun bazlı petrol yakıtları ve plastik, pil, böcek ilaçları, seramik sektörü gibi ticari ve endüstriyel faaliyetler örnek gösterilebilir (Omwenga, 2003; Rand ve Petrocelli, 1988; Alala, 1981). Bugün medeniyete en uzak olan Kutuplar ile Grönland Adası'nın açıklarındaki buzullarda dahi bulunan kurşun miktarı, doğada bulunması gereken düzeyin yaklaşık 400 katıdır (Gökdemir, 2006).

Endüstriyel sektörde kurşunun en önemli kullanım alanı akü yapımıdır. Ayrıca, haberleşmede kullanılan bütün kabloların izolasyonunda da kurşun kullanılmaktadır. Kurşun katılmış boyalar çelik yapıların kaplamalarında korozyonu önlemek amacıyla yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Benzin içinde oktan ayarlayıcı olarak da kurşun kullanılmaktadır. Bir başka önemli özelliği radyasyon geçirgenliğinin az olması olduğundan, radyoaktif olan her türlü ortamda radyasyon kontrolü için kurşundan yapılmış plakalar yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, askeri mühimmat yapımında temel unsurlarından bir tanesi kurşundur. Kurşun, cam sanayinde ise, özellikle kırılma indisleri açısından yüksek değerlere ulaşabilen kristal camların üretim süreçlerinde kullanılmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde ürünlerin böceklerden korunabilmesi için kullanılan pek çok pestisit içinde kurşun tuzları bulunmakta olup, bu ilaçlar kurşunun besin zincirine en önemli geçiş kaynağını oluşturmaktadır. Bu sayede kurşun, insan metabolizmasına ya doğrudan solunum yoluyla ya da gıdalarla dolaylı olarak giriş yapmakta ve öncelikle solunum organları içerisinde birikime başlamaktadır. İnsan vücudunda kurşun seviyesi tolere edilebilecek miktarı aştığında biyokimyasal etkilere yol açar. Solunum sisteminden kan dolaşımına geçiş yapan kurşun, buradan dokulara taşınmakta ve böbrek, karaciğer, beyin gibi hayati organlara ulaşmaktadır. Metabolizmik faaliyetler sonucunda vücuttan atılamadığından, yaklaşık bir ay sonunda kemik ve diş gibi sert dokular içerisinde absorbe olmaya başlar. Vücut ve organlarda yüksek konsantrasyonlara ulaşan kurşun işitme bozukluklarına, sinir kordonunda tahribatlara, böbrek yetmezliğine, menenjitte, hemoglobin sayısını düşmesi sonucu kansızlığa, sindirim sistemindeki fonksiyon bozukluklarına ve farklı doku ve organlarda kanserleşmeye yol açmaktadır (Branica ve Konrad, 2015).

Kurşun ⁺² değerlikli halde sulara çözünme özelliğine sahip iken, sülfat hali sulara çözünmemektedir. Kurşunun sulara çözünen bileşikleri su canlıları açısından oldukça toksik ve zehirlidir. Sulara çözünebilen tip kurşun elementinin toksisitesi güçlü bir enzim inhibitörü olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü, sülfidril gruplarını bağlama kapasitesine sahiptir. Sucul organizmalarda kurşun toksisitesine karşı en hassas olan canlı grupları gastropodlar, böcek larvaları, annelida ve kabuklulardır (Dirilgen, 2001). Sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların metabolizmalarına giren kurşunun bir kısmı vücutlarında farklı doku ve organlarda birikirken, bir kısmı da vücut dışına atılabilmektedir. Ancak kurşun elementi

özellikle balıkların kas dokusunda birikim eğiliminde olduğundan, besin zincirinde yukarılara kolaylıkla taşınabilmektedir. Bu özelliğinden ötürü besin zincirinin en alt basamaklarından en üst basamaklarına kadar her türlü canlının yaşamsal faaliyetlerini tehdit edebilecek bir ağır metaldir. Sucul ekosistemlerde tuzluluk değerlerindeki artışlar genellikle sedimentte hapsolmuş kurşunun desorpsiyonuna neden olmakta ve ortam pH'ında görülen artışlar su kolonunda kompleks haldeki kurşun bileşiklerinin konsantrasyonunu arttırmaktadır (Anderson vd., 1997).

1.2.4. Kadmiyum (Cd)

IIB grubu bir element olan kadmiyumun atom numarası 48'dir. Litosferde element halinde bulunmayan kadmiyum doğal ekosistemlerde çinko minerali içerisinde bileşikler oluşturarak $CdCO_3$ şeklinde veya sülfür ile bağlanarak CdS şeklinde bulunmaktadır. Başka bir ifadeyle, çinko filizleri içerisinde doğal olarak bulunan kadmiyum madencilikte çinko elde edilirken yan ürün olarak çıkartılmaktadır. Kadmiyum toksik potansiyele sahip esansiyel olmayan bir elementtir (Rajappa vd., 2010).

Kadmiyumun endüstriyel olarak en yaygın kullanıldığı alan metal kaplama sanayisidir. Ayrıca, pil yapımı ile ilgili sektörlerde özellikle nikel kadmiyum pillerin yapımında, elektromanyetik forezlerde, lehim yapımında ve atomların yapısında bulunan nötronları tutma özelliği olduğundan dolayı nükleer enerji santrallerinde kullanılan kurşun çubukların yapısında ve reaktör kaplayıcı zırh olarak kullanılmaktadır. Oluşturduğu farklı bileşikler PVC'yi sertleştirdiğinden, plastik yapım sektöründe de sıklıkla katkı malzemesi olarak değerlendirilmektedir (Purvers, 1977).

Saf kadmiyum ve oluşturduğu tüm bileşikler, çözeltiler ve karışımlar son derece toksiktir. Kadmiyumun toksikolojik karakteristiği çinkoya benzemektedir. Doğal çevreyi ve yaşamı bu kadar olumsuz yönde etkileyebilecek potansiyele sahip olan böyle bir elementin başlıca kaynağı fosil yakıtlar ve bunların atıklarıdır. Bütün kirleticiler gibi kadmiyum ile kirlenmiş olan atıklar da, eğer herhangi bir arıtım işlemine maruz bırakılmazlarsa, önce nehirlerle ve oralarından da deniz ve okyanuslara ulaşarak bu ekosistemlerde ağır metal kirliliğine neden olurlar (Vig vd. 2003).

Diğer elementler gibi kadmiyum da sucul ekosistemin pek çok farklı noktasında birikebilme özelliğine sahiptir. Sucul ekosistemde dağılımı homojen olan kadmiyum, sucul canlıların farklı doku ve organlarında birikmektedir. Kadmiyumun canlı organizmalar tarafından absorbe edilmesi, kadmiyum için canlıların metabolizmalarında herhangi bir uzaklaştırma mekanizması olmadığından yıllarca kalıcı olması anlamı taşımaktadır (Tirkey vd., 2012). Türk Gıda Kodeksi'ne göre kadmiyumun balık kas dokusundaki maksimum kalıntı miktarı 0,05 mg kg⁻¹'dir (TGK, 2011).

İnsan metabolizması için en önemli tehlike kadmiyumun bir yapı elementi olan kalsiyum gibi algılanmasıdır. Bünye aldığı kadmiyumu kalsiyum zannettiğinden vücutta başlayan kalsiyum eksikliğini fark edememektedir. Bu nedenden ötürü, iskelet sisteminde zayıflama başlamakta, kemikler dayanımlarını kaybetmekte, vücut ağırlığını kaldıramamakta ve yapısal bütünlüğünü kaybetmektedir. Yüksek miktarda alınan kadmiyum ayrıca akciğer kanserine de neden olmaktadır (Tirkey vd., 2012).

1.2.5. Mangan (Mn)

Manganın atom numarası 25'dir ve periyodik cetvelde VIIB grubunda yer alır. Parlak gümüş rengine olan mangan çok kuvvetli bir oksidandır. Mangan elementi, kayalarda, toprakta, göl ve okyanus tabanlarındaki 100'den fazla tuz ve mineral bileşiminde bulunur (Damodharan, 2013). Bu mangan mineralleri; sülfid, oksit, karbonat, silikat, fosfat, arsenat, tungstat ve borat içerir. Ancak, doğada bulunan en önemli mangan mineral türü doğal siyah mangan oksit (piroluzit-MnO₂)'tir. Litosferin yapısında bir element şeklinde yaygın bir şekilde bulunmaz (Finkelstein ve Jerrett, 2007; Duan vd., 2010; Seinfeld ve Pandis 2016).

Mangan, endüstriyel olarak pil sanayinde, özellikle, kuru pillerde polarizasyonu önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, cam sanayinde cam yapımı esnasında demir kirliliği nedeniyle camda meydana gelen istenmeyen yeşil rengi ortadan kaldırmak için de mangan elementi kullanılır. Değerli taşlardan olan ve madencilik faaliyetleri ile doğal olarak çıkartılan ametist taşının rengi mangan elementinden gelmektedir. Mangan, seramik sanayinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek oksidasyon yeteneğinden dolayı, pek çok bilim alanında gerçekleştirilen nicel analizlerde yapısında mangan bulunan kimyasallar kullanılmaktadır. Mangan tuzları,

iyi birer yüzey genişleticisi olduğundan temizlik, beyazlatma ve dezenfeksiyon ürünlerinin içeriğine sıklıkla katılır (WHO, 2011).

Mangan yaşamsal fonksiyonların yerine getirilebilmesi için esansiyel olan bir iz elementtir. Canlı metabolizması için önemli bir iz element olan mangan, özellikle vitaminlerden B1'in emiliminde ve yaşamsal faaliyetlerde kullanılmasında önemli rol oynamaktadır. Bağ dokular, kemik dokunun yapısında, büyüme ve karbonhidrat emilimi metabolizmasında, embrionik gelişim esnasında özellikle iç kulağın şekillenmesinde önemli rol oynamaktadır (WHO, 2011; DWAF, 1996). Mangan, pek çok tahılın yapısında ve özellikle de çay bitkisinde bulunmaktadır. Mangan, insan metabolizmasına yüksek dozlarda alındığında siroza ve parkinson hastalığına neden olmaktadır (Bradi, 2005).

1.2.6. Demir (Fe)

Atom numarası 26 olan demir VIII. grup elementidir. Gümüşe yakın beyaz renkli, parlak, değişen sıcaklık koşullarıyla genleşebilen ve uzayabilen bir metaldir. Doğada farklı bileşikler halinde bulunur. Bu bileşiklerin en yaygın görülenleri magnetit (Fe_3O_4), pirit (FeS_2), hematit (Fe_2O_3), limonit ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) dir. Kimyasal olarak oldukça aktif bir element olan demirin en önemli bileşikleri $+2$ ve $+3$ değerlikte olan formlarıdır. Çünkü demir elementi bu değerliklerde canlılar için kullanılabilir öneme sahip olmaktadır (Okumuş, 2007).

Demir elementi litosferin kayaç yapısında doğal olarak bulunduğu son derece yaygındır ve tüm metaller içinde en çok kullanılandır. Toplam Demir elementi üretimi, tüm dünya genelinde endüstriyel faaliyetlerde kullanılmak amacıyla üretilen metallerin ağırlıkça % 95'ini oluşturmaktadır. Toprak ve kayalarda bol miktarda bulunan demir, bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir ve alüminyumdan sonra % 4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Demirin fazla alınması vücutta paslanma benzeri oksitlenme yaparak, damar sertliğine ve hücrelerin erken yaşlanmasına sebep olmaktadır (Cavaliere, 2016).

Kolay bulunabilirliğinden ötürü fiyatının görece düşük olması ve yüksek dayanım özellikleri, demiri pek çok sanayi dalında (otomotiv, demir çelik sanayi, gemi inşa

sanayi ve inşaat sektöründe binaların yapısal bileşeni olarak kullanımı) vazgeçilmez kılmaktadır (Aközcan, 2009).

1.2.7. Çinko (Zn)

Atom numarası 30 olan çinko bir geçiş metalidir. Gri renge olup genleşme özelliğine sahiptir. Oldukça yaygın bir element olan çinko, doğada en çok çinkospat, çinkoblend ve çinkosilikat mineralleri şeklinde bulunmaktadır (Momtaz, 2002). İz element olan çinko, biyolojik olaylarda önemli rol oynamaktadır. Canlı organizmalar için gerekli bir element olan çinko, biyolojik sistemlerde yalnız $+2$ değerlikli olarak bulunmaktadır (Akgün, 2006). Çinko bir çok canlı organizmanın metabolik ve fizyolojik süreçlerinde hayati rol oynar (Rajappa vd., 2010). Hayvanların beslenmesinde gerekli bir element olsa da hem hayvan hem de dolayısıyla insan sağlığı için potansiyel bir risk teşkil etmektedir (Amundsen vd., 1997).

Çinko özellikle pil sanayinde ve prinç, bronz gibi alaşımların üretim süreçlerinde kullanılmaktadır. Çinko ayrıca, otomotiv, elektrik ve donanım endüstrilerinde kullanılan döküm kalıplarının yapımında da kullanılmaktadır. Demir ve benzeri ağır metallerin, korozyona karşı önlem amacıyla galvanizlenmesinde de kullanılır. Çinko oksit; boya, yazıcı mürekkepleri, sabun, tekstil ürünleri, elektronik aletler, kauçuk yan ürünleri, yer kaplamaları, plastik ve kozmetik ürünler gibi günlük hayatta kullanılan malzemelerde de karşımıza çıkmaktadır. Çinko sülfat floresan özelliğe sahiptir ve parlak kadranların, floresan lambaların, X-ışını ve televizyon ekranlarının yapımında kullanılır (Momtaz, 2002).

Çinko, vücudun sorunsuz bir şekilde işleyebilmesi için ihtiyaç duyulan çeşitli minerallerden biridir. Bağışıklık sisteminin güçlenmesi, cilt yaralarının iyileşmesi, hücre üretimi ve yaklaşık 300 temel enzimin üretimi için gerekli bir mineraldir. Yetişkinlerde günlük tavsiye edilen çinko değeri 9-11 mg'dır. Fazla çinko, vücuttaki demir ve bakır gibi gerekli diğer minerallerin miktarını azaltmakta, aynı zamanda vücuttaki enzimleri de azaltarak bağışıklık sisteminin zayıflamasına neden olmaktadır. Yüksek seviyede çinko içeren içme suyu karın ağrısı, bulantı ve kusma gibi şikayetlere neden olur. Çinko zehirlenmesinin diğer belirtileri ishal, kanlı ürin, karaciğer ve böbrek yetmezliği ile anemidir (Duruibe vd., 2007).

Doğal çevrede çinko kirliliğine neden olan ana kaynaklar; çinko katkılı gübreler, kanalizasyon atıkları, madencilik faaliyetleri şeklinde sıralanabilir (Damodharan, 2013). Çinko kirliliğinin sulara taşınmasındaki en önemli aktör, kentsel bölgelerden geçen akarsulardır. Bunun yanı sıra özellikle madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerdeki geçirimli topraklardan sızan atık sular ve arıtılmamış kanalizasyon suyu deşarjları da önemli etmenlerdir (Bradi, 2005). Çinko tuzlarının çoğu suda çözündüğü için, endüstriyel ve evsel atık sularından akuatik ortamlara ulaşan çinkonun da çözünmüş halde olması beklenebilmektedir; bunun yanında çözünmeyen çinko tuzları çökelmekte ve doğal sulara taşınmaktadır (Aközcan, 2009). Denizel ortamlarda çinko iyonlarının sediment tarafından güçlü şekilde adsorbe edilebilme özelliğinden dolayı, çinko miktarı beklenen seviyeden düşük olabilmektedir (Batkı vd., 1999). Çevresel ve sanayi atıkları ile akuatik ortamdaki çinko miktarı artmaktadır. Çinko sucul organizmalar için toksik olabilir ancak, bu toksisitenin derecesi tıpkı diğer metallerin toksik etki seviyelerinde olduğu gibi su kalitesi özelliklerine ve etki ettiği canlı türünün tipine göre değişiklik göstermektedir (Datar ve Vashishtha, 1990). Çinko için sularda kabul edilebilen sınır değeri 3 mg L^{-1} ve balıklar için ise kabul edilen maksimum miktar kas dokusu için 50 mg kg^{-1} dir (WHO, 2008).

1.2.8. Kobalt

Atom numarası 27 olan kobalt bir geçiş elementidir. Sert, sert olduğu için oldukça kırılgan ve parlak yüzeyli bir yapıya sahiptir. Kobaltın atom ağırlığı $58,9332 \text{ g mol}^{-1}$ 'dir. Kobalt elementi çok yüksek sıcaklıklara ($1121 \text{ }^{\circ}\text{C}$) kadar ısıtılmadığı sürece manyetik bir özelliğe sahiptir. Bu nedenle özellikle yüksek sıcaklıkta magnetizmaya ihtiyaç duyulan ortamlarda en çok kullanılan malzemelerin yapısında bulunur (Roberts ve Gunn, 2014).

Kobaltın doğal ve yapay olmak üzere farklı formları bulunmaktadır. Doğal kobalt, kararlı izotopu olan kobalt-59'dan oluşur. Yapay izotopu ise kobalt-60'dır ve doğal kobaltın nükleer reaktörlerde özel olarak işlenmesi sonucu oluşturulur. Doğal olarak yeryüzünde en az bulunan elementtir (doğal kayalarda 25 mg ton^{-1}) (Hurley ve Keen, 1987).

Doğal kobalt, hassas metalürjik yapısı ve manyetik kabiliyetinden ötürü özellikle askeri sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır. Jet motoru yapımında bilhassa jet türbininin hafif, ancak dayanıklı alaşım gerektiren parçalarında kullanılır. Ayrıca, bunun yanında kobalt kullanımının endüstriyel uygulamaları da bulunmaktadır. Diğer metalleri ortamın korozyon etkisinden korumakta, üretimde kullanılan diğer parçalara manyetik özellik kazandırmakta, çelik yapımının çeşitli süreçlerinde son ürünün kalitesini arttırmak için alaşım elementi olarak yaygın bir şekilde endüstriyel sanayi sektöründe kullanılır. Element olarak alaşım yapmakta sıklıkla kullanılan kobaltın bileşikleri ise sıklıkla petrol ve seramik sektörünün hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Boya sanayinde renk verici madde, vernik üretiminde ise kurumayı kolaylaştıran ajan olarak kullanılır. Ayrıca, pil yapımında özellikle elektrotlarda, manyetizmaya gerek duyulan her tip ortam ve malzemelerde kullanılmaktadır. Yapay kobalt ise ışıma kabiliyetinden ötürü sağlık sektöründe radyoaktif izleyici olarak ve kanser tedavisinde kullanılmaktadır (Greenwood ve Earnshaw, 1997). Ağır sanayide son ürün olarak kullanılacak olan metal malzemelerin yapısal bozukluklarını (kılcal çatlaklar veya saflık derecesi vb.) belirlenmesi için kullanılır.

Kobaltın doğal çevreye girişi toz halinde atmosfer yoluyla olur. Canlıların kobalt ile etkileşimi ilk olarak solunum sonucu veya temas yoluyla gerçekleşir. Deri ve akciğerler yoluyla canlı bünyesine giren kobalt buralardan kana ve idrara karışarak metabolizmaya yayılır. İnsan vücudunda kobalt seviyesi toksik seviyelere ulaştığında; deride alerjik reaksiyonlara, kronik bronşite ve egzamaya neden olur. Çok uzun süreli maruz kalmalarda kobaltın yoğun olarak biriktiği doku ve organlarda tümör oluşumlarına rastlanmış olduğundan kobalt bileşikleri risk unsuru içeren maddeler sınıfında sayılır. Hayvanlar üzerinde yapılan testlerde özellikle suda çözünabilen kobalt bileşiklerinin kansere sebep olduğu ispatlanmıştır (Simonsen vd., 2012; Faroon vd., 2004).

Kobalt, B₁₂ vitaminin bir bileşenidir. Özellikle kırmızı et ve sakatatda (karaciğer ve böbrek), sütte, deniz ürünlerinden midye, istiridye, balık kas dokularında ve deniz yosunlarının yapısında bulunmaktadır. Sebzelerde görece olarak daha düşük miktarlarda bulunmasına karşın bakla tohumu, ıspanak, lahana, salata, pancar, incir de kobalt içerir. İnsan vücudunda uygun seviyelerdeki kobalt (80-300 µg), damarların daralmasını engelleyerek damar spazmı olmasının önüne geçer, sinir

hücrelerini baskılayarak migren ağrısını hafifletir, anemiye önleyerek karaciğer ve pankreasın sağlıklı çalışmasına yardımcı olur. Kobalt elementinin vücutta istenmeyen seviyelere ulaşması ise akciğer ve kalpte fonksiyonel bozukluklara, kanda şeker, kolesterol ve serbest yağ seviyelerinin yükselmesine, kanser, gebelik problemleri gibi rahatsızlıklar görülebilmektedir (Dissanayake 1991; Akpınar 2005).

1.2.9. Alüminyum

Atom numarası 13 olan alüminyum periyodik cetvelin III A grubunda bulunur. Atom ağırlığı 26,89, yoğunluğu ise $2,7 \text{ g cm}^{-3}$ tür (Aluminum Association, 1984). Yerkabuğunun doğal yapısının % 7,5-8,1'i alüminyum elementinden oluşur. Bu özelliği ile oksijen ve silisyumdan sonra litosferde en fazla bulunan üçüncü elementtir. Bu kadar sık karşılaşılan bir element olmasına karşın serbest halde çok nadir bulunduğundan üretim sektörü açısından her zaman değerli bir maden olmuştur (Alfrey, 1980).

Alüminyum bileşiklerinin çoğu sanayi sektörlerinde önemli kullanım sahalarına sahiptir. En önemli özelliği kolay şekillendirilebilmesidir. Bu nedenle özellikle otomotiv ve havacılık sanayinde sıklıkla kaplama, gövde ve şase üretiminde kullanılır. Ayrıca, inşaat, mimari, ambalajı yalıtım ve elektronik sektörlerinde de kullanılan bir ham maddedir. Alüminyumun pek çok farklı tuzları olmasına karşın (alüminyum hidrür- AlH_3 , alüminyum oksit- Al_2O_3 , alüminyum klorür- AlCl_3 , alüminyum sülfat- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ve alüminyum hidroksit- $\text{Al}(\text{OH})_3$) dünya alüminyum üretiminin neredeyse tamamı boksit minerali ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) şeklinde gerçekleşir. Doğal ekosistemin korunması açısından alüminyum sülfat ve alüminyum klorür tuzları ayrı bir önem taşır. Çünkü bu tuzlar, yüzey sularından doğal organik maddeleri uzaklaştırmak amacıyla su arıtım ajanı olarak kullanılmaktadır (Brusewitz, 1984).

Alüminyum canlı metabolizması için esansiyel olan bir metaldir. Ancak ortamdaki konsantrasyonu arttığında canlılar için hayli toksik olur. Antropojenik etkilerle oluşan alüminyum partikülleri doğrudan ya da dolaylı olarak atmosfere ulaşır. Havaya karışan Alüminyum partikülleri depozisyon yoluyla asit yağmurları şeklinde toprağa döner ve kirliliğe neden olur. Bu sonuçlar sucul organizmalarda artan ölüm, ormanlarda meydana gelen kuruma, insan ve hayvanlarda meydana gelen çeşitli fonksiyonel bozukluklar şeklinde kendini göstermektedir (Tanaka, 2004). Denizel

canlılardan özellikle su yosunları ve kerevitler alüminyum toksisitesine karşı en hassas gruplardır (Exley vd., 1994). Sulardaki toksisitesini etkileyen en önemli faktör pH değeridir. Suların pH değeri azaldıkça alüminyum toksisitesi artış gösterir (Naskar vd., 2006).

Alüminyum kanserojen etkiye sahip bir element olarak sınıflandırılmaz. Ancak, alüminyum üretim süreci safalarının çıktılarının insan üzerine kanserojen etkisi olduğu saptanmıştır (Uluslararası Kansere Araştırma Ajansı-IARC). Alüminyumun içme sularındaki tolere edilebilir maksimum limit değeri $200 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (WHO, 2011). İnsan metabolizmasında bulunması gereken değer 35-40 mg dır (Barr vd., 1993). Temas halinde ciltte tahriş, dermatite, kaşıntı ve kızarıklığa neden olur. Canlı metabolizmasında aşırı birikmesi sonucu sinir hücrelerinde ve sinir kordonunda tahribat yapar. Nörotoksik etkileri enzim metabolizmasını yavaşlatır. Alzheimer ve demans hastalıklarının tetikleyicisidir (Bast-Pattersen vd., 1994).

1.3. Göl Kavramı ve Özellikleri

Göl, karalar üzerinde bulunan çanakları ve/veya kapalı havzaları doldurmuş tatlı veya tuzlu su kütlesi olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzündeki tatlı suların büyük bir bölümünü (% 87) göllerde birikmiş su kütleleri oluşturmaktadır. Dünya yüzeyindeki göller coğrafik yapısının uygunluğundan dolayı daha çok yüksek enlemlerde kuzey yarımkürede toplanmış olup, bu göllerin yeryüzünde işgal ettiği alan yaklaşık 2,5 milyon km^2 dir (Wetzel, 2001).

Göllerin su döngüsüne katkı yapan tatlı su kaynakları, genellikle yeraltı ve yer üstü suları olup, su karakteristikleri genellikle acı, tatlı, sodalı ve tuzlu olabilmektedir. Sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olmasının nedenleri, iklimsel farklılıklar, farklı tipteki beslenme kaynakları, gölün konumlandığı arazinin tipi ve yapısı, gölün yüzey alanının büyüklüğü, derinlik farklılıkları ve gideğenin (göl ayağı) olup olmamasıdır. Gölü tatlı su ile besleyen kaynağın güçlü olması, gölde biriken fazla suyun yol bularak denize boşalmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde sularını dışarıya bir gideğen yardımıyla boşaltan göllerin suyu tatlı olurken, sularını

dışarıya boşaltamayan yani kapalı sistem bir su döngüsüne sahip olan göllerin suyu ise acı veya tuzludur (Manav, 2014).

Yeryüzünde bulunan en büyük göl 424,300 km² yüzölçümüne sahip Hazar Gölü'dür. Hazar Gölü'nden sonra dünyanın ikinci büyük gölü Amerika Birleşik Devletleri ile Kanada sınırı arasında kalan Superior Gölü'dür (83,300 km²) (Cirik ve Cirik, 1990).

Yüzey alanları bakımından pek çok farklılıklar gözlenen göllerin derinlikleri de çok değişkendir. Örneğin; Rusya Federasyonu'nun sınırları içindeki Güney Sibirya Bölgesi'nde bulunan Baykal Gölü'nün derinliği 1741 m'yi, su aynasının alanı ise 31500 km²'yi bulmaktadır. Bu göldeki su miktarı tüm dünyada mevcut olan tatlı su miktarının neredeyse %20'sini oluşturmaktadır. Dünyadaki en derin ikinci göl ise 1470 m derinliğinde olan Tanganika Gölü'dür. Derin göllerin çoğu, Kuzey ve Güney Amerika'nın batısı ile Avrupa'nın dağlık alanları, Afrika ve Asya'nın dağları arasında bulunmaktadır (Ekingen, 2001). Yeryüzündeki başlıca göllerin yüzey alan ve derinlik bilgileri Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Dünyadaki başlıca büyük tatlı su kütlelerinin ortalama derinliği ve yüz ölçümleri (Toplam su hacimlerine göre azalan şekilde sıralanmıştır) (Reynolds vd., 2000).

Adı	Hacim (km ³)	Yüzey alanı (km ²)	Ortalama Derinliği (m)	
			Minimum	Maksimum
Hazar Denizi	78.200	374.000	209	1.025
Baykal Gölü	22.995	31.500	730	1.741
Tanganika Gölü	18.900	32.900	574	1.471
Superior Gölü	12.100	82.100	147	407
Malawi Gölü	6.140	22.490	273	706
Michigan Gölü	4.920	57.750	85	282
Huron Gölü	3.540	59.500	59	229
Victoria Gölü	2.700	68.460	39	84
Great Bear Gölü	2.240	31.150	72	446
Issık Gölü	1.740	6.240	279	668
Ontario Gölü	1.640	19.100	86	245
Great Slave Gölü	1.580	27.200	58	614

1.3.1. Sediment ve göl kirliliği

Yağmur damlalarının birikerek oluşturduğu yüzey suyu, eğim aşağı akarken bulunduğu arazi eğimine göre kinetik enerji kazanmaktadır. Bu da toprak parçalarının yüzey suyu ile taşınmasına sebep olmaktadır. Sedimentin hareketi ve taşınması her hidrolik koşul için farklılık göstermektedir. Katı maddelerin taşınması nehir başından sonuna kadar devamlı değişim gösterdiği için, erozyon ve sedimentasyon nehir boyunca her yerde oluşabilmektedir. Alüvyal madde birikimi nehrin ağzında ve kıyıda malzeme taşıma kapasitesini azaltmasına rağmen, sonuçta birikme ve dağılma yeri akuatik ortamlardır. Nehirlerdeki sediment birikimi ve taşınmasına kıyasla, sedimentin denize ve göle girişi ve dağılması daha karmaşık yapıdadır (Manav, 2014).

Bütün göllerin tabanlarında materyaller birikmektedir. Ancak birikinti maddelerinin çeşit ve miktarı bölgesel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Çeşitli maddelerin oluşturduğu taban materyalleri, farklı organizmaların da gelişmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, biyolojik verimin belirlenmesinde tabanı oluşturan materyalin yapısı önem taşımaktadır. Gölü besleyen akarsular ve o bölgedeki iklim, göl sedimentasyonu üzerinde önemli rol oynamaktadır. Göllerdeki gel-git olayı denizlerdeki orana daha önemsizdir. Çünkü göllerdeki dalgalar denizlere orana daha küçüktür (Önal, 1993).

Yüzeysel sular içinde kirlenmeye karşı en hassas olan ortam göllerdir. Gerek akarsular gerekse yüzey akışıyla gelen maddeler gölde birikim oluşturmaktadır. Biriken materyallerin birikim aşmasına kadar ortamdan antropojen etkilerle kirlenmesi, gölün su kalitesinde zamanla bozulmaya neden olmaktadır. Göl ekosistemine giren kirleticiler (ağır metaller, güç parçalanabilen pestisitler, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) vb.) bozunmayan yani hidrofobik bir yapıya sahip ise, bu kirleticiler gölde giderek artan derecede yoğunlaşmalar meydana getirir.

Kolay parçalanabilen organik maddeler ise, gölün kendi kendini temizleme kapasitesi ile zararsız hale getirilmektedir. Fakat gölün doğal arıtma kapasitesini aşan organik yükler, göldeki oksijenin tüketilmesine ve gölün, anaerobik (oksijensiz) duruma dönüşmesine sebep olmaktadır.

Göllerin kirlenmesinde doğal olaylardan daha da etkili olan faktör, evsel ve endüstriyel atık sular ile tarımsal drenaj sularıdır. Bu atıklar fosfor ve azot yönünden zengindir. Bu maddeler, göllerde, fotosentezle aşırı alg üremesine ve organik madde miktarının artmasına yola açmaktadır. Üreyen algler göl sularının ışık geçirgenliğini azaltmakta, bulanıklığını artırmaktadır. Dolayısı ile sudaki oksijen miktarını etkilemektedir. Doğal yaşam dengesinin bozulması ve çökelmenin hızlanması ile bataklıklar meydana gelmektedir (Önal, 1993).

1.3.2. Sedimentte ağır metal kirliliği

İz metaller sedimente 3 farklı şekilde ulaşırlar. Bunlar; sucul ekosisteme ulaşan veya orada bulunarak dibe yerleşen partiküllerin üzerinde veya içinde, dip çamurunun hemen üzerinde hareketli partiküllerin üzerinde veya içinde ve bir de suda çözünmüş metal fraksiyonlarının emilimi şeklindedir (Tayab, 1991).

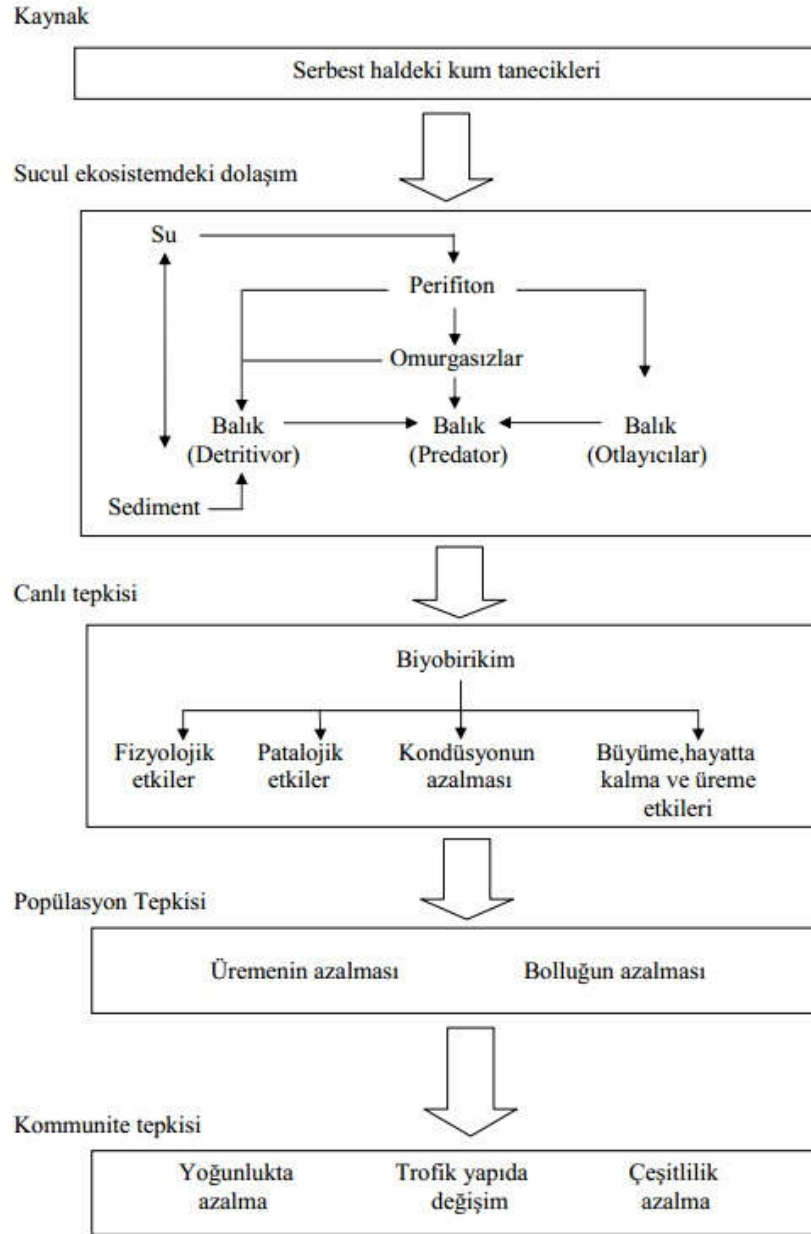
Sucul ekosisteme ulaşan partiküller sedimantasyon yoluyla dip çamuruna ulaşır. Bu yolla taşınan partiküller 3 ayrı türdedir. Bunlar; detritus (karaların aşınması sonucu oluşanlar), biyogenik (canlıların metabolizmasında bulunanlar veya atılanlar) ve tortul (atmosferik taşınım ile su filmine serpilenler) tip olarak adlandırılırlar. Detritus, ağır metalleri daha çok kristal bir yapı içerisinde taşıırken, biyogenik tip partiküller ağır metalleri inorganik iskeletimsi materyaller içerisinde taşır. Üçüncü tip olan tortul yapıdaki partiküller ise ağır metalleri kalsiyum karbonat, hidro-oksit ve sülfid şeklinde çökeltir (Tayab, 1991).

Sucul ekosisteme taşınan ağır metaller su kolunda mikrobiyal ve kimyasal süreçler sonunda kısmen çözünebilmektedirler (Price ve Skei, 1975). Bu süreçlerden etkilenmeden sediment tabakasına ulaşanlar ise diyajenetik süreçlerle parçalanırlar (Price, 1976). Diğerleri ise sucul organizmalarca tüketilir. Canlı bünyesine giriş yapan bu partiküller mide sıvıları tarafından yıkıma uğrarlar (Luoma ve Bryan, 1978). Kısacası bir partikülün bozunma direnci içerdiği ağır metalin bulunduğu ortamdaki kaderini tayin eder (Tayab, 1991).

Sedimentin ağır metalleri absorbe etme yollarından bir tanesi de partikülleri çözünmüş halde doğrudan almasıdır. Bu alım hem sediment yüzeyinin hemen

üzerindeki su filminden gerçekleşebilir hem de sediment tabakasındaki çatlakların altından yukarıya doğru sızan sular vasıtasıyla da olabilir (Tayab, 1991).

Partiküller sediment yüzeyine (dip çamuruna) ulaştıkları ilk dönemde gevşek bir şekilde bulunurlar. Ama eninde sonunda yeni partiküller önceden geleni baskılayarak daha kalıcı (rijit yapılı) bir tabaka oluşmasına neden olur. Yeni gelen sediment partikülleri ile önceden çökmüş olan partiküller birçok süreçten etkilenmektedirler. Bu süreçler, karışma, yeniden havalanma, yıkım, ayrışma ve çökme şeklinde adlandırılırlar. Karışma (mixing), sediment yüzeyindeki akıntıların üstteki katmanları taşınması ve karıştırmasıdır. Yeniden havalanma (resuspension), özellikle sucul ekosistemlerin sığ kesimlerinde ve kıyı havzalarında rüzgarların uzun ve sert esmeleri sonucunda dip sedimentinin havalanmasına ve içerdiklerini (besin maddeleri, ağır metaller, PAH vb.) su kolonuna taşınması şeklinde gerçekleşir (Ryding ve Forsberg, 1977). Yıkım (decomposition), fiziksel ve biyolojik süreçler sonucunda büyük tanecikli yapıya sahip sediment bileşenlerinin ezilerek daha küçük tanecik boyutuna indirgenmesidir. Ancak söz konusu olan ağır metaller olduğunda biyolojik süreçler daha fazla önem kazanırlar. En önemli biyolojik süreçler canlı ölümünden hemen sonra ağır metallerin hızla salınımı (Price ve Skei, 1975) ile daha dirençli yapıların bozunması kaynaklı gerçekleşen yavaş metal salınımıdır. Organik maddelerin biyolojik ajanlar aracılığıyla oksidasyonu dip sedimentinin ve bu sediment tabakasının üzerini kaplayan su kolonunda bir oksijen tüketimine yol açar. Demir hidroksit ve mangan oksit şeklinde bulunan demir ve mangan elementleri oksijenli ortamda çözünebilir (ayrışma-dissolution) demir ve mangan iyonlarına indirgenirler. İşte bu indirgenen bölgede çıkan iyonların su filmine doğru olan difüzyonu sedimen-su arayüzünde demir ve manganın çökmesine yol açar (çökme-precipitation) (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Ağır metallerin sucul ekosistemdeki dolanımları ve etkileri (Hassan vd., 2016'dan uyarlanmıştır).

Sedimentin ağır metaller ya da diğer kirleticiler tarafından kirletilmesi birçok kurum ve kuruluş tarafından sucul ekosistemler için öncelikli tehlikeler olarak görülmektedir. Sedimentin birçok kirletici için son kabullenici ortam olarak önemi (besin maddeleri, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), pestisidler ve ağır metaller vb.) birçok çalışmada ön plana çıkarılmıştır (Baldwin ve Howitt, 2007). Sediment tabakası sucul ekosistemlerin ne kadar sağlıklı olduğunu gözlemlemede en önemli kompartımanlardan biridir. Ekolojik olarak sucul habitatın en önemli bileşenlerinden

biridir ve su kolonunun trofik seviyesinin devamlılığında önemli bir rol oynamaktadır (Singh vd., 1997). Abraha vd., (2012) sucul ekosistemlerdeki kirleticilerin uygun koşullar altında yeniden hareketlenmesinde önemli rol oynadığını gözlemlemiştir. Karasal ekosistemdeki toprak gibi sediment de sucul ekosistemde ağır metaller için esas alıcı ortamdır. Akan vd., (2010) nehir tabanındaki dip çamurunun sadece kirliliği etkilemediğini, aynı zamanda kirliliğin geçmişini de kaydettiğini belirtmiştir.

Sedimente adsorbe olmuş ağır metaller sucul organizmalar için doğrudan bir kaynak değildir. Ancak, sedimentin üzerinde yer alan ve sürekli dinamik olan su kolonunda meydana gelen çevresel değişimler (sıcaklık, tuzluluk, pH, redoks potansiyeli) ile birlikte bu toksik metaller su kolonuna geri salınmaktadır (Soares vd., 1999). Yani sediment, sucul ekosistemler için bu tip kirleticiler açısından yenilenebilir bir kaynağı gibi davranmaktadır. Sedimentteki ve sudaki ağır metal birikimleri ve bu metallerin biyokullanılabilirliği organizmalar ve çevreleri arasındaki etkileşimlerin anlaşılabilmesi için önem taşımaktadır. Bu nedenle, sedimentin düzenli olarak incelenmesi sucul ekosistemlerdeki riskin boyutunu belirlemekte önemlidir.

Sediment, tanecik yapısına göre kapasitesi değişmekle birlikte özellikle suda çözünmeyen (hidrofobik) kimyasal kirleticileri bağlama özelliğine sahiptir (McCready vd., 2006) ve bünyesinde birikim yapan bu kirleticileri de yavaş yavaş su kolonuna geri bırakır (Chapman ve Chapman 1996; McCready vd., 2006). Tüm bu bileşenler doğrudan besin zincirini etkileyen en önemli parametreler olduğundan sağlıklı bir sediment yapısı insan sağlığının ve sucul yaşamın korunmasını da sağlar. Şu kesindir ki, sediment tabakası kimyasal ve biyolojik süreçler arasında önemli bir bağ oluşturmaktadır.

Özellikle kentleşmenin etkisinde bulunan sucul ekosistemlerin sediment tabakası yüksek seviyede kirletici barındırmaktadır (Lamberson vd., 1992; Cook ve Wells, 1996). Bu durum da önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır (Magalhaes vd., 2007). Sedimentler sucul çevrelerdeki kirleticilerin hem taşıyıcısı hem de kaynaklarıdır (Shuhaimi, 2008). Sedimentin ağır metaller ile kirlenmiş olması ciddi çevre problemlerine yol açmaktadır (Loizidou vd., 1992). Ağır metaller sedimente bağlanır ya da bentik canlılar tarafından akümüle edilirler; biyokullanılabilirlikleri ve toksisiteleri metalin farklı formlarına ve sedimentin matris yapısına göre değişiklikler

göstermektedir (Chukwujiindu vd., 2007). Ayrıca, sediment kirliliğinin seviyesini kirleticinin tipi (evsel veya endüstriyel), atmosferik boşalım miktarları, ekosistem çevresindeki antropojenik faaliyetlerin tipi (tarımsal, kentsel veya madencilik faaliyetler vb.) gibi etmenler de etkileyen faktörlerdir.

Ağır metaller, hem toksik potansiyelleri hem de kalıcılıklarından ve besin zincirinde birikerek bir üst basamağa taşınabildiklerinden ötürü çevre için oldukça önem taşımaktadırlar (WHO, 2000). Özellikle sucul ortamda birikim gösteren ağır metaller, insan sağlığını tehdit etmekle beraber hem bitki ve hem hayvan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedirler (Kinyua ve Pacini, 1991). Metallerin hem yararlı hem de toksik etkileri çevrede bulunan diğer elementler veya biyolojik süreçler gibi faktörlere bağlıdır. Çalışmalar göstermiştir ki kadmiyum ve bakır gibi metallerin toksisitesi esas olarak sudaki serbest metal iyonlarının varlığı ile doğru orantılıdır ve bu nedenle toplam metal konsantrasyonu ile doğrudan bağlantılı olmayabilir (Shephard, 1980). Ağır metaller gibi kirleticilerin özellikle sucul ekosistemlerdeki etkilerinin pek çok faktöre göre değişmesi ve tahmin edilemez olması doğal su ortamlarındaki bu tip kirliliğin düzenli olarak izlenmesini ve bu çalışmalarla bir veri tabanı oluşturulmasını günümüz toplumları için kaçınılmaz bir hale dönüştürmüştür (Yılmaz vd., 2006).

Bu çalışmanın amacı, Bafa Gölü gibi pek çok farklı kirleticili kaynağın etkisinde olan ve ülkemiz için önemli bir sulak alanda varolan ağır metal kirliliğinin (Al, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) güncel durumunu bu kirliliği etkileyen faktörlerle birlikte ortaya koymaktır.

2. TEZ BİLDİRİŞLERİ

Bu bölümde, yapılan tez çalışmasının konusuna, amacına ve metodolojisine paralel olarak daha önceki yıllarda gerçekleştirilmiş çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda açıklanmıştır.

Kazancı vd., (1998) Bafa Gölü'nde meydana gelen fiziko-kimyasal değişimleri incelemişlerdir. Bu amaçla gölden 1992, 1996, 1997 ve 1998 yıllarında farklı noktalardan örnekleme yapmışlardır. Gölde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimlerin sebebinin gölün su kütlesinin, tabanda bulunan hidro-kimyasal olarak farklı, yeraltı su kaynaklarının oluşturduğu su tabakaları nedeniyle olduğunu belirtmişlerdir. 1992 yılından 1998 yılına kadar metalimnion tabakasının giderek yüzeye yaklaştığını ve kalınlaştığını belirlemişlerdir. Gölün giderek oligohalinden polihaline geçtiğini vurgulayarak fitoplanktonda tatlı su türleri kadar denizel türlerin de var olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışma boyunca ortalama pH 6,4-8,7, ÇO $0,8-10,7 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ $0-0,23 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ $0-0,53 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $0-0,03 \text{ mg L}^{-1}$ olarak ölçmüşlerdir.

Sarı vd., (1999) Bafa Gölü'nün değişen fiziko-kimyasal parametreleri ile gölde yaşayan faunanın durumunu incelemişlerdir. 1989-1999 yılları arasında göl suyunun tuzluluğunun ‰ 6'lardan ‰ 13'lere çıktığını ve meydana gelen bu keskin değişimin stenohalin türlerin ortadan kaybolmasına neden olduğunu ve örihalin balık türlerinin baskın türler haline geçtiklerini raporlamışlardır. Özellikle yaz döneminde çözünmüş oksijenin tabakalaşma görülen bölgelerinde ani değişimler gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine yaz döneminde suyun ortalama sıcaklığının $26-28^\circ\text{C}$ olduğunu vurgulamışlardır.

Dügel (2001), Büyük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada bentik makro omurgasızlarından elde ettiği biyolojik verilerle birlikte fiziko-kimyasal özellikleri de kullanarak çevre kalitesini değerlendirmiştir. Çalışma kapsamında Büyük Menderes Nehri'nin evsel atıklar yönünden kirletildiği tespit edilmiştir. Büyük Menderes Nehri'nden 17 farklı noktadan yapılmış su örneklemelerinin sonucunda

Bafa Gölü'ne en yakın olan 3 ayrı istasyonda besin tuzları değerlerinin $\text{NH}_4\text{-N}$ için 0-5,794 mg L^{-1} , $\text{NO}_2\text{-N}$ için 0-0,096 mg L^{-1} , $\text{NO}_3\text{-N}$ için 0-0,050 mg L^{-1} ve $\text{PO}_4\text{-P}$ 0-3,417 mg L^{-1} arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Müllenhoff vd., (2004) Bafa Gölü'nün evrimini sedimantolojik, mikrofauna ve paleontolojik açıdan incelemişlerdir. Bu amaçla gölün iki farklı noktasından sediment corer ile karot örnekleri almışlardır. Bu örneklerin incelenmesi sonucunda Bafa Gölü'nde ortalama sedimantasyon hızının 0,29 cm y^{-1} olduğu hesaplanmıştır.

Güven (2004), Büyük Menderes Nehri ve bu nehre dökülen kollarında yaptığı çalışmada farklı noktalardan mevsimsel olarak örnekler almış ve temel kirlilik parametrelerini incelemiştir. Yapılan bu çalışmada alınan numunelerde pH, çözülmüş oksijen, iletkenlik, sıcaklık, AKM, bulanıklık, toplam sertlik, organik madde, alkalinite parametreleri ile klorür, fosfat, nitrat, nitrit, amonyum, bor, sülfat, bakır ve demir iyonlarının konsantrasyonları tespit edilmiştir. Büyük Menderes Nehri'nin besin tuzları konsantrasyonlarının amonyum azotu için 9,41-22,30 mg L^{-1} , nitrit azotu için 0,012-0,134 mg L^{-1} , nitrat azotu için 0,82-7,86 mg L^{-1} , toplam fosfat fosforu için 0,052- 5,202 mg L^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, Büyük Menderes Nehri'nin ve yan kollarının kirlenmesine en büyük katkıyı evsel atıkların sağladığı ortaya konmuştur. Ayrıca, zeytinyağı işletmeleri ve diğer sanayii atık sularının da ciddi kirletici unsurlar olduğunu belirlenmiştir. Çalışmada Büyük Menderes Nehri'nin geçtiği il ve ilçelerden nehre dökülen suların herhangi bir arıtma işlemine tabii tutulmadığına dikkat çekilmiş, bu il ve ilçe belediyelerinin ve yöneticilerinin bu konuda hassasiyet göstererek atık su arıtım tesislerinin kurulabilmesi için gerekli yatırımı yapmalarının Büyük Menderes Nehri'nin kirlilik sorunlarını çözebileceğini öne sürmüştür.

Tekin-Özan ve Kır (2005) Kovada Gölü'nden aldıkları canlı dokularında ağır metal konsantrasyonlarını AAS kullanarak analiz etmişlerdir ve elde ettikleri verileri sediment ve su ile karşılaştırmışlardır. Dip sediment tabakasında ortalama metal konsantrasyonlarını $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ şeklinde tespit etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmanın sonucunda sestodların sedimentteki ağır metal seviyelerini yansıtmaya uygun bir indikatör tür olduğu sonucuna varmışlardır.

Fortune (2006) kitabında 1993 yılında Darwin Limanı'nda gerçekleştirdiği çalışmada kullandığı metotları anlatmıştır. Çalışmada 7 farklı bölgeden çoklu örnekleme

yöntemiyle 114 farklı noktadan sediment örnekleri toplamış ve ağır metal konsantrasyonlarını tanecik boyutlarıyla ilişkilendirmiştir. Tanecik boyutu analizleri için sedimenti 3-4 gün boyunca 50 °C'de kurutmuş, havanla homojenize etmiş ve eleklerden geçirmiştir. Bu analiz için 2 mm, 250 µm, 63 µm ve 4 µm göz açıklığına sahip elekler kullanmıştır. >2 mm olan tanecikleri granül, 2-0,25 mm arasını iri taneli kum, 250-63 µm arasında olanları ince kum ve 63-4 µm arasındakileri mil ve <4 µm olanları ise kil olarak gruplandırmıştır.

Kır vd., (2007) Kovada Gölü'nde su ve sedimentte bazı ağır metallerin (Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni) konsantrasyonlarının değişimlerini mevsimsel olarak incelemiştir. Su kolonunda en fazla bulunan metalin Fe elementi, sedimentte en fazla biriken metalin ise Al olduğunu belirlemiştir. Su kolonunda tespit edilen metal konsantrasyonlarının yaz ve ilkbahar aylarında arttığına dikkat çekmişler ve bu durumu buharlaşmaya, göl çevresindeki tarımsal faaliyetlerin (ilaçlama, gübreleme ve sulama) artan yoğunluğuna ve gölü besleyen çayın etrafındaki fabrika ve sanayi atıklarının faaliyete geçmesine bağlamışlardır.

Bölgede yapılmış bir diğer çalışmada, Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne bağlandığı noktadan farklı dönemlerde (1973, 1974, 1990, 1992, 1993, 2006 ve 2007) alınmış su örneklerinin analiz sonuçları derlenerek gölün o anki durumu hakkında yorumlar yapılmıştır. Yapılan bu derleme çalışması sonucunda, gölün tuzluluğunun çalışmanın kapsadığı zaman aralığı boyunca % 83 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, Bafa Gölü'nün su sıcaklığının yine çalışmanın kapsadığı zaman aralığı boyunca ortalama olarak 2,5 °C soğuduğu ortaya konmuştur. ÇO miktarının dönemlere göre 8,5-11,0 mg L⁻¹ arasında değiştiği, pH değerinin ise yine dönemsel olarak değişmekle beraber 7,4-8,4 arasında değiştiğini raporlamıştır (Koç, 2008).

Tekin-Özan (2008), Beyşehir Gölü'nde gerçekleştirdiği çalışmada suda, sedimentte ve gölden yakalanmış *Tinca tinca* türünün farklı dokularında ağır metal (Cu, Fe, Mn, ve Zn) konsantrasyonlarının değişimine mevsimlere ve istasyonlara göre bakmıştır. Elde edilen bulgular ışığında su ve sediment örneklerinde Fe elementinin en yüksek konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda, suda ve sedimentte ağır metallerin konsantrasyonlarının sıcak ve kuru dönemlerde yükseldiği, soğuk ve yağışlı dönemlerde ise düştüğü belirlenmiştir. Ölçülen tüm

metal konsantrasyonlarının seviyelerinin WHO, EPA, TSI-266 ve EC standartlarına uygun olduğunu tespit edilmiştir.

Osman ve Kloas, (2010) Nil Nehri'nde gerçekleştirdikleri çalışmada su kalitesini (sıcaklık, pH, iletkenlik, alkalinite, KOİ, TOK, amonyum, nitrit, nitrat, AKM, sertlik, klorid, florid, sülfat ve orto fosfat) ve sudaki, sedimentteki ve balıkların farklı dokularındaki iz elementleri (Pb, Cu, Cr, Mn, Zn, Hg, Fe, Cd) miktarlarını incelemişlerdir. Sedimentte ağır metallerin konsantrasyonlarının $Fe > Mn > Zn > Cr > Pb > Cd > Cu > Hg$ şeklinde, balık solungacında ise $Fe > Zn > Mn > Pb > Cr > Cu > Cd > Hg$ şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, endüstriyel, evsel ve tarımsal atık sular kaynaklı organik ve inorganik kirleticiler tarafından su kalitesi bozulan bölgelerde ağır metal konsantrasyonlarının da yüksek seviyelerde olduğu ifade edilmiştir.

Aydın (2010)'ın Gökova Körfezi'nde yaptığı çalışmada Gökova Körfezi, Kadın Azmağı ve Akçapınar Azmağı'ndan seçilen 9 istasyondan, deniz ve azmak sularında AKM'de Şubat 2008-Eylül 2008 tarihleri arasında her ay, sedimentte Nisan, Haziran ve Temmuz aylarında Cd, Cu, Fe, Pb, Zn konsantrasyonlarını ölçümlemiştir. AKM'de ağır metal ölçümlerini gerçekleştirmek için 1 L su numunesini darası önceden belirlenmiş cam elyafı mikrofiber filtreden süzmüş daha sonra 105 °C etüvde 12 saat kurutulup sabit tartıma getirmiştir. Örnekteki AKM'nin ağırlığını gram cinsinden " $AKM = Son\ tartım - Boş\ süzgeç\ kağıdının\ ağırlığı$ " formülünden hesaplamıştır. Daha sonra her bir filtre kağıdını yaş yakma yöntemi ile (Toplam 10 ml Nitrik Asit, Hidroflorik Asit, Hidroklorik Asit-4:4:2 oranında) mikrodalga fırında çözdürerek analize hazır hale getirmiştir.

Esbah vd., (2010) Bafa Gölü Doğal Yaşam Parkı çevresindeki mekansal değişimleri analiz etmişlerdir. Bu amaçları doğrultusunda nesne tabanlı sınıflandırma tekniğini kullanmışlardır. Sonuç olarak, yapay alanların, alçak makilerin, gariklerin ve nispeten daha yüksek makilik bitki örtüsünün arttığını ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanların, tarıma elverişli arazilerin, kalıcı ürünlerin ve boyu daha yüksek makilik alanların azaldığı; iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanların, yüksek makilerin, çayırların ve tuz içeren bölgelerin toprak dönüşümünde yok olma evresinde olduğunu belirlemişlerdir. Peyzaj düzeninin park sınırları dışında daha parçalanmış olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, alanla ilgili karar

vericilerin bitki örtüsü rejenerasyonunu destekleyecek adımlar atmalarını, tarımsal/doğal peyzaj arasındaki dinamiklerin kontrol edilmesi ve yapay alanların artışı üzerine odaklanması gerektiğini söylemişlerdir.

Koç (2010), Büyük Menderes Nehri'nin su kalite parametrelerini ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, BOI_5 , CO , o-PO_4 ve KOI) inceleyerek nehir üzerindeki mevcut arıtma tesislerinin etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda havzadaki su kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için alınması gereken tedbirler hakkında önerilerde bulunmuştur. Elde ettiği bulgular ışığında, Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesinin incelenmiş olan parametreler yönünden genel olarak kirli olduğunu belirtmiştir. Nehri kirleten çoğunlukla evsel ve endüstriyel aktiviteler sonucu açığa çıkan atık suyun arıtılarak nehre verilmesi gerektiği ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan böcek ilaçları ve gübrelerin kullanımının sıkı denetim altında olması hususlarının altını çizmiştir.

Yabanlı vd., 2006 yılında Bafa Gölü'nde gerçekleştirdikleri çalışmada gölde meydana gelen toplu balık ölümlerinin nedenlerini incelemek amacıyla bölgeden su ve balık örnekleri almışlardır. Çalışmada alınan su örneklerinde fiziko-kimyasal, toksikolojik ve mikrobiyal analizler gerçekleştirilmiş, balık örnekleri ise yalnızca toksikolojik yönden incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, göl suyunun ortalama CO değerini yaklaşık $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, ortalama tuzluluk değerini $\text{‰ } 16,2$, ortalama amonyum azotu değerini $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, ortalama nitrit azotu değerini $0,013 \text{ mg L}^{-1}$, ortalama toplam organik karbon değerini $13,4 \text{ mg L}^{-1}$, ortalama toplam koliform bakteri sayısını $1100 \text{ EMS } 100 \text{ ml}^{-1}$, ortalama fekal koliform bakteri sayısını ise $28 \text{ EMS } 100 \text{ ml}^{-1}$ olarak saptamışlardır. Su ve balık örneklerinde yaptıkları toksikolojik analizlerin sonucunda pestisit kalıntısı tespit edememişlerdir. Çalışmanın sonucunda, toplu balık ölümlerinin su kalitesi parametrelerinde görülen ani değişimlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Yabanlı vd., 2011).

Yılıgör vd., 2010 yılında Bafa Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentteki metal ve organik karbon içeriklerini incelemişlerdir. Bafa Gölü'nden farklı noktalardan aldıkları sediment örneklerinde ağır metal içeriklerinin alt ve üst limitlerini sırasıyla Fe için $9,4\text{--}35 \text{ g kg}^{-1}$, Mn için $250\text{--}780 \text{ mg kg}^{-1}$, Pb için $2,3\text{--}20 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu için $5,8\text{--}55 \text{ mg kg}^{-1}$, Ni için $1,2\text{--}480 \text{ mg kg}^{-1}$, Cr için $63\text{--}278 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn için $26,6\text{--}79,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Hg için $0,013\text{--}0,273 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Yüzey sediment

tabakasındaki ortalama metal konsantrasyonlarının ise $Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Pb > Hg$ şeklinde sıralandığını belirlemişlerdir. Dip sediment tabakasinda belirlenen toplam organik karbon konsantrasyonlarının ise %0,35-3,58 arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak Bafa Gölü'nün Hg hariç ağır metal kirliliği açısından ciddi bir çevre kirliliği tehlikesi altında olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Bafa Gölü'nde ortalama sedimantasyon hızını da $0,418 \pm 0,316 \text{ cm y}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır (Yılğör vd., 2012).

Somay ve Gemici (2012), Büyük Menderes Nehri'nin Ege Denizi'ne dökülen kıyisal kesiminde yeraltı su kalitesini incelemişlerdir. Bu amaçla 9 farklı noktadan yeraltı suyu örnekleri almışlardır. Bu örneklerde fiziko-kimyasal parametreler (iletkenlik, pH, Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO_3 , SO_4) ile ağır metallerin (Al, As, Ba, Br, Cu, Fe, Li, Mn, Pb, Se, Zn) konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmanın sonucunda Bafa Gölü'ne en yakın olan istasyondan aldıkları yeraltı suyu örneklerinde yüksek miktarda Zn elementi konsantrasyonu tespit etmişlerdir.

Beck vd., (2013) Almanya'nın Jade Körfezi'nde gerçekleştirdikleri çalışmada bölgenin farklı noktalarından aldıkları örneklerde AKM ve yüzey sediment tabakasinda ağır metal kirliliğini incelemişlerdir. AKM de ağır metal analizlerini gerçekleştirebilmek için yoğunluğuna göre 0,25-1,5 L suyu cam fiber filtrelerden süzmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda bölgede konsantrasyonlarını doğal süreçler sonunda arttıran metaller ile antropojenik etkiler sonucu arttıran metaller belirlenmiştir.

Yabanlı vd., (2013) gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında Bafa Gölü'nden yakalanmış 22 adet levreğin (*Dicentrarchus labrax*) solungaç, kas ve karaciğer dokuları ile göl suyu örneklerinde ağır metal (Al, Cr, Ni, Cu, As, Cd, Hg, Pb) varlığını mevsimsel dönemlerde incelenmişlerdir. Balık dokularında mineral maddelere miktarlarının ölçülebilmesi için örneklere mikrodalga yaş yakma yöntemi uygulamışlardır. Su ve doku örneklerinde ağır metal miktarlarını indüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) tekniği kullanılarak belirlemişlerdir. Çalışmada sertifikalı referans madde olarak ise TORT 2 (istakoz hepatopankreası) kullanmışlardır. Çalışma kapsamında ağır metallerin balık dokularındaki biyobirikim oranlarını hesaplamışlar ve her üç dokuda da en çok Cu, Cd ve Pb birikimi, en az da Hg birikimi olduğunu ortaya konmuşlardır. Çalışmanın

sonucunda, balık kas dokularından elde edilen ortalama ağır metal konsantrasyonlarının ulusal/uluslararası sınır değerleri aşmadıklarını, dolayısıyla da bu durumun halk sağlığı açısından bir risk oluşturmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, göl suyunun çalışılan ağır metaller yönünden balıklar için zehirlenmeye neden olabilecek seviyelerde ağır metal içermediğini de tespit etmişlerdir.

Başığit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nde suda, sedimentte ve gölden yakalanmış *Sander lucioperca* türünün solungaçlarında ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) konsantrasyonlarının mevsimsel ve istasyonlara göre değişimini incelemişlerdir. Yaptıkları analizlerin güvenilirliğini test etmek amacıyla DORM 3 ve DOLT 4 CRM kullanmışlar ve geri kazanım oranlarını % 80-98 arasında hesaplamışlardır. Elde ettikleri bulgular sonucunda, suda en fazla Fe en az ise Cd elementi olduğunu tespit etmişlerdir. Sedimentte ise ağır metal konsantrasyonlarını Fe>Mn>Ni>Zn>Cr>Cu>Se>Pb>Mo>Cd şeklinde belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ölçtükleri metal konsantrasyonları yüksek olmamasına karşın geleceğe dönük önlemler alınmasının yerinde olacağı önerisinde bulunmuşlardır.

Ansa ve Kelderman, 2007 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada Hollanda'da bulunan Markermeer Gölü'nden alınan sediment örneklerinde fraksiyon analizi (>0,5 mm, 45 µm-0,5 mm and <45 µm) gerçekleştirmişlerdir. Tanecik boyuna göre sedimenti ayırıp boyutlarına göre ağır metaller yönünden adsorbsiyonlarını ICP-MS kullanarak ortaya koymuşlardır. Örneklerde 6 farklı metalin (Ni, Cu, Pb, Zn, Cd, Mn ve Cr) birikimini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda tanecik boyu en küçük olan sediment fraksiyonunun (<45 µm) en yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir (Ansa ve Kelderman, 2014).

Altınsaçlı, 1997 yılında gerçekleştirdiği çalışmada Bafa Gölü'ndeki ostrakod faunasını ve bu türlerin dağılımını belirlemeyi amaçlamıştır. Ostrakod topluluklarının en bol olduğu dönemin bahar mevsiminin sonları olduğunu ve popülasyonun en yoğun olduğu zamanın Mayıs ayı sonu olduğunu belirlemiştir. Bu çalışma yapılırken ostrakod topluluklarının dağılımını etkileyen çevresel faktörler de incelenmiştir. Çalışma boyunca yapılan ölçümler sonucunda göl suyunda pH'nın 6,4-8,8, ÇO'in 7,7-14,3 mg L⁻¹, tuzluluğu ‰ 8-14,8 ve su sıcaklığının 12-28 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Altınsaçlı, 2014).

Aydın-Önen vd., (2015) yaptıkları çalışmada Bafa Gölü'nde yedi farklı noktadan aldıkları *Hediste (Nereis) diversicolor* (OF Müller, 1776) ve *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) farklı dokularında 6 ağır metalin (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) biyobirikimini araştırmışlardır. Çalışmada aynı zamanda göldeki ağır metal seviyelerini belirlemek ve kirlilik hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak için sediment örnekleri de toplanmıştır. Sediment örneklerinde ağır metallerin ortalama konsantrasyonlarının $Cr > Pb > Zn > Cu > Cd > Hg$ sıralamasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda iki istasyondan alınmış balık örneklerinde kas dokusunda Pb ve Zn değerlerinin gıda güvenliği limitlerini aştığını tespit etmişlerdir.

Avrupa Birliği'nin Türkiye için 2009 yılı Ulusal Katılım Öncesi Yardım Programı kapsamında gerçekleştirilen TR2009/0327.02-02/001 numaralı Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme Teknik Yardım Projesi Nihai Raporunda Batı Ege Bölgesi'ndeki pek çok sulak alanın su kalitesi, pek çok farklı kriter incelenerek ortaya konmuştur. Proje kapsamında Bafa Gölü'nde 2 farklı istasyondan örnekler alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, Bafa Gölü için 4 farklı dönem sonunda ortalama sıcaklık 21,9 °C, pH 8,11, ÇO 7,82 mg L⁻¹, AKM 52 mg L⁻¹ ve toplam organik karbon (TOK) 3,2 mg g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Besin tuzlarının ortalama konsantrasyonu ise nitrit 4,15 mg L⁻¹, nitrat 5,59 mg L⁻¹, amonyum 0,373 mg L⁻¹ ve toplam fosfor 1,146 mg L⁻¹ şeklinde belirlenmiştir (Athina vd., 2015).

Kaçar (2015) Bafa Gölü'nde ağır metal dayanımı yüksek olan bazı bakterileri belirleyebilmek amacıyla 17 farklı noktadan ölçümler almış ve göl suyunun fiziko-kimyasal özelliklerini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda tüm istasyonların ortalamasına bakıldığında göl suyunun pH sınırı 7,65-9,08, yüzey suyu sıcaklığının 26,5-32 °C, çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 3,28-11,29 mg L⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Çalışmada gölün kuzey doğu kıyısal bölgelerinin (Kapıkırı sahili) fekal koliform yönünden kirlenmiş olduğu belirlenmiştir.

Adalı ve Basımlıoğlu-Koca (2016) Büyük Menderes Nehri'nin yukarı havzasında gerçekleştirdikleri çalışmada 2 farklı noktadan aldıkları *C. gibelio* örneklerinin farklı dokularında kirlilik nedeniyle meydana gelmiş histopatolojik değişiklikleri araştırmışlardır. Kirleticilerin etkilerini belirleyebilmek amacıyla yüzey suyu örneklerinde Al, Cu, Zn, Fe, Cd, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, pH, iletkenlik, ÇO, NH₄-N,

NH₃-N, NO₂-N ve PO₄ parametrelerini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri bulgular ışığında Al ve NO₂-N değerlerinin TSI' nin "1. Sınıf Su Kalitesi Standartlarına" (T.C. Ministry of Environment and Forests, 2004) göre yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

2010 yılında Bafa Gölü'nden 4 farklı noktadan sediment corer ile karotlar alınarak yapılan diğer bir çalışmada, bu örneklerde kurşun, sezyum ve polonyum miktarları karşılaştırılmıştır. Bafa Gölü'nün ortalama sedimantasyon hızının göl ortasında ($0,359 \pm 0,012 \text{ cm y}^{-1}$), kıyısal kesimlere ($0,137 \pm 0,006 \text{ cm y}^{-1}$) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Sert vd., 2016).

Manav vd., (2016) Bafa Gölü'nde farklı istasyonlardan grap ile yüzey sedimenti ve kor örnekleme ile sediment karot örnekleri almış ve bu örneklerde farklı ağır metallerin birikimlerini (Cr, Ni, Pb, Cd, Mn, Fe, ve Zn) incelemişlerdir. Kor örneklerinde ilk 5 cm için ortalama metal konsantrasyonlarını Fe için 37861,64 mg kg⁻¹, Zn için 82,31 mg kg⁻¹, Mn için 702,26 mg kg⁻¹, Pb için 12,8 mg kg⁻¹, Cd için 0,13 mg kg⁻¹, Cr için 247,02 mg kg⁻¹ ve Ni için 313,29 mg kg⁻¹ şeklinde tespit etmişlerdir. Karot örneklerinin 5-10 cm. arasındaki kalan kısmında ağır metal birikimlerinin ise Fe için, 35908,15 mg kg⁻¹, Zn için 78,06 mg kg⁻¹, Mn için 694,97 mg kg⁻¹, Pb için 14,68 mg kg⁻¹, Cd için 0,15 mg kg⁻¹, Cr için 232,54 mg kg⁻¹ ve Ni için 392,46 mg kg⁻¹ olduğunu vurgulamışlardır.

Ünlü ve Alpar (2016), İznik Gölü'nde sedimentte bazı elementlerin (Al, Fe, Mn, V, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, As ve Zn) dağılımlarını belirlemişler ve bu elementler için ekolojik risk faktörü hesaplamışlardır. Bu amaçla 25 ayrı noktadan yüzey sediment örnekleri almışlardır. Alınan örneklerde PSA yapmışlar ve ayrıca TOK içeriklerini de hesaplamışlardır. Elde ettikleri bulgular ışığında, Al-Ni ve Co-Cd elementleri konsantrasyonları arasında kuvvetli korelasyon varlığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, TOK ve Pb arasında da kuvvetli doğrusal bir korelasyon olduğunu vurgulamışlardır. Sedimentte ölçülen metal konsantrasyonlarından EF ve I_{geo} indekslerini hesaplamışlardır. Hesapladıkları EF değerlerini metaller için sırasıyla As>Mn>Pb>Zn>Co>Cr>V>Ni>Cu>Cd şeklinde bulmuşlardır. I_{geo} indeksine göre ise sedimentin yalnızca As elementi tarafından kirletilmiş olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda sucul ekosistemlere giriş yapan kirleticilerin seviyelerinin bölgede kullanılan toksik maddelerin, gübrelerin ve ağır metallerin kullanımlarının sınırlandırılması sayesinde azaltılabilceği öngörülmüştür. Ayrıca,

gölün su seviyesinin azalmasının uygun drenaj faaliyetleri sayesinde önüne geçilebileceğinin altını çizmişlerdir.

Bafa Gölü'nde yapılan bir diğer çalışmada, varolan kirliliğin antropojenik kaynakları ve yetiştiricilik işletmeleri incelemiş ve bunların Bafa Gölü su kalitesi üzerine olan etkilerini ortaya konmuştur. Bu amaçla, 2014 yılında gölden 5 istasyondan su örnekleri alınmış ve fiziko-kimyasal parametreler ölçülmüştür. Çalışma sonucunda özellikle yetiştiricilik faaliyetlerinin yapıldığı bölgede su kalitesi değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şaşı vd., 2017).



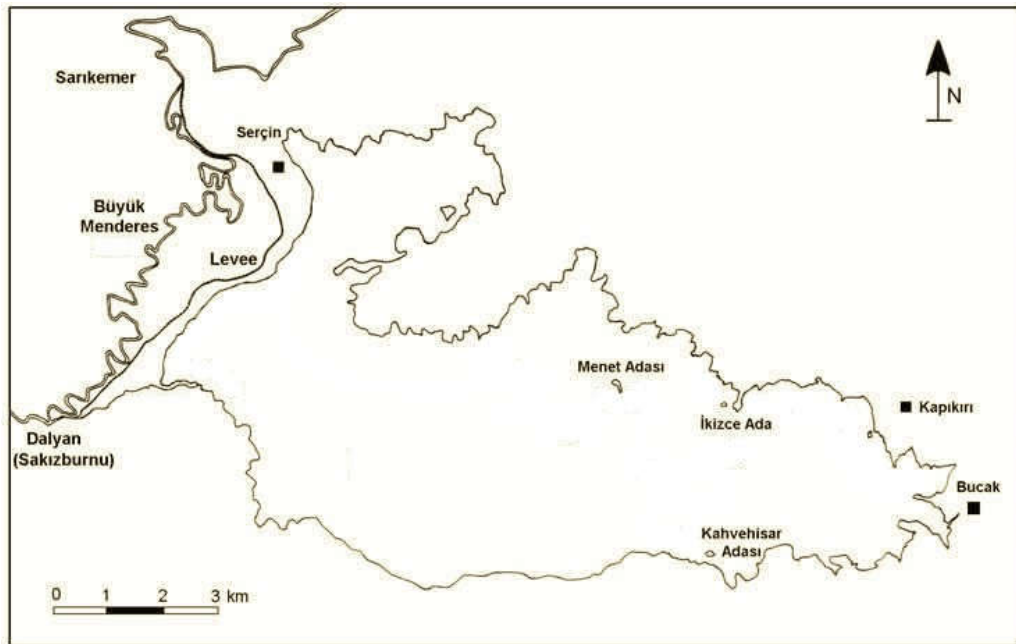
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örneklem Bölgesinin Genel Özellikleri

Yapılmış bu tez çalışmanın örneklem alanı olan Bafa Gölü ile ilgili bilgiler bu bölümde anlatılmaktadır.

3.1.1. Bafa Gölü

Çalışmanın örneklem alanı olan Bafa Gölü, Aydın'ın Söke İlçesi ile Muğla'nın Milas İlçe sınırları arasında yer almaktadır. Gölün harita üzerindeki koordinatları $37^{\circ} 30' K$, $27^{\circ} 25' D$ şeklindedir. Gölün su aynası yaklaşık 6708 ha alanı kaplamakta olup, kuzey güney hattında genişliği 4,5 km, doğu batı hattında ise uzunluğu 15,4 km'dir (Şekil 3.1.). Gölün deniz seviyesine olan yüksekliği 10 m olup en derin noktası 21 m olarak ölçülmüştür. Gölü besleyen en önemli tatlı su kaynakları Büyük Menderes Nehri ile gölün kuzey doğusunu kuşatan Beşparmak Dağları'ndan gelen yerüstü ve yeraltı sularıdır (Yabanlı vd., 2011).



Şekil 3.1. Bafa Gölü (Sarı vd., 1999)

Bafa Gölü ilk çağlarda Ege Denizi ile bağlantılı bir koy olup, antik dönemlerde Büyük Menderes Nehrinin alüvyon taşıması nedeniyle denizle bağlantısı kesilerek doğal bir set (sahil baraj) gölü ekosistemi haline dönüşmüştür. Bu dönüşüm neredeyse 6000 yıl kadar sürmüştür. Yapılan araştırmalar Helenistik döneme kadar gölde denizel koşulların baskın olduğunu ortaya koymuştur (Müllenhoff vd., 2004). Bu dönemden günümüze kadar Bafa Gölü, Beşparmak Dağları ve İlbir Dağı'nda gerçekleşen erozyon ve aşınma sonucu ortaya çıkan tüm materyal ile Büyük Menderes Nehri'nin delta oluşumu sırasında taşınan tüm alüvyonları depolamıştır (Knipping vd., 2008). Bafa Gölü'nün bulunduğu bölge bir dönem denizel, daha sonra ise tatlı su ekosistemi olduğundan tarihsel süreç boyunca her zaman medeniyetler açısından önemli bir merkez olmuştur. Göl gerek sahip olduğu çok farklı medeniyetlerden kalmış tarihi unsurlar ve de doğal güzellikleriyle turistler açısından gerekse de biyolojik çeşitliliğinden dolayı pek çok farklı bilim kolundan araştırmacılar için bir cazibe noktası özelliği taşımaktadır.

1985'de gölün kuzey batısında kalan Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü ile birleştiği noktaya Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilen toprak set, gölü başlıca tatlı su kaynağından ayırarak göl ekosisteminin geri dönüşü olmayacak bir şekilde değişmesine neden olmuştur. Göl ve çevresindeki ormanlık arazi 1994 yılında milli park haline getirilmiş ve "Menderes Deltası Milli Parkı" olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, bu milli park içerisinde bulunan tüm arkeolojik eserlerin bulundukları alanlar 1. dereceden SİT alanı haline dönüştürülmüştür (Resmi Gazete, 1994). Bafa Gölü, RAMSAR ve BERN gibi uluslararası antlaşmalar ile de koruma altına alınmıştır. Bunun en önemli nedeni göl ekosistemindeki zengin biyolojik çeşitliliğidir. Örneğin, Bafa Gölü'ne endemik 16 farklı bitki türünün yanı sıra 260 farklı su kuşu türü de gölün konakçıları arasında bulunmaktadır (Anonim, 2008). Ayrıca gölde 20 farklı balık türü yaşamaktadır (Kuru vd., 2001).

1985 yılında gölün kuzey batı kısmına inşa edilen set ile göle Büyük Menderes Nehri'nden tatlı su girişinin kısıtlanmasıyla göl suyunun fiziko-kimyasal karakteristiğinde değişimler olmuş, özellikle tuzluluk seviyesinin artması tüm fauna ve floranın zaman içerisinde dönüşmesine sebep olmuştur. Gölün çevresinde yoğun antropolojik faaliyetler olmasa da özellikle Büyük Menderes Nehrinin 4 büyük kentten geçmesi (Afyon, Uşak, Denizli ve Aydın), bu havzada yaklaşık 2.5 milyon

insanın yaşaması Bafa Gölü'ne yoğun bir biçimde evsel ve endüstriyel atık taşınmasına neden olmuştur (WWF, 2017). Göl çevresinde bulunan zeytinyağı fabrikaları, balık üretim çiftliği, Serçin ve Kapıkırı gibi düşük yoğunluklu yerleşim yerleri ve gölün güneyinden geçen Milas-Söke karayolu da bölgesel kirletici kaynakları olarak gösterilebilir.

3.1.2. Büyük Menderes Nehri

Büyük Menderes Nehri, Batı Anadolu'nun en büyük akarsuyu olma özelliğine sahip olup Büyük Menderes Havzası olarak adlandırılan bölgenin ana tatlı su kaynağıdır. Denizli İli'ndeki Kufi Çayı ile Banaz Deresi'nin kollarının birleşmesi ile oluşur. Toplam uzunluğu 584 km olup Afyon, Denizli, Uşak ve Aydın illerinden geçerek Ege Denizi'ne dökülür (Keser, 2008).

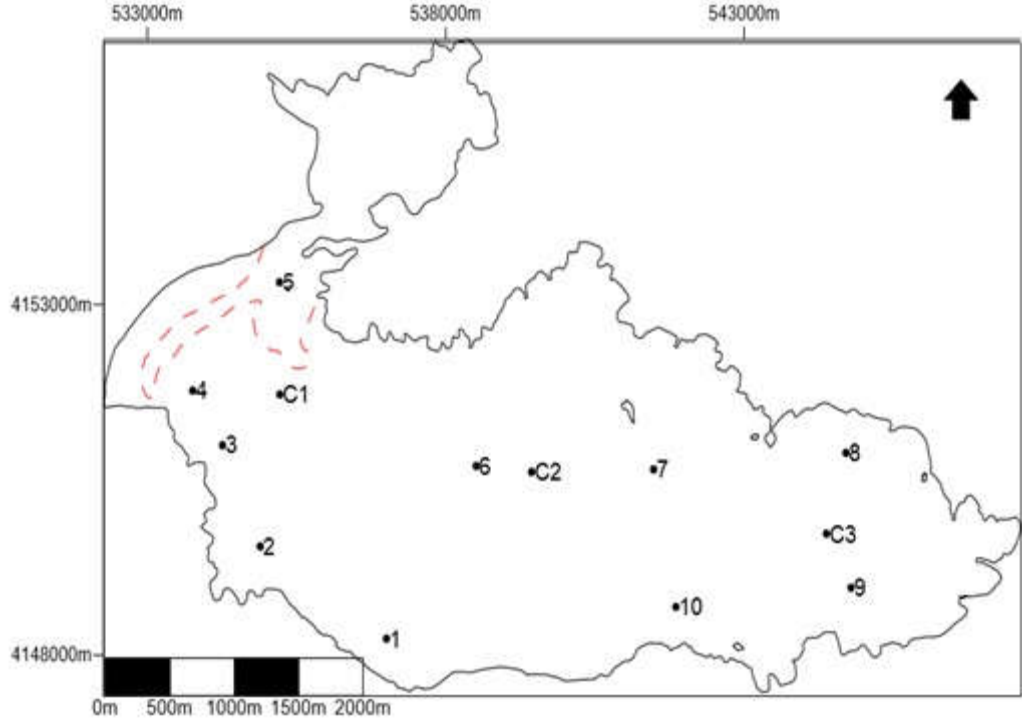
Büyük Menderes Nehri, Ege Denizi'ne yaklaştıkça Aydın Dağları'ndan düşük debili ve sıcak mevsimde tamamen kuruyan irili ufaklı pek çok dere katılsa da derenin debisi pek etkilenmez. Ancak, kaynakları güneyde ortalama yağış miktarı 1200 mm olan bölgede olan ve Büyük Menderes Nehri'ne katılan iki büyük derenin (Vandolaz ve Akçay) etkisi ile debisi aşağı havzasında $42,42 \text{ m}^3 \text{ sn}^{-1}$ 'den $67,71 \text{ m}^3 \text{ sn}^{-1}$ 'ye yükselir. Büyük Menderes Nehri'nin biriktirdiği alüvyonlar, ortalama 16 km uzunluk ve 6 km genişlikteki eski körfezin önünü tıkararak bir set gölünün oluşumuna zemin hazırlamıştır. Ayrıca, yatağını gittikçe süratle yükselten Büyük Menderes Nehri, Bafa Gölü'nün de denizden yaklaşık 10 m yükselmesine neden olmuştur (Dügel, 2001).

Bölgenin en önemli akarsu kaynağı olan Büyük Menderes Nehri plansız kentleşme nedeniyle evsel ve endüstriyel atık sular (özellikle deri, tekstil ve zeytinyağı fabrikaları) ile tarımsal faaliyetler (zamansız ve aşırı kullanılan gübre ve pestisitler) sonucu kirletilmektedir (WWF, 2012; Güven, 2004; Yılgör, 2009; Dağdelen vd., 2009, Koç, 2010). 2000 yılı verilerine göre Büyük Menderes Havzası sınırları içerisinde yaklaşık 2,5 milyon insanın yaşadığı, 323 Belediyenin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu belediyelerden yalnızca 179 tanesinde uygun bir kanalizasyon sistemi bulunmakta, sadece 12 tanesinde arıtım tesisleri faal olarak çalışmaktadır (TÜİK, 2005). Ayrıca, Büyük Menderes Havzasının en önemli sorunları hızla gelişen sanayi, tarımsal alanlarda giderek daha yüksek oranlarda gübre kullanımı, sulamada aşırı

yeraltı suyu kullanımı sebebiyle karalarda tuzlaşma olarak özetlenebilir (Somay ve Gemici, 2012). Yakın geçmişte gerçekleştirilmiş çalışmalar sonucunda Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesi artık genel olarak "Kirli" şeklinde tanımlanmaktadır (Dağdelen vd., 2009; Koç, 2010; Yeşilirmak vd., 2011; Adalı ve Koca, 2016). Ayrıca, Büyük Menderes Havzası'nda bulunan Dokuzsele Çayı (Uşak), Banaz Çayı (Uşak), Çürüksu Çayı (Denizli), Büyük Menderes Ovası (Aydın) ve Bafa Gölü (Aydın-Muğla) yüksek kirlilik seviyesine sahiptir (Yılmaz ve Koç, 2016). Sonuç olarak, bölgedeki tüm insan kaynaklı faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık sular doğrudan veya dolaylı olarak Büyük Menderes Nehri'ne ve oradan da bu nehrin bağlantılı olduğu Bafa Gölü ve Ege Denizi'ne ulaşarak su kalitesini olumsuz etkilemektedir.

3.2. Su, Sediment ve Askıda Katı Madde (AKM) Örneklemesi

Örneklemme stratejisi tüm önemli nehir yollarını ve bu akıntıların dip sedimentini kapsamak amacıyla tasarlanmıştır. Çalışma başlamadan önce bir keşif çalışması düzenlenmiş, örneklem yapılacak noktalar önceden bölgede gerçekleştirilmiş benzer çalışmalar da göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Su ve sediment örnekleri Aralık 2013- Kasım 2014 tarihleri arasında 1 yıl boyunca önceden belirlenmiş olan 10 ayrı istasyondan toplanmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Bafa Gölü'nde örnekleme faaliyetleri gerçekleştirilen istasyonlar (Yılğör, 2012'den uyarlanmıştır).

Su örnekleri Nansen tipi su örnekleyici (3 L) kullanılarak yüzeyden alınmış, iz metal örnekleri için 1000 ml alt örnekleme derhal Whatman 0.45 μm cam lifli filtreden geçirilip asitle temizlenmiş polypropylene şişelerine aktarılmıştır. Daha sonra ise konsantre nitrik asitle asitlendirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Sediment örnekleri Ekman dip örnekleyicisi (15x15x20, 225 cm^2) ile sediment yüzeyinin yaklaşık 5-10 cm'lik katmanından toplanarak asitle temizlenmiş cam kaplara konulmuştur. Ayrıca 1 ay için sediment core örnekleyici ile 3 adet örnekleme yapılmış ve bu sayede hem derinliğe göre değişen birikim seviyeleri hesaplanmış hem de tanecik boyu analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm örnekler taşıma sırasında standartlara uygun olarak bir buz kutusuna konulmuş ve analiz tarihine kadar uygun laboratuvar koşullarında saklanmıştır. Seçilen istasyonların koordinatları ve genel özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bafa Gölünde örnekleme yapılan 10 istasyon ile karot örneği alınmış noktaların ve özellikleri.

İstasyon No	Koordinatları	Özellikleri/Derinliği (m)
İstasyon 1	37° 28" 4' K - 27° 27" 37' D	Restoran Bölgesi – 4
İstasyon 2	37° 29" 36' K - 27° 24" 59' D	Karayolu Kenarı – 21
İstasyon 3	37° 30" 01' K - 27° 23" 56' D	Zeytinlik Alanı 1 – 11
İstasyon 4	37° 30" 30' - 27° 23" 13' D	Bafa Gölü Çayı Ağzı ve Balık Çiftliği Bölgesi - 8
İstasyon 5	37° 31" 19' K - 27° 24" 08' D	Büyük Menderes Ağzı ve Serçin Köyü Bölgesi – 3
İstasyon 6	37° 30" 06' K - 27° 26" 35' D	Göl Ortası – 18
İstasyon 7	37° 30" 13' K - 27° 27" 11' D	Menet Adası – 9
İstasyon 8	37° 30" 06' K - 27° 30" 31' D	Kapıkırı Köyü – 5
İstasyon 9	37° 28" 53' K - 27° 31" 15' D	Zeytinlik Alanı 2 – 5
İstasyon 10	37° 28" 59' K - 27° 28" 27' D	Otel Bölgesi – 7
C ₁	37° 31" 13' K - 27° 24" 06' D	Büyük Menderes Çayı Ağzı
C ₂	37° 30" 04' K - 27° 26" 52' D	Göl Ortası
C ₃	37° 29" 59' K - 27° 30" 34' D	Gölün Doğu Kısmı

3.3. Laboratuvar Prosedürleri ve Analizleri

3.3.1. Su örneklerinde ağır metal tayini

Su örnekleri, istasyonlardan Aralık 2013- Kasım 2014 tarihleri arasında 1 yıl boyunca aylık olacak şekilde alınarak önceden asitle temizlenmiş iç yüzeyi politetrafloretlen (PTFE-Teflon) ile kaplı su örnekleme kaplarına konularak uygun koşullarda (ortalama 4 °C sıcaklıktaki soğutucu içerisinde) laboratuvara getirilmiştir. Su örneklerinde metal analizleri doğrudan yapılabilir. Bu nedenle her bir örnekten 15 mL alınarak önceden asitle temizlenmiş olan hacimce uygun Falcon tipi kapaklı tüplere konulduktan sonra Nitrik asit kullanılarak (1-2 mL) pH'ı ayarlanmış ve analiz gününe kadar 4 °C sabit sıcaklıktaki buzdolabında ışık görmeyecek şekilde saklanmıştır. Su örneklerindeki tüm ölçümler Agilent marka 7700x model indüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer ICP-MS) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (ASTM, 1985). Bazı teknik kısıtlar nedeniyle su örneklerinde Cr ve Pb elementi ölçümleri gerçekleştirilememiştir.

3.3.2. Sedimentte ağır metal analizleri

Sediment örnekleri, Aralık 2013-Kasım 2014 tarihleri arasında 1 yıl boyunca herbir istasyondan mevsimlik olacak şekilde alınarak uygun koşullarda (ortalama 4 °C sıcaklıktaki soğutucu içerisinde) laboratuvara getirilmiştir. Önışleme kadar uygun koşullarda (-18 °C sıcaklıkta) saklanmış sediment örnekleri derin dondurucudan çıkartılarak çözündürülmüştür. Her örnekten 5 g'lık alt örnekler asitle önceden temizlenmiş cam kaplarda karıştırıldıktan sonra tartılarak 0,5 g'lık sulu sediment çözeltileri haline getirilmiş ve ağır metal analizleri için 95 °C'de 1 saat boyunca 3 ml'lik HCl-HNO₃-H₂O çözeltilisinde (3:1:2) çözündürülerek 10 ml'lik saf suyla seyreltilmiştir. Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra 4000 devirde 10 dk. santrifüj edilerek supernatant kısmı dikkatlice şırınga yardımıyla alınmış ve uygun hacimdeki kapaklı falcon tüplere aktarılmıştır. Her bir çözünmüş örneğe saf su ilave edilerek son hacim 15 ml'ye tamamlanmış ve örnekler analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra Agilent marka 7700x model ICP-MS cihazı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Koljonen, 1992; Lax vd., 1995; Åström ve Björklund, 1997). Cihazın su ve sediment için tespit aralıkları Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Agilent 7700x ICP-MS için tespit limitleri.

Ağır metaller	Tespit Limitleri	
	Su (µg L ⁻¹)	Sediment (µg L ⁻¹)
Al	7,9	0,127
Cd	2,9	0.002
Co	4,4	0.002
Cr	4,3	0.036
Fe	14,8	0.125
Mn	8,5	0.037
Ni	14,7	0.805
Pb	1,3	0.121
Zn	14,0	1.483

3.3.3. AKM örneklerinde ağır metal tayini

Her bir istasyondan Aralık 2013-Kasım 2014 tarihleri arasında aylık olarak 1 yıl boyunca alınmış 2 adet eş örnek (1 L) hem her istasyonda sularda bulunan AKM miktarını belirlemek, hem de bu AKM de birikim yapan ağır metallerin konsantrasyonlarını ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. Bu örneklerden 1 tanesi gravimetrik yöntemle sudaki AKM miktarının tayininde kullanılmış diğer örnek ise

ağır metal analizi için doğrudan yakma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemler için 1 L su numunesi darası belli Whatman 0,45 µm cam lifi filtreden süzülüp AKM miktarı ağırlıkça belirlenecek olan filtre 105 °C sıcaklıktaki etüvde 12 saat kurutulup sabit tartıma getirilmiştir. Askıda katı madde (AKM) miktarlarının hesaplanabilmesi için kullanılan bu tekniğe membran filtrasyon tekniği denmekte olup bütün analiz süreci gravimetrik (tartıma dayalı) yöntemle kurutma→tartma→yakma→tartma işlem sıralamasına göre laboratuvarda yapılmış ve sonuçlar mg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar hem istasyonlardaki suda bulunan AKM miktarını vermekte olup hem de AKM'de birikim gösteren ağır metal miktarlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. AKM'de birikim gösteren ağır metallerin ölçülebilmesi için 1000 mL su Whatman 0,45 µm filtre kağıtlarından süzülerek üzerine 10 ml Nitrik Asit, Hidroflorik Asit, Hidroklorik Asit karışımı 4:4:2 oranında ilave edilmiş ve 95 °C'de çözme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir örneğin üzerine 25 ml borik asit (H₃BO₃) ilave edilerek 20 dakika bekletilmiştir. Sonra mavi bant süzgeç kağıdından önceden asitle temizlenmiş 50 ml'lik balon jojeye süzölmüş ve 50 ml'ye saf su ile tamamlanarak Agilent marka 7700x model ICP-MS cihazında ölçümleri gerçekleştirilmiştir (APHA, 2005). ICP-MS cihazında Ağır metal analizi sonuçlarının doğruluğu ve kesinliği standart referans madde (Sigma-Aldrich® CRM016- Fresh Water Sediment 3 for Trace Metals) analiziyle kontrol edilmiştir (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.3. CRM016 Tath su sedimenti sertifikalı iz metaller referans madde analiz sonuçları.

Element	Sertifika değeri	Ölçülen değer	Geri kazanım (%)
Al	8920 ± 657	8110 ± 318	90,92
Cd	0,47 ± 0,08	0,43 ± 0,05	91,49
Cr	14,5 ± 1,36	15,12 ± 1,02	104,28
Fe	16800 ± 517	15093 ± 389	89,84
Pb	14,1 ± 0,66	13,57 ± 0,26	96,24
Mn	180 ± 3,65	166 ± 6,74	92,22
Ni	16,7 ± 0,50	14,57 ± 0,33	87,25
Zn	69,7 ± 2,11	72,88 ± 9,15	104,56
Co	5,96 ± 0,24	5,58 ± 0,37	93,62

3.3.4. Sediment karot örneklerinde tanecik boyutu tayini ve ağır metal analizleri

Sediment core örneklerinde ağır metal birikim eğilimlerinin tespitinin yapılabilmesi için parçacık büyüklüğü analizleri (Particle Size Analyses-PSA) gerçekleştirilmiştir. Tane boyu ölçümleri için 3 adet karot örneği (13 cm ortalama) 5 cm lik dilimler halinde bölünmüştür. Daha sonra bu dilimlerin her biri 5 g'lık alt örneklerle ayrılmış, bu alt örneklerde 3 tanesi PSA için 105 °C sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Kurutulan her bir örnek daha sonra tek tek porselen havanda homojenize edilmiş ve 5 mm- 0,3 mm- 0,063 mm göz açıklıklarına sahip eleklerde seri şekilde elenmiştir. Yapılan tüm bu işlemler sonucunda sedimentin tanecik yapısının 5 mm den büyük partikül içermediği tespit edildiğinden PSA grupları;

- (a) > 0,30 mm Kaba kum,
- (b) 0,30-0,063 mm İnce taneli kum,
- (c) < 0,063 Kil,

şeklinde tanımlanmıştır (Fortune, 2006). Tanımlanan bu grupların toplam sediment içerisindeki ağırlıkça oranları tartım yoluyla hesaplanmış ve her bir örnekteki her bir grup yukarıda 3.3.2. numaralı bölümde anlatılmış olan ön işlemlere tabi tutularak ICP-MS analizine hazır hale getirilmiştir.

3.3.5. Jeokümülyasyon indeksi (NI_{geo}) ve zenginleşme faktörü (EF)

Jeokümülyasyon indeksi (I_{geo}), sedimentteki karasal kaynaklı ağır metal birikiminin kirlilik derecesini belirtmek amacı ile kullanılan bir değerler skalasıdır. İlk versiyonu Müller (1969) tarafından geliştirilmiş olup Caeiro vd., (2005) tarafından kıyısız alanlardaki ağır metal konsantrasyonlarında meydana gelen antropojenik kaynaklı değişimleri ortaya koymak için modifiye edilmiş ve NI_{geo} olarak adlandırılmıştır. Aşağıdaki formüle göre hesaplanır;

$$NI_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1,5 \times B_n} \right)$$

Bu formülde;

B_n ; Kirli olmadığı düşünölen sedimentte ağır metalin var olan konsantrasyonunu,

C_n; Sediment örneğindeki ağır metalin var olan konsantrasyonunu,

Katsayı (1,5); Karasal etkilerden meydana gelen muhtemel değişimleri,

ifade etmek için kullanılır. Bulunan sonuçlar "NI_{geo} <1, kirli olmayan; 1 < NI_{geo} <2, çok az kirli; 2 < NI_{geo} <3, az kirli; 3 < NI_{geo} <4, orta derecede kirli; 4 < NI_{geo} <5, çok kirli; NI_{geo} >5, çok fazla kirli." şeklinde değerlendirilir. Bu çalışmada arka plan olarak C₂ numaralı karot örneğinin 10 cm derinliğinden alınmış sediment örneğindeki ağır metal konsantrasyonları kullanılmıştır.

Zenginleşme faktörü (EF), tıpkı jeoakümülyasyon indeksi gibi litojenik etkilerin sedimentteki metal konsantrasyonları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla kullanılan bir skaladır (Buat-Menard, 1979). Aşağıdaki formüle göre hesaplanır;

$$EF = \frac{(C_x / C_{ne})_{\text{Örnek}}}{(C_x / C_{ne})_{\text{Dip Sediment}}}$$

Bu formülde;

C_x; Zenginleşme faktörü hesaplanan metal konsantrasyonunu,

C_{ne}; Normalleştirme elementinin konsantrasyonunu, ifade eder.

EF hesaplanırken genellikle normalleştirme elementi olarak litosferin yapısında doğal olarak yüksek konsantrasyonlarda bulunan Al ve Fe gibi konservatif elementler kullanılır. Elde edilen sonuçlar $0.5 \leq EF \leq 1.5$ ise; ağır metalin birikimini doğal süreçler gerçekleştirmiş, $EF > 1.5$ ise; ağır metalin birikimini antropojik etmenlerden kaynaklı süreçler gerçekleştirmiştir denebilir (Zhang vd., 2007). Bu çalışmada; Fe elementi konsantrasyonları normalleştirme elementi olarak kullanılmıştır.

3.3.6. Sediment örneklerinde organik karbon miktarlarının tayini

Ayrıca sahadan tüm istasyonlardan mevsimlik olarak temin edilen her bir sediment örneğindeki organik karbon içerikleri de saptanmıştır. Örneklerle ait organik karbon içeriklerini saptamak amacıyla Walkley–Black metodu kullanılmıştır. Bu metodun temeli, örneklerle ısıtıl işlem uygulanması esnasında uygun konsantrasyonda potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ve konsantre sülfirik asit ile örneklerdeki organik maddenin tamamının yakılması ve ferro amonyum sülfat ve fenilamin indikatörü ile geri titrasyonuna dayanır. Sediment örneklerindeki karbonatlar ve bikarbonatlar % 10'luk HCl kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Karbon miktarının tayini için sediment örneklerinden yaklaşık 0,2-0,5 g alınarak asitle iyice temizlenmiş cam balon joje içerisine konulur. Ayarlı bikromat çözeltisi ve demir amonyum sülfat çözeltisi ile geri titrasyon yöntemi uygulanır (Gaudette vd., 1974).

3.3.7. Su örneklerinde fiziko-kimyasal parametreler ile besin tuzu konsantrasyonlarının belirlenmesi

Su kalite parametrelerinin bir kısmı (ÇO, oksijen doygunluğu, pH, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) ve sıcaklık) sahada YSI marka Professional Plus model multi parametre ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Cihazın her bir parametre için ölçüm aralıkları Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. YSI Professional Plus multi parametre cihazının ölçüm aralıkları.

	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
Çözünmüş O_2 ($mg L^{-1}$)	0-50	0-20 aralığında $\pm \%2$ 20-50 aralığında $\pm \%6$
Oksijen Doygunluğu (%)	0-500	0-200 aralığında $\pm \%2$ 200-500 aralığında $\pm \%6$
Sıcaklık ($^{\circ}C$)	5-70	$\pm 0,2$
pH	0-14	$\pm 0,2$
Tuzluluk (‰)	0-70	Okunanın $\pm 1,0$
Elektriksel iletkenlik ($ms cm^{-1}$)	0-200	Okunanın $\pm \% 1,0$
TDS ($g L^{-1}$)	0-100	Katsayısı 0,64

Çalışma kapsamında Bafa Gölü'nden aylık olarak 10 farklı noktadan alınmış yüzey suyu örnekler uygun koşullar altında ($+4^{\circ}C$ sıcaklıkta) laboratuvara getirilmiş ve gün içerisinde analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde su örnekleri uygun koşullar altında ($+4^{\circ}C$ sıcaklıkta) saklanarak korunmuştur. Her bir istasyondan alınmış su örneklerinde azotlu bileşikler (NH_4-N , NO_2-N ve NO_3-N) ve fosfat

fosforu (PO₄-P) miktarları uygun analiz yöntemleri (hazır test kitleri) ile Hach Lange marka DR 3900 model spektrometre kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan test kitlerinin ölçüm aralıkları Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Hach Lange DR 3900 spektrometre cihazının test kitlerinin ölçüm aralıkları.

Besin tuzları	Ölçüm Aralıkları	
	Min (µg L ⁻¹)	Maks (µg L ⁻¹)
Amonyum Azotu	0	0,50
Nitrat Azotu	0,23	13,50
Nitrit Azotu	0,0015	0.03
Fosfat Fosforu	0,15	4,50

3.3.8. Su örneklerinde klorofil-a (chl-a) analizleri

Bafa Gölü'nden 10 ayrı istasyondan 6 ay boyunca (Mayıs-Ekim 2014) alınan su örneklerinde klorofil-a miktarları tayin edilmiştir. Klorofil-a analizleri için 1 L su örneği GF/C filtre kağıdından süzülmuş, her bir filtre kapaklı falkon tüplere yerleştirilerek üzerlerine 10 mL aseton (% 99,9 saflıkta) eklenmiş ve ışık görmeyecek bir şekilde bir gün boyunca 4 °C sıcaklıkta buzdolabında bekletilmiştir. Daha sonra her bir örnek Hach marka DR3900 model UV-VIS spektrometrede sırasıyla 664, 647, 630 ve 750 nm dalga boylarında okutulmuştur. 750 nm dalga boyu bulanıklıktan oluşabilecek hatayı gidermek için kullanılmıştır. Bu amaçla bu okumanın sonuçları tüm diğer okumaların sonuçlarından çıkartılmış ve aşağıdaki formülle örneklerdeki klorofil-a miktarları mg L⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır (USEPA, 1997);

$$C_{chl-a} = 11.85 (Abs_{664}) - 1.54 (Abs_{647}) - 0.08 (Abs_{630})$$

$$C_s = \frac{C_{E(a,b \text{ veya } c)} \times \text{Süzülen Hacim (L)} \times \text{Seyreltme Faktörü}}{\text{Örnek Hacmi (L)} \times \text{Hücre Uzunluğu (cm)}}$$

C_s = tüm su örneğindeki son konsantrasyon (mg L⁻¹),

$C_{E(a,b, \text{veya } c)}$ = Küvette ölçülmüş olan pigment değeri (mg L⁻¹),

Süzülen hacim = Herhangi bir seyreltme yapmadan önceki hacim (L) (genellikle 0.0104 L),

DF = Herhangi bir seyreltme faktörü (yapıldıysa),

Örnek hacmi = Süzme düzeneğinde en başta süzülen toplam hacim (L),

Hücre uzunluğu = Ölçümlerde kullanılan küvette ışığın kat ettiği mesafe (genellikle 1 cm).

Elde edilen tüm veriler ArcGIS Pro Desktop uygulaması ile işlenerek coğrafik olarak anlamlı hale dönüştürülmüştür.

3.3.9. İstatistiksel analizler

Çalışma sonucunda ölçülen tüm fiziko-kimyasal değişkenlerin sonuçları ve bu sonuçların birbirleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. İstasyonlar arasında ölçülen her bir değişken bakımından istatistiksel bakımdan önemli bir fark olup olmadığı varyans analizi (ANOVA) kullanılarak test edilmiştir. Analizler, IBM® SPSS Statistics® 24.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, göldeki ağır metal konsantrasyonlarını en fazla etkileyen değişkeni belirleyebilmek amacıyla tüm veri setine temel bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Göl Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çalışma kapsamında Bafa Gölü'nde stratejik noktalardan seçilmiş 10 farklı istasyondan Aralık 2013-Kasım 2014 tarihleri arasında aylık olarak bazı fiziko-kimyasal su kalite parametre (su sıcaklığı, tuzluluk, pH, ÇÖ, oksijen doygunluğu, TDS, iletkenlik ve AKM) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, suda bulunan temel besin elementlerinden nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu ve fosfat fosforu değerleri de belirlenmiştir. Bunların yanı sıra, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Aydın İl Müdürlüğü ile temasa geçilerek bölgede örnekleme döneminde meydana gelen meteorolojik faaliyetlerin 2013-2014 yıllarını kapsayan aylık değişimleri alınmıştır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Bafa Gölü'nde örnekleme gerçekleştirilen 1 yıllık dönemdeki (2013-2014) meteorolojik olaylara ilişkin veriler (Anonim, 2015).

	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR HIZI (m s ⁻²)	TOPLAM YAGIŞ (kg m ⁻²)
OCAK	11,7	81,9	2,0	121,4
ŞUBAT	11,9	75,4	2,5	39,4
MART	13,1	68,6	3,1	88,8
NİSAN	16,2	72,4	2,2	107,6
MAYIS	20,2	66,2	3,2	27,8
HAZİRAN	24,9	55,0	3,3	53,0
TEMMUZ	27,2	54,5	4,2	1,0
AĞUSTOS	28,2	55,4	4,0	18,4
EYLÜL	23,6	62,3	3,1	36,8
EKİM	19,6	65,8	3,3	37,0
KASIM	14,3	69,8	2,5	81,2
ARALIK	9,3	56,7	3,3	16,0

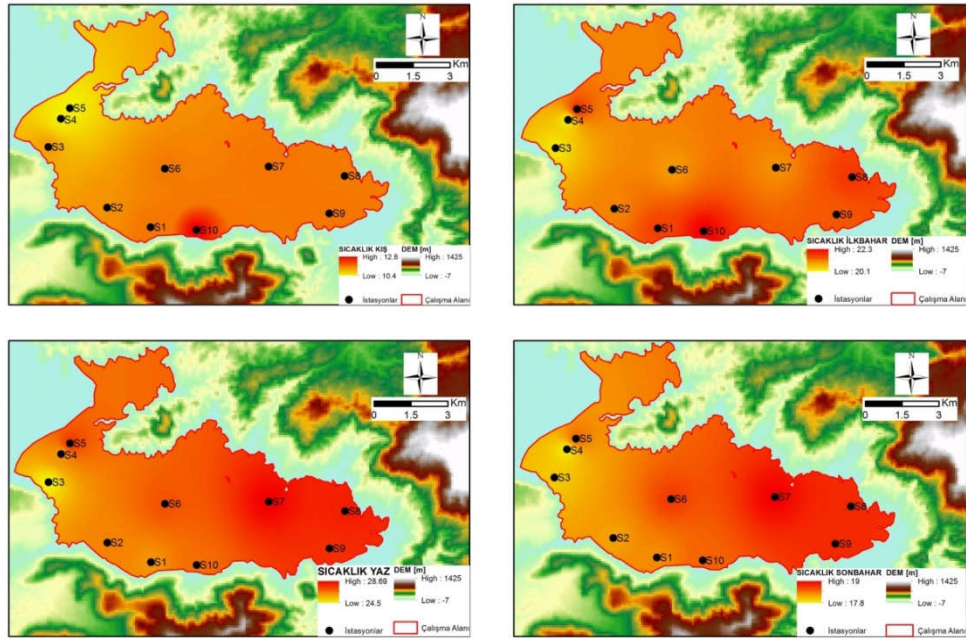
Aralık 2013-Kasım 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş saha ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen bulgular aşağıda ifade edilmiştir.

4.1.1. Su sıcaklık değerlerine dair bulgular

Su analizi sonuçlarına göre ölçülen en düşük su sıcaklığı değeri 7,6 °C ile Aralık ayında istasyon 5’den, en yüksek su sıcaklığı değeri ise Ağustos ayında 29,5 °C ile istasyon 7’den elde edilmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre su sıcaklığı değerleri (°C).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	12,4	11,8	11,8	10,1	9,6	12,4	12,5	12,3	12,4	12,5
ŞUBAT	15,7	15,0	14,6	13,5	14,0	15,3	15,3	15,4	15,5	15,9
MART	19,0	18,1	17,4	16,9	18,3	18,1	18,0	18,5	18,6	19,4
NİSAN	22,9	21,9	20,7	21,1	24,0	21,4	21,2	22,3	22,3	23,6
MAYIS	23,1	23,1	22,4	22,4	23,4	23,2	23,7	24,6	23,6	23,9
HAZİRAN	25,2	25,9	23,2	24,5	25,7	25,9	27,0	26,9	27,0	25,7
TEMMUZ	26,5	26,7	25,1	26,7	28,8	28,0	29,4	28,8	28,4	27,2
AĞUSTOS	26,6	26,7	25,1	26,8	28,9	28,1	29,5	28,9	28,5	27,3
EYLÜL	22,5	22,5	21,8	22,4	23,7	23,3	24,1	23,7	23,5	22,9
EKİM	18,4	18,3	18,4	18,0	18,6	18,6	18,7	18,5	18,6	18,4
KASIM	14,1	13,8	13,9	13,0	13,1	14,2	14,3	14,1	14,2	14,2
ARALIK	9,8	9,4	9,3	8,0	7,6	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9



Şekil 4.1. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen su sıcaklığı değerleri (°C) haritası.

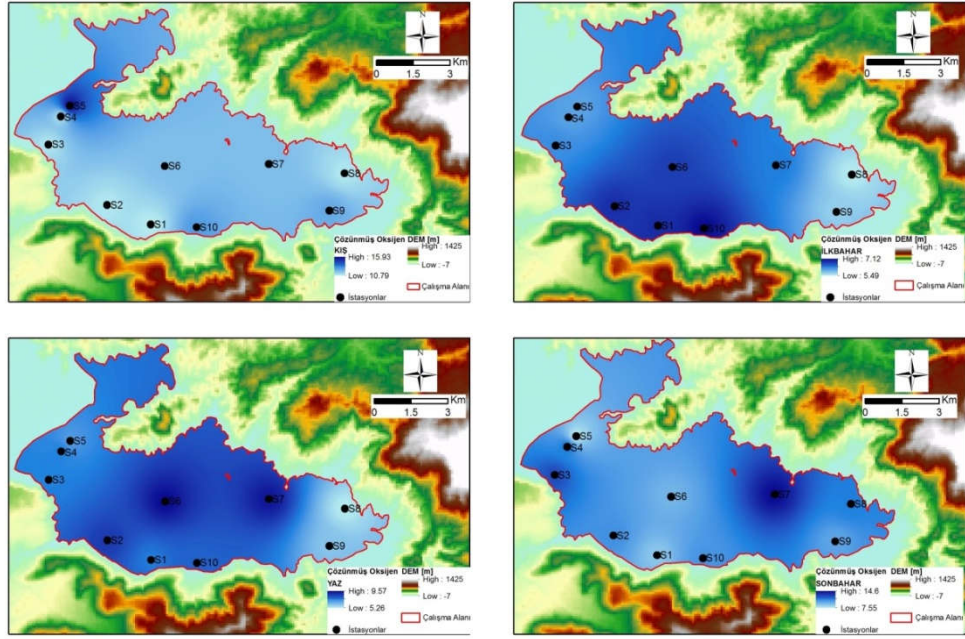
Ölçülen tüm bu veriler ARCGIS programı ile işlenmiş ve Bafa Gölü'ndeki istasyonların mevsimlere göre değişen ısı haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.1.). Bu haritaya göre kış ayları boyunca gölün su sıcaklığının homojen olduğu, yalnızca otellerin bulunduğu 10. istasyondan göle sıcak su girişinin olduğu ve ayrıca Büyük Menderes Nehri'nin de göle soğuk ve tatlı su taşıyan ana kaynak olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Çözünmüş oksijen değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 istasyondan ölçülmüş çözünmüş oksijen değerleri Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre ölçülen en düşük çözünmüş oksijen değeri 1,84 mg L⁻¹ ile Mayıs ayında istasyon 9'dan, en yüksek çözünmüş oksijen değeri ise Haziran ayında 17,46 mg L⁻¹ ile istasyon 7'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre çözünmüş oksijen değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	9,31	11,26	11,54	11,62	10,27	12,43	12,64	11,73	12,93	13,33
ŞUBAT	8,30	9,34	8,89	8,76	11,96	9,68	9,32	8,44	10,23	10,49
MART	7,29	7,43	6,25	5,91	6,64	6,93	6,00	5,15	7,53	7,66
NİSAN	7,51	7,65	6,44	6,09	6,84	7,14	6,18	5,30	7,76	7,89
MAYIS	5,89	5,53	5,91	6,14	4,61	6,20	6,85	6,04	1,84	5,83
HAZİRAN	10,26	13,47	11,42	11,87	8,66	16,50	17,46	6,37	5,15	10,62
TEMMUZ	6,38	6,58	5,67	5,42	5,95	6,35	5,56	4,88	6,67	6,86
AĞUSTOS	5,95	6,06	5,22	5,07	5,73	5,88	5,15	4,56	6,21	6,33
EYLÜL	7,62	8,80	9,80	8,93	6,87	7,97	10,93	8,59	8,41	8,82
EKİM	9,29	11,53	14,38	12,80	8,01	10,06	16,70	12,62	10,62	11,31
KASIM	9,01	11,18	13,95	12,42	7,77	9,76	16,20	12,24	10,30	10,97
ARALIK	14,77	12,11	12,41	12,50	10,58	13,37	13,60	12,62	13,91	14,34



Şekil 4.2. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen çözünmüş oksijen değerleri (mg L^{-1}) haritası.

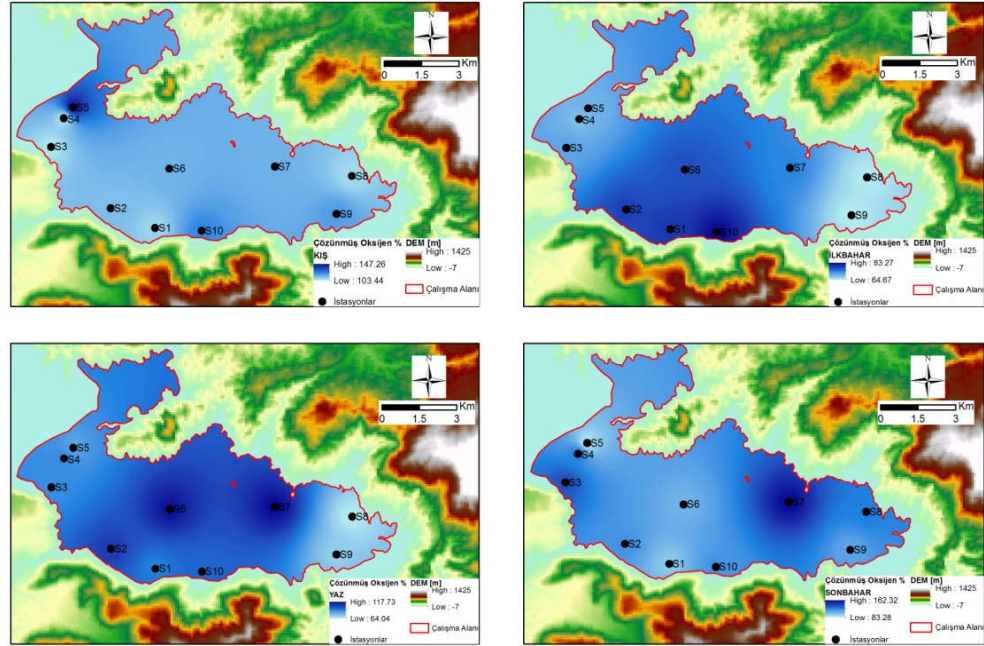
Çalışma boyunca ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin analizi sonucu ortaya çıkan harita Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Su sıcaklıklarının artmaya başladığı ilkbahar ve yaz aylarından itibaren gölün orta ve batı sahili kısmında bulunan derin suyun nispeten daha yüksek çözünmüş oksijen değerlerine sahip olduğu ortaya konmuştur.

4.1.3 Oksijen doygunluğu değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 istasyondan ölçülmüş oksijen doygunluğu değerleri Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre ölçülen en düşük oksijen doygunluğu değeri % 23,10 ile Mayıs ayında istasyon 9'dan, en yüksek oksijen doygunluğu değeri ise Haziran ayında % 234,30 ile istasyon 7'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre oksijen doygunluğu değerleri (%).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	93,20	114,89	107,92	108,01	115,09	118,51	120,84	112,75	123,07	127,53
ŞUBAT	88,05	98,99	88,26	86,11	115,74	97,76	93,72	85,28	103,63	107,57
MART	82,90	83,10	68,60	64,20	74,40	77,00	66,60	57,80	84,20	87,60
NİSAN	85,39	85,59	70,66	66,13	76,63	79,31	68,60	59,53	86,73	90,23
MAYIS	70,30	67,90	72,50	75,20	57,00	77,00	85,60	77,10	23,10	72,00
HAZİRAN	132,40	177,50	142,90	151,50	113,20	213,10	234,30	86,20	69,30	138,80
TEMMUZ	72,58	73,61	62,18	58,85	66,67	70,59	61,74	54,77	74,58	78,50
AĞUSTOS	67,64	67,79	57,33	55,03	64,20	65,29	57,17	51,16	69,44	72,38
EYLÜL	86,02	99,30	110,76	99,71	77,65	90,60	124,48	97,78	95,57	100,74
EKİM	104,40	130,80	164,20	144,40	91,10	115,90	191,80	144,40	121,70	129,10
KASIM	92,92	116,41	146,14	128,52	81,08	103,15	170,70	128,52	108,31	114,90
ARALIK	141,20	123,60	116,10	116,20	119,00	127,50	130,00	121,30	132,40	137,20



Şekil 4.3. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen oksijen doygunluğu değerleri (%) haritası.

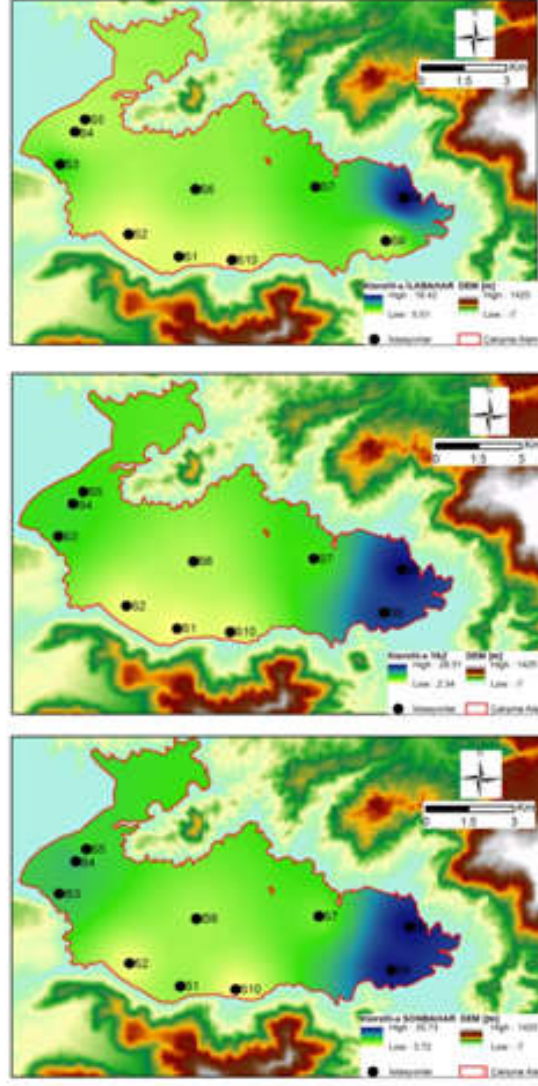
Çalışma boyunca sularda ölçülen oksijen doygunluğu değerlerinin analizi sonucu ortaya çıkan harita Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Buna göre, gölde ölçülmüş oksijen doygunluğu değerleri ile aynı noktalardan ölçülmüş ÇO değerleri birbirleriyle paralellik göstermektedir.

4.1.4. Klorofil-a değerlerine dair bulgular

Çizelge 4.5.'de Bafa Gölü'nden Mayıs-Ekim 2014 ayları arasında kalan dönem içerisinde 10 ayrı istasyondan alınmış su örneklerinde belirlenmiş klorofil-a seviyeleri gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlar ışığında en yüksek klorofil-a değerine 35,57 mg L⁻¹ ile Temmuz ayında 8 numaralı istasyondan, en düşük klorofil-a değerine ise Mayıs ayında 0,79 mg L⁻¹ ile 10 numaralı istasyondan ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 6 ay boyunca (Mayıs-Ekim 2014) elde edilmiş klorofil-a miktarları (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
MAYIS	1,35	0,51	6,87	2,55	2,51	4,36	6,51	18,43	2,36	0,79
HAZİRAN	3,38	3,46	14,01	15,95	13,37	8,58	10,14	33,57	30,58	2,88
TEMMUZ	2,60	4,00	15,56	14,16	13,84	6,21	13,62	35,57	32,68	3,16
AĞUSTOS	1,06	1,23	6,27	7,03	4,90	2,44	7,83	16,42	12,76	3,86
EYLÜL	13,33	4,42	18,73	18,77	14,80	5,79	14,30	33,64	27,24	4,37
EKİM	3,82	4,28	13,72	16,74	11,37	10,19	6,52	27,82	32,55	3,08



Şekil 4.4. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 6 aylık dönemde (Mayıs-Ekim 2014) ölçümlenen klorofil-a değerleri haritası (mg L⁻¹).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda Bafa Gölü'nün üretken dönemdeki klorofil-a değerlerinin örnekleme gerçekleştirilmiş olan aylara göre herhangi bir farklılık göstermediği ancak, istasyonlara göre istatistiksel olarak belirgin farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Gölün doğusunda kalan 8 ve 9 numaralı istasyonların klorofil-a konsantrasyonları bakımından diğer istasyonlardan farklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4.).

Çizelge 4.6. Bafa Gölü'nde ölçülmüş ÇO, oksijen doygunluğu ile klorofil-a değerleri arasındaki korelasyon sonuçları.

	ÇO		
ÇO	1,00	Oksijen Doygunluğu	
Oksijen Doygunluğu	0,987^{**}	1,00	Klorofil-a
Klorofil-a	0,630[*]	0,714[*]	1,00

^{*} p<0,05

^{**} p<0,01

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda Bafa Gölü'ndeki 10 istasyonda Mayıs-Ekim 2014 tarihleri arasında ölçülmüş ÇO ve oksijen doygunluğu değerleri arasında pozitif yönlü kuvvetli korelasyon belirlenmiştir (p<0,01). Ayrıca, aynı dönemde hem klorofil-a değerleri ile ÇO değerleri ve hem de klorofil-a değerleri ile oksijen doygunluğu seviyeleri arasında da anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (p<0,05) (Çizelge 4.6.).

4.1.5. pH değerlerine dair bulgular

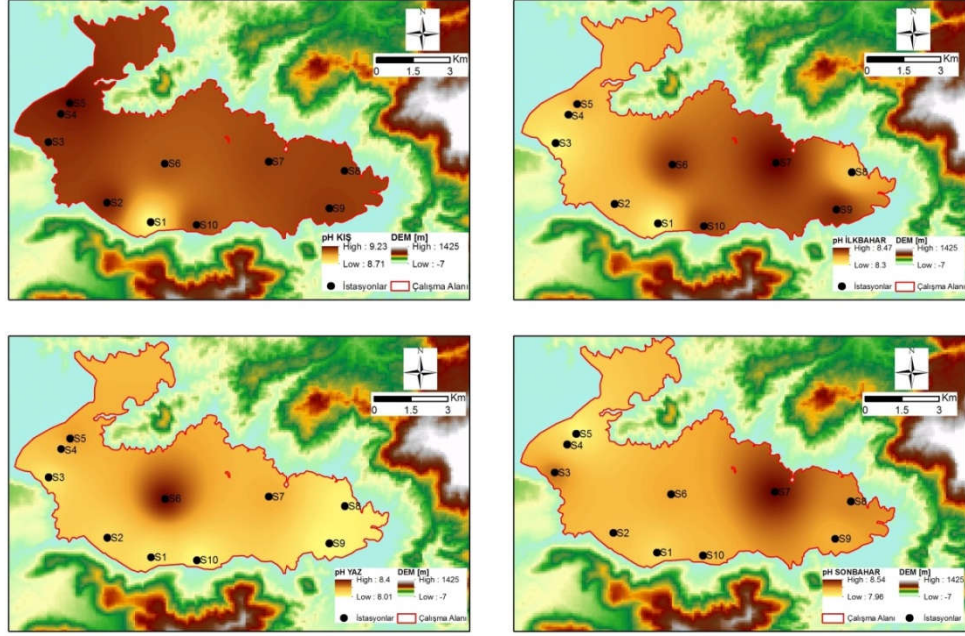
Bafa Gölü'nde 10 istasyondan ölçülmüş pH değerleri Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre ölçülen en düşük pH değeri 7,56 ile Ağustos ayında istasyon 10'dan, en yüksek pH değeri ise Aralık ayında 9,76 ile istasyon 5'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre pH değerleri.

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	8,16	9,04	9,03	9,05	9,07	8,91	8,95	8,99	8,93	8,94
ŞUBAT	8,30	8,78	8,73	8,76	8,87	8,78	8,80	8,75	8,90	8,78
MART	8,43	8,52	8,44	8,47	8,66	8,64	8,65	8,51	8,87	8,62
NİSAN	8,26	8,35	8,27	8,30	8,49	8,47	8,48	8,34	8,69	8,45
MAYIS	8,22	8,21	8,21	8,21	7,99	8,24	8,29	8,21	7,80	8,25
HAZİRAN	8,22	8,45	8,24	8,27	8,14	8,55	8,60	8,26	8,14	8,31
TEMMUZ	8,26	8,24	8,29	8,35	8,42	8,65	8,28	8,19	8,24	8,20
AĞUSTOS	7,70	7,59	7,64	7,81	8,11	8,00	7,67	7,65	7,67	7,56
EYLÜL	7,86	7,89	8,03	8,00	7,99	8,02	8,11	8,00	7,91	7,86
EKİM	8,02	8,19	8,42	8,20	7,88	8,04	8,55	8,35	8,14	8,15
KASIM	8,36	8,41	8,54	8,12	8,03	8,65	8,97	8,56	8,61	8,53
ARALIK	9,68	9,73	9,71	9,74	9,76	9,59	9,63	9,67	9,61	9,62

Çalışma boyunca tüm istasyonlardan ölçülen pH değerleri ARCGİS programı ile işlenmiş ve Bafa Gölü'nün mevsimsel pH profili oluşturulmuştur (Şekil 4.5.). Ortaya çıkan sonuçlardan, kış boyunca istasyon 1 dışında tüm göl suyunun pH'sının homojen olduğu, ilkbahar aylarında gölün batısından başlayarak kuzey-güney hattı

boyunca göl suyunun pH'sının azalmaya başladığı, yaz ve sonbahar aylarında ise göl suyunun pH'sının homojen olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen pH değerleri haritası.

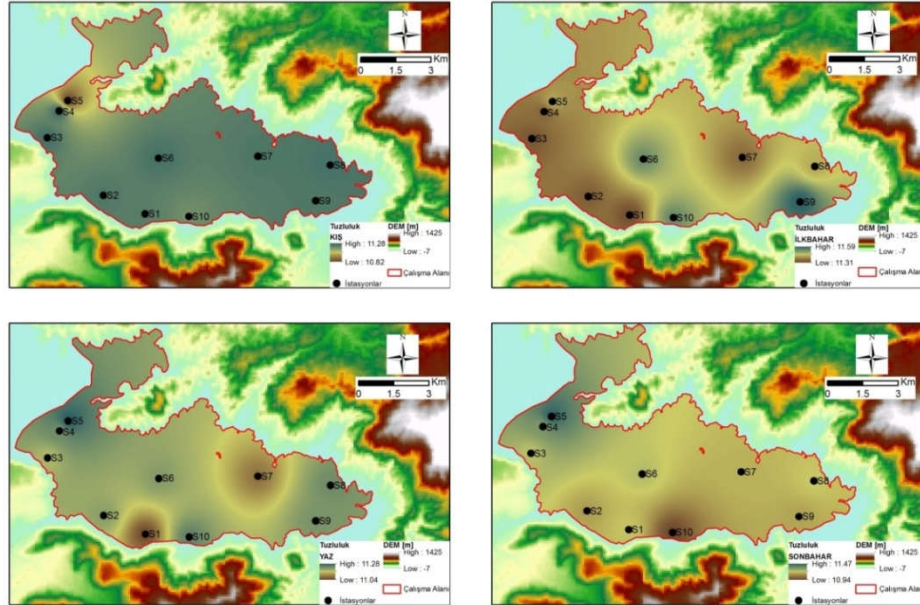
4.1.6. Tuzluluk değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 istasyondan ölçülmüş tuzluluk (‰) değerleri Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre ölçülen en düşük tuzluluk değeri ‰ 10,55 ile Mayıs ayında istasyon 9'dan, en yüksek tuzluluk değeri ise Nisan ayında ‰ 11,88 ile istasyon 5'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan ölçümlenen aylara göre tuzluluk değerleri (‰).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	10,83	10,88	10,88	10,88	10,31	10,87	10,88	10,88	10,87	10,88
ŞUBAT	11,13	11,10	11,17	11,25	11,07	11,18	11,12	11,16	11,13	10,96
MART	11,42	11,31	11,47	11,61	11,83	11,49	11,37	11,45	11,40	11,05
NİSAN	11,47	11,36	11,52	11,66	11,88	11,54	11,42	11,50	11,45	11,09
MAYIS	10,70	10,70	10,71	10,71	10,73	10,70	10,69	10,65	10,55	10,70
HAZİRAN	10,96	10,98	11,02	10,99	11,13	10,98	11,00	11,03	11,04	10,98
TEMMUZ	11,07	11,31	11,24	11,32	11,35	11,31	11,11	11,31	11,29	11,36
AĞUSTOS	11,11	11,34	11,28	11,36	11,38	11,35	11,15	11,35	11,33	11,39
EYLÜL	11,24	11,31	11,26	11,35	11,46	11,53	11,33	11,42	11,45	11,45
EKİM	11,37	11,29	11,25	11,33	11,54	11,70	11,51	11,50	11,56	11,51
KASIM	11,35	11,42	11,48	11,36	11,25	11,37	11,23	11,33	11,78	11,65
ARALIK	11,70	11,71	11,70	11,71	11,09	11,69	11,70	11,70	11,69	11,70

Bafa Gölünün suyunun mevsimlere göre tuzluluk değişim haritasına bakıldığında (Şekil 4.6.) kış ayları boyunca Büyük Menderes Nehri'nin göle bağlandığı kesimin nispeten göle oranla daha düşük tuzluluk karakteristiğine sahip olduğu ve geride kalan bölgelerde gölün suyunun tamamının homojen bir tuzluluk yapısında bulunduğu, ilkbahar aylarında tuzlu su ile tatlı suyun batı-doğu hattında bir karışma evresi geçirdiği ve yaz döneminde göl suyunun 2 istasyon dışında tuzluluğunun artarak homojen bir hale dönüştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen tuzluluk (‰) değerleri haritası.

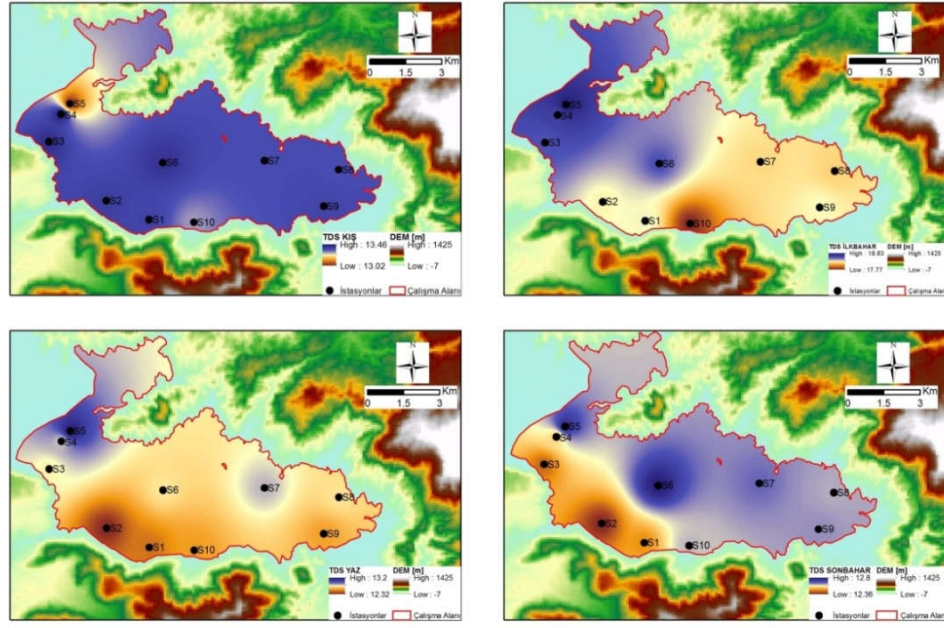
4.1.7. TDS değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nden 12 ay boyunca 10 farklı istasyondan alınmış su örneklerindeki TDS değerleri Çizelge 4.9.'da gösterilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında en düşük TDS değeri 11,34 g L⁻¹ ile Ocak ayında istasyon 5'de ve en yüksek TDS değeri ise 20,88 g L⁻¹ ile Nisan ayında yine aynı istasyondan tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Bafa Gölü'nde 10 istasyondan aylara göre belirlenen TDS değerleri (g L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	11,87	11,89	11,88	11,91	11,34	11,86	11,87	11,87	11,87	11,88
ŞUBAT	15,50	15,48	15,61	15,66	15,52	15,62	15,44	15,43	15,48	15,23
MART	19,12	19,07	19,35	19,42	19,70	19,37	19,01	18,99	19,09	18,58
NİSAN	20,27	20,21	20,51	20,59	20,88	20,53	20,15	20,13	20,24	19,69
MAYIS	15,26	15,25	15,37	15,41	15,31	15,37	15,22	15,22	15,27	15,04
HAZİRAN	12,06	12,07	12,08	12,07	12,21	12,06	12,10	12,13	12,15	12,06
TEMMUZ	12,66	12,43	13,04	13,16	13,68	13,02	13,19	12,98	12,76	12,79
AĞUSTOS	12,70	12,46	13,09	13,21	13,71	13,07	13,24	13,02	12,80	12,82
EYLÜL	12,55	12,39	12,68	12,79	13,14	12,90	12,89	12,77	12,70	12,69
EKİM	12,40	12,32	12,27	12,37	12,56	12,73	12,54	12,53	12,59	12,56
KASIM	12,45	12,37	12,33	12,43	12,62	12,78	12,59	12,58	12,65	12,61
ARALIK	12,77	12,79	12,78	12,81	12,20	12,76	12,77	12,77	12,77	12,78

Bafa Gölü'nden alınmış yüzey suyu örneklerinde TDS'nin özellikle yaz-kış aylarında homojen bir dağılım gösterdiği, biyolojik faaliyetin yoğun olduğu dönemler olan bahar aylarında ise bölgesel olarak değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen TDS (g L^{-1}) değerleri haritası.

Bafa Gölü’nden 1 yıl boyunca 10 farklı noktadan alınmış olan yüzey suyu örneklerinde ölçülen fiziko-kimyasal parametrelerin aylık ve istasyon bazındaki ortalama değerleri Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan ölçümlenen fiziko-kimyasal parametrelerin aylara göre ortalamaları.

	Su sıcaklığı (°C)	İletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TDS (g L^{-1})	Tuzluluk (‰)	Oksijen Doygunluğu (%)	ÇO (mg L^{-1})	pH
OCAK	11,78	18188	11,82	10,81	118,38	12,41	8,91
ŞUBAT	15,00	17417	15,50	11,13	96,51	9,54	8,74
MART	18,22	16646	19,17	11,44	74,64	6,68	8,58
NİSAN	22,14	15912	20,32	11,49	76,88	6,88	8,41
MAYIS	23,30	17547	15,27	10,68	67,77	5,48	8,16
HAZİRAN	25,70	18858	12,10	11,01	145,92	11,18	8,32
TEMMUZ	27,55	20215	12,97	11,27	67,41	6,03	8,31
AĞUSTOS	27,63	20280	13,01	11,30	62,74	5,62	7,74
EYLÜL	23,04	18540	12,75	11,38	98,26	8,67	7,97
EKİM	18,45	16801	12,49	11,46	133,78	11,73	8,19
KASIM	13,90	17137	12,54	11,42	119,06	11,38	8,48
ARALIK	9,35	19570	12,72	11,64	131,45	13,82	9,67

Çizelge 4.11. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyonun fiziko-kimyasal parametrelerinin istasyonlar bazında ortalamaları.

	Su sıcaklığı (°C)	iletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TDS (g L^{-1})	Tuzluluk (‰)	Oksijen Doygunluğu (%)	ÇO (mg L^{-1})	pH
1. İstasyon	19,68	17992	14,13	11,19	93,08	8,46	8,29
2. İstasyon	19,44	17791	14,06	11,23	103,29	9,25	8,45
3. İstasyon	18,63	17735	14,25	11,25	100,63	9,32	8,46
4. İstasyon	18,61	17896	14,32	11,29	96,15	8,96	8,44
5. İstasyon	19,64	18367	14,41	11,25	95,31	9,07	8,45
6. İstasyon	19,86	18241	14,34	11,31	102,98	9,35	8,55
7. İstasyon	20,31	18300	14,25	11,21	117,13	10,55	8,58
8. İstasyon	20,32	18299	14,20	11,27	89,72	8,21	8,46
9. İstasyon	20,19	18255	14,20	11,29	91,00	8,46	8,46
10. İstasyon	20,07	18044	14,06	11,23	104,71	9,54	8,44

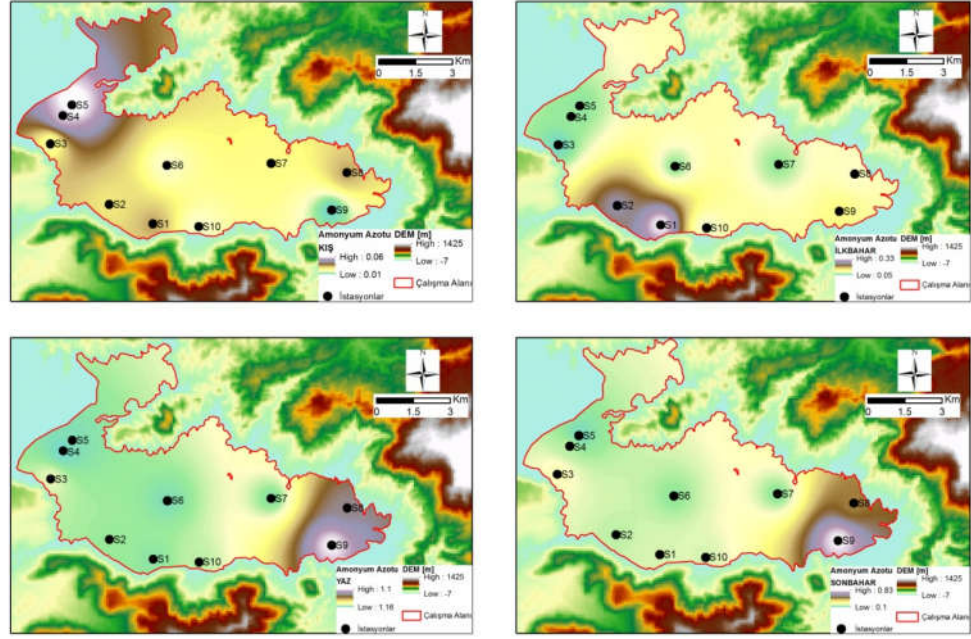
4.1.8. Amonyum azotu değerlerine dair bulgular

Laboratuvar ortamında yapılan analizler sonucu Bafa Gölü'nden ölçülmüş en yüksek amonyum azotu değeri $1,598 \text{ mg L}^{-1}$ ile Eylül ayında 9 numaralı istasyondan, en düşük değerin ise farklı aylarda farklı istasyonlardan analiz limitleri altında (ALA) şeklinde olduğu ortaya konmuştur (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen amonyum azotu miktarlarının aylara göre değişimi (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	0,020	0,030	0,020	0,030	0,050	0,020	0,050	0,050	0,010	ALA
ŞUBAT	0,000	0,020	ALA	0,060	0,040	0,030	0,010	0,020	0,020	0,030
MART	0,110	0,110	0,080	0,090	0,090	0,090	0,080	0,110	0,160	0,100
NİSAN	0,700	0,500	0,040	0,050	0,040	0,070	0,080	0,100	0,150	0,100
MAYIS	0,182	0,138	0,036	0,062	0,066	0,042	0,046	0,062	0,068	0,050
HAZİRAN	0,050	0,070	0,120	ALA	0,030	0,030	0,050	0,710	0,960	0,090
TEMMUZ	0,051	0,074	0,144	ALA	0,030	0,029	0,045	0,738	1,056	0,096
AĞUSTOS	0,056	0,082	0,166	ALA	0,040	0,035	0,053	0,805	1,299	0,117
EYLÜL	0,062	0,092	0,190	ALA	0,053	0,043	0,062	0,877	1,598	0,143
EKİM	0,330	0,280	0,390	0,430	0,200	0,330	0,290	0,220	0,380	0,300
KASIM	0,149	0,130	0,111	0,073	0,068	0,065	0,070	0,338	0,518	0,095
ARALIK	0,080	0,030	0,040	0,080	0,110	ALA	0,010	0,030	ALA	0,020

Elde edilen sonuçlar işlenerek oluşturulmuş olan Bafa Gölü'nde amonyum azotunun mevsimsel değişimini gösteren haritaya göre bölgesel olarak amonyum azotunun gölün farklı bölümlerinde birikim yaptığı görülmektedir (Şekil 4.8.). Yapılan istatistik analiz sonucu mevsimsel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamışken, 9 numaralı istasyondaki amonyum azotu birikiminin diğer istasyonlardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.8. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen amonyum azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.

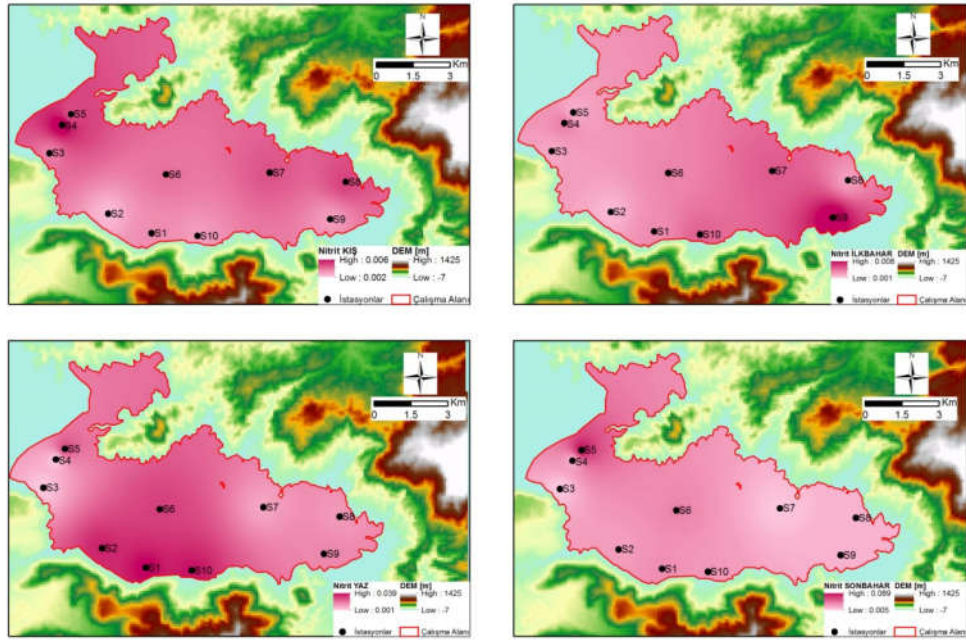
4.1.9. Nitrit azotu değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 istasyondan elde edilmiş nitrit azotu laboratuvar analiz sonuçları incelendiğinde en düşük değerlerin $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ ile Şubat ayında 6 numaralı istasyondan, Mart ayında 4 numaralı istasyondan, Nisan ayında 2 ve 5 numaralı istasyonlardan, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında 3 ve 4 numaralı istasyonlardan ve Eylül ayında 4 numaralı istasyondan, en yüksek değer ise $0,187 \text{ mg L}^{-1}$ ile Ekim ayında 5 numaralı istasyondan ölçüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.13. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen nitrit azotunun aylara göre değişimi (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	0,005	0,004	0,005	0,009	0,008	0,008	0,008	0,005	0,005	0,004
ŞUBAT	0,002	0,000	0,002	0,007	0,000	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002
MART	0,004	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,005	0,002	0,014	0,006
NİSAN	0,003	0,001	0,002	0,006	0,001	0,004	0,006	0,002	0,007	0,005
MAYIS	0,003	0,002	0,003	0,005	0,003	0,004	0,005	0,004	0,006	0,004
HAZİRAN	0,038	0,033	0,001	0,001	0,025	0,029	0,009	0,011	0,013	0,034
TEMMUZ	0,039	0,035	0,001	0,001	0,025	0,028	0,008	0,011	0,014	0,036
AĞUSTOS	0,043	0,039	0,001	0,001	0,033	0,034	0,009	0,012	0,018	0,044
EYLÜL	0,047	0,043	0,002	0,001	0,044	0,041	0,011	0,014	0,022	0,054
EKİM	0,043	0,027	0,012	0,041	0,187	0,059	0,008	0,023	0,022	0,025
KASIM	0,009	0,005	0,002	0,008	0,037	0,012	0,002	0,005	0,004	0,005
ARALIK	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	0,003	0,004	0,006	0,002	0,003

Bafa Gölü'nden alınmış su örneklerindeki nitrit azotu sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, istasyonlardaki nitrit azotu konsantrasyonları bakımından herhangi bir anlamlı fark bulunmamışken sonbahar mevsiminin yaz mevsimi ile benzer kış ve ilkbahar mevsimlerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlara göre, genel olarak nitrit azotunun kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri boyunca gölde homojen olarak dağıldığı, sonbahar mevsiminde ise gölde genelde nitrit azotu miktarının az olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen nitrit azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.

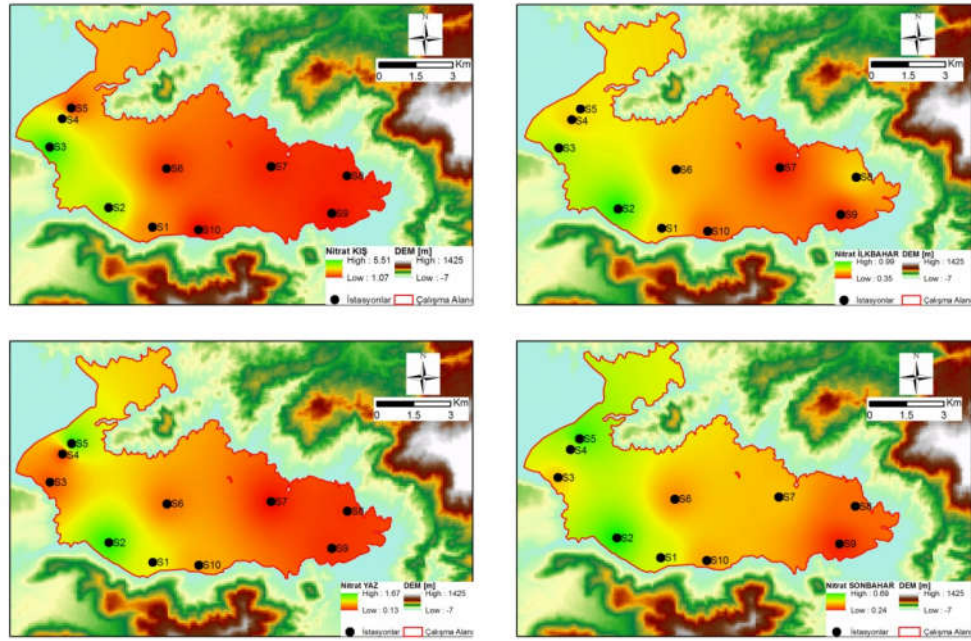
4.1.10. Nitrat azotu değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 farklı noktadan 1 yıl boyunca alınmış yüzey suyu örneklerinde tespit edilmiş nitrat azotu değerleri incelendiğinde en yüksek nitrat azotu değerinin $15,8 \text{ mg L}^{-1}$ ile Ocak ayında 3 numaralı istasyondan, en düşük değer ise $0,038 \text{ mg L}^{-1}$ ile Eylül ayında 7 numaralı istasyondan ölçüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçümlenen nitrat azotu değerlerinin aylara göre değişimi (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	5,620	3,460	15,800	3,010	2,870	2,820	2,980	3,060	2,870	2,630
ŞUBAT	0,421	9,280	0,474	7,640	0,571	0,553	0,311	0,276	0,237	0,365
MART	0,287	0,390	0,223	0,259	0,284	0,491	0,261	0,621	0,369	0,307
NİSAN	0,354	0,342	0,368	0,312	0,298	0,461	0,316	0,657	0,246	0,345
MAYIS	1,214	2,247	1,863	1,246	1,370	0,725	0,500	0,608	0,512	0,704
HAZİRAN	1,010	1,710	0,300	0,208	1,850	0,512	0,179	0,251	0,231	0,633
TEMMUZ	1,030	1,796	0,360	0,198	1,832	0,492	0,159	0,261	0,254	0,677
AĞUSTOS	0,773	1,418	0,281	0,152	1,355	0,256	0,078	0,110	0,114	0,528
EYLÜL	0,579	1,121	0,219	0,117	1,003	0,133	0,038	0,046	0,051	0,412
EKİM	0,469	0,440	0,490	0,695	0,498	0,417	0,589	0,439	0,325	0,324
KASIM	0,477	0,528	0,534	0,734	0,561	0,515	0,606	0,455	0,372	0,407
ARALIK	0,409	0,443	0,260	0,198	0,426	0,367	0,239	0,211	0,238	0,225

Bafa Gölü'ndeki nitrat azotu seviyeleri işlenerek oluşturulan harita nitrat azotunun mevsimsel olarak değişimini ortaya koymuştur (Şekil 4.10.). Tüm mevsimler boyunca bazı bölgelerde nitrat azotu seviyelerinde mekansal değişiklikler olduğu ortaya konmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda göldeki nitrat azotu seviyelerinde istasyonlar arasında herhangi bir farklılık bulunmamışken, kış mevsiminde göldeki nitrat azotu seviyelerinin diğer mevsimlerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.10. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen nitrat azotu değerleri (mg L^{-1}) haritası.

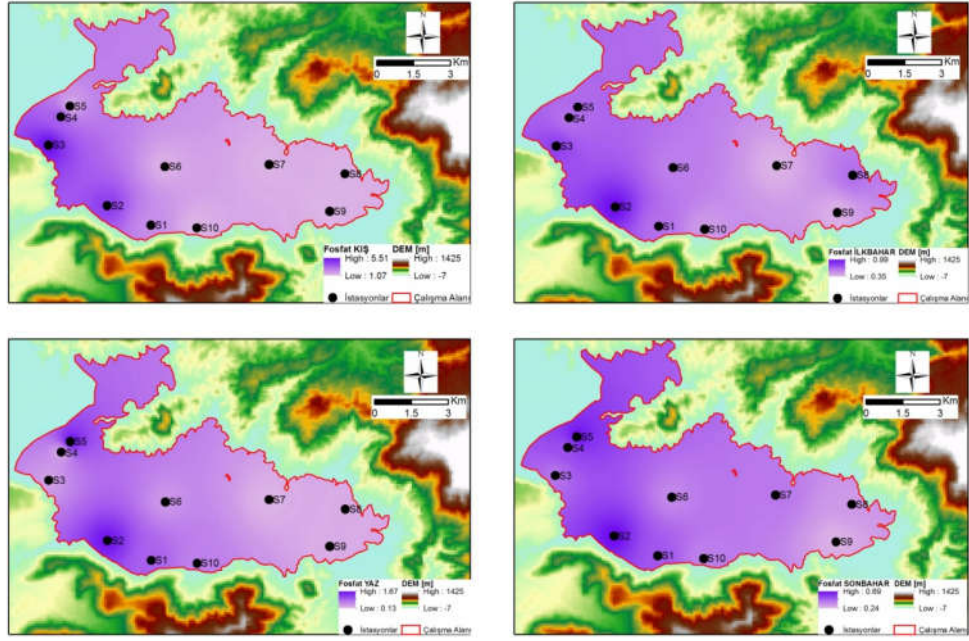
4.1.11. Fosfat fosforu değerlerine dair bulgular

Bafa Gölü'nde 10 farklı noktadan 1 yıl boyunca alınmış yüzey suyu örneklerinde tespit edilmiş fosfat fosforu değerleri incelendiğinde en yüksek fosfat fosforu değerinin $4,74 \text{ mg L}^{-1}$ ile Şubat ayında 4 numaralı istasyondan, en düşük değer ise ALA ile Mart ayında 9 numaralı istasyondan ölçüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıllık ölçülen fosfat fosforu değerlerinin aylara göre değişimi (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	4,220	1,680	0,109	0,103	0,117	3,620	0,090	1,720	0,156	0,617
ŞUBAT	0,049	0,045	0,052	4,740	0,924	0,054	0,007	0,054	0,023	0,054
MART	0,014	0,037	0,006	0,448	0,349	0,619	0,040	0,018	ALA	0,046
NİSAN	0,012	0,045	0,006	0,612	0,449	0,586	0,040	0,019	0,012	0,035
MAYIS	1,385	0,409	0,037	1,226	0,832	1,073	0,467	0,383	0,364	0,552
HAZİRAN	0,049	0,200	1,100	0,361	0,972	1,240	0,771	1,300	1,200	0,372
TEMMUZ	0,050	0,210	1,320	0,343	0,962	1,190	0,686	1,352	1,320	0,398
AĞUSTOS	0,055	0,235	1,518	0,422	1,289	1,452	0,810	1,474	1,624	0,486
EYLÜL	0,041	0,186	1,184	0,325	0,954	0,755	0,397	0,619	0,731	0,379
EKİM	0,024	0,257	0,377	0,184	0,307	0,493	0,053	0,232	0,771	0,266
KASIM	0,030	0,319	0,467	0,228	0,381	0,611	0,066	0,288	0,956	0,330
ARALIK	2,630	0,239	0,011	0,225	2,320	0,487	2,160	0,102	1,630	2,010

Yapılan analizler sonucunda elde edilmiş verilerin işlenmesi sonucu fosfat fosforunun gölde istasyonlar bazında homojen bir biçimde dağıldığı tespit edilmiştir. Fosfat fosforunun lokalite bazında daha çok gölün güney batısından girişim yaptığı görülse de istatistiksel olarak istasyonlar arasında herhangi bir anlamlı fark belirlenememiştir (Şekil 4.11.). Ancak, mevsimsel olarak incelendiğinde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde göldeki fosfat fosforu miktarlarının kış mevsiminden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.11. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen fosfat fosforu değerleri (mg L^{-1}) haritası.

Bafa Gölü'nden elde edilen besin tuzları konsantrasyonlarının aylara ve istasyonlara göre ortalamaları Çizelge 4.16. ve Çizelge 4.17.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca ölçümlenen besin tuzlarının aylara göre ortalamaları (mg L⁻¹).

	Amonyum Azotu	Nitrit Azotu	Nitrat Azotu	Fosfat Fosforu
OCAK	0,03	0,0061	3,26	0,20
ŞUBAT	0,02	0,0022	0,40	0,14
MART	0,10	0,0041	0,36	0,16
NİSAN	0,18	0,0037	0,37	0,18
MAYIS	0,08	0,0040	1,10	0,67
HAZİRAN	0,21	0,0194	0,69	0,76
TEMMUZ	0,23	0,0198	0,71	0,78
AĞUSTOS	0,27	0,0235	0,51	0,94
EYLÜL	0,31	0,0280	0,37	0,56
EKİM	0,32	0,0447	0,47	0,30
KASIM	0,16	0,0090	0,52	0,37
ARALIK	0,04	0,0038	0,34	0,21

Çizelge 4.17. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca ölçümlenen besin tuzlarının istasyonlara göre ortalamaları (mg L⁻¹).

	Amonyum Azotu	Nitrit Azotu	Nitrat Azotu	Fosfat Fosforu
1. İstasyon	0,149	0,020	1,054	0,713
2. İstasyon	0,130	0,016	1,931	0,322
3. İstasyon	0,111	0,003	1,764	0,516
4. İstasyon	0,073	0,007	1,231	0,768
5. İstasyon	0,068	0,031	1,076	0,821
6. İstasyon	0,065	0,019	0,645	1,015
7. İstasyon	0,070	0,006	0,521	0,466
8. İstasyon	0,338	0,008	0,583	0,630
9. İstasyon	0,518	0,011	0,485	0,732
10. İstasyon	0,095	0,019	0,630	0,462

4.1.12. AKM, organik ve inorganik madde miktarlarına dair bulgular

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan 1 yıl boyunca alınan su örneklerinde AKM (organik ve inorganik madde) miktarları tespit edilmiştir. En yüksek organik madde miktarı, Temmuz ayında 0,0309 g L⁻¹ ile 7 numaralı istasyondan ölçülmüşken, en yüksek inorganik madde miktarı, Mart ayında 0,0184 g L⁻¹ ile 9 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En düşük organik madde miktarı Aralık ayında 0,0002 g L⁻¹ ile 4 numaralı istasyondan ve en düşük inorganik madde miktarı ise 0,0002 g L⁻¹ ile Şubat ayında 3, 5, ve 6 istasyonlardan ölçülmüştür (Çizelge 4.18. ve Çizelge 4.19.).

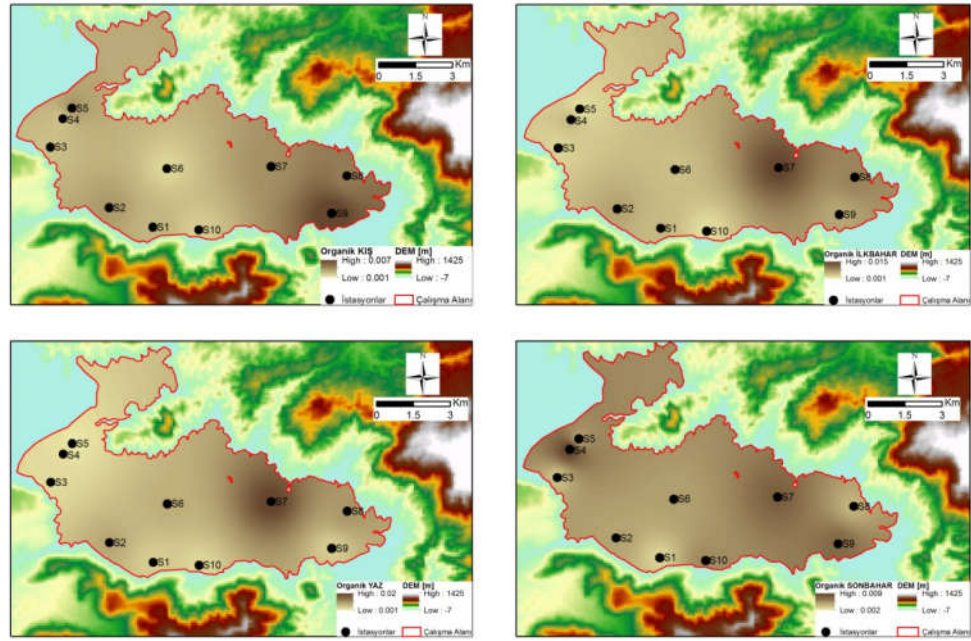
Çizelge 4.18. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış AKM örneklerinden yıl boyunca elde edilmiş organik madde miktarları (g L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	0,0021	0,0011	0,0035	0,0003	0,0013	0,0008	0,0011	0,0032	0,0052	0,0030
ŞUBAT	0,0040	0,0063	0,0025	0,0058	0,0027	0,0033	0,0074	0,0104	0,0145	0,0022
MART	0,0059	0,0089	0,0019	0,0077	0,0014	0,0026	0,0240	0,0154	0,0026	0,0024
NİSAN	0,0045	0,0053	0,0034	0,0033	0,0006	0,0070	0,0126	0,0053	0,0088	0,0013
MAYIS	0,0037	0,0051	0,0025	0,0035	0,0028	0,0029	0,0098	0,0069	0,0068	0,0019
HAZİRAN	0,0064	0,0173	0,0040	0,0034	0,0016	0,0096	0,0306	0,0149	0,0067	0,0053
TEMMUZ	0,0040	0,0044	0,0030	0,0024	0,0012	0,0107	0,0309	0,0129	0,0040	0,0022
AĞUSTOS	0,0011	0,0023	0,0009	0,0015	0,0007	0,0019	0,0014	0,0017	0,0010	0,0012
EYLÜL	0,0021	0,0034	0,0028	0,0082	0,0039	0,0034	0,0035	0,0023	0,0058	0,0047
EKİM	0,0031	0,0045	0,0047	0,0149	0,0071	0,0050	0,0055	0,0029	0,0107	0,0083
KASIM	0,0033	0,0064	0,0031	0,0061	0,0029	0,0061	0,0144	0,0069	0,0056	0,0043
ARALIK	0,0022	0,0038	0,0010	0,0002	0,0079	0,0008	0,0036	0,0005	0,0028	0,0005

Çizelge 4.19. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış AKM örneklerinden yıl boyunca elde edilmiş inorganik madde miktarları (g L⁻¹).

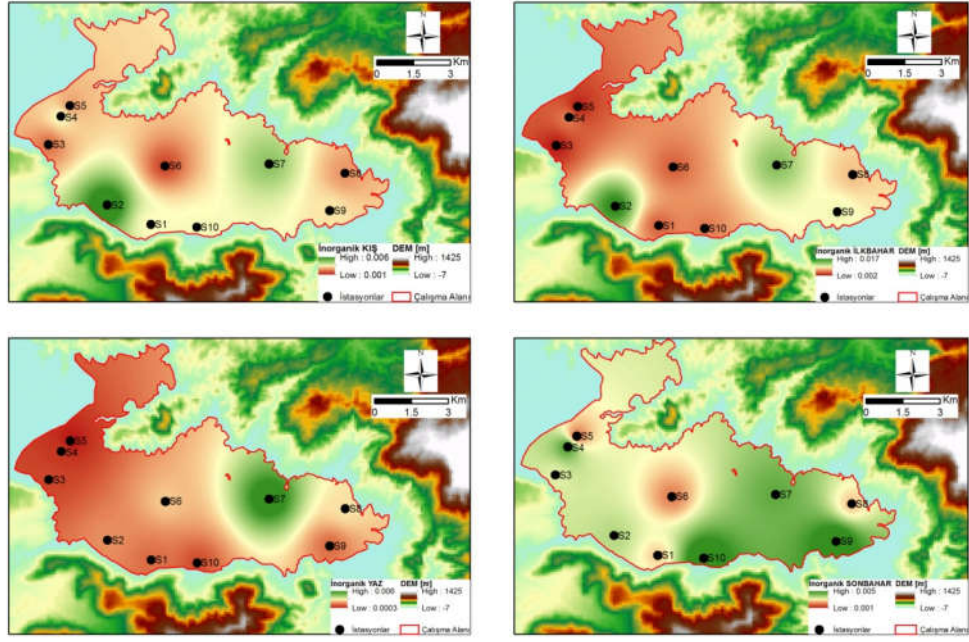
	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	0,0050	0,0015	0,0052	0,0024	0,0024	0,0039	0,0067	0,0040	0,0037	0,0066
ŞUBAT	0,0040	0,0170	0,0002	0,0082	0,0002	0,0002	0,0062	0,0030	0,0044	0,0038
MART	0,0063	0,0247	0,0040	0,0063	0,0024	0,0096	0,0175	0,0081	0,0184	0,0069
NİSAN	0,0034	0,0162	0,0004	0,0057	0,0018	0,0008	0,0140	0,0098	0,0047	0,0047
MAYIS	0,0040	0,0123	0,0021	0,0046	0,0023	0,0030	0,0092	0,0050	0,0066	0,0045
HAZİRAN	0,0013	0,0024	0,0009	0,0006	0,0003	0,0026	0,0091	0,0018	0,0013	0,0006
TEMMUZ	0,0021	0,0021	0,0013	0,0010	0,0003	0,0042	0,0108	0,0058	0,0023	0,0016
AĞUSTOS	0,0007	0,0010	0,0004	0,0005	0,0003	0,0008	0,0006	0,0009	0,0005	0,0007
EYLÜL	0,0022	0,0031	0,0027	0,0041	0,0015	0,0015	0,0028	0,0020	0,0047	0,0050
EKİM	0,0037	0,0052	0,0050	0,0077	0,0027	0,0021	0,0050	0,0030	0,0089	0,0093
KASIM	0,0020	0,0027	0,0020	0,0028	0,0010	0,0022	0,0057	0,0027	0,0036	0,0035
ARALIK	0,0014	0,0023	0,0006	0,0001	0,0048	0,0004	0,0015	0,0002	0,0017	0,0003

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, Bafa Gölü'nde tespit edilmiş olan organik madde miktarlarının mekansal olarak farklılık bulunmuş olup, zamansal olarak ise herhangi bir farklılık olmadığı ortaya konmuştur. 7 numaralı istasyonda tespit edilmiş organik madde yükünün istatistiksel olarak diğer istasyonlardan farklı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). İşlenerek harita şekline dönüştürülmüş veriler incelendiğinde organik madde birikiminin gölün özellikle kuzey doğu kısmında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen organik madde miktarları (mg L^{-1}) haritası.

Bafa Gölü'nden tespit edilmiş inorganik madde miktarlarına zamansal ve mekansal olarak istatistiksel analiz yapılmış olup, analiz sonucunda 2 ve 7 numaralı istasyonlardaki birikim ile 3 ve 5 numaralı istasyonlardaki birikimin diğer istasyonlardan farklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13.).



Şekil 4.13. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan mevsimlere göre ölçümlenen inorganik madde miktarı değerleri (mg L^{-1}) haritası.

Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan elde edilmiş AKM, organik ve inorganik madde miktarlarının aylara ve istasyonlara göre ortalamaları Çizelge 4.20. ve Çizelge 4.21.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan elde edilmiş AKM, organik ve inorganik madde miktarları değerlerinin aylara göre ortalamaları (g L^{-1}).

	AKM	Organik Madde	İnorganik Madde
OCAK	0,0063	0,0022	0,0041
ŞUBAT	0,0106	0,0059	0,0047
MART	0,0177	0,0073	0,0104
NİSAN	0,0114	0,0052	0,0061
MAYIS	0,0099	0,0046	0,0054
HAZİRAN	0,0121	0,0100	0,0021
TEMMUZ	0,0107	0,0076	0,0032
AĞUSTOS	0,0020	0,0014	0,0006
EYLÜL	0,0060	0,0035	0,0025
EKİM	0,0100	0,0056	0,0044
KASIM	0,0087	0,0059	0,0028
ARALIK	0,0037	0,0023	0,0013

Çizelge 4.21. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan elde edilmiş AKM, organik ve inorganik madde miktarları değerlerinin istasyonlar bazında ortalamaları (g L⁻¹).

	AKM	Organik Madde	İnorganik Madde
1. İstasyon	0,0065	0,0035	0,0030
2. İstasyon	0,0133	0,0057	0,0075
3. İstasyon	0,0048	0,0028	0,0021
4. İstasyon	0,0084	0,0048	0,0037
5. İstasyon	0,0045	0,0028	0,0017
6. İstasyon	0,0071	0,0045	0,0026
7. İstasyon	0,0195	0,0121	0,0074
8. İstasyon	0,0108	0,0069	0,0039
9. İstasyon	0,0113	0,0062	0,0051
10. İstasyon	0,0071	0,0031	0,0040

Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca elde edilmiş organik ve inorganik madde miktarlarının örneklerdeki oranları (% olarak) aylara ve istasyonlara göre Çizelge 4.22. ve Çizelge 4.23.'de gösterilmiştir. Bafa Gölü'nde en yüksek organik madde miktarı oranı % 94,29 ile Şubat ayında 6 Numaralı istasyondan belirlenmişken en yüksek inorganik madde miktarı oranı ise % 88,89 ile Ocak ayında 4 numaralı istasyondan belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca elde edilmiş organik madde miktarları (%).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	29,58	42,31	40,23	11,11	35,14	17,02	14,10	44,44	58,43	31,25
ŞUBAT	50,00	27,04	92,59	41,43	93,10	94,29	54,41	77,61	76,72	36,67
MART	48,50	26,50	32,10	54,80	36,90	21,40	57,80	65,40	12,40	25,60
NİSAN	56,90	24,50	89,60	36,50	24,10	89,65	47,40	35,20	65,40	21,40
MAYIS	48,30	29,18	54,33	43,16	54,37	49,45	51,50	58,01	50,85	29,54
HAZİRAN	83,00	88,00	82,00	84,00	86,00	79,00	77,00	89,00	84,00	89,00
TEMMUZ	65,00	68,00	69,00	71,00	77,00	72,00	74,00	69,00	63,00	59,00
AĞUSTOS	62,00	71,00	73,00	75,00	74,00	71,00	69,00	65,00	64,00	62,00
EYLÜL	49,19	52,72	51,40	66,55	72,64	70,20	55,22	53,55	55,26	48,37
EKİM	45,80	46,50	48,50	65,80	72,50	69,90	52,60	48,50	54,59	46,90
KASIM	62,55	70,10	60,18	68,47	74,27	73,41	71,67	71,84	61,33	55,56
ARALIK	62,00	63,00	65,00	68,00	62,00	69,00	71,00	65,00	63,00	62,00

Çizelge 4.23. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca elde edilmiş inorganik madde miktarları (%).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10
OCAK	70,42	57,69	59,77	88,89	64,86	82,98	85,90	55,56	41,57	68,75
ŞUBAT	50,00	72,96	7,41	58,57	6,90	5,71	45,59	22,39	23,28	63,33
MART	51,50	73,50	67,90	45,20	63,10	78,60	42,20	34,60	87,60	74,40
NİSAN	43,10	75,50	10,40	63,50	75,90	10,35	52,60	64,80	34,60	78,60
MAYIS	51,70	70,82	45,67	56,84	45,63	50,55	48,50	41,99	49,15	70,46
HAZİRAN	17,00	12,00	18,00	16,00	14,00	21,00	23,00	11,00	16,00	11,00
TEMMUZ	35,00	32,00	31,00	29,00	23,00	28,00	26,00	31,00	37,00	41,00
AĞUSTOS	38,00	29,00	27,00	25,00	26,00	29,00	31,00	35,00	36,00	38,00
EYLÜL	50,81	47,28	48,60	33,45	27,36	29,80	44,78	46,45	44,74	51,63
EKİM	54,20	53,50	51,50	34,20	27,50	30,10	47,40	51,50	45,41	53,10
KASIM	37,45	29,90	39,82	31,53	25,73	26,59	28,33	28,16	38,67	44,44
ARALIK	38,00	37,00	35,00	32,00	38,00	31,00	29,00	35,00	37,00	38,00

Çizelge 4.24. Bafa Gölü'nde ölçülmüş besin tuzları ve AKM ile yıllık yağış miktarı arasındaki korelasyon değerleri.

	Yıllık yağış	Amonyum azotu	Nitrit azotu	Nitrat azotu	Fosfat fosforu	AKM
Yıllık yağış	1,00					
Amonyum azotu	0,601*	1,00				
Nitrit azotu	0,528*	-0,853**	1,00			
Nitrat azotu	0,035	0,042	0,228	1,00		
Fosfat fosforu	0,608*	0,594*	0,650*	0,480	1,00	
AKM	0,399	0,035	0,238	0,025	0,301	1,00

* p<0,05

** p<0,01

Bafa Gölü'nden alınmış su örneklerindeki besin tuzları ve AKM değerleri ile yıllık yağış miktarı arasında korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 4.24.). Besin tuzlarından fosfat fosforu, amonyum azotu ve nitrit azotu ile yıllık yağış miktarı arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir (p<0,05).

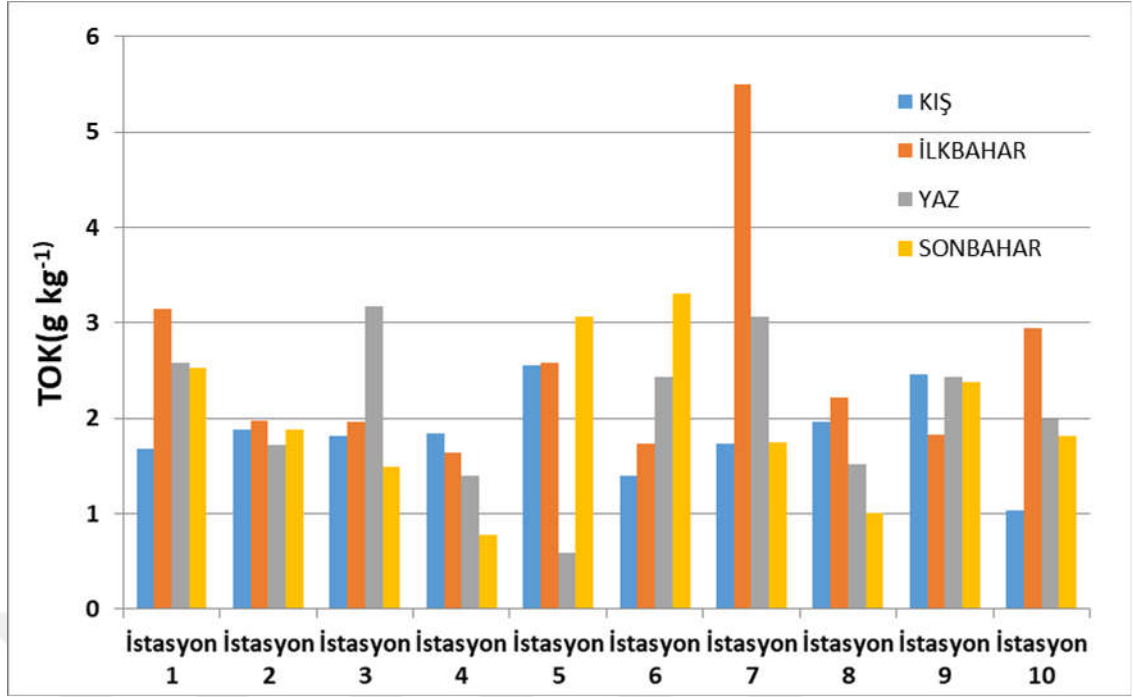
4.2. Yüzey Sedimenti ve Karot Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

4.2.1. TOK ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişki

Bafa Gölü'nden 10 farklı noktadan alınmış yüzey sedimenti örneklerinde belirlenmiş toplam organik karbon (TOK) değerleri Çizelge 4.25.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 farklı mevsimde alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş TOK miktarları (g kg⁻¹).

	KIŞ	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR
1. İstasyon	1,68	3,15	2,58	2,52
2. İstasyon	1,88	1,98	1,72	1,88
3. İstasyon	1,81	1,96	3,18	1,49
4. İstasyon	1,84	1,63	1,40	0,77
5. İstasyon	2,55	2,58	0,59	3,06
6. İstasyon	1,40	1,73	2,43	3,31
7. İstasyon	1,73	5,50	3,07	1,74
8. İstasyon	1,97	2,21	1,51	1,01
9. İstasyon	2,46	1,83	2,44	2,38
10. İstasyon	1,04	2,94	1,99	1,82



Şekil 4.14. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş TOK miktarlarının mevsimsel değişimi (g kg^{-1}).

Elde edilen sonuçlar ışığında TOK açısından yüzey sedimentine en fazla girişimin ilkbahar aylarında 7 numaralı istasyonda olduğu tespit edilmiştir. TOK seviyeleri açısından en yüksek birikiminin 7 numaralı istasyonda en düşük birikimin ise 4 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14.). TOK birikiminin mevsimlere göre sıralaması ise İlkbahar>Yaz>Sonbahar>Kış şeklindedir.

Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde metal birikimi ile organik karbon arasında korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 4.26.). Yüzey sedimentinden elde edilmiş ortalama TOK sonuçları ile sedimentte birikmiş Cr elementi arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Ayrıca, Al-Ni ve Cd-Co arasında da pozitif kuvvetli korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Bafa Gölü sedimentinde metal derişimleri ile organik karbon içeriklerine ait korelasyon değerleri.

	TOK										
TOK	1,00	Al									
Al	-0,020	1,00	Cr								
Cr	0,370*	0,195	1,00	Fe							
Fe	-0,189	-0,131	0,121	1,00	Mg						
Mg	-0,069	0,069	-0,020	-0,075	1,00	Ni					
Ni	-0,221	0,847**	0,035	-0,212	0,162	1,00	Pb				
Pb	0,011	0,246	0,087	0,101	0,174	0,106	1,00	Zn			
Zn	0,050	-0,069	-0,178	0,256	-0,118	-0,159	0,262	1,00	Cd		
Cd	-0,091	-0,055	0,006	-0,001	0,146	-0,116	0,125	0,232	1,00	Co	
Co	-0,217	0,213	-0,060	0,239	-0,274	0,033	-0,193	0,103	0,505**	1,00	

*p<0,05

**p<0,01

4.2.2. Jeoakümülayon indeksi (NI_{geo}) ve zenginleşme faktörü (EF)

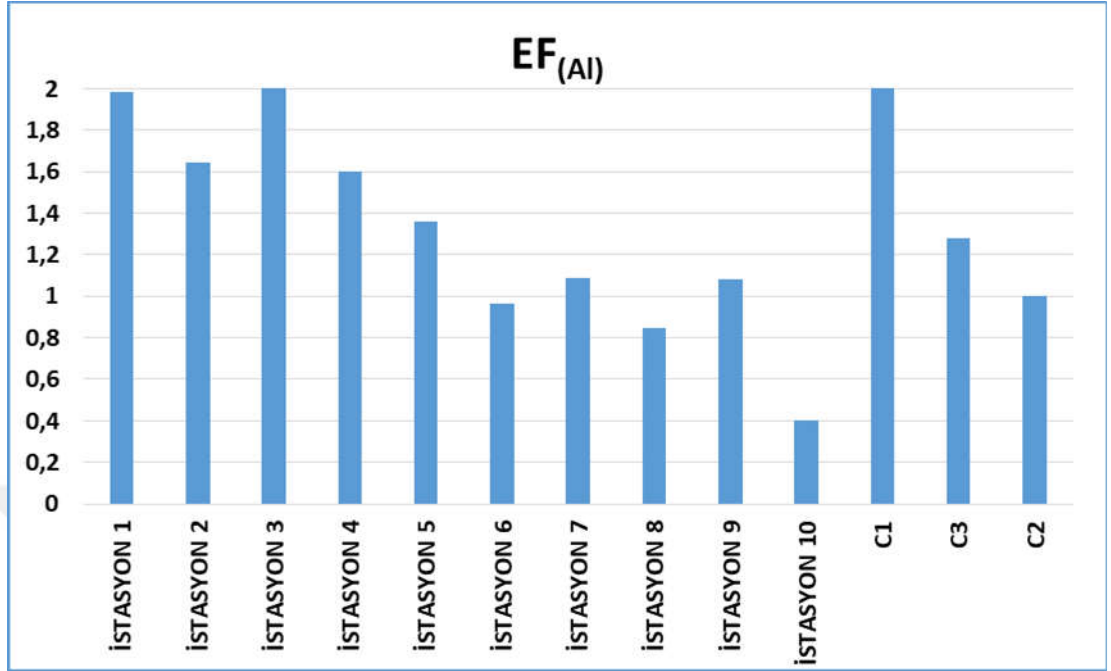
Yapılan analizler sonucunda, Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan örneklenmiş yüzey sedimenti ile 3 farklı istasyondan alınmış karot örneklerinde istasyonlara göre ortalama metal konsantrasyonları bakımından NI_{geo}'ya göre tüm sonuçlar "<1" şeklinde bulunmuştur. Elde edilen bulgular Çizelge 4.27.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.27. Bafa Gölü sedimentinde ölçülen ağır metallerin jeoakümülayon index (NI_{geo}) değerleri.

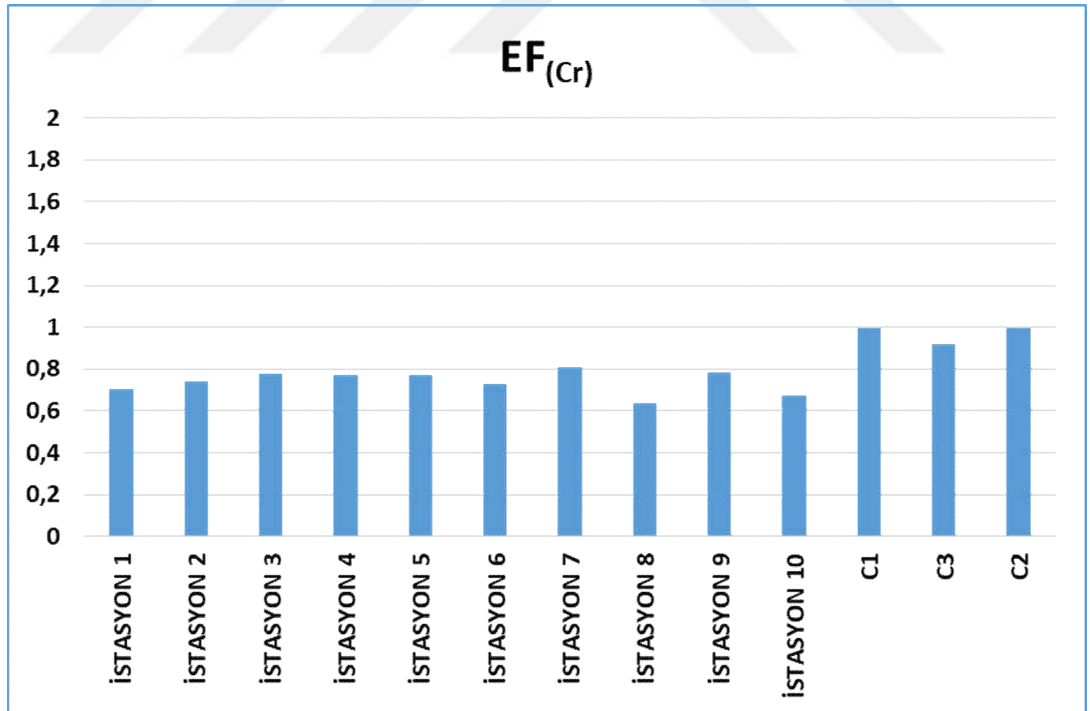
	Al	Cr	Fe	Mn	Pb	Zn	Co	Cd
İSTASYON 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
İSTASYON 10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C₁	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C₂	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C₃	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Sediment karot örneklerinden elde edilmiş verilerden hesaplanmış zenginleşme faktörlerinin her bir metal için sırasıyla; EF_(Al) 0,4-2,0 arasında, EF_(Cr) 0,65-1,0 arasında, EF_(Mn) 0,62-1,38 arasında, EF_(Pb) 1,18-1,6 arasında, EF_(Zn) 0,8-1,18

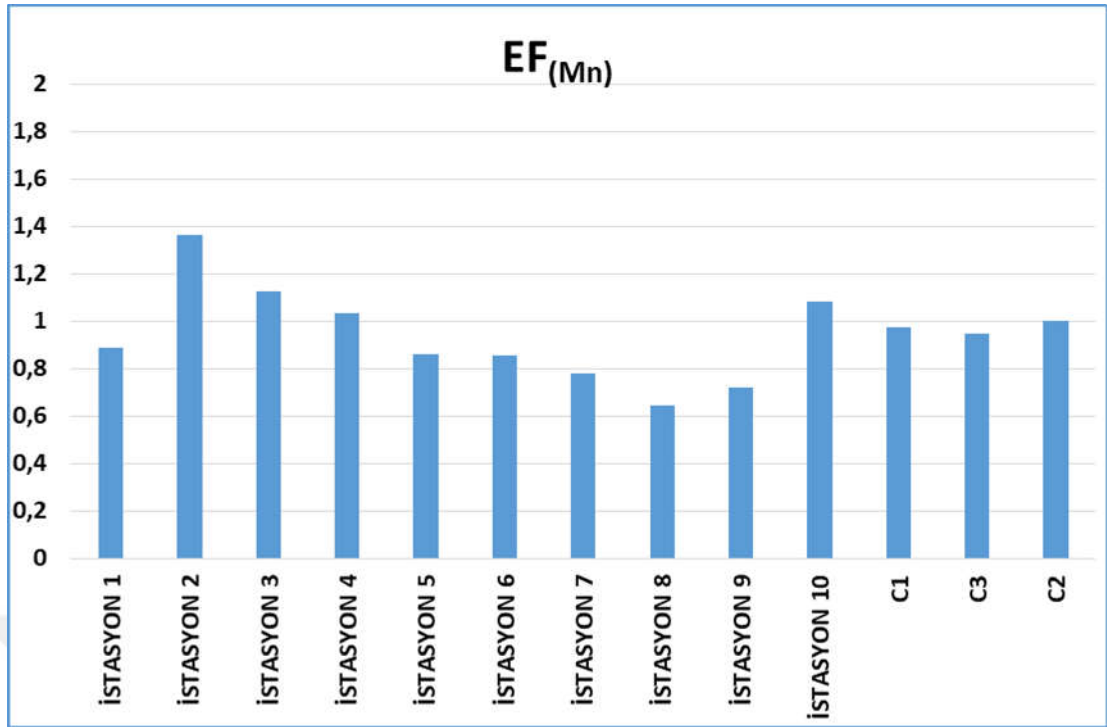
arasında, $EF_{(Co)}$ 0,6-1,1 arasında ve $EF_{(Cd)}$ 0,37-1,13 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.15.-4.21.).



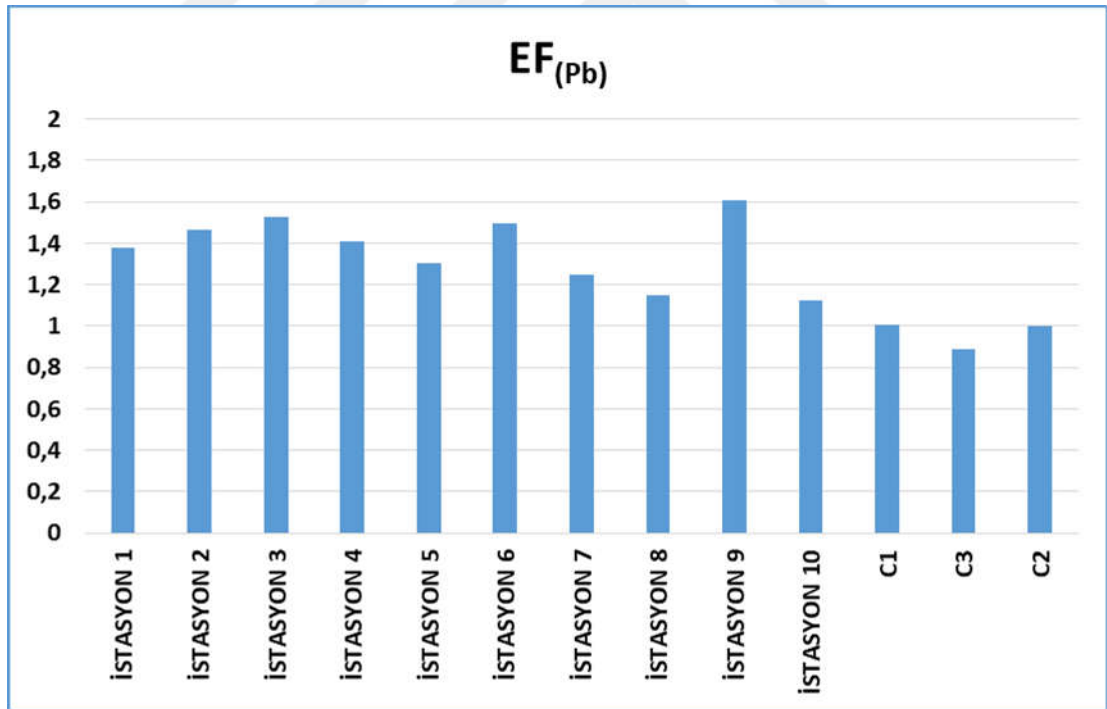
Şekil 4.15. Bafa Gölü'ndeki Al elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



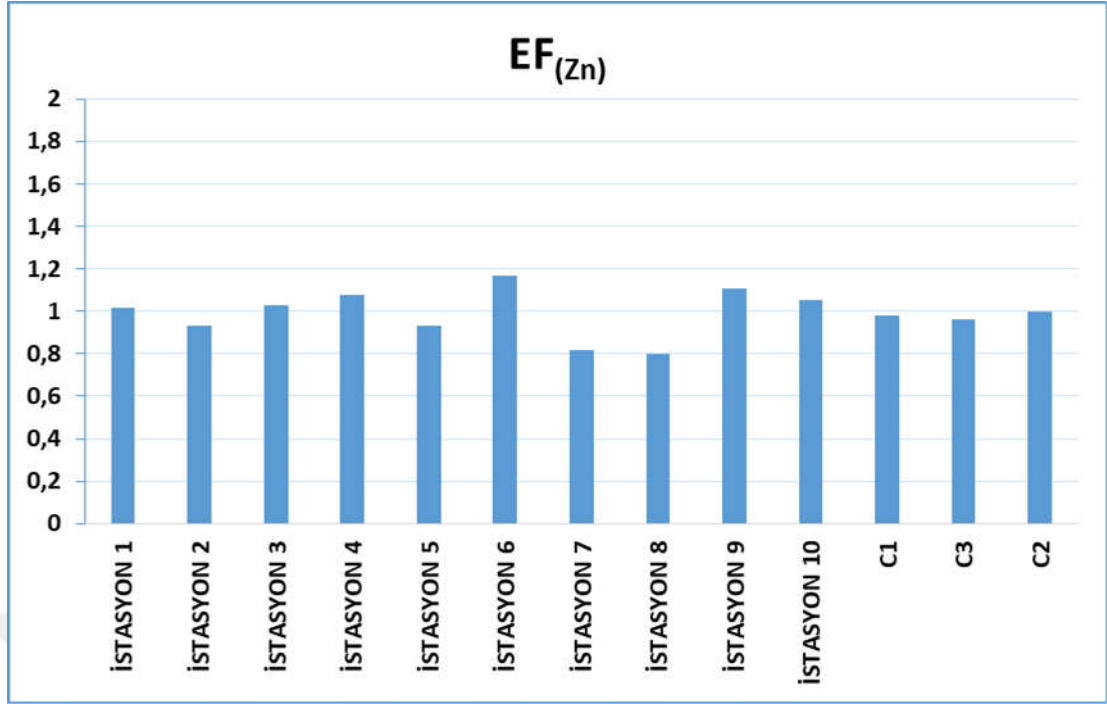
Şekil 4.16. Bafa Gölü'ndeki Cr elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



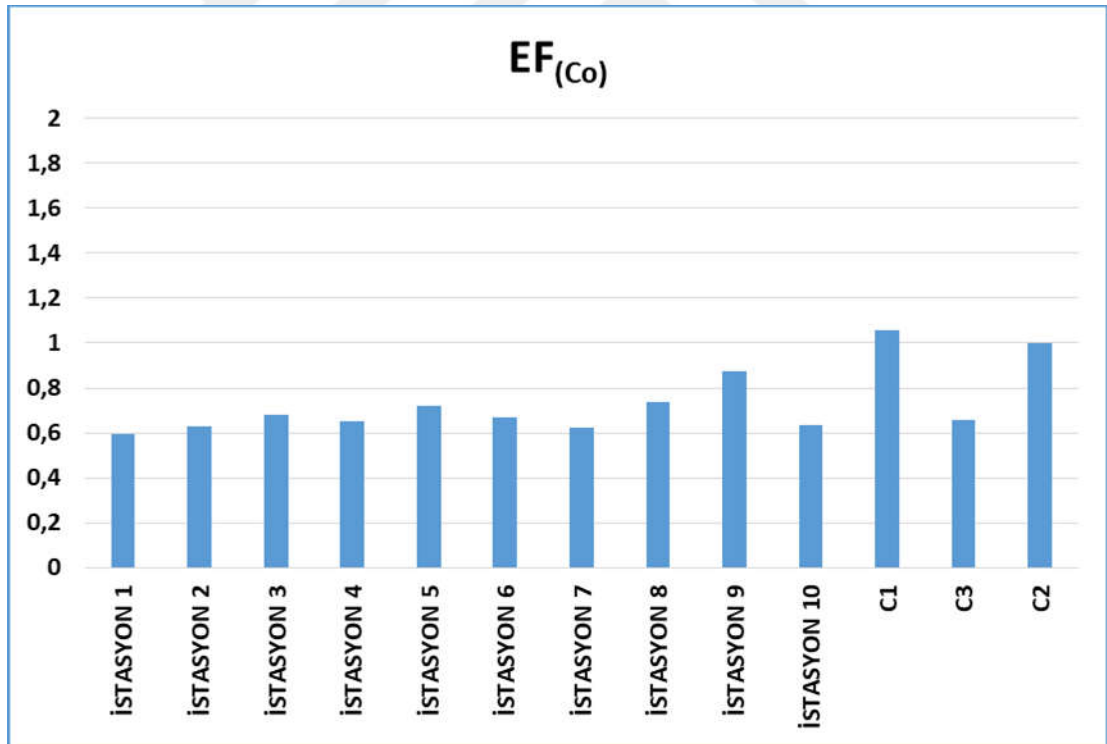
Şekil 4.17. Bafa Gölü'ndeki Mn elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



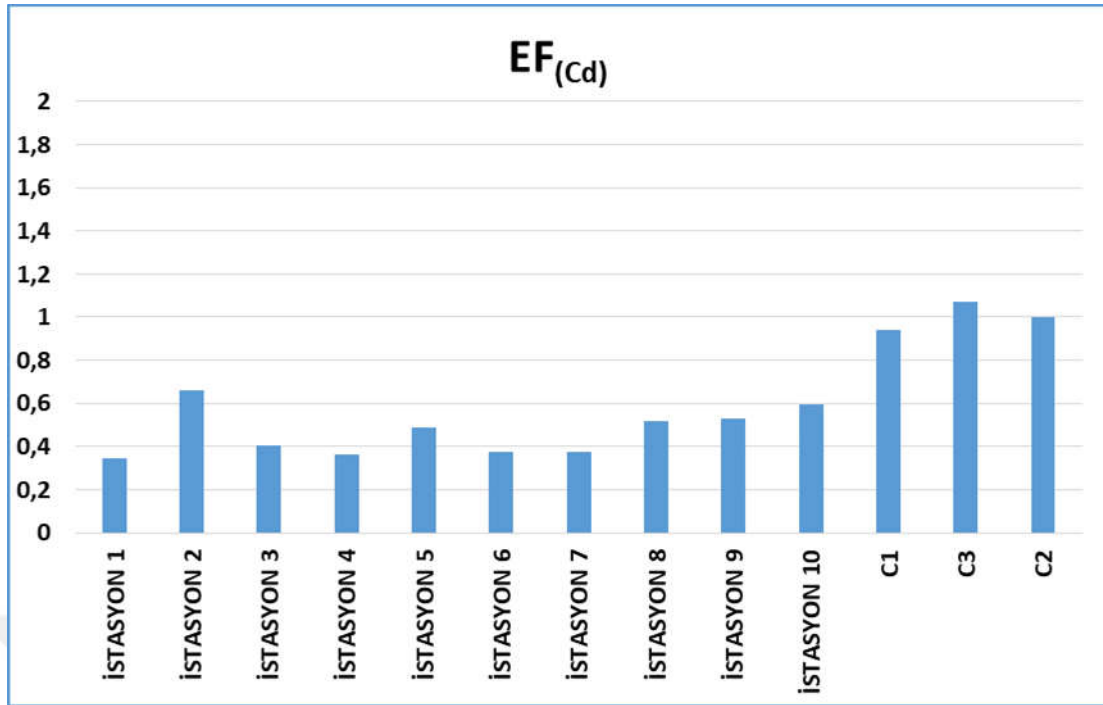
Şekil 4.18. Bafa Gölü'ndeki Pb elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



Şekil 4.19. Bafa Gölü'ndeki Zn elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



Şekil 4.20. Bafa Gölü'ndeki Co elementi için hesaplanmış EF sonuçları.



Şekil 4.21. Bafa Gölü'ndeki Cd elementi için hesaplanmış EF sonuçları.

4.2.3. Ağır metal analiz sonuçları

Aralık 2013 - Kasım 2014 tarihleri arasında istasyonlardan alınmış su, sediment, askıda katı madde ve karot örneklerinden elde edilmiş ağır metal (Al, Cr, Co, Ni, Zn, Cd, Pb, Fe ve Mn) analizleri sonuçları aşağıda detaylı olarak verilmiştir;

Alüminyum (Al): Bafa Gölü'nde su, sediment ve AKM'de yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük alüminyum konsantrasyonları ALA ile Şubat ayında 6 numaralı istasyondan ve Aralık ayında 10 numaralı istasyondan, AKM'de en düşük alüminyum konsantrasyonu $72,87 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Kasım ayında 4 numaralı istasyondan ve sedimentte en düşük alüminyum konsantrasyonu $54,03 \text{ mg kg}^{-1}$ ile yaz döneminde 10 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En yüksek alüminyum konsantrasyonları ise suda $47,45 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Ekim ayında 5 numaralı istasyonda, AKM'de $3164,90 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Mart ayında 5 numaralı istasyonda ve sedimentte $7251,38 \text{ mg kg}^{-1}$ ile yaz mevsiminde 1 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28.-4.30.).

Çizelge 4.28. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	11,72	13,67	13,80	17,42	18,83	14,59	17,52	14,34	14,99	14,68	15,16
ŞUBAT	13,65	13,81	13,51	20,81	16,75	ALA	5,85	2,09	1,74	2,43	9,06
MART	10,97	11,42	12,04	36,68	0,25	11,77	15,89	16,72	15,50	5,70	13,69
NİSAN	12,11	12,97	13,12	1,02	11,94	8,79	13,09	11,05	10,74	1,75	9,66
MAYIS	11,20	11,73	12,26	17,44	11,44	11,17	15,33	15,59	14,55	4,91	12,56
HAZİRAN	6,11	6,58	6,60	4,89	6,01	5,20	7,43	6,81	6,50	2,01	5,81
TEMMUZ	7,98	13,83	8,79	8,69	13,95	4,60	7,53	5,08	3,17	1,69	7,53
AĞUSTOS	7,27	8,19	3,27	6,23	15,30	6,25	2,06	1,28	1,49	0,49	5,18
EYLÜL	5,04	11,27	2,30	6,01	13,55	1,43	2,72	1,72	0,81	3,27	4,81
EKİM	6,61	11,18	4,94	11,07	47,45	4,85	5,19	7,11	1,23	1,46	10,11
KASIM	5,05	10,42	3,79	8,85	10,73	6,24	5,49	4,62	1,04	1,44	5,77
ARALIK	7,52	6,78	8,82	11,30	9,42	20,70	24,30	33,73	29,78	ALA	15,24
Ortalama (İst.)	8,77	10,99	8,60	12,53	14,63	7,97	10,20	10,01	8,46	3,32	

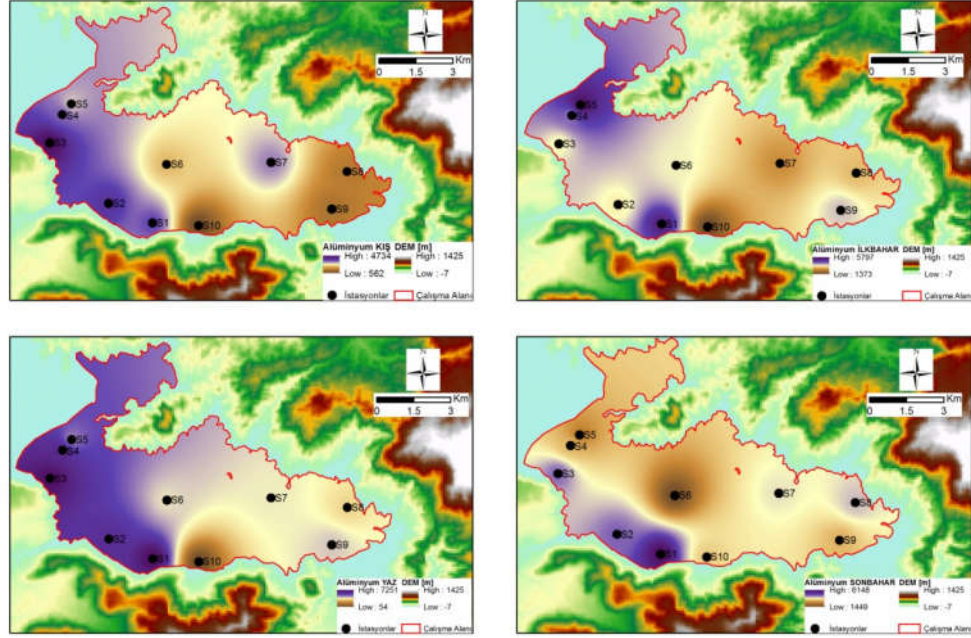
Çizelge 4.29. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	755,04	681,12	642,79	671,47	635,98	742,78	584,23	815,57	457,42	871,73	685,81
ŞUBAT	1097,46	884,99	948,64	2235,40	2148,29	1802,86	997,11	1816,43	682,63	2553,27	1516,71
MART	1123,85	1963,27	2247,97	2226,46	3164,90	2274,30	2526,00	2513,90	454,59	1576,61	2007,19
NİSAN	993,53	1284,66	2090,16	1532,41	1973,83	1419,20	1916,00	1925,39	752,98	1331,58	1521,97
MAYIS	863,21	606,05	1932,35	838,36	782,76	564,10	1306,01	1336,89	1051,37	1086,55	1036,76
HAZİRAN	644,36	487,90	943,08	1425,81	975,99	1411,44	582,20	859,52	2142,25	1338,92	1081,15
TEMMUZ	1055,38	790,26	1717,92	2683,08	1707,12	2634,86	984,24	1450,86	2269,78	728,14	1602,16
AĞUSTOS	233,33	185,54	168,23	168,55	244,87	188,03	180,16	268,18	2014,71	1949,71	560,13
EYLÜL	194,60	142,45	110,59	109,48	136,16	134,68	84,28	85,08	108,51	178,81	128,47
EKİM	161,50	166,17	309,56	118,94	197,56	216,73	189,98	227,06	243,79	250,12	208,14
KASIM	141,07	134,87	149,40	72,87	209,70	155,41	119,10	161,46	141,21	139,81	142,49
ARALIK	676,32	1069,16	1089,14	1113,86	1143,26	1092,32	1338,17	1062,13	1109,38	1144,42	1083,81
Ortalama (İst.)	661,64	699,70	1029,15	1099,72	1110,04	1053,06	900,62	1043,54	952,39	1095,81	

Çizelge 4.30. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	5396,91	3452,64	3526,14	4322,83	5797,46	3652,45	2540,90	2985,21	3919,11	1373,52	3696,72
YAZ	7251,38	6089,21	7177,19	6411,06	4696,83	3897,31	3811,02	3096,29	4122,06	54,03	4660,64
SONBAHAR	6149,08	4732,94	4729,78	3165,31	2459,97	1449,56	3950,40	4180,76	3066,66	3309,59	3719,40
KIŞ	3687,33	3939,21	4734,15	3511,71	2891,81	2060,73	3282,17	1387,48	1258,27	562,73	2731,56
Ortalama (İst.)	5621,17	4553,50	5041,82	4352,73	3961,52	2765,01	3396,12	2912,44	3091,53	1324,97	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Al elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.22.).



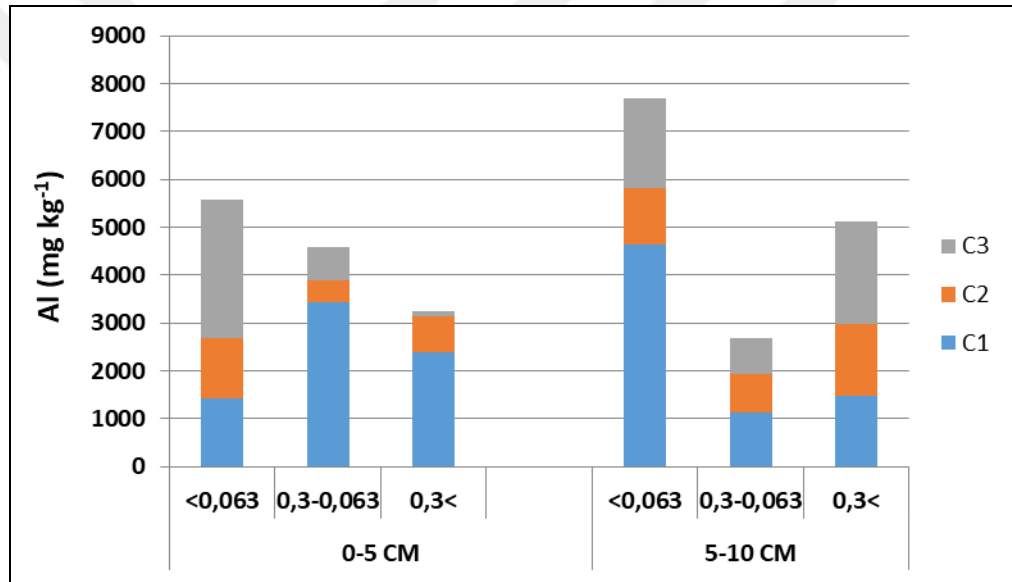
Şekil 4.22. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Al değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından AKM'deki ağır metal konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunmamışken su örneklerinde 5 numaralı istasyon ile 10 numaralı istasyon arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sediment örnekleme sonuçlarına göre, 10 numaralı istasyondaki Al elementi birikimi 1, 2 ve 3 numaralı istasyonlardan farklıdır ($p<0,05$). Mevsimlere göre bakıldığında ise; ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde su kolonunda biriken ortalama Al konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerinden farklı olduğu, sonbahar mevsiminde AKM'de biriken ortalama Al konsantrasyonlarının diğer mevsimlerinden farklı olduğu, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sedimentte biriken ortalama Al konsantrasyonlarının ise sonbahar ve kış mevsimlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.31. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş alüminyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	1427,135	3437,213	2388,352	4650,623	1122,839	1479,238
C ₂	1250,95	460,106	759,0041	1155,902	817,7798	1505,069
C ₃	2895,472	687,0103	110,5496	1881,308	752,523	2132,149

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Al elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.31.). Elde edilen sonuçlara göre, Al elementinin en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23.).



Şekil 4.23. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Al konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

Mangan (Mn): Bafa Gölü'nde su, sediment ve AKM'de yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük mangan konsantrasyonu $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ ile Eylül ayında 3 numaralı istasyondan, AKM'de en düşük mangan konsantrasyonu $1,47 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Ağustos ayında 7 numaralı istasyondan ve sedimentte en düşük mangan konsantrasyonu $197,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ile kış döneminde 8 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En yüksek mangan konsantrasyonları ise suda $37,65 \text{ mg L}^{-1}$ ile Mayıs ayında 9 numaralı istasyonda, AKM'de $947,77 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Temmuz ayında 7 numaralı istasyonda ve sedimentte ise $1331,45 \text{ mg kg}^{-1}$ ile sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.31.-4.33.).



Çizelge 4.31. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	4,92	5,33	5,70	5,75	7,18	5,66	6,68	5,99	6,41	5,68	5,93
ŞUBAT	6,20	5,82	5,89	7,43	10,48	1,57	2,50	2,61	2,46	2,22	4,72
MART	2,45	2,36	2,84	2,92	2,09	2,88	2,76	2,78	2,27	3,40	2,67
NİSAN	2,52	2,03	2,52	2,73	1,78	3,40	5,37	7,11	19,96	3,03	5,04
MAYIS	2,59	1,70	2,20	2,55	1,47	3,92	7,97	11,45	37,65	2,65	7,42
HAZİRAN	2,78	1,56	2,87	2,35	2,01	4,89	5,49	9,54	32,45	4,21	6,82
TEMMUZ	3,63	3,28	3,82	4,17	4,67	4,33	5,56	7,12	15,81	3,54	5,59
AĞUSTOS	3,31	1,94	1,42	2,99	5,12	5,89	1,52	1,79	7,45	1,02	3,24
EYLÜL	2,30	2,67	1,00	2,89	4,53	1,34	2,01	2,40	4,07	6,83	3,00
EKİM	3,01	2,65	2,15	5,32	15,87	4,56	3,84	9,96	6,12	3,06	5,65
KASIM	2,30	2,47	1,65	4,25	3,59	5,87	4,06	6,47	5,19	3,01	3,89
ARALIK	3,94	4,15	4,76	5,49	7,66	8,00	8,19	10,32	9,44	3,57	6,55
Ortalama (İst.)	3,33	3,00	3,07	4,07	5,54	4,36	4,66	6,46	12,44	3,52	

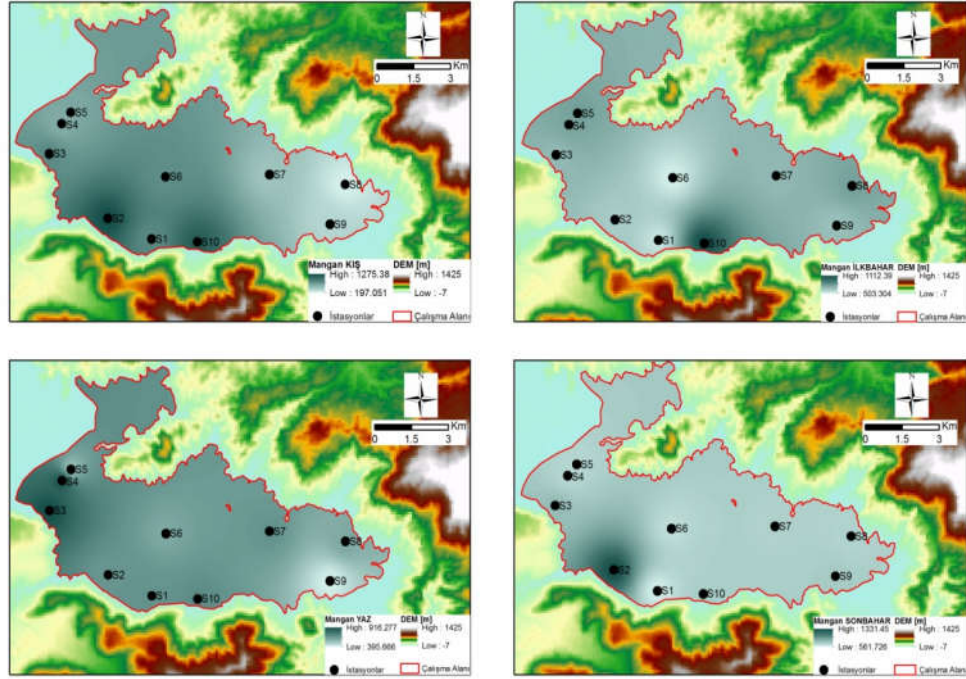
Çizelge 4.32. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	50,89	49,77	93,46	90,30	146,24	107,03	149,08	127,37	93,66	81,85	98,96
ŞUBAT	198,52	136,26	168,43	229,34	111,84	86,77	168,95	191,29	166,81	128,83	158,70
MART	61,79	138,78	185,36	230,08	64,25	201,60	219,86	159,57	39,94	170,26	147,15
NİSAN	131,59	107,38	167,31	174,02	65,49	253,89	67,81	145,48	150,29	204,80	146,81
MAYIS	201,40	75,98	149,26	117,97	66,73	306,18	113,64	275,00	296,58	239,34	184,21
HAZİRAN	90,13	85,48	118,53	140,65	96,22	111,64	150,67	123,57	87,67	107,04	111,16
TEMMUZ	56,31	58,51	157,87	194,76	520,37	46,43	947,77	284,11	208,23	37,55	251,19
AĞUSTOS	6,26	2,95	2,63	4,37	1,97	9,20	1,47	4,74	9,07	10,60	5,33
EYLÜL	38,40	26,32	20,04	18,84	84,47	30,58	16,71	18,14	20,05	34,00	30,76
EKİM	35,09	51,69	53,95	22,08	126,06	86,61	43,95	36,84	33,37	29,32	51,90
KASIM	39,12	27,50	44,14	20,97	103,97	41,94	29,47	11,77	55,37	34,09	40,83
ARALIK	49,31	17,13	26,87	12,88	62,53	51,15	64,79	16,03	50,28	47,21	39,82
Ortalama (İst.)	79,90	64,81	98,99	104,69	81,35	150,58	164,51	116,16	100,94	93,74	

Çizelge 4.33. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	536,45	626,95	682,17	757,26	779,37	503,30	688,26	772,31	660,22	1112,42	711,87
YAZ	673,44	658,78	916,28	903,56	510,89	597,24	672,27	607,26	395,65	695,26	663,06
SONBAHAR	561,70	1331,47	778,60	667,52	664,73	634,43	694,80	681,84	717,59	705,53	743,82
KIŞ	819,11	1275,39	833,91	575,13	626,82	792,10	455,12	197,05	352,17	1165,27	709,21
Ortalama (İst.)	647,68	973,15	802,74	725,87	645,45	631,77	627,61	564,62	531,41	919,62	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Mn elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenmiş ve daha sonra harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.24.). Elde edilen bulgular ışığında, Mn elementinin mevsimsel olarak gölde homojen bir şekilde dağıldığı ve bazı noktasal kaynaklarda birikim yaptığı belirlenmiştir.



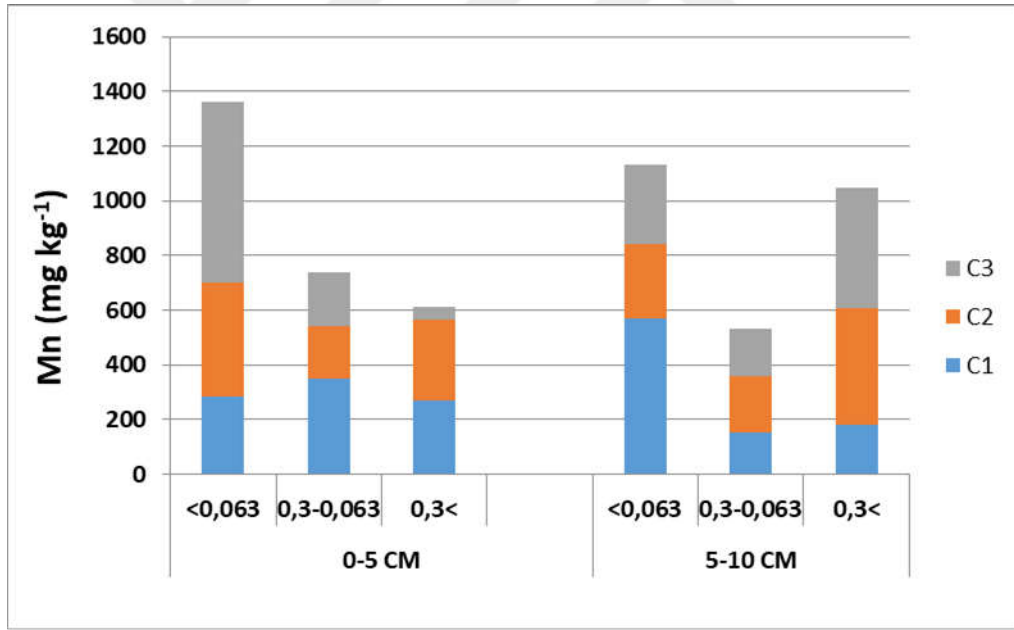
Şekil 4.24. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Mn değerleri haritası.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, istasyonlar açısından AKM'de ve sedimentte Mn konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunmamışken su örneklerinde 9 numaralı istasyon ile diğer tüm istasyon arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Mevsimlere göre bakıldığında ise; su kolonunda ve sedimentteki Mn birikim seviyelerinde istatistiksel açıdan herhangi bir fark belirlenemezken, AKM'de kış aylarında biriken Mn seviyeleri ile yaz ve sonbahar mevsimlerinde biriken Mn seviyeleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir.

Çizelge 4.34. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediman core örneklerinden elde edilmiş mangan değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	216,27	266,43	204,85	439,93	117,70	137,34
C ₂	326,20	151,63	232,49	207,66	160,64	331,11
C ₃	512,54	151,04	136,75	228,70	134,91	348,41

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Mn elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.34.). Elde edilen sonuçlara göre, Mn elementinin en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Alınan karot örneğini 5-10 cm derinliğinde olan parçasında >0,3 mm olan tanecik boyutunun da Mn elementini yüksek seviyelerde adsorbe ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.25.).



Şekil 4.25. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Mn konsantrasyonları (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

Demir (Fe): Bafa Gölü'nde su, sediment ve AKM'de yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük demir elementi konsantrasyonu $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ ile Ekim ayında 7 numaralı istasyondan ve en yüksek demir elementi konsantrasyonu ise $79,61 \text{ mg L}^{-1}$ ile Şubat ayında 4 numaralı istasyonda ölçülmüştür. AKM'de en düşük demir elementi konsantrasyonları ALA ile Ağustos ayında 2 ve 3 numaralı istasyonlarda, Eylül ayında 7, 8, ve 9 numaralı istasyonlarda ve Kasım ayında 4 numaralı istasyondan ve en yüksek demir elementi konsantrasyonu ise $1779,36 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Şubat ayında 4 numaralı istasyonda belirlenmiştir. Sedimentte en düşük demir elementi konsantrasyonu $22308,95 \text{ mg kg}^{-1}$ ile ilkbahar mevsiminde 9 numaralı istasyondan belirlenmişken, en yüksek demir elementi konsantrasyonu ise $41345,00 \text{ mg kg}^{-1}$ ile ilkbahar mevsiminde 8 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.35.-4.37.).

Çizelge 4.35. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	71,08	70,68	72,33	76,94	77,24	74,07	76,28	76,32	77,09	76,89	74,89
ŞUBAT	76,47	77,87	78,90	79,61	79,30	9,69	15,85	10,01	11,01	17,20	45,59
MART	10,13	9,79	9,51	10,26	9,75	9,44	9,65	14,77	14,69	12,99	11,10
NİSAN	55,40	55,22	55,85	58,43	58,40	41,05	43,00	43,17	43,80	45,77	50,01
MAYIS	13,08	13,60	13,81	14,34	12,59	14,16	14,74	14,76	14,46	15,26	14,08
HAZİRAN	11,00	15,00	12,00	21,00	22,00	12,00	11,00	13,00	14,00	11,00	14,20
TEMMUZ	13,00	14,00	13,00	14,00	11,00	14,00	11,00	12,00	13,00	16,00	13,10
AĞUSTOS	15,22	15,17	15,80	15,23	8,58	14,47	7,80	8,62	9,97	8,03	11,89
EYLÜL	9,02	8,08	8,15	9,42	8,82	8,38	9,31	9,38	9,01	12,36	9,19
EKİM	6,00	8,00	6,00	7,00	8,00	4,00	1,00	2,00	8,00	14,00	6,40
KASIM	14,00	15,00	14,00	11,00	12,00	11,00	15,00	9,00	6,00	11,00	11,80
ARALIK	63,94	62,55	62,66	66,92	67,29	71,03	70,23	71,59	72,41	76,00	68,46
Ortalama (İst.)	29,86	30,41	30,17	32,01	31,25	23,61	23,74	23,72	24,45	26,37	

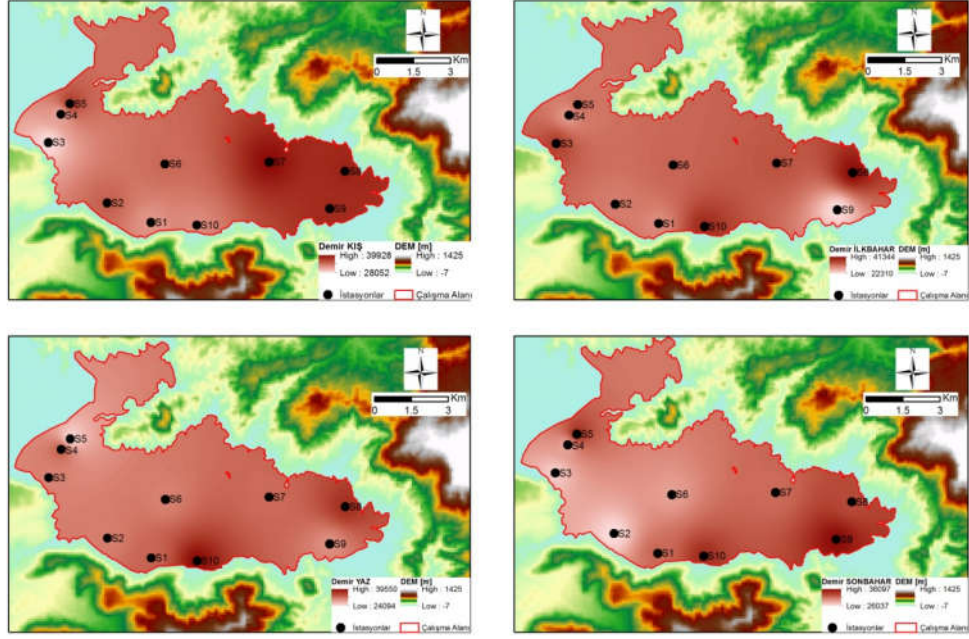
Çizelge 4.36. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	175,24	323,77	553,91	767,45	1046,13	743,73	1115,07	1332,87	675,22	283,88	175,24
ŞUBAT	274,72	181,37	311,67	1779,36	560,94	183,54	1732,38	274,19	428,54	353,74	274,72
MART	157,89	868,96	258,13	305,93	594,11	1082,59	1155,12	231,16	48,86	259,00	157,89
NİSAN	134,95	476,10	213,86	212,69	481,06	615,85	722,61	297,37	182,95	348,65	134,95
MAYIS	112,01	83,24	169,59	119,45	368,00	149,11	290,10	363,58	317,04	438,30	112,01
HAZİRAN	685,16	20,44	166,97	181,93	142,14	173,78	92,14	98,85	250,40	150,00	685,16
TEMMUZ	1358,88	97,65	283,54	362,83	277,82	346,09	180,85	183,60	365,67	170,26	1358,88
AĞUSTOS	11,44	ALA	ALA	1,02	6,46	1,48	3,43	14,10	135,12	137,73	11,44
EYLÜL	47,53	23,13	12,82	8,26	154,75	4,85	ALA	ALA	ALA	19,48	47,53
EKİM	21,66	39,17	59,95	120,93	233,85	29,19	20,12	12,98	15,76	24,04	21,66
KASIM	33,97	287,44	159,00	ALA	195,91	23,29	17,47	0,75	22,72	16,04	33,97
ARALIK	162,39	177,32	277,96	194,85	736,73	185,61	259,22	148,28	192,92	188,66	162,39
Ortalama (İst.)	264,65	234,42	224,31	368,61	399,82	294,93	508,05	268,88	239,56	199,15	

Çizelge 4.37. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş demir elementi değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	29118,07	30566,32	36515,00	27892,03	32028,99	32847,46	34601,36	41345,00	22308,95	38617,39	32584,06
YAZ	32664,07	30534,57	30342,95	33200,67	24092,52	30286,30	32107,89	36931,25	29339,54	39551,37	31905,11
SONBAHAR	31428,16	26037,76	26830,40	28180,39	34677,49	28701,48	31190,30	32934,29	36097,41	34521,91	31059,96
KIŞ	31717,71	34862,91	28052,11	30665,91	37293,24	34327,91	39928,57	38582,02	38212,60	32366,88	34600,99
Ortalama (İst.)	31232,00	30500,39	30435,12	29984,75	32023,06	31540,79	34457,03	37448,14	31489,62	36264,39	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Fe elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiş olup elde edilen bulgular ışığında, Fe elementinin bazı bölgelerde ve noktasal kaynaklarda birikim yaptığı belirlenmiştir (Şekil 4.26.).



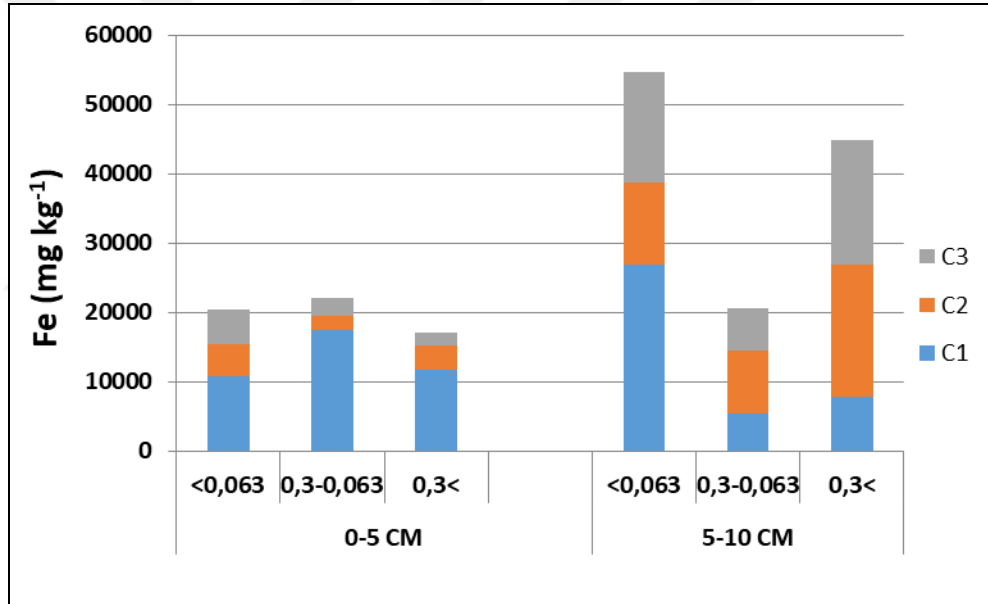
Şekil 4.26. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Fe değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından sudan, sedimentten ve AKM'den alınmış örneklerde demir elementi konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunmamıştır. Mevsimlere göre bakıldığında ise; su kolonunda Fe elementi birikim seviyelerinin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde hem birbirleri arasında hem de sonbahar ve kış mevsimleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu, AKM'de ise ilkbahar mevsiminde Fe elementi birikim seviyelerinin sonbahar ve kış mevsimleriyle, yaz mevsiminde meydana gelen birikimin ise kış mevsimiyle arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bafa Gölü'nden alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak Fe elementi birikim seviyeleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık bulunamamıştır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.38. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş demir değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	8215,11	13290,86	8909,05	25585,27	5140,31	7337,75
C ₂	6846,73	23149,72	5226,38	15714,73	4379,64	9297,94
C ₃	7154,27	19425,41	5160,28	13490,24	8568,81	9669,71

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Fe elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.38.). Elde edilen sonuçlara göre, Fe elementinin 5-10 derinlikten alınmış karot parçasında en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu, 0-5 cm aralığında ise daha çok 0,3-0,063 mm tanecik boyundaki sedimente adsorbe olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.27.).



Şekil 4.27. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Fe konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

Krom (Cr): Bafa Gölü'nde AKM ve sedimentte yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre AKM'de en düşük krom elementi konsantrasyonu ALA ile pek çok farklı ayda ve istasyonda ve sedimentte en düşük krom elementi konsantrasyonu ALA ile yaz mevsiminde 10 numaralı istasyonda belirlenmiştir. En yüksek krom elementi konsantrasyonları ise AKM'de 18,48 mg kg⁻¹ ile Şubat ayında 7 numaralı istasyondan ve sedimentte 330,82 mg kg⁻¹ ile ilkbahar mevsiminde 7 numaralı istasyondan tespit edilmiştir (Çizelge 4.39. ve 4.40.). Teknik kısıtlardan ötürü su örneklerinde Cr elementi analizleri gerçekleştirilememiştir.



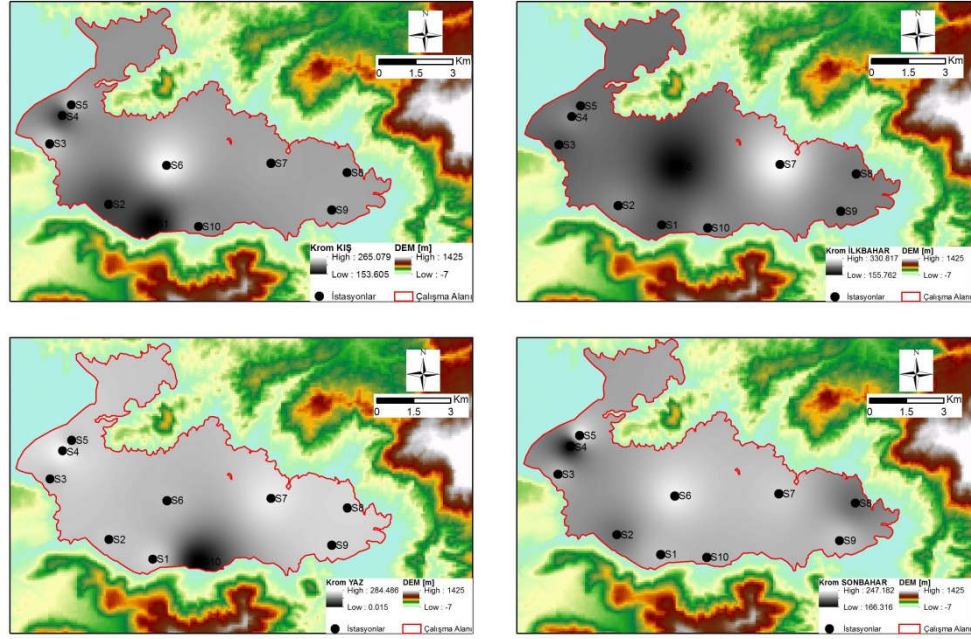
Çizelge 4.39. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,28	0,05	ALA	ALA	0,11	0,74	3,09	0,28	0,20	0,50	0,66
ŞUBAT	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	6,64	18,48	2,75	2,00	1,10	6,19
MART	1,48	1,84	ALA	3,63	2,57	9,19	6,01	7,90	6,73	3,24	4,73
NİSAN	1,48	1,38	ALA	3,63	1,43	4,84	5,04	4,03	3,45	2,98	3,14
MAYIS	ALA	0,92	ALA	ALA	0,29	0,48	4,08	0,16	0,17	2,72	1,26
HAZİRAN	1,56	0,91	ALA	ALA	0,38	2,11	1,48	5,62	0,18	3,57	1,98
TEMMUZ	2,41	1,45	6,86	0,23	0,99	4,41	0,72	12,70	ALA	7,49	4,14
AĞUSTOS	1,30	0,09	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	0,70
EYLÜL	1,13	3,29	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	2,21
EKİM	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
KASIM	ALA	ALA	ALA	2,84	0,03	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	0,82
ARALIK	0,85	ALA	2,17	1,07	0,25	0,36	1,30	ALA	0,22	0,33	0,82
Ortalama (İst.)	1,31	1,24	4,51	2,28	0,76	3,60	5,03	4,78	1,85	2,74	

Çizelge 4.40. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	217,02	251,33	214,36	252,38	230,35	155,76	330,82	239,56	242,74	252,81	238,71
YAZ	241,75	222,49	220,95	284,50	218,07	211,87	264,53	244,27	240,54	ALA	238,77
SONBAHAR	226,81	202,44	224,21	166,30	247,20	242,66	232,24	199,73	229,21	223,68	219,45
KIŞ	153,60	182,28	243,11	176,43	243,19	265,08	227,91	225,99	227,87	217,25	216,27
Ortalama (İst.)	209,79	214,63	225,6577	219,90	234,70	218,84	263,87	227,39	235,09	231,25	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Cr elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda Bafa Gölü'nde Cr elementi birikiminin zamansal ve mekansal olarak anlamlı bir farklılık göstermediği bulunmuştur. Elde edilen bulgular ışığında, Cr elementinin bazı noktasal kaynaklarda birikim yaptığı belirlenmiştir (Şekil 4.28.).



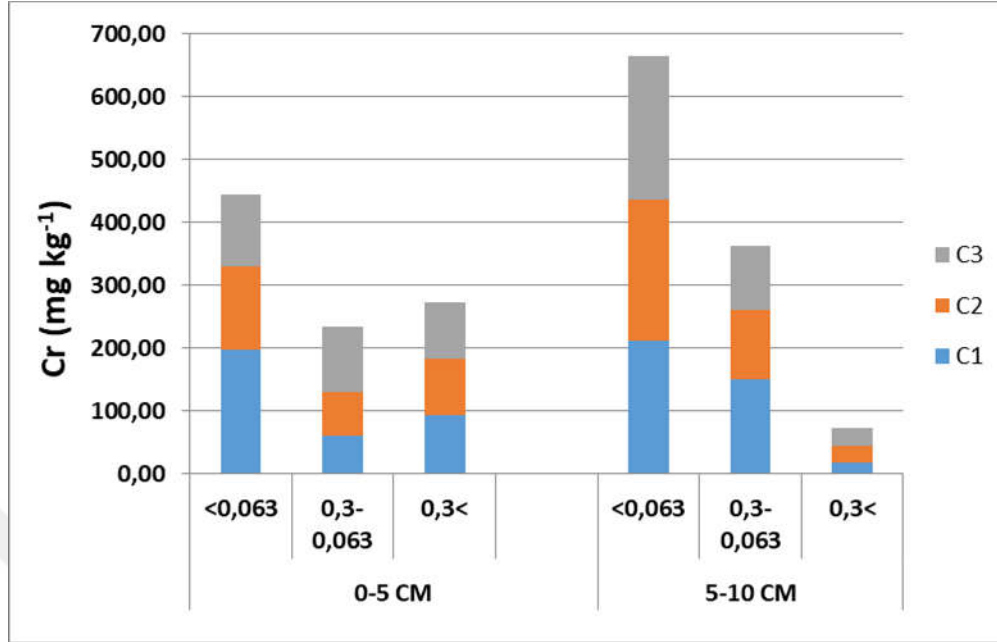
Şekil 4.28. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Cr değerleri haritası.

Çizelge 4.41. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş krom değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	197,56	61,71	92,83	211,60	150,38	17,45
C ₂	132,98	68,14	91,06	225,10	110,96	28,28
C ₃	113,66	105,29	90,32	228,47	102,47	26,66

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Cr elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.41.). Elde edilen sonuçlara göre, Cr

elementinin alınmış karot örneklerinde en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29.).



Şekil 4.29. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Cr konsantrasyonları (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

Kobalt (Co): Bafa Gölü'nde su, sediment ve AKM'de yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük kobalt elementi konsantrasyonu ALA ile Ekim ayında 1, 4, 5, 7 ve 8 numaralı istasyonlar ile Kasım ayında 9 numaralı istasyondan, AKM'de en düşük kobalt elementi konsantrasyonları ALA ile Ağustos ayında 2, 4 ve 7 numaralı istasyonlardan ve sedimentte en düşük kobalt elementi konsantrasyonu ise yine ALA ile sonbahar mevsiminde 1 ve 6 numaralı istasyonlardan belirlenmiştir. En yüksek kobalt elementi konsantrasyonları ise suda 0,007 mg L⁻¹ ile Aralık ayında 2 ve 9 numaralı istasyonlar ve Ocak ayında 2 numaralı istasyondan, AKM'de 0,733 mg kg⁻¹ ile Ekim ayında 7 numaralı istasyondan ve sedimentte ise 0,73 mg kg⁻¹ ile yaz mevsiminde 2 ve 7 numaralı istasyonlardan tespit edilmiştir (Çizelge 4.42-4.44.).

Çizelge 4.42. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,006	0,007	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006
ŞUBAT	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
MART	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
NİSAN	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
MAYIS	0,004	0,004	0,006	0,006	0,002	0,006	0,002	0,006	0,005	0,005	0,004
HAZİRAN	0,001	0,002	0,003	0,005	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,004	0,003
TEMMUZ	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
AĞUSTOS	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
EYLÜL	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
EKİM	ALA	0,001	0,001	ALA	0,001	ALA	ALA	ALA	0,001	0,001	0,001
KASIM	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	ALA	0,001	0,001
ARALIK	0,005	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006
Ortalama (İst.)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	

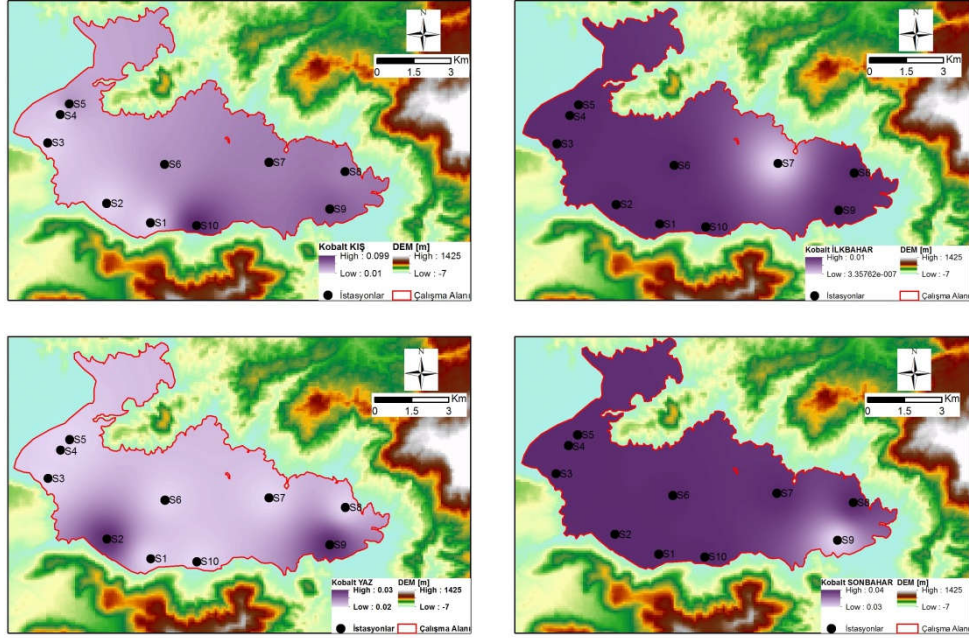
Çizelge 4.43. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,005	0,003	0,005	0,008	0,014	0,009	0,012	0,011	0,058	0,013	0,014
ŞUBAT	0,008	0,004	0,005	0,019	0,003	0,003	0,016	0,014	0,021	0,006	0,010
MART	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,007	0,005	0,005	0,004	0,014	0,005
NİSAN	0,004	0,003	0,004	0,004	0,005	0,004	0,007	0,055	0,007	0,010	0,010
MAYIS	0,005	0,003	0,005	0,004	0,006	0,002	0,009	0,105	0,010	0,007	0,016
HAZİRAN	0,032	0,001	0,004	0,004	0,003	0,002	0,009	0,010	0,011	0,001	0,008
TEMMUZ	0,024	0,002	0,003	0,004	0,003	0,004	0,008	0,005	0,007	0,001	0,006
AĞUSTOS	0,001	ALA	0,001	ALA	0,001	0,001	ALA	0,001	0,001	0,001	0,001
EYLÜL	0,580	0,577	0,407	0,346	0,304	0,375	0,549	0,550	0,039	0,397	0,412
EKİM	0,407	0,433	0,665	0,719	0,405	0,401	0,733	0,684	0,533	0,436	0,542
KASIM	0,025	0,073	0,006	0,010	0,011	0,031	0,004	0,003	0,018	0,004	0,018
ARALIK	0,025	0,032	0,065	0,003	0,040	0,004	0,036	0,005	0,005	0,004	0,022
Ortalama (İst.)	0,093	0,095	0,098	0,094	0,067	0,070	0,116	0,121	0,059	0,074	

Çizelge 4.44. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	0,22	0,62	0,43	0,17	0,36	0,22	0,62	0,43	0,17	0,36	0,22
YAZ	0,17	0,73	0,46	0,13	0,37	0,17	0,73	0,46	0,13	0,37	0,17
SONBAHAR	ALA	0,61	0,46	0,14	0,40	ALA	0,61	0,46	0,14	0,40	0,44
KIŞ	0,24	0,65	0,45	0,18	0,38	0,24	0,65	0,45	0,18	0,38	0,24
Ortalama (İst.)	0,19	0,62	0,44	0,42	0,19	0,62	0,44	0,42	0,19	0,62	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Co elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.30.).



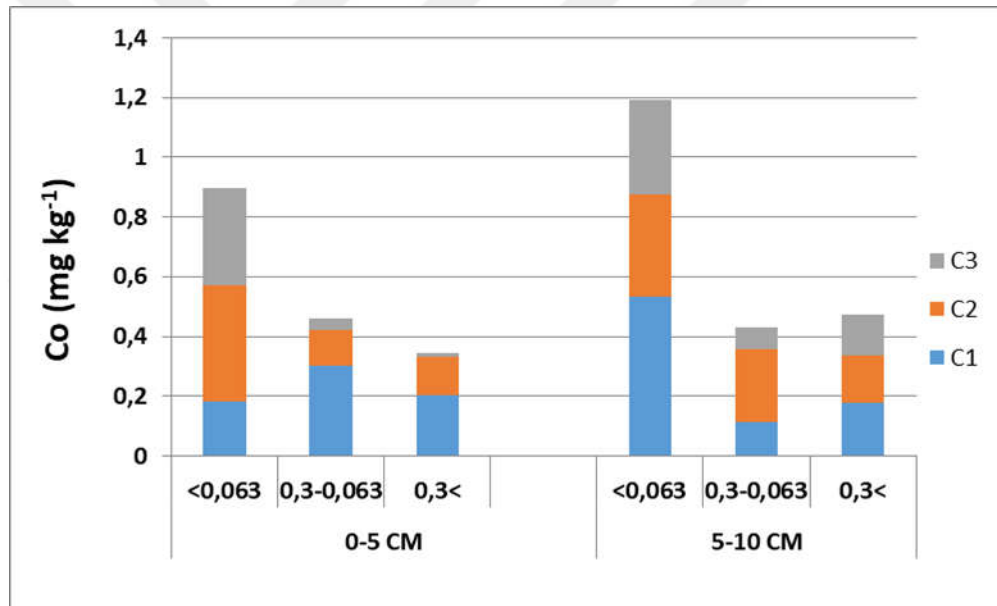
Şekil 4.30. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş kobalt değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından sudan, sedimentten ve AKM'den alınmış örneklerde kobalt elementi konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mevsimlere göre bakıldığında ise; su kolonunda Co elementi birikim seviyelerinin tüm mevsimlerde anlamlı farklılar gösterdiği, AKM'de kış mevsiminin Co elementi birikim seviyelerinin diğer mevsimlerle arasında anlamlı farklılar olduğu belirlenmiştir. Bafa Gölü'nden alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak Co elementi birikim seviyelerinin ilkbahar ve yaz mevsimleri için birbirleri ve diğer mevsimler arasında istatistiksel olarak fark olduğu, sonbahar ve kış mevsimlerindeki birikimin ise benzer olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.45. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kobalt değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	0,18	0,30	0,20	0,53	0,11	0,18
C ₂	0,39	0,12	0,13	0,34	0,24	0,16
C ₃	0,33	0,04	0,02	0,32	0,07	0,14

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Co elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.45.). Elde edilen sonuçlara göre, Co elementinin karot örneklerinde en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.31.).



Şekil 4.31. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif kobalt konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

Nikel (Ni): Bafa Gölü'nde su, sediment ve AKM'de yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük nikel elementi konsantrasyonları ALA ile Ağustos ayında 6, 7 ve 9 numaralı istasyonlardan, AKM'de en düşük nikel elementi konsantrasyonu pek çok farklı ayda ve pek çok farklı istasyonlardan ve sedimentte en düşük nikel elementi konsantrasyonu ise 106,92 mg kg⁻¹ ile yaz döneminde 7 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En yüksek nikel elementi konsantrasyonları ise suda 20,24 mg L⁻¹ ile Eylül ayında 8 numaralı istasyonda, AKM'de 85,42 mg kg⁻¹ ile Aralık ayında 9 numaralı istasyonda ve sedimentte 373,48 mg kg⁻¹ ile yaz döneminde 10 numaralı istasyonda belirlenmiştir (Çizelge 4.46.-4.48.).



Çizelge 4.46. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	1,45	1,99	1,36	2,00	2,78	1,59	3,95	1,96	3,00	1,52	2,16
ŞUBAT	1,96	1,76	2,03	1,87	1,80	0,19	4,73	0,27	0,83	0,20	1,57
MART	0,31	0,28	0,38	4,71	0,33	0,56	0,22	0,26	0,29	0,13	0,75
NİSAN	1,22	1,28	1,31	2,47	1,53	1,00	2,64	1,08	1,59	0,92	1,50
MAYIS	0,02	0,46	0,10	1,66	0,66	0,12	0,05	0,75	0,14	0,56	0,45
HAZİRAN	0,01	0,27	0,05	1,30	0,74	0,07	0,06	0,15	0,05	0,50	0,32
TEMMUZ	0,01	0,19	0,03	0,71	0,41	0,03	0,04	0,15	0,04	0,22	0,18
AĞUSTOS	0,14	0,36	0,14	0,15	0,01	ALA	ALA	0,03	ALA	0,73	0,19
EYLÜL	0,08	0,40	0,23	1,01	0,25	2,53	0,67	20,24	0,73	7,37	3,35
EKİM	0,05	0,40	0,17	0,75	0,22	1,21	0,07	4,32	0,65	8,35	1,62
KASIM	0,12	0,75	0,39	1,17	0,33	3,32	1,07	19,43	0,49	6,56	3,36
ARALIK	1,17	1,08	1,47	1,30	1,19	1,65	1,66	1,82	2,24	1,84	1,54
Ortalama (İst.)	0,54	0,77	0,64	1,59	0,85	1,02	1,38	4,20	0,91	2,41	

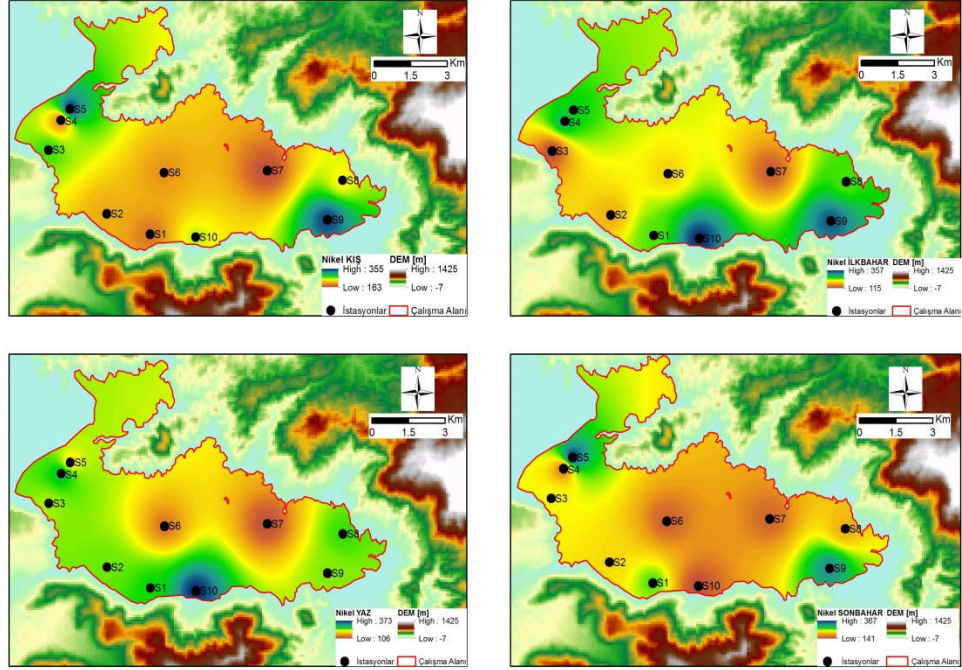
Çizelge 4.47. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,87	11,21	4,39	8,22	8,92	2,36	1,77	1,95	0,69	2,22	4,26
ŞUBAT	2,08	0,79	3,05	14,22	2,71	2,25	8,86	2,44	3,10	2,40	4,19
MART	3,99	6,74	0,72	5,68	6,33	9,43	2,55	2,76	0,69	2,16	4,11
NİSAN	2,71	3,62	0,97	3,30	59,97	6,76	4,80	5,57	4,53	3,45	9,57
MAYIS	1,43	0,50	1,21	0,92	13,60	4,09	7,05	8,37	8,37	4,73	5,03
HAZİRAN	44,90	6,60	1,90	9,34	6,39	16,31	4,46	4,25	1,78	ALA	10,66
TEMMUZ	23,71	0,91	2,38	2,60	1,45	9,87	6,56	6,39	3,29	ALA	6,35
AĞUSTOS	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	0,28	ALA	0,28
EYLÜL	ALA	ALA	ALA	ALA	0,75	ALA	ALA	ALA	0,14	0,30	0,39
EKİM	0,34	0,93	1,03	0,50	2,39	0,82	0,24	0,27	0,49	0,46	0,75
KASIM	ALA	0,46	1,68	ALA	1,18	ALA	6,22	1,61	0,35	2,46	2,00
ARALIK	13,03	1,71	3,30	1,79	8,56	3,86	2,98	2,15	85,42	5,27	12,81
Ortalama (İst.)	10,34	3,35	2,06	5,17	10,20	6,20	4,55	3,58	9,09	2,61	

Çizelge 4.48. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş nikel değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	243,65	174,74	115,96	283,43	264,87	192,03	126,24	245,28	337,74	357,22	234,12
YAZ	264,45	243,20	230,36	287,49	203,68	137,60	106,92	255,03	237,16	373,48	233,94
SONBAHAR	262,58	217,63	231,21	162,34	367,87	154,53	159,48	195,22	325,14	141,28	221,73
KIŞ	185,78	206,71	270,20	186,07	355,66	197,50	163,45	238,36	346,59	248,00	239,83
Ortalama (İst.)	239,12	210,57	211,93	229,83	298,02	170,42	139,02	233,47	311,66	280,00	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Ni elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.32.).



Şekil 4.32. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Ni değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından AKM'deki Ni elementi konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunmamışken su örneklerinde 8 numaralı istasyon ile 1 ve 3 numaralı istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sediment örnekleme sonuçlarına göre, 9 numaralı istasyondaki Ni elementi birikimi 1, 2 ve 4 numaralı istasyonlardan, 10 numaralı istasyondaki Ni elementi birikimi 1 ve 4 numaralı istasyonlardan ve 8 numaralı istasyondaki Ni elementi birikimi ise 1 numaralı istasyondan farklıdır ($p<0,05$). Bafa Gölü'nde Nikel elementinin suda, sedimentte ve AKM'de mevsimlere göre birikimleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı farklılık bulunamamıştır.

Kadmiyum (Cd): Bafa Gölü'nde su, AKM ve sedimentte yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre su örneklerinde en düşük kadmiyum elementi konsantrasyonları ALA ile pek çok farklı ayda ve istasyonda, AKM örneklerinde en düşük kadmiyum elementi konsantrasyonları ALA ile Ağustos ayında 3, 4, ve 5 numaralı istasyonlarda ve sediment örneklerinde en düşük kadmiyum elementi konsantrasyonları 0,02 mg kg⁻¹ ile sonbahar mevsiminde 5, 6, 7 ve 10 numaralı istasyonlar ile kış mevsiminde 1 numaralı istasyonda tespit edilmiştir. En yüksek kadmiyum elementi konsantrasyonlarına ise su örneklerinde 0,0197 mg L⁻¹ ile Eylül ayında 1 numaralı istasyonda, AKM örneklerinde 2,3162 mg kg⁻¹ ile Ocak ayında 7 numaralı istasyonda ve sediment örneklerinde ise 0,20 mg kg⁻¹ ile ilkbahar mevsiminde 10 numaralı istasyonda ve sonbahar mevsiminde 2 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49.- 4.51.).

Çizelge 4.49. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,0111	0,0110	0,0107	0,0121	0,0124	0,0125	0,0124	0,0126	0,0129	0,0123	0,0120
ŞUBAT	0,0123	0,0130	0,0126	0,0127	0,0132	0,0022	0,0052	0,0031	0,0023	0,0029	0,0079
MART	0,0044	0,0044	0,0030	0,0093	0,0037	0,0032	0,0028	0,0034	0,0031	0,0033	0,0041
NİSAN	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
MAYIS	0,0021	0,0023	0,0024	0,0026	0,0022	0,0023	0,0026	0,0022	0,0024	0,0031	0,0024
HAZİRAN	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
TEMMUZ	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
AĞUSTOS	0,0027	0,0026	0,0028	0,0027	0,0011	0,0012	0,0012	0,0011	0,0013	0,0014	0,0018
EYLÜL	0,0197	0,0014	0,0016	0,0014	0,0013	0,0012	0,0013	0,0014	0,0016	0,0017	0,0033
EKİM	0,0013	0,0053	0,0119	0,0013	0,0026	0,0040	0,0013	0,0013	0,0040	0,0013	0,0034
KASIM	0,0026	0,0040	0,0013	0,0026	0,0013	0,0066	0,0026	0,0040	0,0013	0,0040	0,0030
ARALIK	0,0103	0,0102	0,0103	0,0109	0,0108	0,0108	0,0109	0,0111	0,0105	ALA	0,0096
Ortalama (İst.)	0,0055	0,0045	0,0047	0,0046	0,0041	0,0037	0,0034	0,0033	0,0033	0,0025	

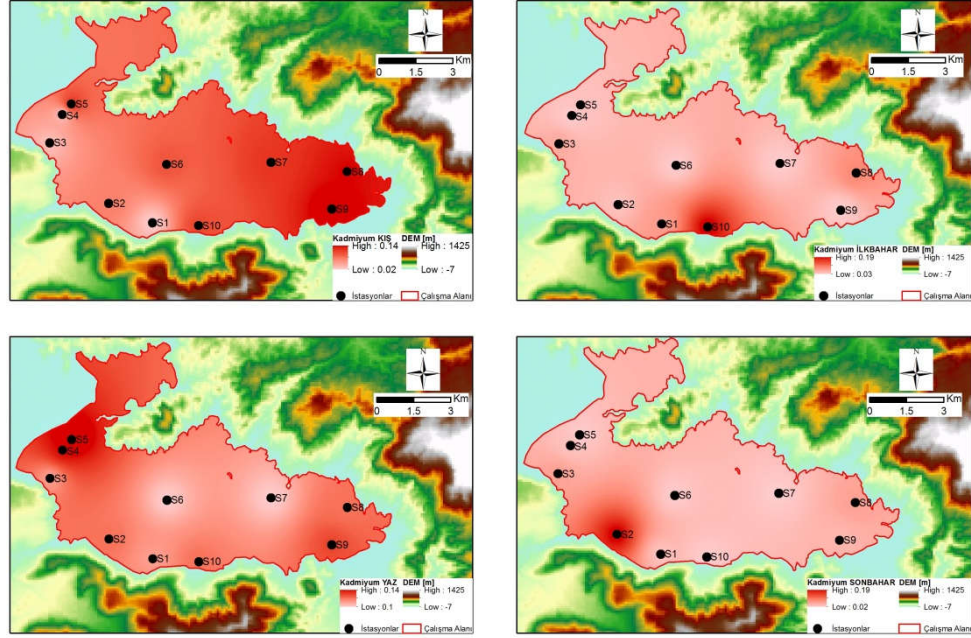
Çizelge 4.50. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	0,0980	0,0853	0,0793	0,0765	0,0662	0,0781	2,3162	0,0736	0,0470	0,1193	0,3040
ŞUBAT	0,1237	0,0868	0,0943	0,0097	0,0063	0,0162	0,1578	0,0156	0,5789	0,0084	0,1098
MART	0,0145	0,0148	0,3439	0,0629	0,0135	0,0177	0,0138	0,0179	0,0081	0,0267	0,0534
NİSAN	0,0123	0,0149	0,1809	0,0355	0,1497	0,0120	0,0112	0,0212	0,0081	0,0170	0,0463
MAYIS	0,0102	0,0151	0,0180	0,0081	0,2859	0,0062	0,0085	0,0244	0,0082	0,0073	0,0392
HAZİRAN	0,0545	0,0543	0,1389	0,0521	0,1095	0,0450	0,4398	0,0441	0,1287	0,0505	0,1117
TEMMUZ	0,0096	0,0719	0,2125	0,0109	0,0185	0,0121	0,0037	0,0105	0,0063	0,0075	0,0364
AĞUSTOS	0,0029	0,0002	ALA	ALA	ALA	0,0021	0,0026	0,0020	0,0094	0,0049	0,0024
EYLÜL	0,0039	0,0029	0,0058	0,0003	0,0231	0,0012	0,0006	0,0006	0,0485	0,0231	0,0110
EKİM	0,0142	0,0020	0,0105	0,0016	0,0005	0,0235	0,0029	0,0040	0,0231	0,0090	0,0091
KASIM	0,0533	0,0213	0,0172	0,0068	0,0321	0,0081	0,0050	0,0049	0,0059	0,0089	0,0164
ARALIK	0,0682	0,1089	0,1170	0,1197	0,1355	0,1398	0,1312	0,1121	0,1221	0,1244	0,1179
Ortalama (İst.)	0,0388	0,0399	0,1015	0,0320	0,0701	0,0302	0,2578	0,0276	0,0829	0,0339	

Çizelge 4.51. Bafa Gölü’ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	0,07	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,09	0,03	0,20	0,06
YAZ	0,11	0,12	0,11	0,14	0,15	0,10	0,10	0,12	0,13	0,12	0,12
SONBAHAR	0,03	0,20	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,06	0,04	0,02	0,05
KIŞ	0,02	0,07	0,03	0,03	0,12	0,10	0,12	0,14	0,15	0,11	0,09
Ortalama (İst.)	0,06	0,11	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,10	0,09	0,11	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Cd elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.33.).



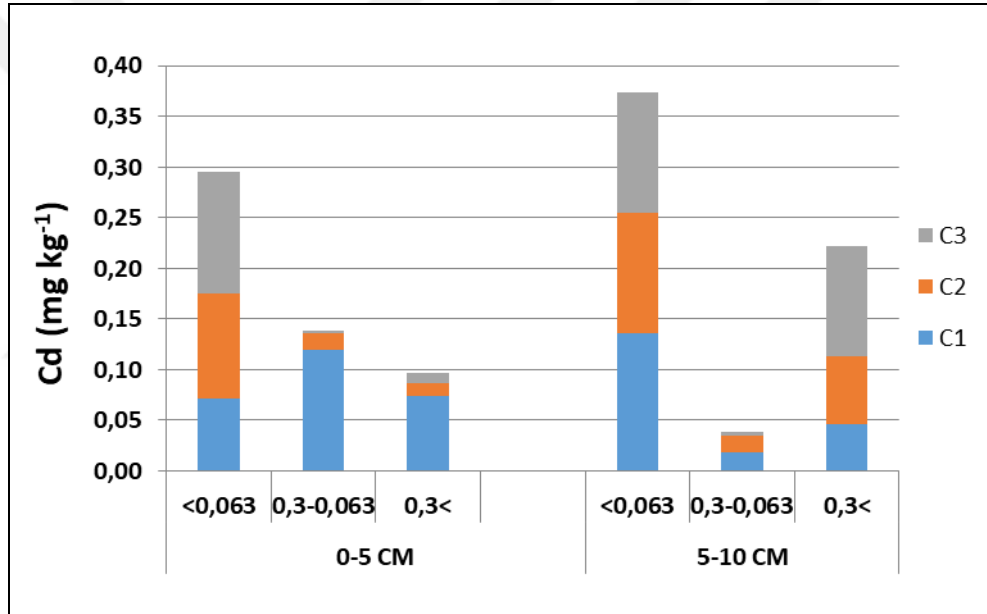
Şekil 4.33. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Cd değerleri haritası.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, istasyonlar arasında su, AKM ve sedimentte Cd elementi birikimi açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Mevsimler arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise su kolonunda ilkbahar mevsiminde meydana gelen Cd elementi birikiminin diğer mevsimlerden ve sonbahar mevsiminde meydana gelen Cd elementi birikiminin de ayrıca kış mevsiminden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. AKM'de ilkbahar mevsiminde meydana gelen Cd elementi birikimi kış mevsiminde olan birikimden ve yüzey sedimentinde yaz mevsiminde meydana gelen Cd elementi birikimi ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.52. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kadmiyum değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	0,07	0,12	0,07	0,14	0,02	0,05
C ₂	0,10	0,02	0,01	0,12	0,02	0,07
C ₃	0,12	0,00	0,01	0,12	0,00	0,11

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Cd elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.52.). Elde edilen sonuçlara göre, Cd elementinin alınmış karot örneklerinde en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.34.).



Şekil 4.34. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Cd konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

Kurşun (Pb): Bafa Gölü'nde AKM ve sedimentte yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre AKM'de en düşük kurşun elementi konsantrasyonları $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Mayıs ayında 2 numaralı istasyonda ve sedimentte en düşük kurşun elementi konsantrasyonu $11,02 \text{ mg kg}^{-1}$ ile yaz mevsiminde 2 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En yüksek kurşun elementi konsantrasyonları ise AKM'de $30,49 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Ağustos ayında 7 numaralı istasyonda ve sedimentte ise $27,57 \text{ mg kg}^{-1}$ ile ilkbahar mevsiminde 9 numaralı istasyonda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.53. ve Çizelge 4.54.). Teknik kısıtlardan ötürü su örneklerinde Pb elementi konsantrasyonları analiz edilememiştir.

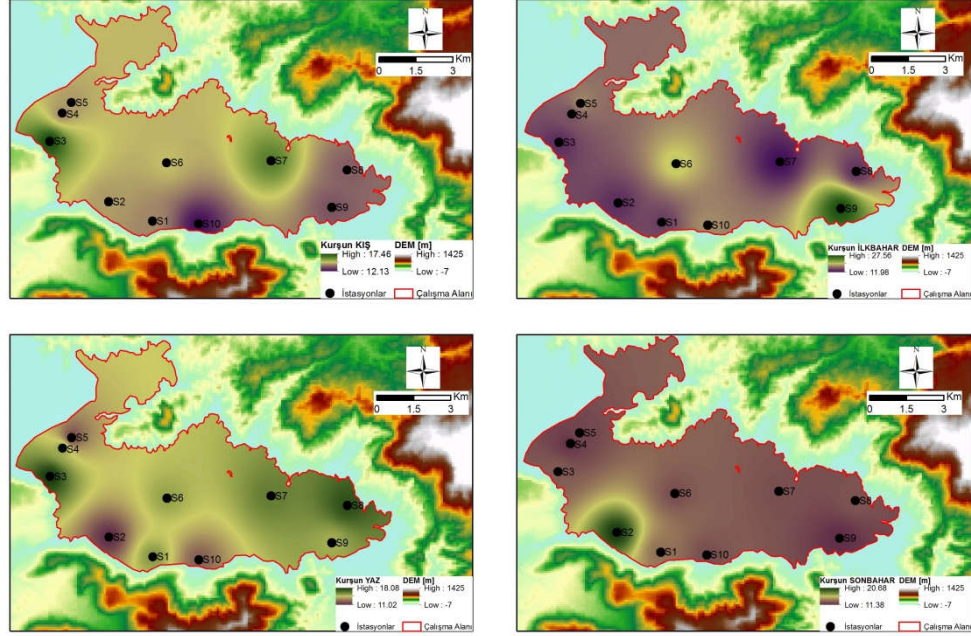
Çizelge 4.53. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	5,62	5,75	7,81	7,24	5,31	5,14	11,36	24,45	3,42	7,84	8,39
ŞUBAT	10,67	5,34	6,72	2,12	1,63	3,08	11,14	0,93	10,45	4,91	5,70
MART	2,28	6,81	11,17	5,59	5,45	7,84	12,81	0,87	10,41	0,53	6,38
NİSAN	6,52	6,34	8,50	6,00	5,66	6,91	11,41	9,76	10,41	7,61	7,91
MAYIS	3,73	0,06	5,70	3,13	7,85	6,95	6,59	19,43	1,38	4,98	5,98
HAZİRAN	6,52	5,30	8,03	5,52	6,02	6,92	10,61	11,37	8,60	7,17	7,61
TEMMUZ	3,30	0,07	12,57	6,95	4,34	6,88	11,65	3,11	1,12	1,83	5,18
AĞUSTOS	5,77	4,42	3,64	2,64	5,66	6,91	30,49	4,61	10,62	1,11	7,59
EYLÜL	1,24	2,42	1,60	14,52	1,34	6,91	9,92	9,70	3,71	2,07	5,34
EKİM	5,32	4,40	6,25	28,73	18,28	4,43	7,34	6,55	2,47	3,41	8,72
KASIM	2,27	20,95	2,55	22,90	0,42	6,68	5,91	6,83	3,89	1,83	7,42
ARALIK	7,52	7,47	8,31	9,04	10,24	11,58	10,34	12,80	17,37	17,18	11,18
Ortalama (İst.)	5,06	5,78	6,90	9,53	6,02	6,68	11,63	9,20	6,99	5,04	

Çizelge 4.54. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	14,31	13,57	13,50	15,12	17,46	20,23	11,98	13,72	27,57	17,52	16,50
YAZ	15,64	11,02	18,09	15,48	11,67	15,41	16,30	17,48	15,15	12,28	14,85
SONBAHAR	13,55	20,69	12,91	11,56	12,31	12,55	12,56	12,75	11,38	12,51	13,28
KIŞ	13,97	14,19	17,47	14,06	14,19	14,62	16,36	13,40	13,27	12,13	14,37
Ortalama (İst.)	14,37	14,87	15,49	14,05	13,91	15,70	14,30	14,34	16,84	13,61	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Pb elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, Bafa Gölü'nde Pb elementinin yaz ve kış mevsimlerinde konsantrasyonunun arttığı, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde ise konsantrasyonun azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.35.).



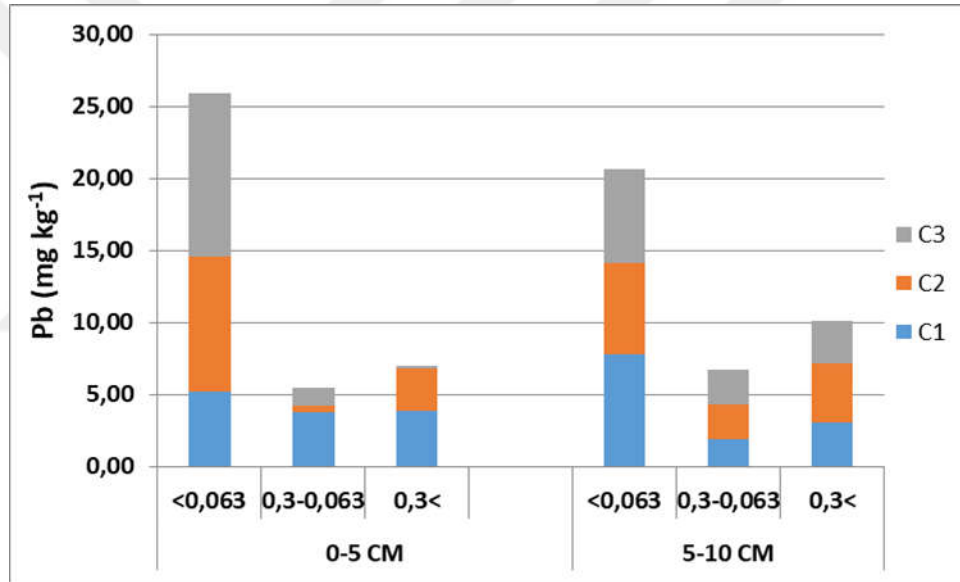
Şekil 4.35. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Pb değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından AKM ve sedimentten alınmış örneklerde kurşun elementi konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunmamıştır. Mevsimlere göre bakıldığında ise; AKM'de kurşun elementi konsantrasyonlarında mevsimler arasında herhangi bir fark bulunamazken sedimentte biriken kurşun elementi konsantrasyonlarının yaz-kış mevsimleri ile sonbahar-ilkbahar mevsimleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.55. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış sediment core örneklerinden elde edilmiş kurşun değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	5,15	3,79	3,85	7,80	1,93	3,07
C ₂	9,44	0,38	2,98	6,32	2,36	4,11
C ₃	11,34	1,30	0,16	6,48	2,41	2,91

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Pb elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.55.). Elde edilen sonuçlara göre, Pb elementinin karot parçasında en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.36.).



Şekil 4.36. Bafa Gölü’ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Pb konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

Çinko (Zn): Bafa Gölü'nde su, AKM ve sedimentte yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre suda en düşük çinko elementi konsantrasyonu ALA farklı aylarda farklı istasyonlardan, AKM'de en düşük çinko elementi konsantrasyonu 0,55 mg kg⁻¹ ile Eylül ayında 7 numaralı istasyondan ve sedimentte en düşük çinko elementi konsantrasyonu ise 22,03 mg kg⁻¹ ile sonbahar mevsiminde 8 numaralı istasyondan belirlenmiştir. En yüksek çinko elementi konsantrasyonları ise suda 11,92 mg L⁻¹ ile Eylül ayında 10 numaralı istasyondan, AKM'de 14,48 mg kg⁻¹ ile Mart ayında 5 numaralı istasyondan ve sedimentte ise 87,17 mg kg⁻¹ ile sonbahar mevsiminde 1 numaralı istasyondan tespit edilmiştir (Çizelge 4.56-4.58.).



Çizelge 4.56. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış su örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg L⁻¹).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	4,43	4,46	4,45	4,69	4,62	4,63	4,73	4,81	4,84	4,84	4,65
ŞUBAT	4,97	5,19	5,02	5,02	4,94	0,99	1,55	1,56	1,16	1,31	3,17
MART	1,60	1,31	1,28	1,25	1,14	1,21	1,20	1,16	2,52	1,13	1,38
NİSAN	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
MAYIS	1,14	1,16	1,15	1,71	1,11	1,16	1,20	1,18	1,17	1,29	1,23
HAZİRAN	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
TEMMUZ	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
AĞUSTOS	1,23	1,23	1,21	1,27	0,64	0,79	0,72	0,68	0,67	0,68	0,91
EYLÜL	0,76	0,99	0,68	0,80	1,21	0,84	1,30	1,23	0,74	11,92	2,05
EKİM	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
KASIM	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	-
ARALIK	4,74	4,06	4,05	4,22	4,24	4,41	4,51	4,46	4,42	ALA	4,35
Ortalama (İst.)	2,69	2,63	2,55	2,71	2,56	2,00	2,17	2,15	2,22	3,53	

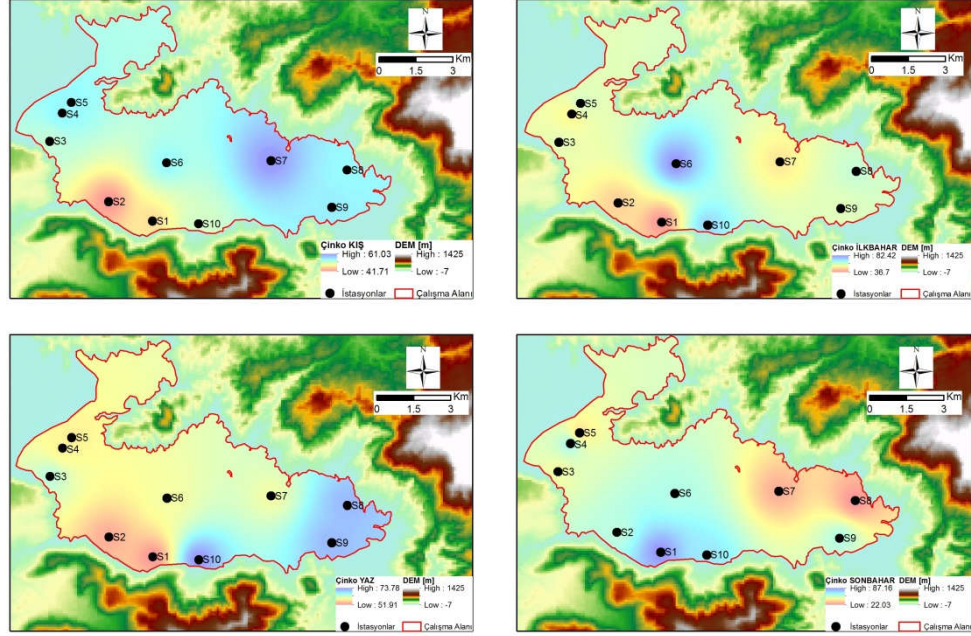
Çizelge 4.57. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan yıl boyunca alınmış AKM örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
OCAK	5,47	5,13	4,36	5,04	3,73	4,54	3,26	4,27	3,06	6,39	4,52
ŞUBAT	5,80	4,87	5,17	11,66	11,52	10,02	5,41	9,57	4,31	12,99	8,13
MART	6,45	10,58	11,47	11,05	14,48	12,87	12,32	12,94	2,76	8,01	10,29
NİSAN	4,98	4,53	11,78	5,72	6,04	4,36	8,06	7,70	7,32	7,48	6,80
MAYIS	5,71	7,56	11,63	8,39	10,26	8,62	10,19	10,32	5,04	7,74	8,54
HAZİRAN	5,40	6,46	8,52	8,08	8,92	7,95	7,79	8,57	4,91	8,27	7,49
TEMMUZ	5,91	4,40	11,72	14,08	9,11	13,54	5,24	7,97	12,69	3,73	8,84
AĞUSTOS	1,29	1,15	0,97	1,15	1,53	0,99	1,27	1,59	10,40	9,71	3,01
EYLÜL	4,48	1,13	1,71	0,69	0,66	0,84	0,55	0,56	0,65	0,88	1,22
EKİM	0,98	0,91	1,75	0,92	0,99	1,08	0,94	1,24	1,38	1,42	1,16
KASIM	1,32	1,49	1,41	0,58	1,46	1,24	0,77	1,23	1,15	1,38	1,20
ARALIK	3,99	6,07	6,73	6,65	7,49	7,29	7,53	6,62	6,95	7,03	6,64
Ortalama (İst.)	4,31	4,52	6,44	6,17	6,35	6,11	5,28	6,05	5,05	6,25	

Çizelge 4.58. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan 4 mevsimde boyunca alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7	İstasyon 8	İstasyon 9	İstasyon 10	Ortalama (Aylık)
İLKBAHAR	36,70	45,30	56,34	50,29	59,31	82,43	48,82	61,07	57,19	72,65	57,01
YAZ	51,91	53,38	64,30	58,52	58,12	60,01	60,32	71,38	71,39	73,79	62,31
SONBAHAR	87,17	58,66	46,36	62,71	36,81	60,61	27,20	22,03	60,68	69,87	53,21
KIŞ	46,23	41,71	52,18	55,10	55,00	54,68	61,04	54,67	55,45	51,28	52,73
Ortalama (İst.)	55,50	49,76	54,80	56,66	52,31	64,43	49,35	52,29	61,18	66,90	

Bafa Gölü'nden 10 farklı istasyondan mevsimsel olarak alınmış sediment örneklerinden elde edilmiş Zn elementi konsantrasyonlarının değişimleri işlenerek harita üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, Zn elementinin kış mevsiminde göldeki konsantrasyonunun arttığı ve diğer mevsimlerde ise genellikle gölün farklı noktalarında birikim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.37.).



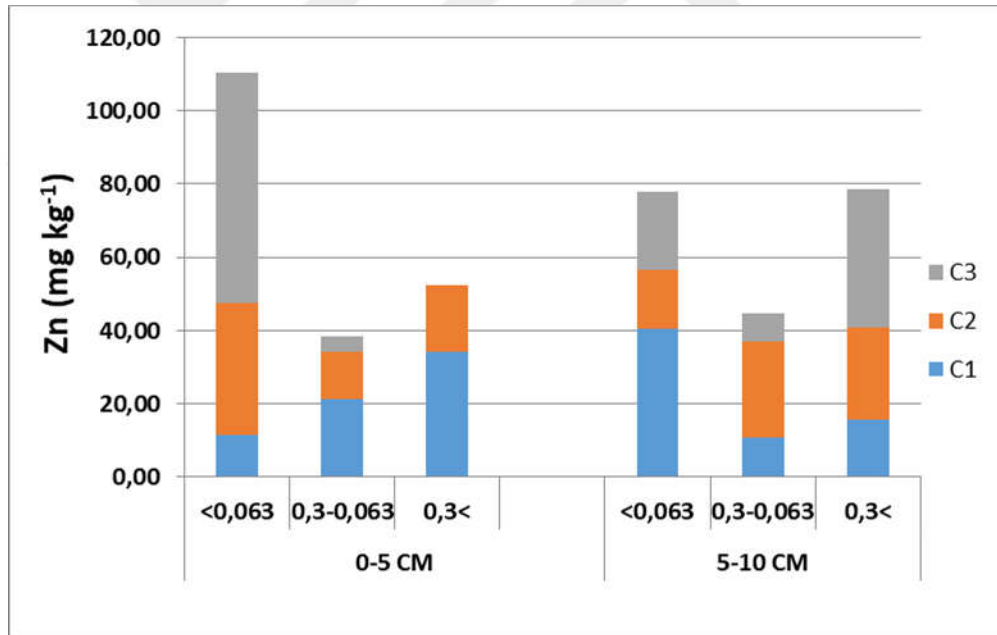
Şekil 4.37. Bafa Gölü'ndeki 10 istasyondan alınmış sediment örneklerinde mevsimsel olarak belirlenmiş Zn değerleri haritası.

Yapılan istatistik analiz sonucunda, istasyonlar açısından AKM ve sedimentten alınmış örneklerde çinko elementi konsantrasyonlarında herhangi anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mevsimlere göre bakıldığında ise; AKM'de yaz ve kış mevsimlerinde meydana gelen çinko elementi birikiminin diğer mevsimlerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel açıdan göl sedimentinde biriken çinko elementi konsantrasyonları arasında herhangi bir anlamlı fark bulunamamıştır.

Çizelge 4.59. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış sediman core örneklerinden elde edilmiş çinko değerleri (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

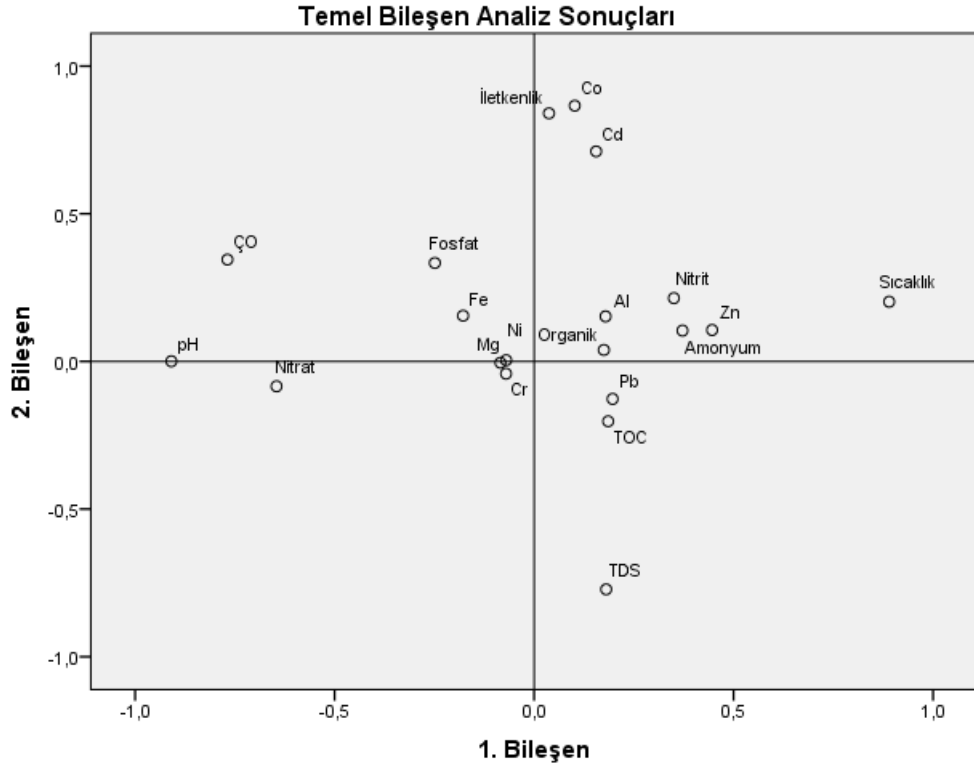
	0-5 cm			5-10 cm		
	<0,063	0,3-0,063	0,3<	<0,063	0,3-0,063	0,3<
C ₁	11,61	21,44	34,10	40,61	10,82	15,73
C ₂	36,02	12,72	18,41	15,97	26,15	25,04
C ₃	62,84	4,32	0,00	21,36	7,86	37,95

Alınan karot örnekleri derinliklerine göre ayrılarak parçacık boyutu analizi (PSA) yöntemi ile tanecik boyuna göre alt gruplara ayrılarak Zn elementi miktarları bakımından analiz edilmiştir (Çizelge 4.59.). Elde edilen sonuçlara göre, Zn elementinin karot örneklerinde en çok <0,063 mm tanecik boyundaki sedimente bağlanma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Ancak, 5-10 cm arasındaki derinlikten alınmış örnekte yapılmış analiz sonucuna göre >0,3 mm tanecik boyutundaki partiküller o derinlikteki <0,063 mm tanecik boyutundaki partiküller kadar Zn elementini adsorbe etmiştir (Şekil 4.38.).



Şekil 4.38. Bafa Gölü'ndeki 3 istasyondan alınmış karot örneklerinde farklı derinliklerdeki kümülatif Zn konsantrasyonları (mg kg^{-1} kuru ağırlık).

4.2.4. Temel bileşen analizi (PCA) sonuçları



Şekil 4.39. Çalışma boyunca elde edilmiş verilerin tamamına yapılmış PCA analizi sonuçları

Sulardaki sıcaklık, pH, ÇO, iletkenlik, TDS, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu ve fosfat fosforu değerleri, AKM'de organik madde miktarı değerleri ve sedimentte TOK, Al, Cd, Co, Cr, Fe, Mg, Ni, Pb ve Zn değerleri kullanılarak gerçekleştirilen ve toplam varyansı açıklama oranının % 75,392 olarak bulunduğu temel bileşen analizi (PCA) sonuçları Şekil 4.39.'de gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ege Bölgesi'nin güneyindeki en önemli sulak alanlar biri olan Bafa Gölü'nde yapılmış bu çalışma ile kirleticilerin göl ekosisteminin farklı bileşenlerine en güncel etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Aralık 2013- Kasım 2014 tarihleri arasında göldeki 10 farklı noktadan yüzey suyu, AKM, sediment ve karot örnekleri aylık ve mevsimsel periyotlarda alınarak bazı fiziko-kimyasal özellikler, besin tuzları ile 9 farklı ağır metalin birikimleri incelenmiştir.

Araştırma sırasında öncelikle Bafa Gölü suyunun bazı fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiş olup analiz sonuçlarına göre, ölçülen en düşük su sıcaklığı değeri 7,6 °C ve en yüksek pH değeri 9,76 ile Aralık ayında; en yüksek tuzluluk değeri ‰ 11,88 ile Nisan ayında; en düşük (11,34 g L⁻¹) ve en yüksek (20,88 g L⁻¹) TDS değerleri Ocak ve Nisan aylarında Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne bağlandığı bölgede (5 numaralı istasyon) tespit edilmiştir. Şaşı vd. (2017) aynı bölgede yaptığı çalışmada 8,90 °C ile en düşük su sıcaklığını, 9,35 ile en yüksek pH değerini ve ‰ 2,92 ile en düşük tuzluluk değerini kış aylarında Büyük Menderes Nehri'nin göle giriş yaptığı noktada tespit etmişlerdir. Ayrıca, Güven (2004) Büyük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada yine kış aylarında sıcaklık (7,8 °C) ve pH (8,62) değerlerini bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde bulmuştur. Dügel (2001)'in Büyük Menderes Delta'sında yaptığı çalışmada Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne en yakın noktasındaki örnekleme alanında ölçtüğü sıcaklık (5,1 °C) ve pH (7,77) değerleri de bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, Büyük Menderes Nehri'nin özellikle kış aylarında Bafa Gölü'ne tatlı su taşıyan en önemli su kaynağı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Sudaki çözünmüş oksijen (maks. 17,46) ve oksijen doygunluğu (maks. % 234,30) değerleri incelendiğinde, özellikle yaz aylarında değerlerin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar gölde bu aylarda gerçekleşen aşırı fitoplankton artışı ile açıklanabilmektedir (Ramsey, 1960; Jónasson ve Kristiansen, 1967; Smith ve Piedrahita, 1988; Medupin, 2011). Ayrıca, bu parametreler arasında yapılan

korelasyon analizi sonucunda çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu ve klorofil-a değerleri arasında kuvvetli pozitif yönlü korelasyon tespit edilmiştir (ÇO-oksijen doygunluğu; 0,987 ($p<0,01$), oksijen doygunluğu-klorofil-a; 0,714, ÇO-klorofil-a; 0,630, $p<0,05$).

Göl ekosistemleri için tuzluluk değerlerinin normalde yağışlı sezonda düşerken, kuru sezonda buharlaşmanın etkisiyle artması beklenmektedir (Barjaktarovic ve Bendell-Young, 2002; Johns ve Lee, 2012). Ancak, bu çalışmada beklenenin aksine en yüksek tuzluluk değerleri bahar aylarında ölçülmüştür (‰ 11,88).

Yapılan analizler sonucu Bafa Gölü'nde ölçülmüş en yüksek amonyum azotu değeri ($1,598 \text{ mg L}^{-1}$) zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu bölgede (9 numaralı istasyon) belirlenmiş ve yapılan istatistiki analiz sonucunda aynı bölgedeki amonyum azotu birikiminin diğer bölgelerden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Zeytinyağı üretim süreci sonucunda sıvı ve katı şekilde oluşan sıkma zeytinyağı atığı yüksek oranlarda toplam azot yükü içermektedir (Curaqueo vd., 2014; Kavvadias vd., 2014). Bu bölgedeki birikimin, bu fabrikaların atıklarının göle ulaşması sonucu kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Büyük Menderes Havzası, Türkiye'nin Güneybatısı'ndaki en önemli tarımsal alandır. Havza, 2010 yılı verilerine göre Türkiye'de gerçekleştirilen toplam kestane üretiminin % 31'ini, incir üretiminin % 65'ini ve zeytin üretiminin % 20'sini karşılamıştır (WWF, 2012). TÜİK (2016) verilerine göre Türkiye'deki tarım alanlarında toplam 27 850 976 ton gübre kullanılmıştır. Büyük Menderes Havzası sadece sanayi atıkları nedeniyle değil, aynı zamanda tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçlar nedeniyle de kirlenmektedir (WWF, 2012). Çalışma sonucunda Bafa Gölü'nde tespit edilmiş olan yüksek fosfat değerlerinin tüm havzadaki tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Bafa Gölü'ne DSİ tarafından kurak dönemde aralıklarla su verilmekte olup, kanallarda birikmiş yüksek konsantrasyonlu besin tuzları da göl suyuna ulaşmaktadır (Anonim, 2012; Salih Kızıltepe, kişisel görüşme). Güven (2004)'in Büyük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada Mayıs-Haziran dönemlerinde kurutma kanallarında yüksek konsantrasyonlarda fosfat fosforu ($5,20\text{-}3,63 \text{ mg L}^{-1}$) belirlemesi de bu sonucu desteklemektedir.

Çalışma sırasında ölçülmüş olan besin tuzlarının konsantrasyonları ile aynı dönemde bölgede ölçülmüş olan yıllık yağış miktarları arasında pozitif yönlü korelasyon tespit edilmiştir. Bu bağlamda besin tuzları konsantrasyonlarının yağışlı mevsimlerde diğer mevsimlerden istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Heron, 1961; Jones ve Bachmann, 1976; Xu vd., 2010;).



Çizelge 5.1. Büyük Menderes Nehri'nde gerçekleştirilmiş çalışmalarda bulunmuş ortalama fiziko-kimyasal parametreler.

	Sıcaklık (°C)	pH	ÇO (mg L ⁻¹)	Elektriksel iletkenlik (µS cm ⁻¹)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)
Demirel ve Yıldırım, 2002	-	7,6	-	1288,7	0,60	8,00	<0,1	<0,1
Dağdelen vd., 2009	-	7,8	-	1301,7	-	-	-	-
Er, 2016	-	8,1	-	2805,0	11,70	8,25	-	-
Güven, 2004 (Kurutma kanalı)	21,3	7,9	1,6	1450,5	14,67	6,36	0,051	2,53
Dügel, 2001	21,6	7,8	7,6	6100,7	0,03	0,03	0,005	1,15
Yılmaz ve Koç, 2016	-	-	8,0	-	0,35	2,10	0,05	0,42
Koç, 2008 (Büyük Menderes Nehri bağlantı bölgesi)	23,0	7,8	8,5	-	0,097	1,48	-	0
Bu çalışmada (Büyük Menderes Nehri bağlantı bölgesi)	19,6	8,4	9,0	18367,4	0,06	1,07	0,03	0,82
Bu çalışmada (Tüm gölün ortalaması)	19,7	8,5	9,1	18092,6	0,16	0,99	0,02	0,65

Bu çalışmada Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne giriş yaptığı bölge olan 5 numaralı istasyondan ölçülmüş ortalama değerler ile Büyük Menderes Nehri'nde daha önceden gerçekleştirilmiş çalışmalarda bulunmuş değerler paralellik göstermektedir (Çizelge 5.1.). Bu sonuçlar ışığında, elektriksel iletkenlik değeri hariç Büyük Menderes Nehri'nin su karakteristiği, mevsimsel olarak değişiklikler gösterse bile genel olarak ortalama değerlere bakıldığında Bafa Gölü suyu ile benzer özellikler taşımaktadır.

Bafa Gölü'nde su kolonunda belirlenmiş AKM örneklerindeki organik madde miktarlarının özellikle Menet Adası civarında (7 numaralı istasyon), ölçüm yapılmış diğer istasyonlardan belirgin şekilde yüksek ($0,0309 \text{ g L}^{-1}$) olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde gölün doğu kısmında kalan Kapıkırı açığı (8 numaralı istasyon) ve zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu bölgelerde (9 numaralı istasyon) de AKM'de yüksek organik ($0,0145 \text{ g L}^{-1}$) ve inorganik madde ($0,0184 \text{ g L}^{-1}$) birikimleri belirlenmiştir. Bu bölgeler sık bölgeler olup (Bkz. Çizelge 3.1.) bu birikimin nedeni gölün akıntı rejimi ile açıklanabilir. Ancak, şimdiye kadar gölün akıntı karakteristiğini ortaya koyan detaylı herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Yalnızca Yılğör (2012) Bafa Gölü'nde yaptığı çalışmada tek seferlik bir akıntı ölçümü gerçekleştirmiş olup, gölün güneydoğu ucunda yoğun kum birikimi tespit etmiştir.

Gölün su kalitesinde seçilmiş 10 farklı istasyondaki bazı fiziko-kimyasal (sıcaklık, tuzluluk, pH, ÇO ve TDS) parametreler ile besin tuzları (nitrit azotu, nitrat azotu, fosfat fosforu ve amonyum azotu) ölçüm sonuçlarının “yüzey su kalitesi yönetimi yönetmeliği”ne göre sınıflandırılması yapılmıştır (Çizelge 5.2.).

Çizelge 5.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Resmî Gazete, 2004).

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
İletkenlik (µS cm ⁻¹)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Çözülmüş oksijen (mg O ₂ L ⁻¹)	> 8	6-8	3-6	< 3
TDS (g L ⁻¹)	0,5	1,5	5	>5
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N L ⁻¹)	< 0.2	0.2-1	1-2	> 2
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N L ⁻¹)	< 0.002	0.002-0.01	0.01-0.05	> 0.05
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N L ⁻¹)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam fosfor (mg P L ⁻¹)	< 0.03	0.03-0.16	0.16-0.65	> 0.65
Alüminyum (mg Al L ⁻¹)	≤ 0.3	≤ 0.3	1	> 1
Civa (µg Hg L ⁻¹)	≤ 0.1	0.5	2	> 2
Çinko (µg Zn L ⁻¹)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (µg Fe L ⁻¹)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Kadmiyum (µg Cd L ⁻¹)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (µg Co L ⁻¹)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (µg Cr ⁺⁶ L ⁻¹)	TLA	20	50	> 50
Krom (toplam) (µg Cr L ⁻¹)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb L ⁻¹)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn L ⁻¹)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni L ⁻¹)	≤ 20	50	200	> 200

Bu sonuçlar "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin ilgili bölümüne göre sınıflandırıldığında, su sıcaklığı (7,6-29,5 °C) bakımından tüm istasyonların ve mevsimlerin I. sınıf (Mayıs ayı II. sınıf), ÇO (1,84-17,46 mg L⁻¹) bakımından tüm istasyonların I. sınıf (5 numaralı istasyon II. sınıf) ve mevsimler bakımından sonbahar-kış mevsimlerinin I. sınıf, ilkbahar-yaz mevsimlerinin II. sınıf, pH (7,56-9,76) bakımından tüm istasyonların I-II. sınıf (6 ve 7 numaralı istasyonlar III. sınıf), mevsimler bakımından tüm mevsimlerin I-II. sınıf (kış mevsimi III. sınıf) ve TDS (11,34-20,88 g L⁻¹) bakımından hem istasyonların hem de mevsimlerin IV. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

"Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin "Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflandırılması" kriterlerine göre besin tuzlarının göldeki konsantrasyonları istasyonlara ve mevsimlere göre sınıflandırıldığında, amonyum azotu (ALA-1,598 mg L⁻¹) yönünden tüm istasyonlarda I. sınıf (8 ve 9 numaralı istasyonlar II. sınıf) su kalitesine ve

mevsimsel olarak ilkbahar-kış mevsimlerinde I. sınıf ve sonbahar- yaz mevsimlerinde ise II. sınıf su kalitesine, nitrit azotu ($0,001-0,187 \text{ mg L}^{-1}$) yönünden tüm istasyonların ve mevsimlerin II. sınıf su kalitesine, nitrat azotu ($0,078-15,8 \text{ mg L}^{-1}$) yönünden tüm istasyonlar ve mevsimlerin I. sınıf su kalitesine ve fosfat fosforu ($0,006-4,74 \text{ mg L}^{-1}$) yönünden ise istasyonlarda III. ve VI. sınıf ve mevsimsel olarak ilkbahar-sonbahar mevsimlerinde III. sınıf ve yaz-kış mevsimlerinde VI. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Şaşı vd. (2017) Bafa Gölü'nde yaptıkları çalışmada Bafa Gölü'nün su kalitesini pH değerleri bakımından I. sınıf, ÇO değeri bakımından II. sınıf, amonyum ve nitrit azotu değerleri bakımından III. sınıf, nitrat azotu değeri bakımından I. sınıf ve fosfat fosforu değeri bakımından ise II-III. sınıf aralığında tespit etmişlerdir. Her iki çalışmanın sonuçları genel olarak benzer özellikler taşımaktadır.

Bafa Gölü'nden alınmış su örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonucunda Al'un ALA- $47,45 \text{ mg L}^{-1}$ arasında, Mn'in $1,00-37,65 \text{ mg L}^{-1}$ arasında, Fe'in $1,00-79,30 \text{ mg L}^{-1}$ arasında, Co'ın ALA- $0,007 \text{ mg L}^{-1}$ arasında, Ni'in ALA- $20,24 \text{ mg L}^{-1}$ arasında, Cd'un ALA- $0,0197 \text{ mg L}^{-1}$ arasında ve Zn'un ALA- $5,19 \text{ mg L}^{-1}$ arasında olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen bu sonuçlar istasyonlar ve mevsimler bakımından "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" ile kıyaslandığında Bafa Gölü'nün su kalitesinin Al elementi konsantrasyonu yönünden hem istasyonlar hem de mevsimler bakımından IV. sınıf, Mn elementi konsantrasyonu yönünden hem istasyonlar hem de mevsimler bakımından IV. sınıf, Fe elementi konsantrasyonu yönünden hem istasyonlar hem de mevsimler bakımından IV. sınıf, Co elementi konsantrasyonu yönünden hem istasyonlar hem de mevsimler bakımından I. sınıf, Ni elementi konsantrasyonu yönünden hem istasyonlar hem de mevsimler bakımından IV. sınıf, Cd elementi konsantrasyonu yönünden istasyonlar bakımından II. sınıf, mevsimsel olarak ise yaz mevsiminde I. kalite diğer mevsimlerde II. kalite, Zn elementi konsantrasyonu yönünden istasyonlar bakımından IV. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Bafa Gölü'nden ölçülmüş bazı fiziko-kimyasal parametreler ayrıca "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin "Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi"ne göre de değerlendirilmiş olup, gölün trofik seviyesinin toplam fosfor yönünden mezotrofik ($645 \mu\text{g L}^{-1}$), toplam azot yönünden ötrofik ($1167,95 \mu\text{g L}^{-1}$) ve

Mayıs-Ekim ayları arasında gölün klorofil-a seviyesi yönünden ise hipertrofik (11,21 mg L⁻¹) olduğu ortaya konulmuştur (Çizelge 5.3.).

Çizelge 5.3. Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri (Resmî Gazete, 2015).

Trofik seviye	Toplam P (µg L ⁻¹)	Toplam N (µg L ⁻¹)	Klorofil-a (µg L ⁻¹)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3.5
Mezotrofik	10-30	350-650	3.5-9.0
Ötrofik	31-100	651-1200	9.1-25.0
Hipertrofik	> 100	> 1200	> 25.0

Yapılan analizler sonucunda Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne giriş yaptığı bölgede (5 numaralı istasyon) Al elementinin sudaki ve sedimentteki konsantrasyonunun istatistiksel olarak diğer istasyonlara göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Adalı ve Koca (2016), Büyük Menderes Nehri'nde gerçekleştirdikleri çalışmada nehrin su kolonunun Al elementi yönünden kirletilmiş olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bağlamda, Bafa Gölü'nün Al elementi bakımından Büyük Menderes Nehri tarafından kirletiliyor olabileceği düşünülmektedir.

Bafa Gölü sedimentinin TOK içeriklerinin 0,59-5,50 g kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Athina vd. (2015)'nin Bafa Gölü'nden iki farklı noktadan aldıkları örneklerde ölçtükleri ortalama TOK değerleri (3,2 g kg⁻¹) bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bafa Gölü sedimentindeki TOK içerikleri ile ağır metal konsantrasyonları arasında yapılan korelasyon analizleri sonucunda Cr elementi miktarı ile TOK miktarı arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir (p<0,05). Ayrıca, Al elementi ile Ni elementi arasında ve Cd elementi ile Co elementi arasında da kuvvetli pozitif bir korelasyon saptanmıştır (p<0,01) (Bkz. Çizelge 4.26.). Ünlü ve Alpar (2016), İznik Gölü sedimentinde ağır metal konsantrasyonlarını inceledikleri çalışmalarında tıpkı bu çalışmada olduğu gibi Al-Ni elementleri ile Cd-Co elementleri arasında kuvvetli korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Bafa Gölü'nden alınmış sediment ve karot örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre her bir metal için jeoakümüasyon indeksi ve zenginleşme faktörleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, Bafa Gölü yüzey sedimenti ile karot örneklerinin ağır metaller yönünden kirlenmemiş olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar,

Yılgör (2012)'ün Bafa Gölü'nde gerçekleştirdiği çalışmanın bulgularıyla uyum göstermektedir. Zenginleşme faktörü açısından en çok etkilenen metallerin Al ve Pb olduğu, göl sedimentinde birikim yapan Al elementinin antropojenik faktörlerden etkilendiği, Pb elementi konsantrasyonlarının ise sınırdaki olduğu bulunmuştur. Bu durum, gölün bu metaller açısından kirletilmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, korelasyon matrisinden de anlaşılabacağı üzere (Bkz. Çizelge 4.26) Al ile Ni arasında varolan pozitif yönlü kuvvetli ilişki sebebiyle göl sedimentinin önümüzdeki yıllarda Ni elementi bakımından kirlenme tehlikesi altında olacağı öngörülmektedir. Zenginleşme faktörü değerleri açısından diğer metaller için göl sedimentinde bir kirlilik durumu söz konusu olmadığı görülmektedir.

Gölde gerçekleştirilen bu çalışma sırasında 3 farklı noktadan (C_1 , C_2 ve C_3) karot örneği alınmış olup, karot örnekleri 5 cm'lik 2 parça halinde incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu farklı kaynaklarda göldeki sedimantasyon hızı, farklı değerlerde belirtilmiş olsa da ortalamasının $0,36 \text{ cm y}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir (Müllenhoff vd., 2004; Yılgör, 2012; Manav, 2014). Başka bir ifadeyle, alınan karot örneği gölün son 30 yılını temsil etmektedir. Yapılan analizler sonucunda karot örneklerinin 5-10 cm arasında kalan kısmının 0-5 cm arasında kalan kısmından daha fazla metali adsorbe ettiği, yani 0-5 cm arasında kalan sedimentteki ağır metallerin 5-10 cm arasında kalanlardan daha fazla tüketildiği tespit edilmiştir. Bu durumun 1985 yılında gölün Büyük Menderes Nehri ile bağlantısını sınırlayan setin yapılmasından sonra göl suyunun tuzluluğunun artması (Sarı vd., 1999; Koç, 2008; Yabanlı vd., 2011) ve küresel ısınmanın olası etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Küresel ısınma, geniş ve derin ılıman kuşak göl ve akarsularında biyolojik üretkenliği arttırırken, sığ göller ve akarsularda ısınma ve oksijensiz koşulları oluşturabilmektedir (Sunlu vd., 2001). Ayrıca, 1989-1992 ile 2001-2006 yılları arasında bölgenin aşırı derecede kurak olması ve yağışların azalması sonucunda (Akbaş, 2014), göle ağır metal girişiminin sınırlanmış olabileceği düşünülmektedir. Bafa Gölü'nün 1994 yılında Milli Park ilan edilmesi ile göl çevresindeki yapılaşma bir düzene konmuş ve bunun sonucunda gölün bulunduğu bölgedeki kirletici unsurlar bir nebze sınırlandırılmıştır. Son 20 yıllık süreçte, teknolojinin ilerlemesi sonucu bölge genelinde vahşi sulamadan vazgeçilmiş, iyi tarım politikalarının uygulanmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır (Akdeniz, 2015). Ayrıca, Avrupa

Birliği (AB) müktesebatı gereği tarımsal ilaçların kontrolü sıkılaştırılmış ve tarım ilaçlarının tüm dünyada formülleri geliştirilerek çevreye daha duyarlı hale dönüştürülmüştür. Bu faktörlerden ötürü son 15 yıllık süreçte gölün ağır metal akümülyasyonunun azalmış olabileceği düşünölmektedir.

Bafa Gölü'nden alınmış yüzey sedimenti örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları sonuçları, göldeki metal birikimi hakkında fikir vermektedir. Sedimentteki ortalama metal konsantrasyonları $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Zn > Pb > Co > Cd$ şeklinde belirlenmiştir. Ortaya konmuş olan sonuçlar, ölkemizde yapılmış benzer çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (Çizelge 5.4.). Elde edilen tüm analiz sonuçları değeriendirildikten sonra Al elementinin sedimentteki ortalama konsantrasyonunun en fazla Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü'ne giriş yaptığı noktada birikim yaptığı belirlenmiştir (istasyon 5). Yapılan detaylı istatistiksel analizler sonucunda Mn elementinin özellikle zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu noktada (istasyon 9) birikim yaptığı belirlenmiştir. Aynı şekilde Ni elementi değerielerinin de zeytinyağı fabrikalarının bulunduğu bölge (istasyon 9) ile otelin bulunduğu bölgede (istasyon 10) yüzey sedimentinde bölgesel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Zeytinyağı yapılması sürecinde açığa çıkan sıvı ve katı nitelikteki atığın yüksek miktarda Mn ve Ni elementi içediği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Komnitsas vd., 2011; Curaqueo vd., 2014; Kavvadias vd., 2014; Hovorka vd., 2016; Aharonov-Nadborny vd., 2017). Bu sebeple özellikle gölün bu bölgesinde belirlenmiş yüksek Mn ve Ni elementi konsantrasyonlarının zeytinyağı fabrikalarının atıklarından meydana gelen sızmalardan kaynaklanabileceği düşünölmektedir.

Çizelge 5.4. Ülkemizde gerçekleştirilmiş benzer çalışmalarda sedimentte ölçülmüş ağır metal sonuçları (mg kg⁻¹ kuru ağırlık).

	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Referanslar
İznik Gölü (Bursa)	5,6 (%)	0,20	13,50	63,70	25,40	Ünlü ve Alpar, 2016
Yeniçağ Gölü	-	0,8	-	92,8-274,2	-	Tunca,2011
Karataş Gölü (Burdur)	-	0,20	-	37,56	21,95	Başıyigit ve Tekin- Özan, 2013
Işıklı Gölü	-	0,09-0,30	-	-	5,12-16,48	Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017
Beyşehir Gölü (Konya)	-	-	-	-	7,16	Tekin-Özan, 2008
Kovada Gölü (Isparta)	6672,50	0,11	-	11,59	7,82	Kır vd., 2007
Bafa Gölü	-	-	-	181-388	19,48-62,18	Yılgör, 2012
Bafa Gölü	-	0,18	-	259,20	-	Manav, 2014
Bafa Gölü	54,03-7251,38	0,02-0,20	ALA-0,73	ALA-284,50	-	Bu çalışmada
	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Referanslar
İznik Gölü	3,0 (%)	791,40	38,30	17,60	68,30	Ünlü ve Alpar, 2016
Yeniçağ Gölü	-	756-1143	-	8,4-16	-	Tunca,2011
Karataş Gölü (Burdur)	6968,62	306,89	131,81	0,88	28,16	Başıyigit ve Tekin- Özan, 2013
Işıklı Gölü	1721,26-7700,27	135,98-556,95	11,55-38,93	0,91-5,50	12,01-28,87	Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017
Beyşehir Gölü (Konya)	10390,59	484,19	-	-	39,82	Tekin-Özan, 2008
Kovada Gölü (Isparta)	5030	107,85	15,87	2,93	21,83	Kır vd., 2007
Bafa Gölü	2,62-3,91(%)	625-1181	153-514	6,09-35,5	56,02-116,14	Yılgör, 2012
Bafa Gölü	36266,95	703,08	307,80	17,28	78,84	Manav, 2014
Bafa Gölü	2,23-4,13(%)	197,05-1331,47	115,96-373,48	11,02-27,57	22,03-87,17	Bu çalışmada

Bafa Gölü'nün su bütçesi tam olarak bilinmemekle birlikte göl tabanından göle giriş yapan yeraltı su kaynakları hakkında da literatürde kesin bir bilgi bulunamamıştır. Somay ve Gemici (2012), Büyük Menderes Nehri'nin Bafa Gölü ile Ege Denizi kıyısı arasında kalan bölgesinde yeraltı sularının kalite parametrelerini ağır metal konsantrasyonları ile birlikte incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda, Bafa Gölü'ne yakın olan istasyondan alınmış yeraltı sularında yüksek konsantrasyonda Zn (134 mg L^{-1}) elementi tespit etmişlerdir. Zn elementinin göldeki konsantrasyonunun mevsimsel değişimlerinin yeraltı sularından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan temel bileşen analizi sonucunda (Bkz. Şekil 4.39.), 1. bileşende göl ekosisteminde en etkili değişkenlerin sırasıyla pH, sıcaklık, ÇÖ ve nitrat olduğu tespit edilmiştir. 2. bileşende ise göl ekosisteminde en etkili değişkenler sırasıyla Co, iletkenlik, Cd ve TDS olup, bu değişkenleri fosfat fosforu ve ÇÖ takip etmektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda Bafa Gölü'nün sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı adına şu öneriler geliştirilmiştir;

1. Büyük Menderes Havzası'nda bulunan ilgili belediyelerin kanalizasyon sistemleri iyileştirilerek uygun bir hale getirilmeli; gerekli bölgelere arıtım tesisleri kurularak evsel atıkların arıtılmadan Büyük Menderes Nehri'ne doğrudan boşaltımının önüne geçilmelidir.
2. Büyük Menderes Havzası'nda faaliyet gösteren tüm endüstriyel tesislerin atıklarını ne şekilde boşalttıkları sıkı bir şekilde denetlenmeli; bu endüstriyel atıklar Büyük Menderes Nehri'ne mutlaka arıtılarak verilmelidir.
3. Büyük Menderes Havzası'nda gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve tarım ilaçları miktarları denetlenerek aşırı kullanımın önüne geçilmelidir.
4. Bafa Gölü'ne Büyük Menderes Nehri'nden arıtılmamış suyun giriş yapması durdurularak göle Çine Barajı gibi alternatif temiz tatlı su kaynaklarından su girişi sağlanmalıdır.
5. Bafa Gölü ve çevresinde sulama amaçlı olarak yeraltı sularının ve Bafa Gölü'nün sularının kullanımı kısıtlanmalı; böylece tuzlu karakterde olan bu suların toprağı verimsizleştirerek daha fazla gübre kullanımına neden olmasının önüne geçilmelidir.

6. Bafa Gölü'nün su bütçesi ve akıntı rejimi hakkında yeterli bilimsel araştırma olmadığından göldeki fiziko-kimyasal döngüler ve ağır metallerin taşınım mekanizması hakkında kesin bilgiler bulunmamakta olup gelecekte yapılacak araştırmalarda bu konulara öncelik verilmelidir.

7. Bafa Gölü'nün özellikle doğusunda bir sığlaşma söz konusu olduğundan, bu bölgelerde görülen ötrofikasyon olayının önüne geçilebilmesi adına seçilecek uygun lokasyonlarda derinleştirme faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

8. Bafa Gölü'nün güney doğusunda bulunan zeytinyağı fabrikalarının atıklarının bertaraf süreci daha sıkı bir şekilde denetlenmeli ve bu atıklardan meydana gelebilecek sızıntılara önlem alınmalıdır.

Sonuç olarak, Güney Batı Ege Bölgesi'ndeki en önemli sulak alan olan Bafa Gölü'nde su kalitesindeki değişimlerin gözlenebileceği, olası kirleticilerin seviyelerindeki değişimlerin tespit edilebileceği ve gölün ekolojik durumunun ortaya konabileceği bu tür çalışmaların periyodik olarak yapılması erken uyarı niteliği taşıdığından göl ekosisteminin gelecekteki sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Abraha, G. A., Mulu, B.D., Yirgaalem, W.G., (2012). Bioaccumulation of heavy metals in fishes of Hashenge Lake, Tigray, Northern Highlands of Ethiopia. *American Journal of Chemistry*. 6: 326-334.
- Adalı, Y., ve Koca, Y.B., (2016). Effects of pollution on some tissues of fish collected from different regions of buyuk menderes river: a histopathological study. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 17: 477-487.
- Adham K.G., Hassan I.F., Taha N. and Amin T.H., (1999). Impact of hazardous exposure to metals in the Nile and delta lakes on the catfish, *Clarias lazera*. *Environmental Monitoring and Assessment*. 54: 107-124.
- Ağcasulu, I., and Akçıl, A., (2017). Metal Recovery from Bottom Ash of An Incineration Plant: Laboratory Reactor Tests. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 38: 199-206.
- Aharonov-Nadborny, R., Tsechansky, L., Raviv, M., and Graber, E. R., (2017). Impact of spreading olive mill waste water on agricultural soils for leaching of metal micronutrients and cations. *Chemosphere*. 179: 213-221.
- Akan, J.C., Abdulrahman, F.I., Sodipo, O.A., Ochanya.A.E., Askira, Y.K., (2010). Heavy metals in sediments from river Ngada, Maiduguri Metropolis, Borno state, Nigeria. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2:131-140.
- Akbaş, A., (2014). Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 12: 101-118.
- Akgün, M., (2006). Sakarya Nehri Çeltikçi Çayındaki Tatlı Su Kefallerinin (*Leuciscus cephalus* L., 1758) Dokularındaki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi, Gazi Ünv., Fen Bil. Ens., Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi.
- Akdeniz, O., (2015). Bafa Gölü'nü kurtarma çalıştay. <http://mitso.org.tr/mitso-ile-bafa-golunu-kurtarma-ve-yasatma-platformu-isbirliginde-bafa-golunu-kurtarma-calistayi-yapildi/> (Erişim tarihi: Haziran 2017).

Aközcan, S., (2009). Didim ve İzmir Körfezi sediment, deniz suyu ve farklı deniz organizmalarında bazı radyonüklid ve ağır metal düzeylerinin izlenmesi (Doctoral dissertation, Ege Üniversitesi).

Akpınar, K., (2005). Dünyada ve Türkiye’de Suyun Kullanımı ve Geleceğimiz İçin Önemi. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Hizmetiçi Eğitimi. Yalova, s: 6- 16.

Alala, L.N.N., (1981). Heavy metal concentration in Kenyan lakes. Unpublished Msc. Thesis, University of Nairobi.

Alfrey, A.C., (1980). Aluminum metabolism in uremia. Neurotoxicology. 1: 43-53pp.

Aluminum Association., (1984). Aluminum: properties and physical metallurgy. ASM International.

Altınsaçlı, S., (2014). Species diversity and distribution of Ostracoda (Crustacea) in mesosaline Lake Bafa (Aegean region, Turkey). Journal of Entomology and Zoology Studies. 2: 16-32.

Amundsen, P. A., Staldvik, F. J., Lukin, A. A., Kashulin, N. A., Popova, O. A. ve Reshetnikov, Y. S., (1997). Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. Science of the Total Environment. 201: 211-224.

Anderson, M. B., Preslan, J. E., Jolibois, L., Bollinger, J. E., ve George, W. J. (1997). Bioaccumulation of lead nitrate in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Journal of hazardous materials. 54: 15-29.

Anonim, (2008). Bafa lake long term development plan. Draft Plan (In Turkish). Ankara: Ministry of Environment.

Anonim, (2012). <http://m.milatgazetesi.com/kirlilige-sisme-savak-formulu-haber-35091> (Erişim tarihi Haziran 2017).

Anonim, (2015). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmış 2013-2014 Söke ilçesi meteoroloji verileri. (Kişisel temaslara).

- Anonim, (2017a). Spectrum. Chemical Fact Sheet. Nickel. <http://www.speclab.com/elements/nickel.htm> (Erişim tarihi 12.07.2017).
- Anonim, (2017b). Environment Minister's Directive 1/12/2003.(in Polish) <http://bap-ppsp.lex.pl/serwis/du/2003/0012.htm> (Erişim tarihi 27.07.2017).
- Ansa, E. D. O. ve Kelderman, P., (2014). Grain-size analysis and heavy metals distribution in sediment fractions of Lake Markermeer in the Netherlands. J Environ Sci Toxicol Res. 2: 160-167.
- Aoshima, K., Iwata, K., and Kasuya, M., (1988). Environmental exposure to cadmium and effects on human health, Part I.Renal tubular function inhabitants of the cadmium polluted Jinzu River basin in Toyama Prefecture Japan J. Hyg. 43: 864-871.
- APHA, (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Method 3030 F, , 21st Edition, 2005.
- ASTM, (1985). Standard Specification for Reagent Water. Annual Book of Standards. Vol. 11.01. Philadelphia, PA, D1193-77.
- Åström, M., Björklund, A., (1997). Geochemistry and acidity of sulphide-bearing postglacial sediments of western Finland. Environ Geochem Health 19 : 155–164
- Athina, P., Simboura, N., Stamatis, Z., Akbulut, A., Yaprak, E.A., Beklioğlu, M., vd., (2015). Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme Teknik Yardım Projesi Nihai Raporu, 2009 yılı Ulusal Katılım Öncesi Yardım Programı, Proje no: TR2009/0327.02-02/001. 472 s.
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı), (2000). Toxicological Profile For Chromium. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Service, Public Health Service. 1600 Clinton Road N.E, E-29 Atlanta, Georgia. pp, 95-134.
- Aydın, H., (2010). Gökova Körfezi Deniz ve Azmaklarının Askıda Katı Madde ve Sedimentinde Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

- Aydın-Önen, S., Küçüksezgin, F., Kocak, F., Açıık, S., (2015). Assessment of heavy metal contamination in *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean). Environmental Science and Pollution Research. 22: 8702-8718.
- Babula P., Adam V., Opatrilova R., Zehnalek J., Havel L., Kizek R., (2008). Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review Environ Chem Lett. 6: 189-213.
- Baldwin, D.S., and Howitt, A.J., (2007). Baseline assessment of metals and hydrocarbons in the sediments of Lake Mulwala, Australia. Lakes and Reservoirs: Research and Management. 12:167-174.
- Barjaktarovic, L., and Bendell-Young, L. I., (2002). Factors contributing to the salinity of lakes, Riske Creek region, south-central British Columbia, Canada. Applied geochemistry. 17: 605-619.
- Barlas, N., (1999). A pilot study of heavy metal concentration in various environments and fishes in the upper Sakarya River Basin, Turkey. Environmental Toxicology. 14: 367-373.
- Barr, R.J., Alpern, K.S., and Jay, S., (1993). Histiocytic reaction associated with topical aluminum chloride (Drysol reaction). J. Dermatol. Surg. Oncol. 19:1017-22.
- Bast-Pattersen, R., Drablos, P.A., Goffeng, L.O., Thomassen, Y., and Torres, C.G., (1994). Neuropsychological deficit among elderly workers in aluminum production. Am. J. Ind. Med. 25: 649-62.
- Başıyigit, B., ve Tekin-Özan, S., (2013). Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment, and Tissues of Pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake Related to Physico-Chemical Parameters, Fish Size, and Seasons. Polish Journal of Environmental Studies. 22: 633-644.
- Bat, L., Gündoğdu, A. ve Öztürk, M., (1998). Ağır metaller, S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 6: 166-175.
- Batkı, H., Kucuksezgin, F., and Uslu, O., (1999). Trace metal distribution in different chemical fractions of marine sediments along the Eastern Aegean shelf. Toxicology and Environmental Chemistry. 70: 243-258. doi:10.1080/02772249909358752.

- Beck, M., Böning, P., Schückel, U., Stiehl, T., Schnetger, B., Rullkötter, J., and Brumsack, H. J., (2013). Consistent assessment of trace metal contamination in surface sediments and suspended particulate matter: A case study from the Jade Bay in NW Germany. *Marine pollution bulletin*. 70: 100-111.
- Bergman, H.L., Kimerle, R.A., and Maki, A.W., (1986). *Environmental hazard assesment of effluents*. Pergamon Press, New York.
- Bradi, B.H., (2005). *Heavy metals in the environment*. Interface Science and Technology, ed. Hubbard, A., Vol.6. Elsevier Academic Press: Neubrucke.
- Branica, M., and Konrad, Z., (Eds.) (2015). *Lead in the Marine Environment: Proceedings of the International Experts Discussion on Lead Occurrence, Fate and Pollution in the Marine Environment*, Rovinj, Yugoslavia, 18-22 October 1977. Elsevier.
- Brezonik, P.K., King, S.O., and Mach, C.E., (1991). The influence of water chemistry on trace metal bioavailability and toxicity in aquatic organisms, In: *Metal Ecotoxicology*, Newman M.D. and McIntosh A.W. (Eds). Lewis, Boca Raton, FL.
- Brusewitz, S., (1984). *Aluminum*, University of STOKkholm, STOKkholm. 21–26 pp.
- Buat-Menard P., (1979). *Influence de la retombée atmosphérique sur la chimie des métaux en trace dans la matiëre en suspension de l'Atlantique Nord*. Thesis, Univ. Paris VI. p. 434, 1979.
- Caeiro S., Costa M.H., Ramos T.B., Fernandes F., Silveira N., Coimbra A., vd., (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*. 5: 151-169.
- Canlı, M., and Atlı, G., (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121: 129-136.
- Carranza-Álvarez C., Josabad Alonso-Castro A., Alfaro-De La Torre M C., García-De La Cruz R. F., (2008). Accumulation and Distribution of Heavy Metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an Artificial Lagoon in San Luis Potosí, México. *Water Air Soil Pollut*. 188: 297–309.

- Cavaliere, P., (Ed.). (2016). Ironmaking and Steelmaking Processes: Greenhouse Emissions, Control, and Reduction. Springer.
- Cempel, M., ve Nikel, G. (2006). Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology. Polish Journal of Environmental Studies. 15: 375-382.
- Cha, M.W., Young, L., Wong, K.M., (1997). The fate of traditional extensive (Gei Wai) shrimp farming at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 352: 295–303.
- Chapman, D., and Chapman, D.E., (Ed). (1996). Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental Monitoring. 2nd Edition, Chapman and Hall, London.
- Chen, Y.C., and Chen, M.H., (2001). Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters of Ann-Ping, S.W. Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*. 9: 107-114.
- Chernoff, B., Dooley, J.K., (1979). Heavy metals in relation to the biology of the mummichog *Fundulus heteroclitus*. *J. Fish. Biol.* 14: 309-328.
- Chukwujindu, M.A., Godwin, E.N and Francis, O.A., (2007). Assessment of contamination by heavy metals in sediments of Ase-River, Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of environmental Science*. 1: 220 - 228.
- Cirik, S., and Cirik, S., (1990). *Limnoloji*, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir. 11s.
- Clarkson, T.W., (1988). *Biological Monitoring of Toxic Metals*; Plenum Press: New York. s: 265-282.
- Cook, N.H and Wells, P.G., (1996). Toxicity of Halifax harbor sediments: an evaluation of Microtox Solid Phase test. *Water Qual. Res. J. Canada*. 31: 673-708.
- Curaqueo, G., Schoebitz, M., Borie, F., Caravaca, F., and Roldán, A., (2014). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and addition of composted olive-mill waste enhance plant establishment and soil properties in the regeneration of a heavy metal-polluted environment. *Environmental Science and Pollution Research*. 21: 7403-7412.

- Damodharan, U., (2013). Bioaccumulation of heavy metals in contaminated river water – Uppanar, Cuddalore South East Coast of India. <http://dx.doi.org/10.5772/5334>.
- Datar, M.D., and Vashishtha, R.P., (1990). Investigation of heavy metals in water and silt sediments of Betwa River. *Indian Journal of Environmental Protection*. 10:666 - 672.
- Dağdelen, N., Yeşilırmak, E., Akçay, S. M., and Sezgin, F., (2009). Determination of water quality parameters of Buyuk Menderes River. Turkey. *Asian J Chem*. 21: 287-298.
- Demirel, Z., and Yıldırım, N., (2002). Boron pollution due to geothermal wastewater discharge into the Buyuk Menderes River, Turkey. *International journal of environment and pollution*. 18: 602-608.
- Dirilgen, N., (2001). Accumulation of heavy metals in fresh water organisms: Assessment of toxic interactions. *FAO. Fischer. Technology*. 212: 1-113.
- Dissanayake, C.B., (1991). The Fluoride Problem in the Groundwater of Sri Lanka- Environmental Management and Health. *Int. J. Environ. Studies*, 19: 195-203.
- Dodman, D., (2017). Environment and Urbanization. *The International Encyclopedia of Geography*.
- Dökmeci, İ., (1988) Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler. 488-489.
- Duan, N., Fan, W., Changbo, Z., Chunlei, Z., and Hongbing, Y., (2010). Analysis of pollution materials generated from electrolytic manganese industries in China. *Resources, Conservation and Recycling*. 54: 506-511.
- Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M.C and Ekwurugwu, J. N., (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences*. 2: 112-118.
- Dügel, M., (2001). Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesinin biyolojik ve fizikokimyasal yöntemlerle belirlenmesi (Yayınlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

- DWAF (Department of Water Affairs and Forestry), (1996). South African. water quality guidelines. Volume 7: Aquatic ecosystems, DWAF, Pretoria.
- Egemen, Ö., and Sunlu, U., (1999). Su kalitesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayın No: 14.
- Ekingen, G., (2001). Limnoloji, Mersin Üniversitesi Yayınları, Mersin, 20s.
- Er, S. (2016). Aydın-Buharkent yöresindeki jeotermal sularında bazı kirletici parametrelerin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Eromesele, C.O., Eromesele, I.C., Muktar, S.L.M., Birdling, S.A., (1995). Metals in fish from the upper Benue river and lakes Geriyo and Njuwa in northeastern Nigeria. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54: 8-14.
- Esbah, H., Deniz, B., Kara, B., Kesgin, B., (2010). Analyzing landscape changes in the Bafa Lake Nature Park of Turkey using remote sensing and landscape structure metrics. Environmental monitoring and assessment. 165: 617-632.
- Exley, C., Wicks, A.J., Hubert, R.B., Birchall, J.D., (1994). Polynuclear aluminium and acute aluminium toxicity in the fish, Journal of theoretical biology. 167: 415-416.
- Faroon, O.M., Abadin, H., Keith, S., Osier, M., Chappell, L.L., Dimond, G., Sage, G., (2004). Toxicological Profile for Cobalt. In: U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Restistry.
- Finkelstein, M. M., and Jerrett, M., (2007). A study of the relationships between Parkinson's disease and markers of traffic-derived and environmental manganese air pollution in two Canadian cities. Environmental research. 104: 420-432.
- Forstner, U., and Withmann, G.T.W., (1983). Metal Pollution in the Aquatic Environment. Berlin Heidelberg New York Tokyo; Springer-Verlag.
- Fortune, J., (2006). Grainsize and Heavy Metal Content of Sediment in Darwin Harbour. Department of Natural Resources, Environment and the Arts.

- Garbarino, J.R., Hayes, H., Roth, D., Antweider, R., Brinton, T.I., Taylor, H., (1995). Contaminants in the Mississippi River, U. S. Geological Survey Circular 1133, Virginia, U.S.A. (www.pubs.usgs.gov/circ/circ1133).
- Gaudette, H. E., Flight, W. R., Toner, L., ve Folger, D. W., (1974). An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Research*. 44: 249-253.
- Gökdemir, Y., (2006). Ergene Nehrindeki Ağır Metallerin Ekstraksiyon Metodu ile Tayini, Trakya Üniv., Fen Bil. Ens., Kimya Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Grandjean, P., (1984). Human exposure to nickel. *IARC Sci.Publ*. 53: 469, 1984.
- Greenwood, N. N., Earnshaw, A., (1997). *Chemistry of the Elements* 2nd Edition. Butterworth-Heinemann.
- Gülcü-Gür, B., and Tekin-Özan, S., (2017). The investigation of heavy metal levels in water and sediment from Işıklı Lake (Turkey) in relation to seasons and physico-chemical parameters. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*. 3: 87-96.
- Güven, G., (2004). Büyük Menderes Nehri, Aydın Yöresi yüzey sularında bazı kirleticilerin düzeylerinin araştırılması (Yayınlanmamış doktora tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Hassan, M. A., El Nemr, A., and Madkour, F. F., (2016). Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution and Human Health Risk. *American Journal of Water Science and Engineering*. 2: 14-19.
- Henderson-Sellers, B., Markland, H.R., (1987). *Decaying lakes. The origins and control of cultural eutrophication*. John Wiley and Sons Publication.
- Heron, J., (1961). The seasonal variation of phosphate, silicate, and nitrate in waters of the English Lake District. *Limnology and Oceanography*. 6: 338-346.
- Hovorka, M., Száková, J., García-Sánchez, M., Acebal, M. B., García-Romera, I., and Tlustoš, P., (2016). Risk element sorption/desorption characteristics of dry olive residue: a technique for the potential immobilization of risk elements in contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research*. 23: 22614-22622.

- Hurley, L.S. ve Keen, C.L., (1987). Cobalt. In: Underwood, E., Mertz, W. (Eds.), Trace Elements in Human Health and Animal Nutrition. Academic Press, New York, pp. 185–225.
- Hutton, M., and Symon, C., (1986). The quantities of cadmium, lead, mercury and arsenic entering the UK environment from human activities. *Sci. Total Environ.* 57:129-150.
- Irukayama, K., Fujiki, M., Kai, F., and Kondo, T., (1961). Studies on the origin of the causative agent of Minamata Disease.- I. Organic mercury compound in the fish and shellfish from Minamata Bay. *Kumamoto Med. J.* 14: 157-169.
- Ishizaki, A., and Fukushima, M., (1968). Studies on Itai-itai disease. *Japan J. Hyg.* 23: 271-185.
- Johns, E., and Lee, T. N. (2012). Weather and climate strongly influence salinity, water quality, and circulation of south Florida coastal waters and bays. *Tropical Connections* http://www.aoml.noaa.gov/outreach/floridaseagrant/pdf_files/TropicalConnections_WeatherAndClimateInfluenceCirculation_JohnsLee.pdf (Erişim tarihi: Haziran 2017).
- Jónasson, P. M., and Kristiansen, J., (1967). Primary and secondary production in Lake Esrom. Growth of *Chironomus anthracinus* in relation to seasonal cycles of phytoplankton and dissolved oxygen. *International Review of Hydrobiology.* 52: 163-217.
- Jones, J. R., and Bachmann, R. W., (1976). Prediction of phosphorus and chlorophyll levels in lakes. *Journal (Water Pollution Control Federation).* 48: 2176-2182.
- Jurdi, M., Korfali, S. I., Karahagopian, Y., and Davies, B. E., (2002). Evaluation of water quality of the Qaraaoun Reservoir, Lebanon: Suitability for multipurpose usage. *Environmental Monitoring and Assessment.* 77: 11-30.
- Kacar, A., (2015). Investigation of Heavy Metal-Resistant Sediment Bacteria and Some Water Quality Parameters: A Case Study of Lake Bafa (Turkey). *International Journal of Environmental Research.* 9: 813-822.
- Kavvadias, V., Doula, M., and Theocharopoulos, S., (2014). Long-term effects on soil of the disposal of olive mill waste waters (OMW). *Environmental Forensics.* 15: 37-51.

- Kazancı, N., Girgin, S., and Dügel, M., (1998). Research on the limnology of Bafa Lake in South at Western Turkey and climate change impacts. *Reveiw of Hydrobiology*. 2:207-223.
- Keser, B., (2008). Aydın ilinde Büyük Menderes nehri ile sulanan bölgelerde yetişen bazı sebze ve meyvelerdeki ağır metal kirliliğinin araştırması (Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kır, İ., Tekin-Özan, S., ve Tuncay, Y., (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*. 24: 155-158.
- Kinyua, A.M., and Pacini, N., (1991). The impacts of pollution on the ecology of the Nairobi-Athi River system in Kenya. *Int. Journal of BioChemiPhysics*. 1: 5-7.
- Kira, T., (1993). Major environmental problems in world lakes. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol*. 52: 1-7.
- Knipping, M., Müllenhoff, M., and Brückner, H., (2008). Human induced landscape changes around Bafa Gölü (western Turkey). *Vegetation History and Archaeobotany*. 17: 365-380.
- Koç, C., (2008). The effects of the environment and ecology projects on lake management and water quality. *Environmental monitoring and assessment*. 146: 397-409.
- Koç, C., (2010). A study on the pollution and water quality modeling of the River Buyuk Menderes, Turkey. *Clean-Soil, Air, Water*. 38: 1169-1176.
- Koljonen, T., (ed) (1992). The geochemical atlas of Finland. Part 2, till. Geological survey of Finland, Esbo.
- Komnitsas, K., Zaharaki, D., Doula, M., and Kavvadias, V., (2011). Origin of recalcitrant heavy metals present in olive mill wastewater evaporation ponds and nearby agricultural soils. *Environmental Forensics*. 12: 319-326.
- Kösesakal, T., (2011). Organik kirleticilerin bitkilerle temizlenmesi: alınma ve parçalanma mekanizmaları. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*. 23: 123-139.

- Krishna, P.V., Rao, K.M., Swaruparani, V., and Rao, D.S., (2014). Heavy metal concentrations in Fish Mugil cephalus from Machilipatnam Coast and possible health risks to fish consumers. British Biotechnology Journal. 4: 126-135.
- Kuru, M., Balık, S., Ustaoglu, M.R., Ünlü, E., Taşkavak, E., Gül, A., Yılmaz, M., Sarı, H.M., Küçük, F., Kutrup, B., Hamalosmanoğlu, M., (2001). Türkiye’de Bulunan Sulak Alanların Ramsar Sözleşmesi Balık Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi, Proje Kesin Raporu. 55-58.
- Lamberson, J.O., Dewitt, T.H., Swartz, R.C., (1992). Assessment of sediment toxicity to marine benthos. In: Buron, G.S (Ed): Sediment toxicity Assessment, Lewis Pub, Boca raton, FL. 183-211.
- Lax, K., Edén, P., Björklund, A., (1995). Wide-spaced sampling of humus in Fennoscandia. J Geochem Explor. 55: 151–161.
- Lijklema, L., Koelmans, A. A., and Portielje, R., (1993). Water Quality Impacts of Sediment pollution and the Role of Early Diagnosis", Water Science and Technology. 28: 1-16.
- Loizidou, M., Haralambous, K.J., Sakellarides P.O., (1992). Environmental study of the marinas Part II. A study on the removal of metals from the Marianas sediment. Environ. Tech. 3: 245-252.
- Luoma, S. N., ve Bryan, G. W., (1978). Factors controlling the availability of sediment-bound lead to the estuarine bivalve Scrobicularia plana. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 58: 793-802.
- Magalhaes, C., Coasta, J., Teixeira, C., Bordalo, A.A., (2007). Impacts of trace Metals on denitrification in estuarine sediments of the Douro River estuary, Portugal. Marine Chemistry. 107: 332-341.
- Manav, R. (2014) *Bafa Gölü’nde (Milas-Muğla) bazı ağır metallerin ve doğal radyonüklidlerin askıdaki katı madde ve sediment örneklerinde araştırılması*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 105s.
- Manav, R., Uğur Görgün, A., and Filizok, I., (2016). Radionuclides (^{210}Po and ^{210}Pb) and Some Heavy Metals in Fish and Sediments in Lake Bafa, Turkey, and the Contribution of ^{210}Po to the Radiation Dose. International journal of environmental research and public health. 13: 1113-1124.

- Mason CF., (1991). Biology of freshwater pollution. 2nd ed. New York; Longman Scientific and Technical/John Wiley and Sons; 351 p.
- Mason, C.F., (1996). Biology of fresh water pollution, Harlow. 265-267.
- Matsui, S., Barett, B.F.D., Banerjee, J., (1991). Guidelines of Lake Management, Volume 4, Toxic substances management in lakes and reservoirs. International Lake Environment Committee Foundation, Japan.
- McCready, S., Birch, G.F., Long, E.R., (2006). Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity-A chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines. *Environment International*. 32: 455-465.
- Medupin, C., (2011). Phytoplankton community and their impact on water quality: An analysis of Hollingsworth Lake, UK. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 15: 347-350.
- Meybeck, M., Chapman, D.V., Helmer, R., (1989). Global Freshwater Quality: A First Assesment. *WHO/UNEP. Manag.* 4: 155-163.
- Mokhtar, M. B., Toriman, M. E. H., Hossain, M., Abraham, A., and Tan, K. W., (2011). Institutional challenges for integrated river basin management in Langat River Basin, Malaysia. *Water and Environment Journal*. 25: 495-503.
- Momtaz, S., (2002). Environmental impact assessment in Bangladesh: a critical review. *Environmental Impact Assessment Review*. 22: 163-179.
- Moriarity, F., (1988). *Ecotoxicology: a study of pollutants in ecosystems*. Academic Press, London.
- Moss, B., (1988). *Ecology of freshwaters: Man and Medium*, 2nd. edition, Blackwell -Scientific Publications, Oxford.
- Müllenhoff, M., Handl, M., Knipping, M., and Brückner, H., (2004). The evolution of Lake Bafa (Western Turkey)–Sedimentological, microfaunal and palynological results. *Coastline Reports*. 1: 55-66.

- Müller, G., (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*. 2: 108- 118.
- Naskar, R., Sen, N.S., Ahmad, M.F., (2006). Aluminium toxicity induced poikilocytosis in an air-breathing teleost, *Clarias batrachus* (Linn.), *Indian J Exp Biol*. 44: 83-85.
- Newman, M.C., Unger, M.A., (2002). *Fundamentals of Ecotoxicology*, Second Edition Lewis Publisher Press in United States of America.
- Nies, D.H., (1999). Microbial heavy-metal resistance. *Appl Microbiol Biotechnol*. 51: 730– 50.
- Nriagu J. O., (1989). A global Assessment of Natural Sources of Atmospheric Trace Metals, *Nature*. 338: 47-49.
- Nzeve, K.J. (2015) *Assessment of heavy metal contamination in Masinga reservoir, Kenya*, Doctor of Philosophy thesis, Kenyatta University, Kenya, 136p.
- Okumuş, E., (2007). Küçükçekmece Gölü Sedimentinde Ağır Metal (Zn^{+2} , Fe^{+2} , Cu^{+2}) Adsorpsiyonu, Yıldız Teknik Üniv., Fen Bil. Ens., Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Omwenga, J.M., (2003). Heavy metals and nutrient retention in the Kerenga Wetland, Kericho, Kenya (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Egerton Üniversitesi, Kenya.
- Osman, A. G., and Kloas, W., (2010). Water quality and heavy metal monitoring in water, sediments, and tissues of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the river Nile, Egypt. *Journal of Environmental Protection*. 1: 389-400.
- Önalın, M., (1993). Çökelbilimi (Sedimentoloji) Cilt.I. İ.Ü. Yayını No. 3825. 328.
- Philips, D.H., Rainbow, P.S., (1994). *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*, Fenviron, 87 s, London.

- Philips, D.A., (1981). Chemistry and biochemistry of trace metals in biological systems, in effect of heavy metal pollution on plants, N. W. Lepp (Ed.), Applied Science Publishers, Barking.
- Price, N. B., ve Skei, J. M., (1975). Areal and seasonal variations in the chemistry of suspended particulate matter in a deep water fjord. Estuarine and Coastal Marine Science. 3: 349-369.
- Price, N. B., (1976). Chemical diagenesis in sediments. Chemical oceanography. 6: 1-58.
- Purvers, D., (1977). Trace element contamination of the environment EISWIEW publishing company. Amsterdam.
- Rainbow, P.S., White. S.L., (1990). Comparative accumulation of cobalt by three crustaceans: a decapod, an amphipod and a barnacle, Aquatic Toxicology. 16: 113-126.
- Rajappa B., Manjappa, S and Puttaiah, E. T., (2010). Monitoring of Heavy metal in groundwater of Hakinaka Taluk, India. Contemporary Engineering Sciences. 3: 183-190.
- Ramsey, W. L., (1960). Dissolved oxygen in Sweetwater Lake. Limnology and Oceanography. 5: 34-42.
- Rand, G.M. and Petrocelli, S.M., (1988). Fundamentals of aquatic toxicology Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
- Rashed, M.N., (2001). Cadmium and lead levels in fish (*Tilapia nilotica*) tissues as biological indicator for lake water pollution. Environmental Monitoring and Assesment, 68: 75-89.
- Resmi Gazete, (1994). Bakanlar Kurulu Kararı 94/5451-Sayı:21984.
- Resmi Gazete, (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Karar, 8289.

Resmi Gazete, (2015). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>.

Reynolds, C. S., Reynolds, S. N., Munawar, I. F., Munawar, M., (2000). The regulation of phytoplankton population dynamics in the world's largest lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3: 1-21.

Roberts, S., Gunn, G., (2014). Cobalt. *Critical Metals Handbook*. 122-149.

Ryding, S. O., ve Forsberg, C., (1977). Sediments as a nutrient source in shallow polluted lakes. In *Interactions Between Sediments and Fresh Water; Proceedings of an International Symposium*.

Sarı, H. M., Balık, S., Bilecenoğlu, M., and Türe, G., (1999). Recent changes in the fish fauna of Lake Bafa, Aegean region of Turkey. *Zoology in the Middle East*. 18: 67-76.

Sarıyüpoğlu, M. and Say, H., (1991). A study on heavy metal accumulation of *Barbus capito pectoralis* caught from the region of Elazığ sewage discharge into Keban Dam Lake, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Sempozyumu 12-14 Kasım 1991, İzmir. 121-130.

Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., (2016). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley and Sons.

Sert, I., Ozel, F. E., Yaprak, G., and Eftelioglu, M., (2016). Determination of the latest sediment accumulation rates and pattern by performing ^{210}Pb models and ^{137}Cs technique in the Lake Bafa, Mugla, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 307: 313-323.

Shephard, B.K., (1980). Aspects of the aquatic chemistry of cadmium and zinc in a heavy metal contaminated lake. *Water Research*. 14: 1061-1066.

Shuhaimi, M.O., (2008). Metal concentration in the sediments of Richard Lake, Sudbury, Canada and sediment toxicity in an Ampipod *Hyaella azteca*. *J. Environ. Sci. technol.* 1: 34-41.

- Singh, M., Ansari, A.A., Muller, G., Singh, I.B., (1997). Heavy metals in freshly Deposited sediments of Gomti River (a tributary of the Ganga River): Effects of human activities. *Environ. Geol.* 29: 246- 252.
- Simonsen, L. O., Harbak, H., Bennekou, P., (2012). Cobalt metabolism and toxicology-a brief update. *Science of the Total Environment.* 432: 210-215.
- Smith, D. W., and Piedrahita, R. H., (1988). The relation between phytoplankton and dissolved oxygen in fish ponds. *Aquaculture.* 68: 249-265.
- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S.C., Esteves da Silva, J.C.G., (1999). Sediments as monitors of heavy metal Contamination in Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. *Environmental pollution.* 105: 311-323
- Somay, M. A., and Gemici, U. (2012). Groundwater quality degradation in the Buyuk Menderes River coastal wetland. *Water, Air, and Soil Pollution.* 223: 15-27.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., and Sönmez, S., (2008). Effect of chemical fertilizers on environmental pollution and its prevention methods. *Derim.*
- Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K., ve Kaya, H., (2006). Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak pH'sı ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 19: 150-158.
- Straskraba, M., Tundisi, J.G., (1999). Guidelines of Lake Management, Volume 9, Reservoir water quality management. International Lake Environment Committee Foundation, Japan.
- Sunlu, U., Kaymakçı, A., and İzgören, F. S. (2001). Carbon dynamic in the sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 18: 233-241.
- Şaşı, H., Demir, H., Akziypak, R., and Saidu, M., (2017). Determination of water quality and effect of aquaculture facilities in Bafa Lake from Buyuk Menderes basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin.* 26: 1538-1547.
- Şengül, F., (1991). Endüstriyel atık suların özellikleri ve arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Basımevi Ünitesi (İzmir). 1-365.

Şimşek, G., (2012). Urban river rehabilitation as an integrative part of sustainable urban water systems. In ISOCARP CONGRESS (Vol. 48).

T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (2011). Türk Gıda Kodeksi http://www.gkgm.gov.tr/mevzuat/kodeks/kodeks_yonetmelik/bulasanlar_yonetmelik.html.

Tanaka, A., (2004). Toxicity of indium arsenide, gallium arsenide, and aluminium gallium arsenide, Toxicology and applied pharmacology. 198: 405-411.

Tayab, M. R., (1991). Environmental impact of heavy metal pollution in natural aquatic systems (Yayınlanmamış doktora tezi). The University of West London, Brunel.

Tekin-Özan, S., ve Kir, İ., (2005). Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. Parasitology research. 97: 156-159.

Tekin-Özan, S., (2008). Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment. 145: 295-302.

Thomas, S.L., ve Swain, W.R., (1988). Session Summary: Sources, fate and controls of toxic contaminants. In: Schmidtke, N.W. (Ed.) 1988 Toxic contamination in large lakes, Vol III. Sources, fate and controls of toxic contaminants, pp. 1-6. Lewis Publisher, Chelsea, Michigan.

Tirkey A., Shrivastava, P and Saxena, A., (2012). Bioaccumulation of heavy metals in different components of two Lakes ecosystem. Current World Environment. 7: 293-297.

T.C. Ministry of Environment and Forests, (2004). Water Pollution Control Regulation. 31 December 2004/25687 number Official Newspaper, Premiership Printing Office, Ankara.

TÜİK., (2005). Belediyelerde kanalizasyon sistemleri anketi 2003. Türkiye İstatistik Kurumu Başbakanlık, Ankara.

TÜİK., (2017). Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim tarihi: 29.06.2017).

- Tunca, E., (2011). Yeniçağa (Bolu) Gölü su, sediment ve tatlısu ıstakozu (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823)'nda bazı ağır metal birikimlerinin mevsimsel değişimi. (Doktora Tezi) Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Tunçer, S., Uysal, H., (1983). İzmir ve Çandarlı körfezlerinde yaşayan bazı Mollusk türlerinde ağır metal kirlenmesi ile ilgili araştırmalar, Doğa Bilim Dergisi. 12: 116-125.
- Uruç, K., and Yilmaz, D. D. (2008). Effect of cadmium, lead and nickel on imbibition, water uptake and germination for the seeds of different plants. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 17: 1-7.
- USEPA, (1997). EPA Method 446: In Vitro Chlorophylls and Pheopigments in Algae. EPA Report # 600/R-97-072, US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- USEPA, (2001). Methods for Collection Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual:EPA 823-B-01-002; US.Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Ünlü, S., and Alpar, B. (2016). An assessment of trace element contamination in the freshwater sediments of Lake Iznik (NW Turkey). Environmental Earth Sciences, 75(2), 140.
- Ünlü, E., Gümgüm, B., (1993). Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from Tigris River, Turkey, Chemosphere. 26: 2055-2061.
- Veena, B., Radhakrishnan, C.K., Chacko, J., (1997). Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost. Indian J. Mar. Sci., 26: 74–78.
- Vig, K., Megharaj, M., Sethunathan, N., ve Naidu, R. (2003). Bioavailability and toxicity of cadmium to microorganisms and their activities in soil: A review. Advances in Environmental Research. 8: 121–135.
- Vollenweider, R. A., (1989). Global problems of eutrophication and its control. In J. Salanki and S. Herodek (eds), Conservation and management of lakes, Akad. Kiado, Budapest: 19–42.

- Wedepohl, K.H., (1978). Hand book of geochemistry. Ex-Editor, Springer Verlag Berlin Heidelberg. New York 1978: 11-15.
- Wetzel, R. G., (2001). Limnology: lake and river ecosystems. Gulf Professional Publishing.
- WHO (World Health Organization), (2000). Hazardous Chemicals in human and environmental health, World Health Organization, Geneva.
- WHO, (2008). Guidelines for drinking water quality, World Health Organization, Geneva.
- WHO, (2011). Guidelines for drinking water quality, 4th edn. World Health Organization, Geneva.
- WWF, (2012). Büyük Menderes Havza Atlası, (2012). Yaşayan Nehirler Yaşayan Ege Projesi. S Basım Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
- WWF, (2017). Büyük Menderes Havzası. Erişim tarihi: 20.06.2017, Erişim adres: http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/doga_koruma/doal_alanlar/buyuk_menderes_havzasi/
- Xu, H., Paerl, H. W., Qin, B., Zhu, G., and Gao, G., (2010). Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China. Limnology and Oceanography. 55: 420-432.
- Yabanlı, M., Coşkun, Y., Öz, B., Yozukmaz, A., Sel, F., and Öndeş, S., (2013). Determination of the content of heavy metal in the lake water and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) obtained from Bafa Lake and evaluation in terms of public health. Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi. 35: 15-23.
- Yabanlı, M., Turk, N., Tenekecioglu, E., and Uludag, R., (2011). Bafa Gölü'ndeki Toplu Balık Ölümleri Üzerine Bir Araştırma. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 15: 36-40.
- Yalçın, S., (2014). The mechanism of heavy metal biosorption on green marine macroalga *Enteromorpha linza*. Clean–Soil, Air, Water. 42: 251-259.

- Yeşilırmak, E., Atatanır, L., Yorulmaz, A., Aydın, G., and Turgut, C., (2011). Spatial variability of Fe, Mn, Zn and Cu in soils of büyük menderes delta in western Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 20: 310-316.
- Yılğör, S., (2012). Bafa gölü sedimanlarındaki ağır metal kirliliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 64s.
- Yılğör, S., Kucuksezgin, F., and Ozel, E. (2012). Assessment of metal concentrations in sediments from Lake Bafa (Western Anatolia): an index analysis approach. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 89: 512-518.
- Yılğör, A., (2009). Büyük Menderes Nehri çökellerinde ağır metal kirliliği ve deltaya olan etkileri. (Doktora tezi) Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Yılmaz, E., and Koç, C., (2016). Organic pollution of the Büyük Menderes River, Turkey and effects on aquaculture. *Environmental Science and Pollution Research*. 23: 11493-11506.
- Yılmaz, Ö., Sunlu, U., and Sunlu, F. S., (2006). İzmir Körfezi'nde Anyonik Deterjan Düzeylerinin Araştırılması (Doktora tezi) Ege Üniversitesi, İzmir.
- Zhang, X.H., Wang, D.Q., Huang, M., (2004). Development of electroplating sludge technology. *J. Guilin Univ. Technol.* 24: 502–506.
- Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X., vd., (2007). Heavy Metal Contamination in Western Xiamen Bay Sediments and its Vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin* 54: 974-982.

ÖZGEÇMİŞ

Ad/Soyad: Aykut YOZUKMAZ

Doğum Tarihi/Yeri: 13/02/1978, Anıttepe/ANKARA

Tel: +90 507 606 82 06

E-posta: aykutyozukmaz@mu.edu.tr; aykutyoz@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Lisans: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü (2001-2006)

Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimleri ABD (2007-2009)

Doktora: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği ABD (2011-Devam Ediyor)