

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZAR GÖLÜ SEDİMENTİNDE JEOLJİK DEVİRLERE
BAĞLI OLARAK BAZI ELEMENTLERİN
KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ

Eyyüp Önder AKKOYUN

Yüksek Lisans Tezi
Anabilim Dalı: Su Ürünleri Temel Bilimler
Programı: İç Sular Biyolojisi
Danışman: Doç. Dr. Özgür CANPOLAT

AĞUSTOS-2019

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZAR GÖLÜ SEDİMENTİNDE JEOLJİK DEVİRLERE BAĞLI OLARAK
BAZI ELEMENTLERİN KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Eyyüp Önder AKKOYUN
141127105

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05 Temmuz 2019

Tezin Savunulduğu Tarih: 05 Ağustos 2019

Tez Danışmanı:
Diğer Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Özgür CANPOLAT (F.Ü)

Dr. Öğretim Üyesi Metin ÇAĞLAR (F.Ü)

Doç. Dr. Memet VAROL (T.Ö.Ü)



AĞUSTOS-2019

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı yürütebilmek için ihtiyaç duyduğum imkanları sağlayan Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na ve karot örneklerinden faydalandığım 111Y045 Nolu Projeyi destekleyen ve tez çalışmasının yürütülmesini sağlayan 113Y586 Nolu Projeyi destekleyen TÜBİTAK'a,

Benim için bir danışmandan çok daha fazlası olan, deneysel ve bilimsel birikimi ile hep yanımda olan, hayatım boyunca üşenmekten imtina eden insan olarak anacağım, çalışkanlığına her daim hayran kaldığım, saygıdeğer hocam Doç. Dr. Özgür CANPOLAT'a

Hayatımın her alanında olduğu gibi bu çalışma esnasında da desteğini eksik etmeyen, varlığına şükrettiğim, iyi ve kötü günde birlik olup, her türlü zorluğa karşı dik durmasını bilen sevgili aileme,

Ve bu tezin hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Eyyüp Önder AKKOYUN
ELAZIĞ-2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
SEMBOLLER LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	4
3. MATERYAL ve METOT.....	12
3.1. Karot Çalışmaları	12
3.2. Ağır Metal Analizleri	13
4. BULGULAR.....	14
4.1. Arsenik (As)	14
4.2. Baryum (Ba).....	14
4.3. Civa (Hg).....	15
4.4. Kalay (Sn)	17
4.5. Lantan (La).....	17
4.6. Molibden (Mo).....	18
4.7. Titanyum (Ti)	20
4.8. Uranyum (U)	20
4.9. Berilyum (Be).....	21
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	26
KAYNAKLAR	36
ÖZ GEÇMİŞ.....	45

ÖZET

Bu çalışmada Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan karotta derinlik profili boyunca sedimentte bazı elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi ve sonuçların son jeolojik dönemlere göre karşılaştırması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik Hazar Gölü'nde tamamlanmış olan 111Y045 Nolu TÜBİTAK projesi kapsamında alınmış piston karotlarından her 5 cm'de bir örnekler alınarak, arsenik (As), civa (Hg), molibden (Mo), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), titanyum (Ti), lantan (La) ve berilyum (Be) elementlerinin düzeyleri belirlenmiştir. Ba, Hg, La, Ti ve U elementlerinin en düşük konsantrasyonları (111 ppm, 0.01 ppm, 4.4 ppm, 1190 ppm and 0.6 ppm sırasıyla) 81-83 cm derinlikte bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği belirlenmiştir. As, Ba, Hg, Sn, La, Mo, Ti ve U elementlerinin en yüksek konsantrasyonları farklı derinliklerde bulunmuştur. En yüksek Hg konsantrasyonu 4-6 cm derinlikte belirlenmiş olup, bu derinliğin günümüze denk geldiği belirlenmiştir. As ve Ba elementlerinin en yüksek konsantrasyonlarının Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleistosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl önce) denk geldiği bulunmuştur. Diğer elementlerin (Sn, La, Mo ve Ti) en yüksek konsantrasyonlarının ise Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Bu farklılıkların nedeni olarak, göl ekosisteminin bulunduğu havzanın jeolojik yapısı, biyolojik ve hidrolojik süreçler, iklimsel faktörler ve göl havzasındaki antropojenik faktörler vb. gösterilebilir.

Anahtar Kelimeler: Karot, Sediment, Element, Jeolojik Dönem, Hazar Gölü

SUMMARY

Determining the Concentration Level of Some Elements Caused by Geological Cycles in the Sediments of Hazar Lake

In this study, it was aimed to determine the concentrations of some elements in sediment along depth profile in core collected at the Lake Hazar (Elazığ) and to compare the results according to recent geological periods. For this purpose, the levels of arsenic (As), mercury (Hg), molybdenum (Mo), barium (Ba), uranium (U), tin (Sn), titanium (Ti), lanthanum (La) and beryllium (Be) on every 5 cm of the piston core samples taken as part of a TÜBİTAK project (No: 111Y045) from Lake Hazar were detected. The lowest concentrations of Ba, Hg, La, Ti and U were found (111 ppm, 0.01 ppm, 4.4 ppm, 1190 ppm and 0.6 ppm respectively) at 81-83 cm in depth. It was determined that it belonged to 10000 B.P. and to Holocene Period (10.5 thousand B.P.). The highest concentrations of As, Ba, Hg, Sn, La, Mo, Ti and U were found at different depths in the core in Lake Hazar. The highest concentrations of Hg in the core were detected between 4-6 cm that this depth was determined corresponds to present day. The highest levels of As and Ba found that it belonged to Pre-Glacial Period/ Late Pleistocene Period (10.5 thousand B.P.). The highest concentration of other elements (Sn, La, Mo and Ti) determined that it belonged to Last Glacial Maximum Period/Late Pleistocene Period (between 23-16 thousand B.P.). The geological structure of the basin where the lake ecosystem is located, biological and hydrological processes, climatic and anthropogenic factors can be cited as the reasons for these differences.

Key Words: Core, Sediment, Element, Geological Period, Lake Hazar.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. 111Y045 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan karot lokasyon	12
Şekil 3.2. (a) Göl çalışmalarında karot alımında kullanılan yüzer platform, (b) Göl tabanlarından sediment örneği alan karotiyer sistemi.....	13
Şekil 4.1. Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde As, Ba ve Hg konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi.....	16
Şekil 4.2. Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Sn, La ve Mo konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi.	19
Şekil 4.3. Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ti ve U konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi.....	22
Şekil 4.4. Hazar Gölü karot örneğinde ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon grafikleri	254
Şekil 5.1. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde derinlik profiline ve jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak sediment yapısı	30

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Ekosisteme dahil olan toksik ağır metallerin kaynakları.....	2
Tablo 4.1. Hazar Gölü karot örneğinde ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri.....	23

SEMBOLLER LİSTESİ

As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Be	: Berilyum
Hg	: Civa
La	: Lantan
Mo	: Molibden
Sn	: Kalay
Ti	: Titanyum
U	: Uranyum

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasının en önemli sorunlarından birini çevre sorunları oluşturmaktadır. Sınırsız bir kaynak olarak kabul edilen doğal kaynaklar hızlı sanayileşme, hızlı nüfus artışı ile birlikte çevrenin değiştirilmesi ve hızla tahrip edilmesi suretiyle tüketilmeye başlanmış ve bunun sonucu olarak da çevre kirliliği kaçınılmaz olmuş ve yaşam döngüsünü tehdit eden bir noktaya gelmiştir.

Yaygın kullanım alanına sahip olan ağır metaller en zararlı çevresel kirleticiler arasında üst sırada yer almaktadır (Bettini vd., 2006). Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “Kara Liste”de yer alan maddeler arasında ağır metaller son derece önemli yer tutmaktadır. Günümüzde oldukça yaygın olan metal kirliliğine sebep olan beş kaynak vardır. Bunlar; jeolojik olaylar, maden filizleri ve metallerin endüstriyel üretimi, metal ve metal bileşiklerinin kullanımı, çöp ve katı atıkların doğaya boşaltılması, ağır metal içeren hayvan ve insan atıklarıdır (Förstner ve Wittmann, 1983; Perry ve Vanderklein, 1996; Alam vd., 2002; Liaghati vd., 2003; Ikem ve Egiebor, 2005).

Toksik olmaları, biyolojik parçalanmaya dayanıklı olmaları, taşınma sonucu emisyonu uğradıkları yerlerden çok uzaklarda da birikerek çevredeki derişimlerinin artması gibi özelliklere sahip olan ağır metaller biyoakümülyasyonla doğrudan ya da dolaylı yollarla besin zincirine dahil olurlar (Başkan, 2010). Eser miktarlarda bile toksik etkiye sahip olan elementler arasında en önemlilerini; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, S, V ve Zn gibi elementler oluşturmaktadır. Önemli bir kirleticisi grubu oluşturan ağır metallerin toksik ve kanserojen etkilerinin yanı sıra canlılarda birikme özelliği de göstermektedirler (Mutluay ve Demirak, 1996).

Ağır metal terimi, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen elementler için kullanılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından atomik yoğunluğu 4 g/cm^3 ya da 5 g/cm^3 ’ten daha yüksek olan metaller ve metalloidler için kullanılan genel bir terimdir. Ağır metal olarak bilinen elementler ve onların iyonları, periyodik tabloda geçiş elementleri olarak tanımlanan geniş bir gruba dahildir. Ağır metaller, sıklıkla iz element veya mikrobeyin maddeleri olarak da adlandırılmaktadır (Phipps, 1981). Doğal olarak meydana gelen 90 elementten 53 tanesi ağır metaldir. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko gibi elementler girmektedir (Carranza vd., 2007; Babula vd., 2008). Literatüre çevre kirliliği ile

giren ağır metal terimi kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmaktadır (Yıldız, 2004). Fakat bunların sadece 17 tanesi biyolojik olarak mevcuttur ve ekosistem için önem teşkil etmektedir. Mo, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe ve Co enzim ve pigmentlerin yapı taşı olarak canlılar için önem teşkil eden temel mikro elementlerden olmakla birlikte bütün metaller ve metaloidler yüksek konsantrasyonlarda bulunduklarında toksik etki gösterebilmektedir (Carranza vd., 2007; Babula vd., 2008). Tablo 1.1’de toksik etkiye sahip bazı ağır metallerin kaynakları verilmiştir.

Tablo 1.1. Ekosisteme dahil olan toksik ağır metallerin kaynakları (Markert, 1993)

A- ENDÜSTRİ
Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)
Ev aletleri yapım sanayi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
Ağaç işlemeciliği (Cu, Cr, As)
B- HAVADAKİ PARTİKÜL VE DUMANLAR
Fosil yakıtlar (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
Metal işlemeciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)
Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
Taşıtlar (Pb, V, Cd)
C- TARIM
Sulama (Cd, Pb, Zn)
Gübreleme (Cd, Mn, U, V, Zn)
Pestisit uygulaması (Cu, Mn, Zn)
Hayvansal gübreler (As, Cu, Mn, Zn)
Kireçler (As, Pb)
Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)
D- METAL İŞLETMECİLİĞİ VE ERİTMEDE GELEN ATIKLAR
Maden işlemlerinden rüzgarla çevreye yayılanlar (Cd, Hg, Pb, As)
Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
Metal işlemciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
E- ATIKLAR
Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Kazma ve delme (As, Cd, Fe, Pb)
Küller (Cu, Pb)

Sedimentler erozyonla taşınan kaya parçaları, kanalizasyon deşarjları, tarımsal uygulamalar, bina ve yol inşaatları gibi insan faaliyetlerinden veya mikroorganizmalar (fitoplankton, zooplankton ve bakteri), makrofitler ve diğer makroskobik organizma atıklarından meydana gelmektedir (Golterman vd., 1983).

Sucul ekosistemlerde sediment bir çevresel “takometre” gibi, çevresel bilginin kaydının tutulduğu bir veri bankası olarak kabul edilebilir. Sediment örnekleri bölgenin kirlilik derecesini ve düzeyini ortaya koymasının yanı sıra tarihi gelişimini göstermesi bakımından önem arz etmektedir. Sedimentolojik çalışmalar göl ve nehirlerde meydana

gelen kompleks hidrokimyasal etkileşimlerin açığa çıkarılmasında anahtar rol oynayabilir. Sedimentin jeokimyasal olarak incelenmesi aynı zamanda sucul ekosistemlerin kirlilik değerlendirilmesi, iklim koşullarının değişimi ve sedimentasyon hızı gibi bilgileri de verir (Ayaz, 2010).

Göller hem kendi tabanındaki ve hem de bulundukları havzadaki sedimentleri kronolojik olarak biriktirir ve genellikle düşük oksijen ve sıcaklık koşulları altında bu materyalleri korurlar (Schindler, 1987). Daha derinde olan çökeller geçmiş jeolojik tarihlerdeki kirliliğin kaydını tutarken, çökel üzerindeki birkaç santimetrelik kısım sürekli değişen güncel kirliliği yansıtmaktadır (Seshan vd., 2010).

Dolayısıyla sedimentler, sucul ekosistemlerde pestisitler ve ağır metaller gibi çeşitli kirleticiler için önemli rezervuar yeridir. Yalnızca su örneklerinde ağır metal analizleri yeterli olmayabilir. Bu nedenle sedimentte de ağır metallerin tespit edilmesi gerekir. Dolayısıyla sucul ekosistemlerden alınan karot örnekleri sedimentte ağır metal birikimiyle ilgili tarihi kayıtlar elde edilmesini sağlar (Leopold vd., 2012).

Sedimentte ağır metal birikim düzeyi sedimentin karakteristiğine, özellikle içerdiği organik madde tipi ve miktarına, tane büyüklüğüne, katyon değiştirme kapasitesine ve mineral içeriğine göre değişim göstermektedir (Vertacnik vd., 1995).

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin en büyük ikinci tektonik gölü olan ve alkalın göl karakterine sahip olan hem ekonomik hem turistik bir öneme sahip olmasının yanı sıra, içerisinde barındırdığı endemik balık türü ile ekolojik öneme de sahip olan Hazar Gölü'nden alınan karot örneğinde;

1. Derinlik profili boyunca arsenik (As), civa (Hg), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), berilyum (Be), titanyum (Ti), lantan (La) ve molibden (Mo) konsantrasyonlarının belirlenmesi,
2. Jeolojik devirler boyunca bu elementlerin konsantrasyonlarının değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

Hazar Gölü gerek jeolojik konumu gerekse oluşum şekli bakımından günümüzde olduğu kadar geçmişte de birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, Hazar Gölü ve yakın çevresinin morfolojik, jeolojik, tektonik açıdan inceleme çalışmaları çok eskilere dayanmaktadır. Bu konudaki en eski çalışmalar içerisinde Huntington (1902), Perinçek (1979a, 1979b), Hempton vd., (1983), Hempton (1984, 1985), Hempton ve Dunne (1984), Yazgan (1984), Şengör vd., (1985), Sungurlu vd., (1985), Bingöl (1986), Muehlberger ve Gordon (1987), Perinçek vd., (1987), Herece ve Akay (1992), Turan (1993), Gürocak (1993), Kaya (1993) ve yakın zaman içerisinde yayınlanmış olan Aksoy vd., (2007) ve Moreno vd. (2010) öne çıkmaktadır.

Hazar Gölü, yüksek çözünmüş katı madde içeriğine, oligotrofik/meso-oligotrofik özelliklere ve sınırlı algal takson çeşitliliği ve bolluğuna sahip, ileri derecede sert sulu ve alkali bir göl özelliğine sahiptir. Bu ekolojik özelliklerinin yanı sıra Hazar Gölü rekreasyon, balıkçılık, su sporları, enerji ve Keban Baraj Gölü suları ile karıştırılarak sulama amaçlı olarak kullanıldığından günümüz koşullarında değeri son derece artmıştır. Hazar Gölü uluslararası Ramsar Sözleşmesi'ne göre 2. sınıf sulak alan sınıfına girmekte olup, uluslararası bir sulak alan olduğu için 1. 2. ve 3. doğal sit alanı statüsündedir. Hazar Gölü'nde çevre sorunlarının çözümüne son yıllarda önem verilmeye başlanmıştır. Göl, Çevre Bakanlığı tarafından 1994 yılında uluslararası öneme sahip B sınıfı sulak alan ilan edilmiştir. Ayrıca Bakanlar Kurulu kararı ile, Sivrice İlçesi mücavir alanlarının bir kısmı "Elazığ Hazar Gölü Sivrice, Güneyköy Turizm Merkezi" olarak ilan edilmiştir. Ancak Hazar Gölü her geçen gün biraz daha fazla evsel atıksuların alıcı ortamı haline gelmektedir (Şen vd., 2007).

Hazar Gölü ve çevresi hakkında yapılan yayınların 1900'lü yılların başlarına kadar geriye gittiği savunulmuş ise de (Tatar vd., 1995), yapılan çalışmalar son 30 ve çoğunlukla son 20 yıllık süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Hazar Gölü ile ilgili görünüşte ilk limnolojik çalışma, Numann (1955), tarafından gölün balık faunası ile ilgili olarak yapılmıştır.

Gündüz ve Çukur (1984), göldeki ağır metal kirliliğini araştırmış ve göl suyunda canlı organizmalar için toksik düzeyde elementlere rastlanmadığını bildirmişlerdir.

Şen ve Topkaya (1993), Elazığ ili çevresindeki göllerin kirlilik düzeyleri üzerine yaptıkları araştırmada, göl suyunun oligotrofik göl karakteristiklerine uygun olarak düşük

miktarlarda bitki besin tuzlarını içerdiğini ve henüz kirlenmenin başlangıcında olduğunu rapor etmişlerdir. Bununla birlikte eski verilerle karşılaştırıldığında bitki besin tuzları miktarının ve kirliliğin arttığını bildirmişlerdir.

Akbay ve Anul (1995), Ocak, Şubat, Mart ve Nisan (1995) aylarında açık bölgedeki beş istasyonda gölün limnolojik özellikleri üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, özgül iletkenlik, ışık geçirgenliği (seki disk derinliği), toplam alkalinite, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, klorür, organik madde, reaktif fosfor, amonyak, nitrit, nitrat, bor, sodyum, potasyum ve sülfat miktarları bulunmuştur. Toplam alkalinite, toplam sertlik, magnezyum, klorür, bor ve sodyum miktarlarının kıta içi su kalite kriterlerine göre yüksek değerlerde, nitrit, nitrat, sülfat ve potasyumun ise oldukça düşük değerlerde kaydedildiğini bildirmişlerdir. Biyolojik incelemelerde ise, gölün fitoplankton bakımından çok zengin olmadığını, buna karşılık zooplanktonun özellikle nisan ayında artış gösterdiğini; gölün bentik organizma dağılımı bakımından zengin olduğunu ve gölde altı balık türü olduğunu ancak balıklarda büyümenin yetersiz olduğunu bildirmişlerdir.

Günek ve Yiğit (1995), Hazar Gölü havzasının hidrografik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında, göl çevresine düşen yağışın %57'sinin yüzeysel akışa geçtiğini bildirmiştir. Hesaplamaları sonucu, herhangi bir müdahale yapılmadığı takdirde, mevcut iklim koşullarına göre göl çanağının her yıl 26 cm yükseleceğini, bu yükselme sonucunda yaklaşık 30 yıl sonra gölün, 1248 m kodundaki tahliye kanalından akışa geçeceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte gölün 1252,70 m yüksekliğinde bulunan doğal gidegeninden tahliye olacak su miktarının, çeşitli nedenlerden dolayı daha az olacağını tahmin etmişlerdir.

Özdemir (1995), Hazar Gölü ve çevresinin jeomorfolojisi üzerine bir çalışma yapmış ve Hazar Hidroelektrik Santrali etkisiyle gölün kıyı şekillerinde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmiştir.

Sağiroğlu ve Çetindağ (1995), Hazar Gölü'nün Kürk ve Mogal derelerinden kaynaklanan siltlenmeyi araştırmışlardır. Bu iki akarsuyun göle $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ su boşalttığını ve $2.65 \pm 0.15 \text{ g/l}$ askıda katı madde içeriğine sahip akarsuların göle yılda $80 \times 10^3 \text{ ton}$ kil ve silt taşıdığını belirtmişlerdir. Taşınan yükün gölün $32 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ dolmasına neden olduğunu, gerekli önlemler alınmazsa 5 km^2 kadar alanı kaplayan Sivrice Deltası'nın göle doğru birkaç metre ilerleyeceğini bildirmişlerdir.

Sucul ekosistemlerde biriken elementlerin belirlenmesine yönelik dünyada ve Türkiye'de pek çok çalışma yapılmıştır.

Szymanowska vd. (1999), Batı Polonya'daki üç gölün (Boszkowo, Dominickie ve Wielkie) dip sedimentinde bazı ağır metallerin (Ni, Cr, Co, Zn, Hg, Mn, Pb, Cd, Cu ve Fe) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda her üç gölde de dip sedimentinin Zn, Cd, Cu, Pb ve kısmen Ni ve Hg ile kirlendiğini tespit etmişlerdir.

Becker vd. (2001), Almanya'da madencilik ve demir çelik sanayisinin baskısı altındaki SüBer See Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimandaki Pb, Zn ve Cu miktarının 1950-2000 yılları arasında 7,5–15 kat arttığını belirlemişlerdir.

Yang vd. (2002), bir dağ gölü olan Lochnagar Gölü'nün farklı bölgelerinden aldıkları 17 sediment örneğinde Hg, Pb, Cd, Zn ve Cu konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda Lochnagar Gölü'nün bir dağ gölü olmasına rağmen atmosferik çökeltmeden antropojenik kaynaklarla iz metallerin göle girdiğini ve bu gölün Hg, Pb, Zn, Cu ve Cd yönünden çok kirli olduğunu rapor etmişlerdir.

Cox vd. (2002), Washington Eyaletindeki Roosevelt Gölü'nün farklı noktalarından aldıkları karot örneklerinde bazı elementlerin (As, Hg, Cd, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının derinlik profili boyunca değişimini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda As, Hg, Cd, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonlarının bütün istasyonlarda yüksek olduğunu, ancak gölün Kolombiya Nehri'ne açılan kısmında diğer istasyonlara oranla ağır metal birikiminin çok fazla olduğunu kaydetmişlerdir.

Al-Saadi vd. (2002), Habbaniya Gölü (Irak)'nün sedimentinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Sedimentte en fazla biriken metalin Mn olduğunu, bunu sırasıyla Ni, Zn, Pb, Cu ve Cd'un takip ettiğini bildirmişlerdir.

Nguyen vd. (2005), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde sedimentte bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Sedimentteki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb konsantrasyonlarını sırasıyla 5,7-66; 160-760; 1,7-17; 4,4-55; 0,7-36; 13-150; 0,1-0,7; 2,4-160 mg/g olarak bulmuşlardır.

Loganathan vd. (2005), Kentucky Gölü'nden aldıkları karot örneğinde bazı elementlerin zamansal değişimini araştırmışlardır. Çalışmada Kentucky Gölü'nün kentsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık sulara bulunabilecek çok sayıda potansiyel kimyasal kirleticisi için son rezervuar olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma sonucunda Cr, Ni, Cu, Zn, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Hg ve Pb elementlerinin derinlik profili boyunca değişim gösterdiğini belirlemişlerdir.

Strömberg ve Brunberg (2006), İsveç'in Forsmark bölgesinde bulunan Stocksjön Gölü'nden 55 cm uzunluğunda karot örneği almışlardır. Bu karot örneğinde toplam 54

elementin konsantrasyonunu tespit etmişlerdir. Aldıkları karot örneğinden 5 cm'lik kısımlar halinde örnekleme yapmışlardır. Çalışma sonucunda karot örneğinin gölün tüm tarihsel değişimini temsil ettiğini ve derinlik profili boyunca elementlerin konsantrasyonunun değiştiğini rapor etmişlerdir.

Karlsson vd. (2007), İsveç'te kuzeyden güneye doğru uzanan dört gölün sedimentinde arsenik (As), bizmut (Bi) ve galyum (Ga) elementlerinin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. As ve Bi konsantrasyonlarının artışının İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gerçekleştiğini, Ga konsantrasyonu için ise 1930 yılından öncesinde kayda değer bir artış gözlemlenmemişlerdir.

Zachmann vd. (2009), Hindistan'ın doğu kıyısında yer alan Chilika Gölü sedimentinde bazı elementlerin dağılımını ve ağır metal kirlenmesini değerlendirmişlerdir. Analizi yapılan elementlerin (Al, Cr, Ni, Zn, As, Cd, K, Fe, Ti, V, Pb, Co, Zr, Mg, Na, P ve S) derinlik profili boyunca değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Buna göre derinlik profili boyunca Al, K, Mg, Na, Cr, Fe ve P elementlerinde ani bir konsantrasyon artışı olduğunu, Ti, Zr, Ba, Cu, Pb, Ni, V, As ve Ni elementlerinde ise kısa sürede azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Han ve Cao (2011), Doğu Çin'de yer alan Chaohu Gölü'nden karot örneği alarak derinlik profili boyunca bazı elementlerin (Pb, Zn, As, Mn, Cr, Ni, Cu, Fe, Rb, K, Co, Ti, Ca, Zr ve Sr) düzeylerini ve bunların kaynaklarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda karot örneğinin 150 yıllık sedimantasyonu temsil ettiğini rapor etmişlerdir. Bunun yanı sıra, özellikle 1978 yılından sonra Çin'in sanayileşmesi ile birlikte göl sedimentinde ağır metal birikiminin arttığını özellikle As ve Ni elementlerinin diğer elementlere göre daha fazla biriktiğini tespit etmişlerdir.

Bai vd. (2011), Çin'in Yilong Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte özellikle Pb, Cr ve As açısından orta derecede kirlenme olduğunu belirlemişlerdir.

Barros de Oliveira vd. (2012), Brezilya'nın güneydoğusunda bulunan Lagoa Vermelha Gölü sedimanının dikey profili boyunca ağır metal birikimini araştırmışlardır. Sedimanda yapılan 14C analizi sonucunda sedimanın yaşı 2430 olarak tespit edilmiş ve özellikle son 180 yılda ağır metal düzeylerinin önemli derecede değiştiği rapor edilmiştir. Özellikle Pb, Zn, Ag, Hg ve Ni birikiminin son 50 yılda arttığı ve bunun nedeninin gölün uzak çevresindeki madencilik ve taşımacılık faaliyetleri sonucu atmosfere salınan metallerin taşınım ile göle ulaşması olduğu bildirilmiştir.

Li vd. (2013), Çin'in Dongting Gölü sedimentinde bazı ağır metal konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada ağır metallerin sıralamasının $Cd > Hg > Pb > Cu > As > Zn > Cr$ şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Guo vd. (2015), Çin'in kuzey bölgesinde bulunan Baiyangdian Gölü'nde yaptıkları çalışmada ^{210}Pb izotop tekniği kullanılarak sedimanın yaşını ve sedimandaki bazı ağır metallerin 1859-2011 yılları arasındaki değişimini incelemişlerdir. Çalışmada, sedimandaki As konsantrasyonunun 1900-1910 ve 1960-1970 yılları arasında önemli derecede arttığını rapor etmişlerdir. Bunun sebebinin, bölgede açılan demir-çelik sanayi ve As içeren pestisitlerin olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, sedimandaki Cd, Pb ve Hg konsantrasyonlarının da sırasıyla 1970, 1990 ve 1958'den itibaren arttığını tespit etmişlerdir. Bu durumun bölgede açılan makine endüstrisi, kömür ile çalışan termik santral ve kurşunlu benzinin kullanımı ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Liu vd. (2016), Çin'in kuzey batısında bulunan Chaiwopu Gölü'nden alınan 81 santimetrelik karot örneğinde bazı elementlerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Ayrıca, elde ettikleri veriler doğrultusunda iklim değişikliğiyle insan faaliyetlerinin, geçen yüzyıldaki göl sedimentlerinin jeokimyasal değişimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda karot örneğinde Al, K, Ba, Ti, V, Fe, Ni, Mn, Li ve Be elementlerinin konsantrasyonu göz önüne alındığında 1900-1950 arasında çok temiz olduğunu, 1950-2000 yıllarında kirlilik seviyesinde ve ağır metal konsantrasyonu açısından artış gözlemlendiğini, 2000 yılından sonra ise insan faaliyetlerinin artması sonucunda sedimentte önemli derecede ağır metal birikimi olduğunu tespit etmişlerdir.

Ma vd. (2016), Kuzeybatı Çin'de bulunan Ebinur Gölü sedimentinde bazı elementlerin (Ti, Ba, Cu, Pb, Ni, V, Al, Cr, Mg, Na, P, K, Fe, Li, Ca, Co, Zn, Mn ve Sr) yıllara göre değişimini incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda 1960 yılından sonra antropojenik nedenlerden dolayı önemli derecede birikim olduğunu ortaya koymuşlardır.

Rossi vd. (2017) Güneybatı Pennsylvania'da bulunan Markle Gölü sedimentinde bazı ağır metallerin (Pb, Cd, Zn, Ba ve As) birikimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Avrupa'dan gelen ilk yerleşimcilerin göl kenarında bir tabakhane kurduklarını ve atıklarının göle ulaştığını, sonrasında ise kömürcülük faaliyetlerinin başlamasıyla sedimentte baryum (Ba) miktarının artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca artan insan aktivitelerine paralel olarak suyun kalitesinin değiştiğini ve zaman zaman alüvyon çökeltilerinin tekrar harekete geçtiğini rapor etmişlerdir.

Liu vd. (2019), Çin'deki Yunnan-Guizhou Platosu üzerindeki göl ekosistemlerini inceledikleri çalışmada son yıllarda antropojenik faaliyetler ve iklim değişikliğinin etkisiyle bozulduğunu belirlemişlerdir. Lugu Gölü üzerinde son 200 yılda insan etkisini, bazı metallerin birikimini, azot izotopları ve manyetik duyarlılık analizleri ile değerlendirmişlerdir. Çalışmayı üç dönem olarak belirlemişlerdir. İlk dönemde (1816-1976), metal konsantrasyonlarının düşük, manyetik duyarlılık analizlerinde değişikliklerin az olduğunu, ikinci dönemde (1976-2001) Zn ve N konsantrasyonlarının antropojenik etkilerden dolayı artış gösterdiğini, diğer metal konsantrasyonlarında ise önemli bir değişikliğe rastlanmadığını tespit etmişlerdir. Üçüncü dönemde (2001-2010) ise As ve Zn hariç, Ni, Cr, Mn, Cu, Hg ve Al konsantrasyonlarında hızlı bir şekilde artış kaydetmişlerdir. Liu vd. (2019), Lugu Gölü'ndeki ağır metallerin antropojenik girişinin hala devam ettiğini, bununla birlikte son on yılda metal miktarında önemli artışlar olduğunu, Lugu Gölü'nün korunmasında insan faaliyetlerinin, özellikle de turizmin olumsuz etkisinin kontrol altına alınması gerektiğini rapor etmişlerdir.

Son yıllarda yurt dışında olduğu gibi ülkemizde de ağır metal çalışmaları önem kazanmıştır. Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Kır vd. (2007), Kovada Gölü sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere göre değişimini araştırmışlar ve Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Al ve Ni değerlerinin yaz mevsiminde, Zn'nun sonbaharda ve Cd'un ilkbaharda arttığını belirlemişlerdir. Sedimentte en fazla biriken elementin ise Al olduğunu tespit etmişlerdir.

Mendil ve Uluözlü (2007), Tokat'ta yer alan bazı göllerden (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın) alınan sediment örneklerinde bazı metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Sediment örneklerindeki en yüksek Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni değerlerini sırasıyla 2138, 232, 38.9, 8.2, 7.0, 10.7 ve 55.4 µgg-1 olarak bulmuşlardır.

Türkoğlu (2008), Van Gölü'nden alınan sediment örneklerinde Cd, Cu, Zn ve Pb konsantrasyonlarını belirlediği çalışmada özellikle Pb ve Cd konsantrasyonlarının yüksek olduğunu rapor etmiştir.

Tekin-Özan ve Kır (2008), Beyşehir Gölü sedimentlerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ağır metallerin sıralanışını azalan sırayla Al, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb ve Sr şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Dostbil (2010), Mogan Gölü'nde suda ve sedimentte ağır metallerin (Al, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb ve Zn) düzeylerini tespit ettikleri çalışmada, sedimentte ağır metallerin

konsantrasyonlarına göre sıralanışının $Al>Fe>Zn>Ni>Cu>Pb>As>Cd>Hg$ şeklinde olduğunu rapor etmiştir.

Arslan vd. (2011), Yedigöller’de sedimentte bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada, sedimentte Se, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonunun yüksek, Pb konsantrasyonunun ise üst limitlere yakın olduğunu bildirmişlerdir.

Tekin-Özan ve Aktan (2012), Işıklı Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Fe’in en yüksek konsantrasyonda olduğunu, bu elementi Mn, Ni ve Ba’un izlediğini bildirmişlerdir.

Yılğör (2012), Bafa Gölü (Aydın-Muğla) sedimentinde bazı elementlerin (Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu ve Hg) konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada, sediment çökelim hızını da hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda yeni jeokimyasal indeks değerlerini (NIgeo) hesaplayarak gölün kirlilik durumunu belirlemiştir, Buna göre Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn ve Cu değerlerine göre sedimentin kirli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca 1985 yılından itibaren civa (Hg) miktarında oldukça fazla artış olduğunu rapor etmiştir.

Başıyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü sedimentlerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ağır metallerin sıralanışının $Fe>Mn>Ni>Zn>Cr>Cu>Se>Pb>Mo>Cd$ şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Kaptan ve Özan (2014), Eğirdir Gölü’nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio*) bazı doku ve organlarında bazı elementlerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sedimentte en fazla biriken elementin Fe, en az biriken elementin ise Cd olduğunu tespit etmişlerdir.

Kiracı (2014), Azap Gölü (Aydın)’nden beş farklı istasyondan aldığı sediment örneklerinde bazı elementlerin konsantrasyonlarını (Fe, Al, Mn, Cr, Co, Cd, Cu, Ni, Ba, Pb, Zn ve B) araştırmıştır. Sediment örneklerinde Al, Fe ve B konsantrasyonlarının diğer elementlere oranla daha yüksek olduğunu belirlemiştir

Tunca (2016), Beyşehir Gölü (Konya)’nde belirledikleri üç farklı istasyondan aldıkları su ve sediment örneklerinde bazı elementlerin (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb) konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada sedimentte Cr, Zn, Cu, Mn, Ni ve As konsantrasyonlarının yüksek ve oldukça kirli sınıfına dahil olduğunu tespit etmiştir.

Ünlü ve Alpar (2016), İznik Gölü sedimentlerinde Al, Fe, Mn, V, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, As ve Zn konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda İznik Gölü’nün As ve

Mn dışında diğer ağır metaller açısından kirlenmediğini ve Pb, Cr, V, Ni, Cd ve Cu konsantrasyonlarının göl tabanına doğru sedimentte arttığını tespit etmişlerdir.

Sancer ve Tekin-Özan (2016)'nın Kovada Gölü sedimentinde Cd, Fe, Cr, Ni ve Pb düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sedimentte en fazla biriken elementin Fe, en az biriken elementin ise Cd olduğunu belirlemişlerdir. Cr, Ni ve Pb konsantrasyonunun ise mevsimlere göre değiştiğini bildirmişlerdir.

Bölükbaşı ve Akın (2016), Seyfe Gölü sedimentinde bazı ağır metallerin (Zn, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Cd ve Co) konsantrasyonlarını belirledikleri araştırmada, sedimentte Zn ve As yönünden ağır derecede kirlenme olduğunu rapor etmişlerdir.

Hazar Gölü'nün sediment yapısı ve ağır metal kirliliği ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelendiğinde;

Özmen vd. (2004), Hazar Gölü dip sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Co ve Pb) konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Şehirleşmenin olduğu göl kısımlarında ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğunu ve genel olarak bu metallerin konsantrasyonlarının WHO (World Health Organization, 1999), EC (Europe Community, 1998), EPA (Environment Protection Agency, 2002) ve TSE-266 (Turkish Standard, 1997)'da belirtilen değerleri geçmediğini bildirmişlerdir. Bu ağır metallerden en yüksek konsantrasyona sahip elementin Fe, en düşük konsantrasyona sahip elementin ise Pb olduğunu tespit etmişlerdir. Hazar Gölü'nün belli kesimlerinde artan ağır metal kirliliğinin atık sulardan kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Şen ve Canpolat (2010), Hazar Gölü'nün sediment özelliklerini araştırmışlar ve minimum sediment kalınlığının yüzeyde 7 mm ve maksimum sediment kalınlığının 10 metre derinlikte 45 cm olduğunu tespit etmişlerdir.

Yaman vd. (2011), Hazar ve Van Gölleri'nde U, Zr, V ve Mo konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Van Gölü ile karşılaştırıldığında Hazar Gölü'ndeki U, Zr, V ve Mo konsantrasyonlarının daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

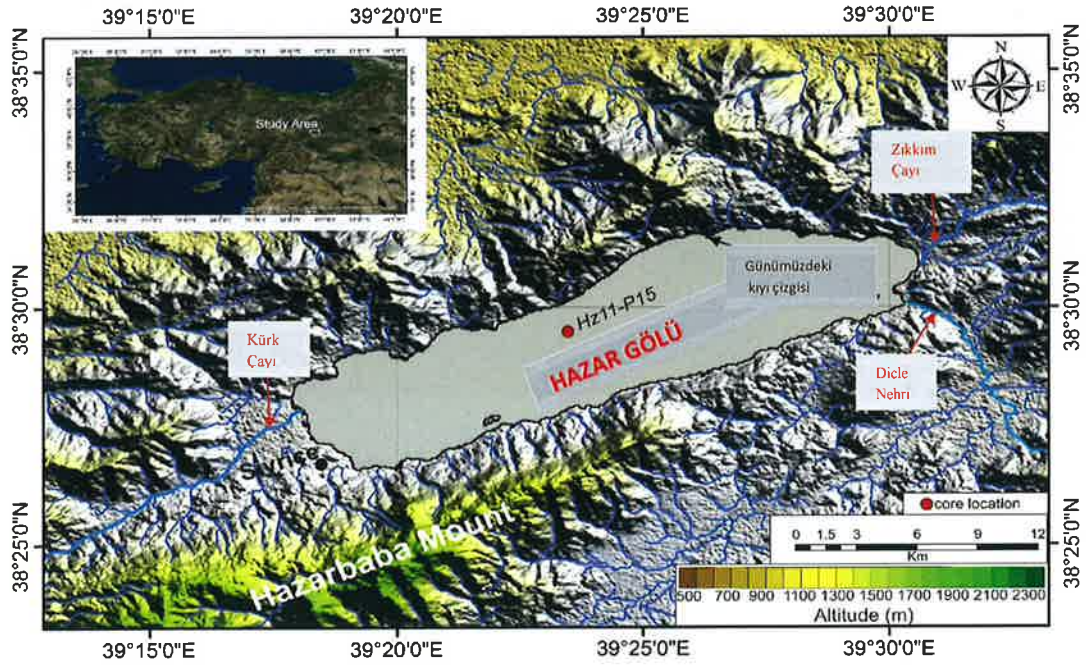
Kulahcı (2016), Hazar Gölü'ndeki U konsantrasyonunu araştırdığı çalışmada uranyum kaynağının tektonik bir göl olması nedeniyle asıl olarak göl tabanındaki granit ve volkanik yapılardan kaynaklandığını ve yüzeye doğru taşındığını rapor etmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

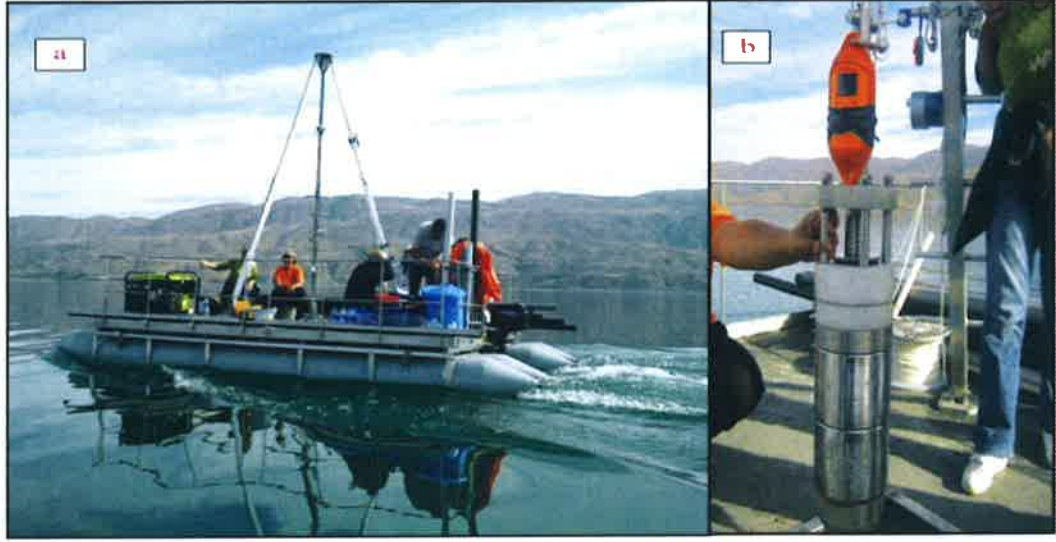
3.1. Karot Çalışmaları

Hazar Gölü tabanından sediment örneği alımı TÜBİTAK 111Y045 Nolu ‘Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri’ projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karotu 534971.08 D 4260296.97 K koordinatlarında yer alan istasyondan ve yüzen bir platform ile çakmalı piston sistemiyle alınmıştır (Şekil 3.2).

Çakma piston yöntemi ile sürekli ve bozmadan çökel alınabilmektedir. PVC borunun içine yerleştirilen pistonun yukarıdan çakılarak borunun su tabanından içeri ilerlemesi sağlanır. Piston karot alma yöntemi göl veya deniz tabanlarında tutturulmamış yumuşak çökelleri sıkıştırarak alabilmektedir. Boru ucuna takılan pirinçten yapılan karot tutucu (core catcher) ile malzemenin geri çıkması engellenir. Karot tutucu su tabanına ilk giriş anında çamuru karıştırmaması sebebiyle, yüzey piston yöntemiyle kullanılmalıdır (Arslan, 2014).



Şekil 3.1. 111Y045 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan karot lokasyon (Eriş vd., 2017’den revize edilmiştir).



Şekil 3.2. (a) Göl çalışmalarında karot alımında kullanılan yüzer platform, (b) Göl tabanlarından sediment örneği alan karotiyer sistemi (TÜBİTAK 111Y045 Nolu projeden).

3.2. Ağır Metal Analizleri

Ağır metal analizleri yapılacak karotta, karot boyunca her 5 cm’de bir numuneleme yapılmıştır. Alınan numunelerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için 10 g kurutulmuş numune gerektiğinden karotta alınan her numune etüvde yaklaşık 120 °C’de birkaç gün bekletilip tamamen kurutulduktan sonra, seramik havanda tamamen toz haline gelinceye kadar övütölme işlemi yapılmıştır. Toz halindeki numuneler hassas terazide tartılarak 10 g numune alınmış ve şeffaf numune kaplarında numuneleme yapılmıştır. Karotlarda numuneleme yapılırken karot çökelleri içerisindeki bitki ve organik bazı maddeler temizlenmiştir (Eriş, 2013).

Analizler akredite olmuş özel bir laboratuvarında hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiş olup, ağır metal analizleri ICP (Endüktif Eşleşmiş Plazma)’da yapılmıştır. Sediment örnekleri numune kapları içerisinde analizlerin yapılacağı laboratuara gönderilmiştir. Sediment örneklerinde arsenik (As), civa (Hg), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), berilyum (Be), titanyum (Ti), lantan (La) ve molibden (Mo) konsantrasyonları belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Hızlı-P15 karot örneklerinde derinliğe bağlı olarak, analizi yapılan elementlerin değişimi ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

4.1. Arsenik (As)

Karot örneğindeki As konsantrasyonunda çok ani azalma ve artışlar tespit edilmiştir (Şekil 4.1). As konsantrasyonunda, 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm'lik derinliğe kadar bütün derinlik profilince düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir. 362-364 cm derinlikte 2,6 ppm olan As konsantrasyonu, 314-316 cm derinlikte 2,1 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. Bu derinliğin G.Ö. 25000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek As değeri 108-110 cm derinlikte 50,9 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 11 bin yıl önceye ve Holosen Öncesi- Buzul Sonrası Döneme (10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.

Derinlik ile As konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.35$). As konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.41$), Ba konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.30$), As konsantrasyonu ile Ti konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.78$) saptanmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.1).

4.2. Baryum (Ba)

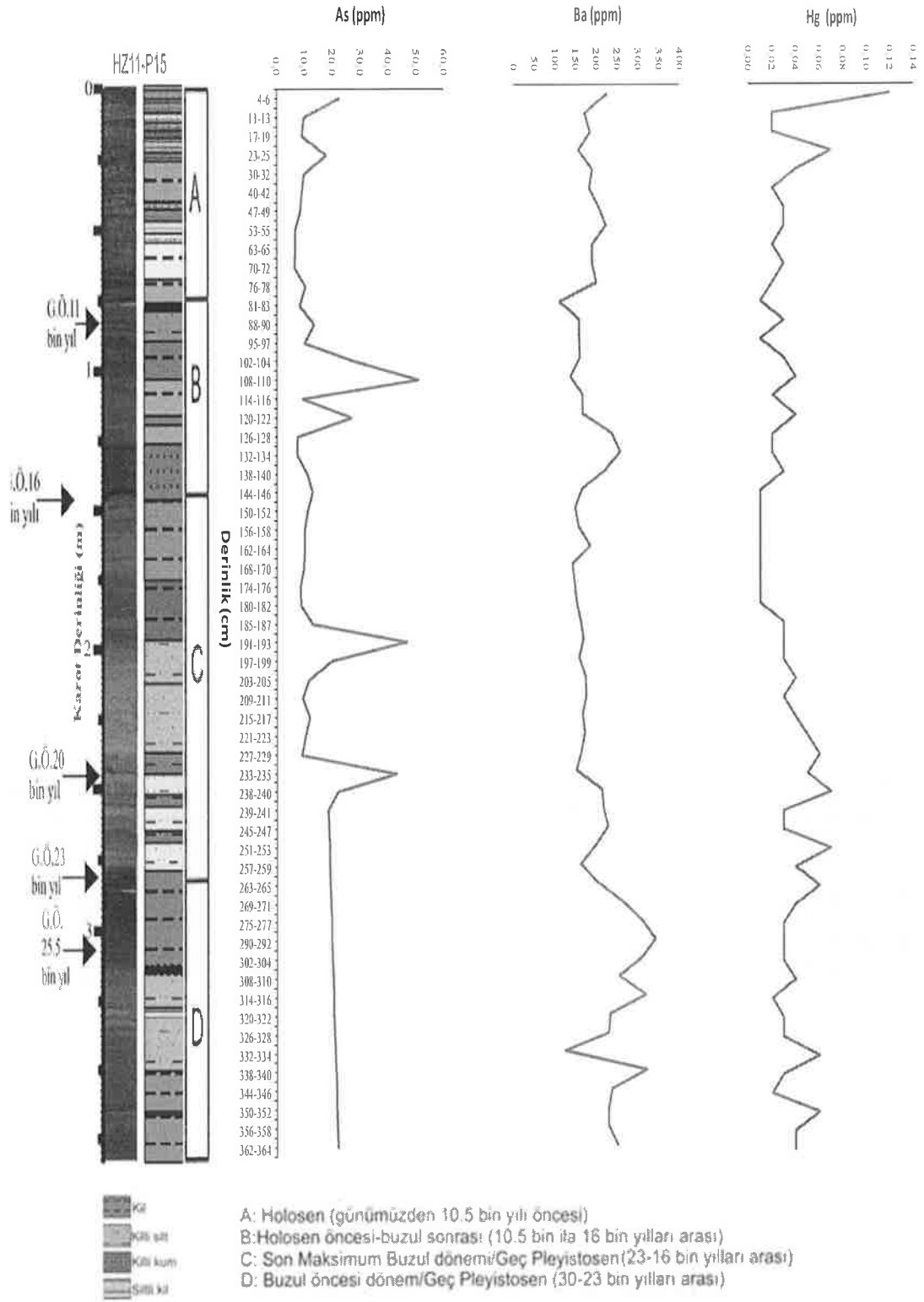
Karot örneğindeki Ba konsantrasyonunda 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm'lik derinliğe kadar bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1). 362-364 cm derinlikte 250 ppm olan Ba konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 225 ppm olarak kaydedilmiştir. En düşük Ba konsantrasyonu (111 ppm) 81-83 cm derinlikte tespit edilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Ba değeri ise 290-292 cm derinlikte 342 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 25,5 bin yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Derinlik ile Ba konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.47$). Analizi yapılan elementler göz önüne alındığında sadece Ba konsantrasyonu ile As arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.30$) belirlenmiştir (Tablo 4.1, Şekil 4.1).

4.3. Civa (Hg)

Karot örneğindeki Hg konsantrasyonunda da As ve Ba'da olduğu gibi 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm'lik derinliğe kadar bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.1). 362-364 cm derinlikte 0,04 ppm olan Hg konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 0,12 ppm olarak belirlenmiştir. En düşük Hg konsantrasyonu (0,01 ppm) 81-83, 95-97, 144-146, 150-152, 156-158, 162-164, 168-170, 174-176 ve 180-182 cm derinliklerde bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 11000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Hg değeri ise 4-6 cm derinlikte 0,12 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin günümüze denk geldiği belirlenmiştir.

Derinlik ile Hg konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.12$). As konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.41$), Ba konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.30$), As konsantrasyonu ile Ti konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.78$) saptanmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde As, Ba ve Hg konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi

4.4. Kalay (Sn)

Sn konsantrasyonunda diğer elementlerde (As, Ba ve Hg) olduğu gibi 362-364 cm derinlikten itibaren 4-6 cm'lik derinliğe kadar bütün derinlik profilince düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 4.2). 362-364 cm derinlikte 1,1 ppm olan Sn konsantrasyonu, 150-152 cm derinlikte 0,4 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. Bu derinliğin G.Ö. 16000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Sn değeri 227-229 cm ve 245-247 cm derinlikte 1,3 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.

Derinlik ile Sn konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.20$). Sn konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.47$), U konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.70$), Ti konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.78$), La konsantrasyonu ile yine kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.81$) saptanmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.2).

4.5. Lantan (La)

Karot örneğindeki La konsantrasyonunda bütün derinlik profilince çok ani azalma ve artışlar tespit edilmiş olup, 362-364 cm derinlikte 12,3 ppm olan La konsantrasyonu, 81-83 cm derinlikte 4,4 ppm ile en düşük değerine ulaşmıştır. (Şekil 4.2). Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği kaydedilmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek La değeri 227-229 cm derinlikte 19,0 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği bulunmuştur.

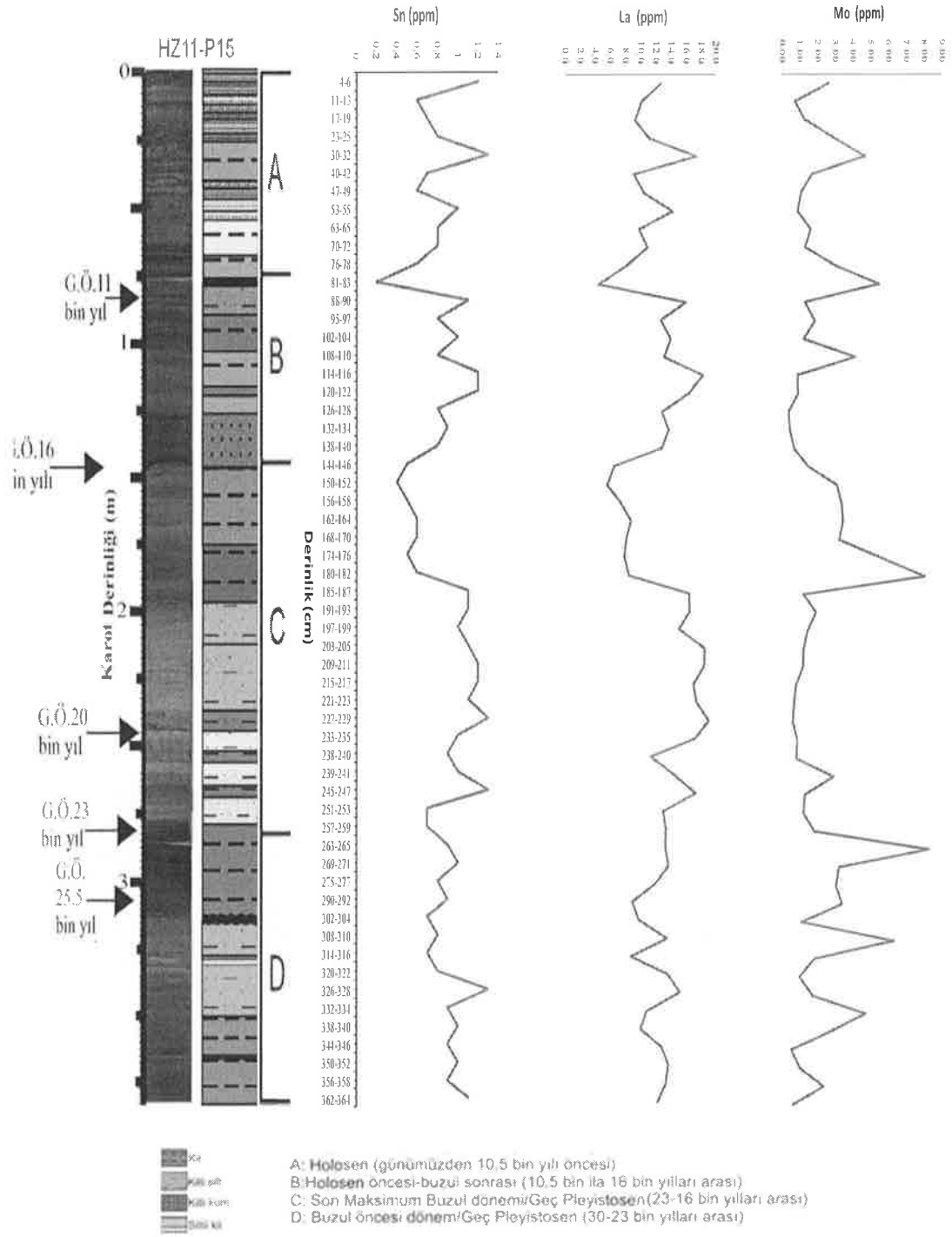
Derinlik ile La konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.16$). La konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.39$), Mo konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-$

0.38), U konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.65$), Sn konsantrasyonu ile kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.81$) belirlenmiştir (Tablo 4.1, Şekil 4.2).

4.6. Molibden (Mo)

Karot örneğindeki Mo konsantrasyonunda diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profilince düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 4.2). Mo konsantrasyonu 362-364 cm derinlikte 0,61 ppm olarak belirlenmiş olup, 126-128 cm derinlikte 0,34 ppm ile en düşük değerine ulaştığı belirlenmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 14000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Mo değeri 263-265 cm derinlikte 8,29 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 23000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Derinlik ile Mo konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.05$). Mo konsantrasyonu ile Ti konsantrasyonu arasında ve Mo konsantrasyonu ile La konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.30$; $r=-0.38$ sırasıyla) belirlenmiştir. Mo konsantrasyonu ile, U konsantrasyonu arasında ve Mo konsantrasyonu ile La konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.78$; $r=0.65$ sırasıyla) tespit edilmiştir (Tablo 4.1, Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Hazar Gölü (Elazığ)’nden alınan HZ11-P15 karot örneklerinde Sn, La ve Mo konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi.

4.7. Titanyum (Ti)

Hızlı-P15 karot örneğindeki Ti konsantrasyonunda da diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.3). 362-364 cm derinlikte 3650 ppm olan Ti konsantrasyonu, 4-6 cm derinlikte 3430 ppm olarak kaydedilmiştir. En düşük Ti konsantrasyonu (1190 ppm) 81-83 cm derinlikte belirlenmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Ti değeri 209-211 cm derinlikte 4980 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 18000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği kaydedilmiştir.

Derinlik ile Ti konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon ($r=0.04$) belirlenmemiştir. Ti konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.40$), Mo konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r=-0.30$) tespit edilmiştir. Ti konsantrasyonu ile, U konsantrasyonu arasında ve Ti konsantrasyonu ile Sn konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede pozitif korelasyon ($r=0.52$; $r=0.78$ sırasıyla) saptanmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.3).

4.8. Uranyum (U)

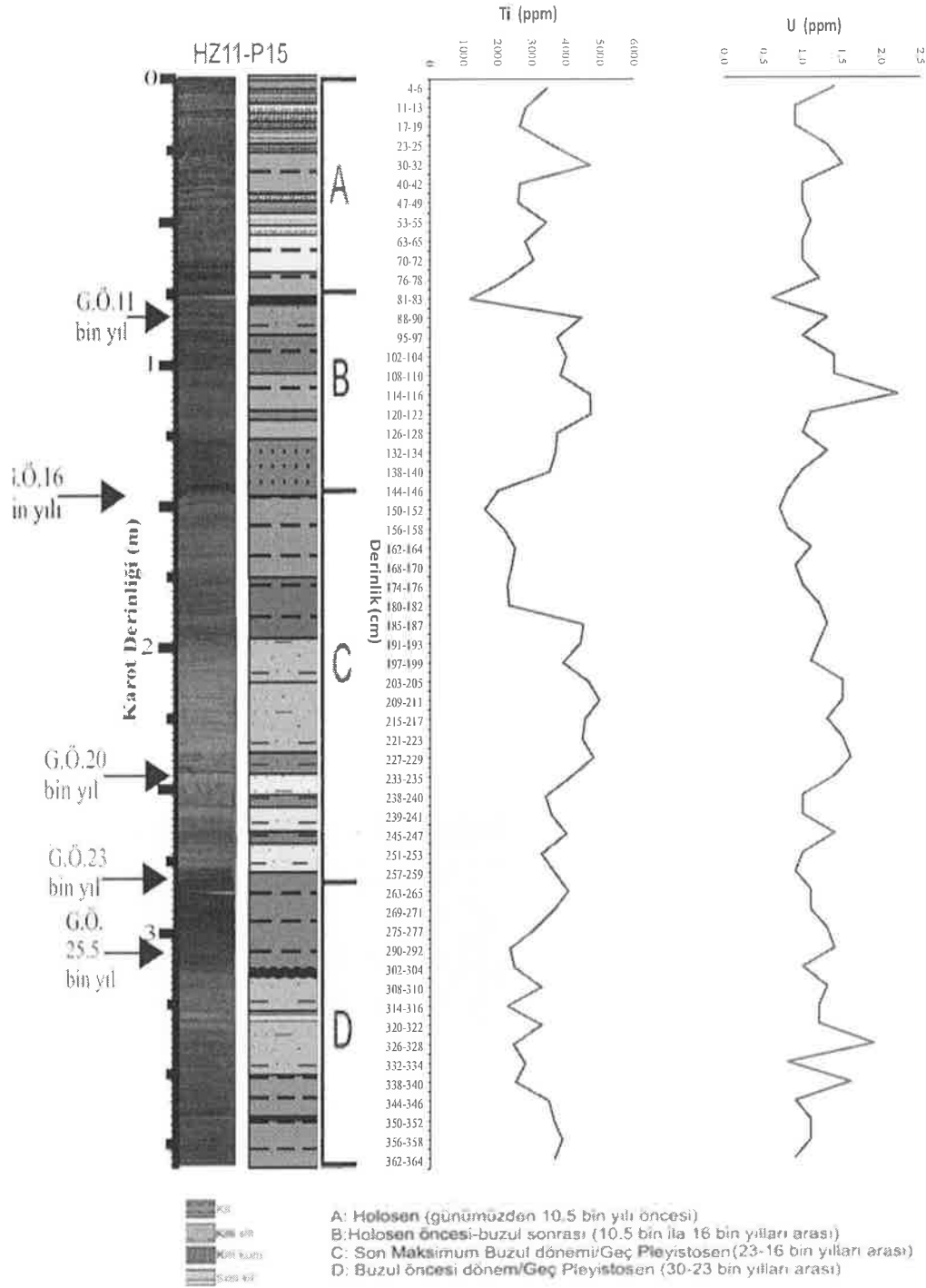
Karot örneğindeki U konsantrasyonunda analizi gerçekleştirilen diğer elementlerde olduğu gibi bütün derinlik profili boyunca düzensiz artış ve azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 4.3). U konsantrasyonu 362-364 cm derinlikte 0,9 ppm, 4-6 cm derinlikte ise 1,4 ppm olarak belirlenmiştir. En düşük U konsantrasyonu (0,6 ppm) 81-83 cm derinlikte tespit edilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek U değeri ise 114-116 cm derinlikte 2,2 ppm olarak kaydedilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 12000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Derinlik ile U konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon ($r=0.09$) saptanmamıştır. U konsantrasyonu ile Sn konsantrasyonu arasında kuvvetli derecede negatif korelasyon ($r=-0.70$) belirlenirken U konsantrasyonu ile Ti ve La konsantrasyonları arasında

kuvvetli derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.52$; $r=0.65$ sırasıyla) tespit edilmiştir (Tablo 4.1, Şekil 4.3).

4.9. Berilyum (Be)

Karot örneğindeki Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir.



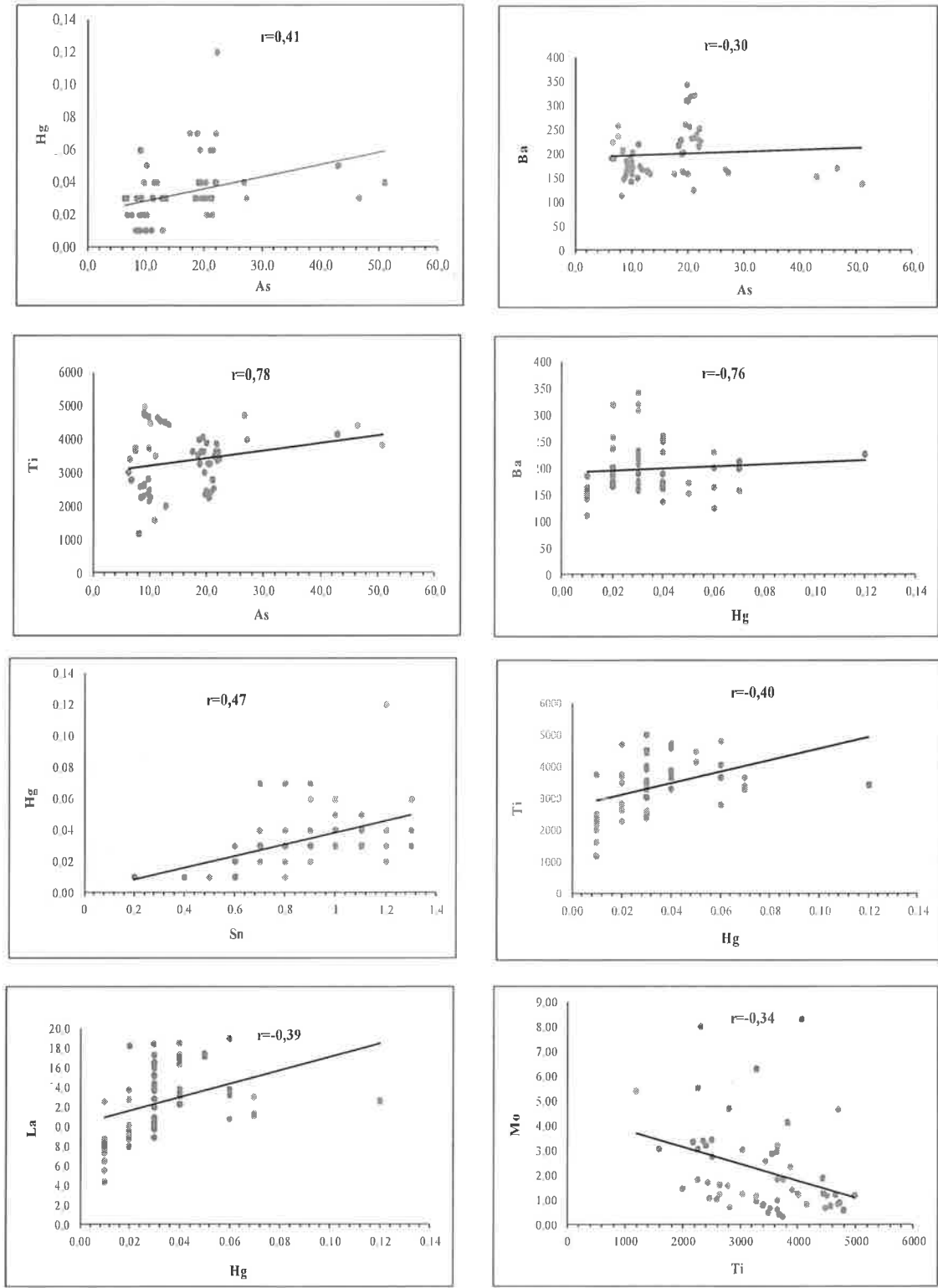
Şekil 4.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden alınan HZ11-P15 karot örneklerinde Ti ve U konsantrasyonlarının derinliğe, jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak değişimi.

Karot Örneğinde Derinlik Profili Boyunca Bazı Elementlerin Konsantrasyonlarının Değişiminin İstatiksel Yorumu

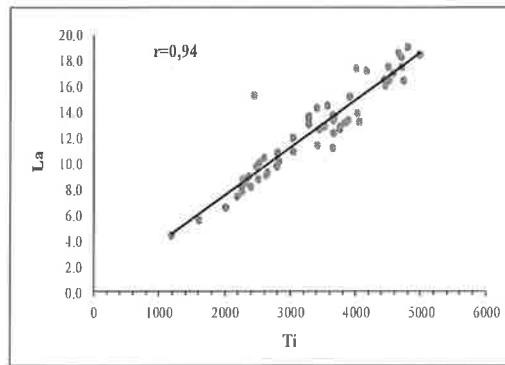
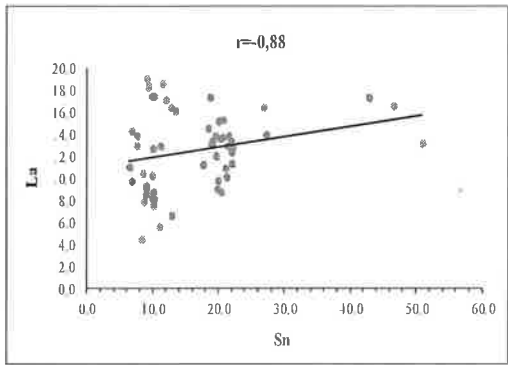
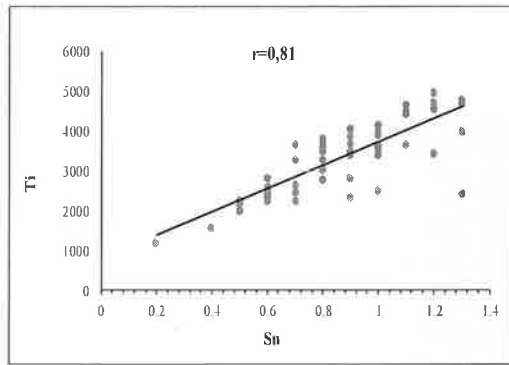
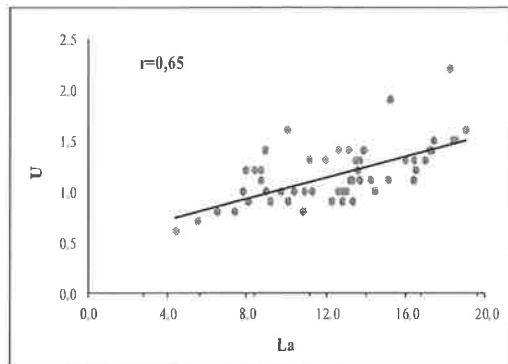
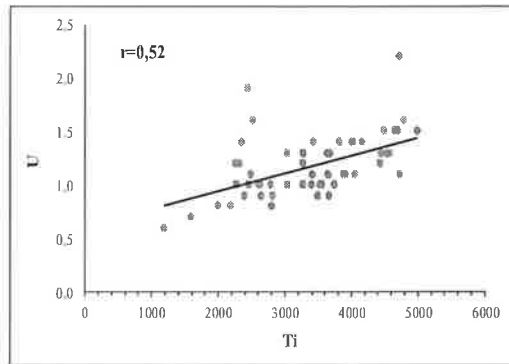
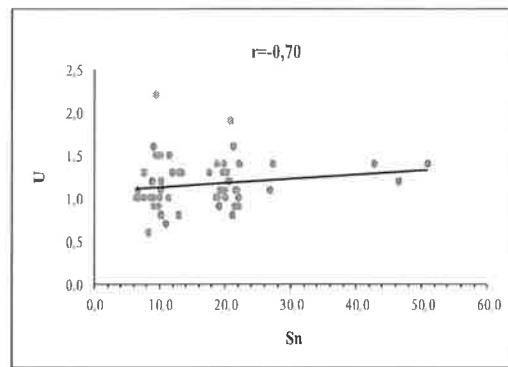
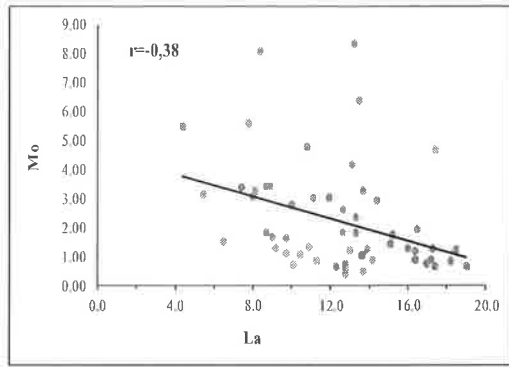
Değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek için yapılan korelasyon testi sonuçlarına göre birçok metalin birbiriyle ilişkili olduğu saptanmıştır. Ba'un sadece As ile orta derecede korelasyonu saptanmıştır. Ti, Hg, Sn, La, Sn ve U arasında ise birbiriyle orta ve güçlü derecede korelasyon olduğu saptanmıştır (Tablo 4.1, Şekil 4.4).

Tablo 4.1. Hazar Gölü karot örneğinde bazı metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri

	As							
As	1,00	Hg						
Hg	0,41	1,00	Mo					
Mo	0,13	-0,04	1,00	Ba				
Ba	-0,30	-0,76	-0,02	1,00	U			
U	-0,2	0,23	-0,14	-0,17	1,00	Sn		
Sn	0,11	0,47	-0,30	0,15	-0,70	1,00	Ti	
Ti	0,78	-0,40	-0,30	-0,14	0,52	0,78	1,00	La
La	0,14	-0,39	-0,38	-0,05	0,65	0,81	0,94	1,00



Şekil 4.4. Hazar Gölü karot örneğinde ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon grafikleri



Şekil 4.4. Devamı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında Hazar Gölü'nden alınan karot örneğinde;

1. Derinlik profili boyunca arsenik (As), civa (Hg), baryum (Ba), uranyum (U), kalay (Sn), berilyum (Be), titanyum (Ti), lantan (La) ve molibden (Mo) konsantrasyonları
2. Jeolojik devirler boyunca bu elementlerin konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir.

Karot örneğindeki en düşük As konsantrasyonu 2,1 ppm olarak 314-316 cm derinlikte belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 25000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek As değeri ise 108-110 cm derinlikte 50,9 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 11 bin yıl önceye ve Holosen Öncesi- Buzul Sonrası Döneme (10,5 bin ila 16 bin yılları arası)denk geldiği tespit edilmiştir.

Karot örneklerindeki en düşük Ba konsantrasyonu 111 ppm olarak 81-83 cm derinlikte tespit edilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Ba değeri ise 290-292 cm derinlikte 342 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 25,5 bin yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 30-23 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Karot örneğindeki en düşük Hg konsantrasyonu 0,01 ppm olarak 81-83, 95-97, 144-146, 150-152, 156-158, 162-164, 168-170, 174-176 ve 180-182 cm derinliklerde bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 11000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Hg değeri ise 4-6 cm derinlikte 0,12 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin günümüze denk geldiği bulunmuştur.

En düşük Sn konsantrasyonu (0,4 ppm) 150-152 cm derinlikte belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 16000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Sn değeri ise 227-229 cm ve 245-247 cm derinliklerde 1,3 ppm olarak kaydedilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.

Karot örneğindeki en düşük La konsantrasyonu 4,4 ppm ile 81-83 cm derinlikte bulunmuştur. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği kaydedilmiştir. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek La değeri ise 227-229 cm derinlikte 19,0 ppm olarak tespit edilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 20000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Karot örneğinde tüm derinlik profili boyunca en düşük Mo konsantrasyonu 0,34 ppm olarak 126-128 cm derinlikte kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 14000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek Mo değeri 263-265 cm derinlikte 8,29 ppm olarak kaydedilmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 23000 yıl önceye ve Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (30-23 bin yılları arası) denk geldiği tespit edilmiştir.

Hızlı-P15 karot örneklerindeki en düşük Ti konsantrasyonu (1190 ppm) 81-83 cm derinlikte tespit edilmiştir. Bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Ti değeri ise 209-211 cm derinlikte 4980 ppm olarak belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 18000 yıl önceye ve Son Maksimum Buzul Öncesi Dönem/Geç Pleyistosen Döneme (günümüzden 23-16 bin yılları arası) denk geldiği kaydedilmiştir.

En düşük U konsantrasyonu 0,6 ppm olarak 81-83 cm derinlikte belirlenmiş olup, bu derinliğin G.Ö. 10000 yıl önceye ve Holosen Döneme (günümüzden 10,5 bin yıl öncesi) denk geldiği bulunmuştur. Bütün derinlik profili boyunca en yüksek U değeri 114-116 cm derinlikte 2,2 ppm olarak kaydedilmiş ve bu derinliğin G.Ö. 12000 yıl önceye ve Holosen Öncesi-Buzul Sonrası Döneme (günümüzden 10,5 bin ila 16 bin yılları arası) denk geldiği belirlenmiştir.

Karot örneğindeki Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından tespit edilememiştir.

Hız11-P15 karotu ön değeriendirilmesi

Şekil 5.1’de Hız11-P15 karotunun derinlik profili, jeolojik devirler, sediment yaşı ve sediment yapısı verilmiştir. Hız11-P15 karotuna ait yorumlar aşağıda açıklanmıştır.

D: Buzul öncesi dönemde başlarda nispeten yüksek değerielerde olan Ti elementi bu dönemin sonuna doğru karotta oldukça düşük değerieler göstermektedir. Bu durum, gölde detritik kırıntı girdisinin buzul dönemi öncesinde yaklaşık G.Ö. 30 bin yıllarında yüksek iken daha sonra G.Ö.23 bin yıllarına yaklaştıkça iklimin nemliden daha kurak bir duruma dönüşmesi sonucunda göle olan kırıntı girdisinin azaldığını göstermektedir. Ba elementindeki yüksek değerielerin bu zamanda gölde canlı üretiminin de yüksek olabileceğini düşündürmektedir. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

C: Buzul dönemi karotta G.Ö.23 bin ila 16 bin yılları arasını kapsamaktadır. Bu dönem tüm dünyada ve de Avrupa’da bilinen Son Maksimum Buzul (Last Glacial Maximum) dönemidir ve bu dönem Sibirya’da, Antartika’da ve GÖrland’da buzulların ilerlediği zamana karşılık geldiği bilinmektedir. Hız11-P15 karotunda bu döneme karşılık gelen elementlerden Ti değerielerinin yüksek gözlenmesi bu dönemde karasal detritik girdinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, Hazar Gölü’nde Son Maksimum Buzul döneminde iklimin nispeten daha yağışlı olduğunu göstermektedir. Buna göre, bu dönemde göl seviyesi yükselmiş olmalıdır. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

B: Buzul sonrası dönem, G.Ö.16-10.5 bin yılları arasında yaşanmıştır. Bu dönemin özellikle ortalarına doğru Ti değerielerinin yüksek gözlenmesi yine karasal detritik girdinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak, bu dönemin sonuna doğru bu elementlerdeki dereceli düşüş ise Holosen başına doğru iklimin daha kurak bir hale dönüştüğünü göstermektedir. Holosen öncesinde G.Ö.11.5-10.5 bin yılları arasında yaşanan bu kurak döneme Genç Kurak dönem (Younger Dryas) denilmektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

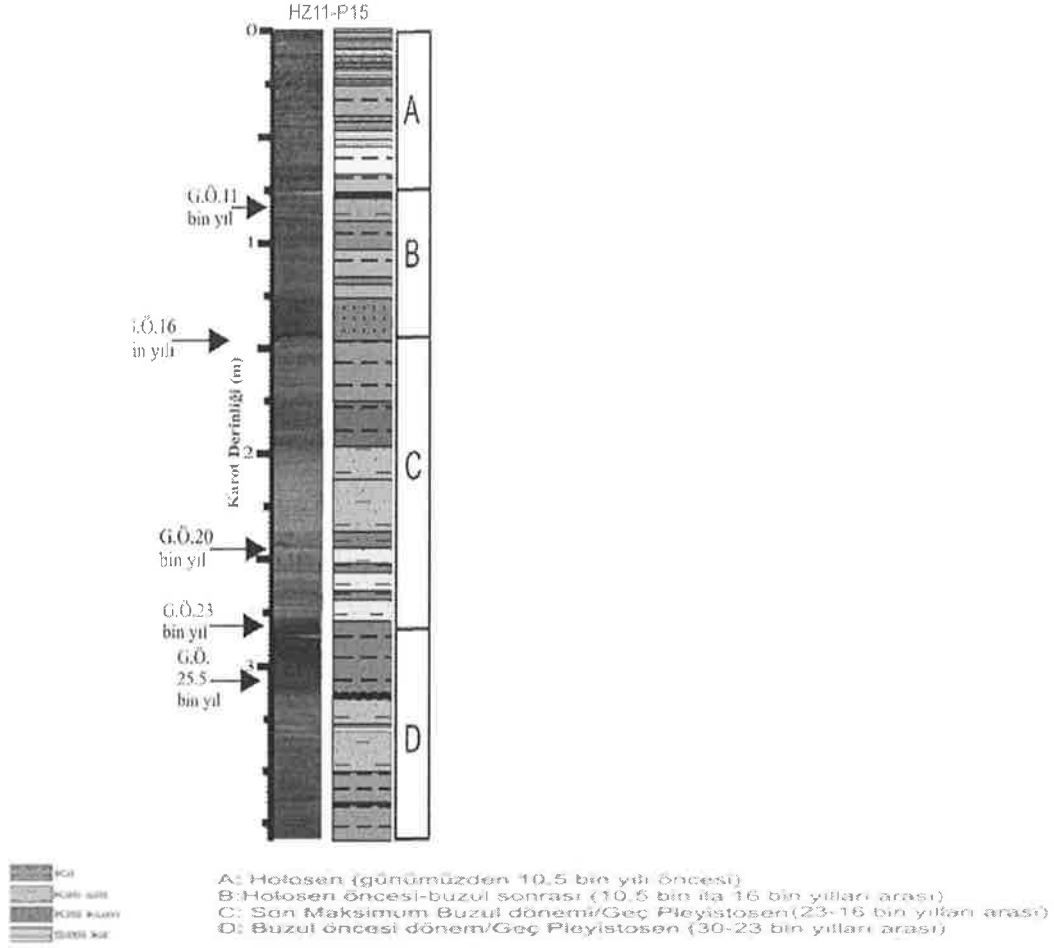
A: Holosen dönemi G.Ö. 10,5 bin yılında başlamıştır. Karotta bu döneme karşılık gelen bu seviyede Ti değerieleri üste doğru, Holosen döneminin sonlarına doğru dereceli olarak artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum, gölde Holosen başından sonuna doğru artan detritik kırıntı girdisini gösterdiğinden iklimin de giderek daha ılıman bir hale geldiğini

göstermektedir. Holosen dönemi özellikle tüm Avrupa’da sıcak bir iklimin başlangıcı olarak da bilinmektedir. Buna göre, Hazar Gölü’nde G.Ö.10,5 bin yılında başlayan sıcak ve ılıman iklimin etkilerini detritik kırıntı girdisinin de artmasından anlamaktayız. Bu elementlerde bu dönemin sonunda yeniden azalan değerler ise Holosen sonunda kırıntı girdisinin azaldığını gösterdiğinden iklimin de nispeten daha kurak bir hale dönüştüğü düşünülmelidir. Holosen başında artış gösteren Ba elementi daha sonra bu dönemin sonuna doğru azaldığı gözlenmektedir. Buna göre, gölde organik üretim Holosen başında nispeten yüksek iken bu dönem sonuna doğru azaldığı ortaya çıkmaktadır. Organik üretimin yüksek olduğu Holosen başında yüksek canlı üretiminin bir neticesi olduğu düşünülmelidir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

1: Orta Holosen sonu, G.Ö.2500 yılına kadar dayanmaktadır. Karotta bu seviyede detritik kırıntı girdisini gösteren Ti elementinde bu dönemin sonuna doğru dereceli olarak bir azalma gözlenmektedir. Buna göre, Orta Holosen sonuna doğru iklimin daha kurak olmaya başladığını gösterir. Ba elementi oldukça yüksek değerler gösterdiğinden Orta Holosen sonuna doğru organik üretimin arttığını göstermektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

2: Karotta Geç Holosen başı G.Ö.2500 yılında başlamaktadır. Karotta G.Ö.2500 ile 2000 yılları arasında karotun bu seviyesinde Ti elementindeki yüksek değerler bu dönemde kırıntı girdisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Karotta bu seviyenin başlarında da çökellerin genelde kumlu-silt veya silt boyutunda olması zaten yüksek kırıntı girdisini de göstermektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

3: Geç Holosen sonu karotta G.Ö.2000 yılı ile başlar ve karotun en üst kısmına yani günümüze kadar uzanır. Bu seviyede Ti elementi yüksek değerler gösterse de üste doğru zaman zaman değerlerin yüksek sıklıkta azalıp yükseldiği gözlenmektedir. Bu durum bu dönemde gölde genel olarak ılıman bir iklimin hüküm sürdüğü anlaşılrsa da daha kısa periyotlarda kurak dönemlerin, yani kırıntı girdisinin az olduğu dönemleri temsil etmektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).



Şekil 5.1. Hazar Gölü'nden alınan HZ11-P15 karot örneklerinde derinlik profiline ve jeolojik devirlere ve yaşı bağı olarak sediment yapısı (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Proje).

İklimsel şartlar (yağmur, kar, donma, çözünme) topoğrafyanın eğimi ve kayaç türleri, çevrenin dağılıma olan etkilerini belirler. Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Hazar Gölü ve çevresi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerine oranla daha az karasal olan iklim ile Güneydoğu Anadolu'nun bozulmuş Akdeniz iklimi arasında bir geçiş sahasında yer almaktadır (Güneş ve Yiğit, 1995). Çalışma alanı bir taraftan ana çizgileriyle kuzeyinde ve güneyinde yer alan bu iklimlerin özelliklerini taşıyarak, bir taraftan da kendine özgü iklim şartlarıyla dikkati çekmektedir. Klimagram yöntemi ile yapılan iklim sınıflamasına göre Hazar Gölü havzası soğuk karasal özellik göstermektedir. Elazığ meteoroloji istasyonu 2000 yılı verilerine göre çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölgede yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,9°C ve yıllık ortalama yağış 551,7 mm'dir. Yine aynı alan içerisinde bulunan Sivrice'nin yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,8°C derecedir ve

yıllık ortalama yağış değeri 600,7 mm'dir. Havzada ölçülen en düşük sıcaklıklar ocak ayında, en yüksek sıcaklıklar temmuz ayında görülmektedir. Havza en fazla yağışı nisan ayında alırken, en yağışsız geçen ay ağustos ayıdır (Arslan, 2014). Bu açıklamalar göz önüne alındığında Hazar Gölü sedimentinde biriken ağır metal konsantrasyonlarının değişimi üzerinde iklimsel faktörlerde etkili olmaktadır.

Turekian ve Wedephol (1961) ile Krauskoph (1985) arseniğin (As) ortalama bulunuş miktarının yer kabuğunda 1.3 ppm, derin deniz killlerinde ve şeyllerde ise 13 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Arsenik açısından çevre kirliliğine sebep olan kaynaklar arasında antropojenik kökenli olarak ise tarımda kullanılan insektisit, herbisit ve pestisitler ile endüstriyel atıksular yer almaktadır (Vural, 1993; Şener, 2010). Bu tez çalışmasında As konsantrasyonunun 2,1-116,6 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş olup, Turekian ve Wedephol (1961) ile Krauskoph (1985) tarafından belirtilen değerin oldukça üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu durum karot örneği alınan bölgede antropojenik kökenli kirliliğin söz konusu olabileceğini düşündürmektedir.

Byrne ve DeLeon (1987), Pontchartrain Gölü'nde sedimentte bazı ağır metallerin kaynaklarını araştırdıkları çalışmada, Gölün kuzey ve güney kesimlerinden alınan sediman örneklerinde Ba, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Göl sedimanından alınan örneklerde gölün batısından doğusuna doğru ağır metal konsantrasyonunun arttığını ve bu durumun bu hat boyunca nüfusun ve kentleşmenin artmasından kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Ağır metallerin en önemli kaynaklarının kentsel bölgelerden gelen yüzeysel akış ve atıksu deşarjları olduğunu belirtmişlerdir. Hazar Gölü çevresinde de yoğun yerleşim yerleri ve tarım arazileri yer almaktadır. Dolayısıyla Hazar Gölü'ne de yüzey akışlar vasıtasıyla ağır metallerin taşınması söz konusudur.

Lavilla vd., (2006) Resposuso Gölü (İspanya)'nda derinlik profili boyunca bazı elementlerin (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn, Si, Al, Fe, Mn, Na, K, Mg, Ca, Ti, C, P, N ve S) birikim düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda As konsantrasyonunun 15,3-339,5 µg/g, Ba konsantrasyonunun 387-456 µg/g ve Hg konsantrasyonunun 0,016-0,067 µg/g arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. En düşük As konsantrasyonunu 48 cm derinlikte, en düşük Ba konsantrasyonunu 30 cm derinlikte ve en düşük Hg konsantrasyonunu 57; 58,5 ve 60 cm derinliklerde tespit etmişlerdir. En yüksek As, Ba ve Hg konsantrasyonlarını ise sırasıyla 7,5 cm; 43,5 cm ve 49,5 cm derinlikte bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında en düşük As konsantrasyonu 2,1 ppm olarak 314-316 cm derinlikte, en yüksek As konsantrasyonu 116,6 ppm olarak 332-334 cm

derinlikte tespit edilmiştir. En düşük Ba konsantrasyonu 111 ppm ile 81-83 cm derinlikte, en yüksek Ba konsantrasyonu 342 ppm ile 290-292 cm derinlikte belirlenmiştir. En düşük Hg değerleri 0,01 ppm olarak 81-83, 95-97, 144-146, 150-152, 156-158, 162-164, 168-170, 174-176 ve 180-182 cm derinliklerde bulunmuştur. Tüm derinlik profili boyunca en yüksek Hg değeri ise 0,12 ppm olarak 4-6 cm derinlikte kaydedilmiştir. Bu tez çalışmasında bulunan değerler Lavilla vd., (2006) tarafından Respomuso Gölü'nde buldukları elementlerin konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Karadede ve Ünlü (2000) Atatürk Baraj Gölü'nden alınan sediment örneklerinde bazı ağır metallerin birikimlerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn değerleri tespit edilmiş ve Cd, Co, Hg, Mo ve Pb konsantrasyonunun ise cihazın ölçüm duyarlılığının altında kaldığından belirlenemediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca Atatürk Baraj Gölü'nde sedimentte en fazla biriken metalin Fe olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında, Karadede ve Ünlü (2000)'nün bulgusunun aksine Hazar Gölü'nden alınan karot örneğinde bütün derinlik profili boyunca Hg ve Mo konsantrasyonları tespit edilmiş olup, Hg konsantrasyonunun 0,01-0,12 ppm, Mo konsantrasyonunun ise 0,34-8,02 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Tekin-Özan ve Kir (2008), Beyşehir Gölü'nden aldıkları sediment örneğinde Ba konsantrasyonunun yüksek olduğunu, Ba konsantrasyonunun 10,98-30,30 ppm arasında değişim gösterdiğini ve ortalama 20,42 ppm olduğunu tespit etmişlerdir. Tekin-Özan ve Aktan (2012), Işıklı Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Ba konsantrasyonunun 8,99-245,04 ppm arasında değiştiğini, en düşük değerlerin kış mevsiminde (ortalama 50,70 ppm), en yüksek değerlerin ise yaz mevsiminde (ortalama 103 ppm) olduğunu rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında karot örneğinde tüm derinlik profili boyunca Ba değerlerinin 111-342 ppm arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değerlerin Beyşehir Gölü ve Işıklı Gölü'nde yüzey sediment örneklerinde tespit edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tang vd. (2010), Doğu Çin'de bulunan Chaohu Gölü çevresinde göl kıyısına yakın belirlenen 10 istasyonda tarım faaliyetlerinden kaynaklanan ve yüzeysel akışlar ile göle taşınan bazı ağır metallerin sedimanda birikimini araştırmışlardır. Bölgede tarımda kullanılan gübrelerin As, Cd, Hg, Ni, Pb ve Zn içerdiğini, bu metallerin göle taşınması ile bütün istasyonlarda özellikle Cd, Pb ve Zn konsantrasyonunun arttığını tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise As değerlerinin 2,1-50,9 ppm, Hg değerlerinin 0,01-0,12 ppm arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değerler antropojenik kökenli kirliliğin olabileceğini göstermektedir. Hazar Gölü çevresinde tarımsal faaliyetler yoğun olup, bu bölgelerde

kullanılan tarım ilaçları ve gübrelerde bulunan As ve Hg'nın yüzeysel akışlarla Hazar Gölü'ne taşınmış olabileceğini düşündürmektedir.

Thevenon vd. (2011), İsviçre'deki Lucerne ve Meidsee Gölleri'nden alınan sedimanlarda bazı ağır metallerin birikimini tarih öncesi dönemlerden günümüze kadar değişimini incelemişlerdir. Bronz çağında bölgedeki madencilik faaliyetlerinin Pb ve Hg birikimini arttırdığını ancak insan kaynaklı birikimin doğal birikim ile karşılaştırıldığında çok büyük bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Antropojenik kaynaklı Pb ve Hg birikiminin özellikle Roma İmparatorluğu (M.Ö. 300–M.S. 400), orta çağ dönemi (M.S. 1400), erken modern Avrupa (M.S. 1600) dönemlerinde artan madencilik faaliyetlerine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Ancak en önemli etkinin 1850'lerdeki sanayi devrimi ile gerçekleştiğini ve 20. yüzyıl sanayi faaliyetlerinin göllere Pb ve Hg taşınımını doğal taşınım oranla 10 kat arttırdığını belirlemişlerdir. Bu tez çalışmasında da Hg'nın sedimentte (0,01-0,12 ppm) yüksek değerlerde tespit edilmesi Hazar Gölü'ne yüzeysel akışlarla taşınmış olabileceği kanaatini oluşturmuştur.

Barros de Oliveira vd. (2012), Brezilya'nın güneydoğusunda bulunan Lagoa Vermelha Gölü sedimanının dikey profilinde bazı ağır metallerin konsantrasyonunu araştırmışlardır. Sedimanda yapılan 14C analizi sonucunda sediman örneğinin yaşını 2430 olarak belirlemişlerdir. Özellikle son 180 yılda ağır metal konsantrasyonlarının önemli derecede değiştiğini rapor etmişlerdir. Ağır metallerden özellikle Pb, Zn, Ag, Hg ve Ni birikiminin son 50 yılda arttığını ve bunun sebebinin gölün uzak çevresindeki madencilik ve taşımacılık faaliyetleri sonucu atmosfere salınan metallerin taşınım ile göle ulaşması olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü sedimentinde tespit edilen ağır metallerin, tarım arazilerinden yüzeysel akışlarla taşınmış olabileceğini göstermektedir.

Guo vd. (2015) Çin'in kuzey bölgesinde bulunan Baiyangdian Gölü'nde yaptıkları çalışmada 210Pb izotop tekniğini kullanarak sedimanın yaşını belirlemişler ve sedimandaki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının 1859-2011 yılları arasındaki değişimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, sedimandaki As konsantrasyonunun 1900-1910 ve 1960-1970 yılları arasında önemli derecede arttığını rapor etmişlerdir. Bunun sebebinin ise, bölgede açılan demir-çelik sanayi ve As içeren pestisitlerin kullanımı olabileceğini ifade etmişlerdir. Sedimandaki Cd, Pb ve Hg konsantrasyonlarının da sırasıyla 1970, 1990 ve 1958'den itibaren arttığını belirlemişlerdir. Bunun sebebinin ise bölgede açılan makine endüstrisi, kömür ile çalışan termik santral ve kurşunlu benzinin kullanımı ile ilgili olabileceğini rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü sedimentinde Hg

konsantrasyonunun yüksek olduğu (0,01-0,12 ppm) bulunmuştur. Hazar Gölü çevresinde endüstri kuruluşu olmayıp, tarımsal faaliyetler fazladır. Bu nedenle Hazar Gölü sedimentinde tespit edilen Hg'nin kaynağı tarımsal alanlarda kullanılan tarım ilaçları ve gübreler olabilir.

Tarım ilaçları ve gübreler yüksek oranda nitrit, fosfat, arsenik ve civa içerirler. Toprak bu ağır metallerce zenginleşir ve toprak erozyonuyla bu sedimentler nehir, göl ve denizlere taşınırlar (Yılğör, 2009). Zheng vd., 2008; gübreleme ve tarımsal ilaçlama uygulanan alanlarda yapmış oldukları çalışma bu alanlardaki toprakta 0.777 ppm'e ulaşan yüksek Hg derişimleri saptamışlardır. Bu tez çalışmasında da Hazar Gölü sedimentinde As ve Hg'nin yüksek değerlerde belirlenmiş olması bölgede tarım alanlarında kullanılan tarım ve gübrelerde bulunan As ve Hg'nin yüzey akışlarla göle taşınmış olabileceğini düşündürmektedir.

Yapılan çalışmalardaki farklılıkların nedeni olarak, göl ekosisteminin bulunduğu havzanın jeolojik yapısı, biyolojik ve hidrolojik süreçler, iklimsel faktörler ve göl havzasındaki endüstriyel ve tarımsal faaliyetler vb. gösterilebilir.

Sucul ekosistemlerde sediment tabakası kirleticiler için bir rezervuar görevi yapmaktadır. Dayanıklılık gösteren inorganik ve organik kökenli kirletici maddeler sedimentte birikebilir ve uzun yıllar bu maddelerin birikmesi, sucul organizmalar ve insan sağlığı için toksik etkiye sebep olabilir. Sediment kalitesinin korunması, sucul yaşam, insan yaşamı ve ekolojik dengenin korunmasının yanısıra, ulusal sınırdaki su kütlelerinin biyolojik olarak korunması ve tekrar iyileştirilmesi için de önemlidir. Sediment kirleticileri ya doğrudan etkilerle veya sürdürülebilir popülasyonların ihtiyacı olan besin zincirini etkileyerek, rekreasyonel, genel veya ekolojik önemi olan türlerin azalmasına ve/veya ortamdaki kaybolmasına neden olabilir. Ayrıca, bazı sediment kirleticileri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin bir sonucu olarak besin zinciri boyunca birikebilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilir (USEPA, 2001).

Ülkemizde sediment kalitesini belirlemeye yönelik çalışma sayısı genel olarak az olup, yapılan çalışmalar genelde belirli bir bölge ile sınırlı kalmaktadır. Sediment kalitesini korumak ve iyileştirmek için yapılacak çalışmalar ve alınacak önlemler bir bütün içerisinde düşünüldüğü ve değerlendirildiği zaman sucul ekosistemin sürdürülebilir kullanımında etkili olabilmektedir. Bu tez çalışmasının Hazar Gölü'nün sürdürülebilir kullanımı konusunda şu anda ülkemizde söz sahibi bulunan ilgili birimlerin alacağı kararlarda fikir oluşturması ve oluşturulacak stratejilerde yöntemlerin daha doğru tespit edilmesine ve

sürdürülebilir ekosistem yönetim modellerinin tasarlanmasına katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Ayrıca, ülkemizde benzer çalışmaların çok yaygın olmaması ve ileride bu alanda yapılacak olan çalışmalara ışık tutabilecek olması nedeniyle bu tez çalışmasının önem arz edeceği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Akbay, N. ve Anul, N., 1995. Hazar (Gölcük) Gölü'nün Su Ürünleri Yönünden Değerlendirilmesi, *1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları **2**, 111-121.
- Aksoy, A., Duman, F. and Demirezen, D., 2007. Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey, *Environ Monit Assess*, **133**, 277–283.
- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurensen, L.J.B., Stagnitti, F. and Snow, E.T., 2002. A Comparison of Trace Element Concentrations in Cultured and Wild Carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **53**, 348-354.
- Al-Saadi, H.A., Al-Lami, A.A., Hassan, F.A. and Al-Dulymi, A.A., 2002. Heavy Metals in Water, Suspended Particles, Sediments and Aquatic Plants of Habbaniya Lake, Iraq. *Intern. J. Environ. Studies*, **59 (5)**, 589-598.
- Arslan, N., Tokatlı, C., Çiçek, A. and Köse, E., 2011. Determination of Some Metal Concentrations in Water and Sediment Samples in Yedigöller Region (Kütahya), *Review of Hydrobiology*, **4 (1)**, 17-28.
- Arslan, T.N., 2014. Hazar Gölü'nde (Elazığ) Geç Pleyistosen Holosen Dönemi İklimsel Değişimlerin Sedimantolojik ve Jeokimyasal Bulgular ile Saptanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ayaz, S., 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi: Susurluk Havzası. *Proje kodu: 5098115. Proje Sonuç Raporu*, Cilt I, Kocaeli.
- Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R. and Zehnalek, J., 2008. Uncommon Heavy Metals, Metalloids and Their Plant Toxicity, *Environmental Chemistry Letters*, **6**, 189-213.
- Bai, J., Cui, B., Chen, B., Zhang, K., Deng, W., Gao, H. and Xiao, R., 2011, Spatial Distribution and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments From a Typical Plateau Lake Wetland, China, *Ecological Modelling*, **222**, 301–306
- Barros de Oliveira, S.M., Ruiz Pessenda, L.C., Teixeira Favaro, D.I. and Babinski, M., 2012. A 2400-Year Record of Trace Metal Loading in lake Sediments of Lagoa Vermelha, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **33(1)**, 1-7.

- Başkan, Ö.**, 2010. Marmara Bölgesi'nde Ağır Metal Zehirlenmeleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Başıyigit, B. and 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**, **3**, 633-644.
- Becker, A., Klöck, W., Friese, K., Schreck, P., Treutler, H.-C., Spettel, B. and Duff, M.C.**, 2001. Lake Süßer See as a Natural Sink for Heavy Metals From Copper Mining, *Journal of Geochemical Exploration*, **74**(1-3), 205-217.
- Bettini, S., Ciani, F. and Franceshini, V.**, 2006. Recovery of the Olfactory Receptor Neurons in the African Tilapia (*Tilapia nilotica*) Following Exposure to Low Copper Level, *Aquatic Toxicology*, **76**, 321-328.
- Bingöl, A.F.**, 1986, Elazığ Yöresinde Doğu Torosların Tektono-stratigrafik Özellikleri, Elazığ Çevresinde Fırat Havzasının Jeolojisi ve Yeraltı Zenginlikleri Sempozyumu (Basılmamış bildiri metni), ELAZIĞ.
- Bölükbaşı, V. and Akın, B.S.**, 2016. Agriculturally Induced Heavy Metal Accumulation in Seyfe Lake, Turkey, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **96**(3), 401-7.
- Byrne, C.J. and DeLeon, I.R.**, 1987. Contributions of Heavy Metals from Municipal Runoff to the Sediments of Lake Pontchartrain, Louisiana, *Chemosphere*, **16**(10-12), 2579-2583.
- Carranza, A.C., Alono, C.JA., Alfora, C. and De la Cruz, R.F.G.**, 2007. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an Artificial Lagoon in San Luis Potosi, Mexico, *Water Air and Soil Pollution*, **188**, 297-309.
- Cox, E.S., Bell, P.R., Lowther, J.S. and VanMetre, P.C.**, 2002. Vertical Distribution of Trace-Element Concentrations and Occurrence of Metallurgical Slag Particles in Accumulated Bed Sediments of Lake Roosevelt, Washington, *USGS Scientific Investigations Report* 2004-5090.
- Dostbil, M.**, 2010. Mogan Gölü'nde Su ve Sedimentte Ağır Metal Düzeylerinin Tespiti; Sazan (*Cyprinus carpio*) ve Kadife (*Tinca tinca*) Balık Dokuları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Eriş, K.K.**, 2013. Late Pleistocene-Holocene Sedimentary Records of Climate and Lake-Level Changes in Lake Hazar, Eastern Anatolia, Turkey, *Quaternary International*, **302**, 123-134
- Eriş, K.K., Arslan, T.N. and Sabuncu, A.**, 2017. Influences of Climate and Tectonic on the Middle to Late Holocene Deltaic Sedimentation in Lake Hazar, Eastern Turkey, *Arabian Journal for Science and Engineering*, **43**, 3685–3697.
- Förstner, U. and Wittmann, G.T.W.**, 1983. Metal Pollution in the Aquatic Environments, 366p, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Golterman, H.L., Sly P.G. and Thomas R.L.**, 1983. Study of The Relationship Between Water Quality and Sediment Transport, France, *UNESCO Technical Papers in Hydrology*.
- Guo, W., Huo, S. and Ding, W.**, (2015). Historical Record of Human Impact in a Lake of Northern China, Magnetic Susceptibility, Nutrients, Heavy Metals and OCPs, *Ecological Indicators*, **57**, 74-81.
- Gündüz, T. ve Çukur, A.**, 1984. Hazar Gölü Ağır Metal Kirlenmesi, Sempozyum'6, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Su Kaynakları ve Sorunları Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Güneş, H., ve Yiğit A.**, 1995. Hazar Gölü Havzasının Hidrografik Özellikleri, 1. *Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, **2**, 91-105.
- Güroca Z.**, 1993. Sivrice (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst, Elazığ.
- Han, M.Y. and Cao, J.**, 2011. Distribution and Ecotoxicological Significance of Trace Element Contamination in a 50 Years Record of Sediments in Lake Chaohu, Eastern China, *Journal of Environmental Monitoring* **13**, 743-752
- Hempton, M.R.**, 1985. Structure and Deformation History of the Bitlis Suture Near Lake Hazar, Southeastern Turkey. *Geological Society of American Bulletin* **96**, 233–243.
- Hempton, M.R., Dunne, L.A. and Dewey, J.F.**, 1983. Sedimentation in Active Strike-Slip Basin, Southeastern Turkey. *Journal of Geology*, **91**, 401–412.
- Hempton, M.R. and Dunne, L.A.**, 1984. Sedimentation in Pull-Apart Basins: Active Examples in Eastern Turkey. *Journal of Geology* **92**, 513–530.

- Herece, E. ve Akay, E.**, 1992. Karlıova-Çelikhan Arasında Doğu Anadolu Fayı (East Anatolian Fault between Karlıova and Çelikhan), *9th Petroleum Congress of Turkey*, 361–372
- Huntington, E.**, 1902. The Valley of the Upper Euphrates River and Its People, *Geological Society of America Bulletin*, **34**, 301–318.
- Ikem, A. and Egiebor, N.O.**, 2005. Assessment of Trace Element in Canned Fish (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) Marketed in Georgia and Alabama, USA, *Journal of Food Composition and Analyses*, **18**, 771-787.
- Kaptan, H. ve Özcan S.T.**, 2014, Eğirdir Gölü’nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan’ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi, *SDU Journal of Science (E-Journal)*, **9**, 44-60
- Karadede, H. ve Ünlü, E.**, 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species From the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, **41**(9), 1371-1376.
- Karlsson, S., Düker, A. and Grahn, E.**, 2007. Sediment Chronologies of As, Bi and Ga in Sweden Impact of Industrialisation. *Journal of Environmental Science*, **42**, 155-164.
- Kaya, A.**, 1993. Gezin-Maden (Elazığ) Çevresinde Jeolojik Araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., Elazığ.
- Kır, İ., Tekin-Özan, S. ve Tuncay, Y.**, 2007. Kovada Gölü’nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **24**, 155-158.
- Kıracı, A.**, 2014. Azap Gölü’nün Sedimentlerindeki ve Sularındaki Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Adnan Menderes Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı.
- Krauskopf, K.B.**, 1985. Introduction to Geochemistry, 2.nd Edition, McGraw-Hill International Series in the Earth and Planetary Sciences. 617.
- Külahcı, F.**, 2016. Spatiotemporal (Four-Dimensional) Modeling and Simulation of Uranium (238) in Hazar Lake, Turkey, *Water Environmental Earth Sciences*, **75**, 452.
- Lavilla, P., Filgueiras, A.V., Valverde, F., Millos, J., Palanca, A. and Bendicho C.**, 2006. Depth Profile of the Elements in a Sediment Core of a High-Altitude Lake Deposit at the Pyrenees, Spain. *Water, Air and Soil Pollution. Int.*, **172**, 273-293.

- Leopold, E.N., Baussand, P. and Emmanuel, E.G.,** 2012. Heavy Metals Accumulation in Sediment Cores of the Municipal Lake of Yaounde, Cameroon, *Global Journal of Environmental Research*, **6(3)**, 100-110.
- Liaghati, T., Proda, M. and Malcolm, C.,** 2003. Heavy Metal Distribution and Controlling Factors Within Costal Plain Sediments, Bell Grek Catchment, Southeast Queensland, Australia, *Environment International*, **29**, 935-948.
- Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X. and Bai, B.,** 2013. Spatial Risk Assessment and Sources Identification of Heavy Metals in Surface Sediments From the Dongting Lake, Middle China, *Journal of Geochemical Exploration*, **132**, 75–83.
- Liu, W., Wu, J. and Pan, X.,** 2016 A 100 Years Record of Climate Change and Human Activities Inferred From the Geochemical Composition of Sediments in Chaiwopu Lake, Arid North West China, *Journal of Limnology*, **75**, 297-304.
- Liu, Y., Chen. C. and Yang, S.,** 2019. Assessment of Anthropogenic Impact Versus Climate Change on the Succession of the Diatom Community in Lugu Lake (Yunnan-Guizhou Plateasu, China) Using the Sedimentary Record of Geochemical Elements, *Water MDPI*, **11**.
- Loganathan, B.G., Alexander, C.R., Chien, I. and Sajwan, K.,** 2005. Temporal Treends of Inorganic Element in Kentucky Lake Sediments, *Trace Elements in the Enviroment*, U.K., 147-154
- Ma, L., Wu, J., Abuduwaili, J. and Liu W.,** 2016. Geochemical Responses to Anthropogenic and Natural Influences in Ebinur Lake Sediments of Arid Northwest China, *PLoS ONE* **11**.
- Markert, B.,** 1993. Plant as Biomonitors, Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment, VCH Weinheim, New York/Basel/Cambridge
- Mendil, D. and Uluözlü, Ö. D.,** 2007. Determination of Trace Metal Levels in Sediment and Five Fish Species From Lakes in Tokat, Turkey, *Sicience DirectFood Chemistry*, **101**, 739–745.
- Moreno, D.G., Ferrari, A.H., Moernaut, J. and Fraser, J.G.,** 2010. Structure and Recent Evolution of the Hazar Basin: A Strike-Slip Basin on the East Anatolian Fault, Eastern Turkey, *Basin Research*, **23**. 191-207.
- Muehlberger, W.R. and Gordon, M.B.,** 1987. Observation on the Complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *Journal of Structural Geology*, **9**, 899–903.

- Mutluay, H. ve Demirak, A.,** 1996. *Su Kimyası*, Beta Yayınları, İstanbul.
- Nguyen, H.L., Leermakers, M., Osán, J., Török, S. and Baeyens, W.,** 2005. Heavy Metals in Lake Balaton: Water Column, Suspended Matter, Sediment and Biota, *Science of the Total Environment*, **340**, 213– 230.
- Numann, W.,** 1955. Hazar Gölü'nün ve Murat Suyu'nun Balıkçılık Bakımından Ehemmiyeti, EBK. *Balık ve Balıkçılık Dergisi*, Cilt III, **10(12)**, 1-5.
- Özdemir, M.A.,** 1995. Hazar Gölü (Elazığ) Havzasının Jeomorfolojisi ve Gölün Oluşumu, *1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, **2**, Sivrice, 121-149.
- Özmen, H., Külahcı, F., Çukurovalı, A. and Doğru, M.,** 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake, Elazığ, Turkey, *Chemosphere*, **55**, 401–408.
- Perinçek, D.,** 1979. a. Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya Alanının Jeolojisi ve Petrol İmkanları, Ankara, *TPAO Raporu*, No:1363.
- Perinçek, D.,** 1979. b. The Geology of Hazro-Korudağ Çüngüş-Maden- Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya Region, *Guid book, Geological Society of Turkey, Spec. Publ.*, **33**.
- Perinçek, D.,** 1987. “Trakya Havzası Renç Fay Zonunun Sismik Özellikleri”, *Türkiye 7. Petrol Kongresi*, 11-21.
- Perry, J. and Vanderklein, E.,** 1996. *Water Quality Management of a Natural Resource*, 639p, Blackwell Science.
- Phipps, D.,** 1981. Chemistry and Biochemistry of Trece Metals in Biological Systems, Liverpool.
- Rossi, R.J., Bain, D.j., Hillman, A.U., Pompeani, D.p., Finkenbinder, M.S. and Abbott M.B.,** 2017. Reconstructing Early Industrial Contributions to Legacy Trace Metal Contamination in Southwestern Pennsylvania, *Environmental Science & Technology* **51**, 4173-4181
- Sağiroğlu, A. ve Çetindağ, B.,** 1995. Hazar Gölü'nün Kürk ve Mogal Derelerinden Kaynaklanan Şiltlenmesi, *1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları **2**, 33-41.
- Sancer, O. and Tekin-Özan, S.,** 2016. Seasonal Changes of Metal Accumulation in Water, Sediment and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel Growing in Lake Kovada, Isparta, Türkiye, *SDU Journal of Science (E-Journal)*, **11(2)**, 45-60.

- Schindler, D.W.**, 1987. Detecting Ecosystem Responses to Anthropogenic Stres, *Aquatic Science*, **44**, 6-25.
- Seshan, B.R.R., Natesan, U. and Deepthi, K.**, 2010. Geochemical and Statistical Approach for Evaluation of Heavy Metal Pollution in Core Sediments in Southeast Coast of India, *International Journal of Environmental Science & Technology*, **7(2)**, 291-306.
- Strömgren, M. and Brunberg, A.K.**, 2006. Elemental Compoition of a Deep Sediment Core from Lake Stocksjön in the Forsmark Area, *Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.*, Stockholm, Sweden, 32.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. Naz, H.**, 1985. Elazığ-Hazar-Palu Alanının Jeolojisi, *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi*, **29**, 83-191.
- Szymanowska, A., Samecka-Cymerman, A., and Kempers, A.J.**, 1999. Heavy Metals in Three Lakes in West Poland, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **43**, 21-29.
- Şen, B. and Canpolat, Ö.**, 2010. Hazar Gölü (Elazığ) Litoral Bölgesinin Sediment Kompozisyonu, *e-Journal of New World Sciences Academy Ecological Life Sciences*, **5(4)**, 326-331.
- Şen, B. ve Topkaya, B.**, 1993. Elazığ İli Çevresindeki Göllerin Kirlilik Düzeyleri, 2. International Symposium of Ecology and Environmental Problems, Ankara, Türk-Alman Kültür İşleri Kurulu Yayın Dizisi, **3**, 70-75.
- Şen, B., Koçer, M.A.T., Canpolat, Ö., Alp, M.T., Türkgülü, İ. ve Sönmez, F.**, 2007. Pollution and Siltation Effects of the Running Waters on Lake Hazar and Restoration Practice to Minimize These Threats, *International Congress River Basin Management*, 308-318, 22-24 March, Antalya, Turkey.
- Şener, Ş.**, 2010. Eğirdir Göl Suyu ve Dip Sedimanlarının Hidrojeokimyasal Özellikleri, *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **348**, Isparta.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F.**, 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape. Turkey as a Case Study. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. *Special Publication* **37**, 227-264.
- Tang, W., Shan, B., Zhang, H. and Mao, Z.**, 2010. Heavy Metal Sources and Associated Risk in Response to Agricultural Intensification in the Estuarine Sediments of Chaohu Lake Valley, East China, *Journal of Hazardous Materials*, **176**, 945-951.

- Tatar, Y., Turan, M. ve Aksoy, M.,** 1995. Hazar Gölü'nün Oluşumu ve Jeolojik Özellikleri. *1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildirimleri Kitabı*, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları **2**. 1-15.
- Tekin-Özan, S. and Kir, İ.,** 2008. Concentrations of Some Heavy Metals in Tench (*Tinca tinca* L., 1758), Its Endoparasite (*Ligula intestinalis* L., 1758), Sediment and Water in Beyşehir Lake, Turkey, *Polish Journal of Environmental Studies*, **17(4)**, 597-603.
- Tekin-Özan, S. and Aktan, N.,** 2012. Relationship of Heavy Metals in Water, Sediment and Tissues with Total Length, Weight and Seasons of *Cyprinus carpio* L., 1758 From Işıklı Lake, Turkey, *Pakistan Journal of Zoology*, **44(5)**, 1405-1416.
- Thevenon, F., Guédron, S., Chiaradia, M., Loizeau, J.L. and Poté, J.,** 2011. (Pre-) Historic Changes in Natural and Anthropogenic Heavy Metals Deposition Inferred From Two Contrasting Swiss Alpine lakes, *Quaternary Science Reviews*, **30(1-2)**, 224-233.
- Tunca, E.T.,** 2016. Beyşehir Gölü'nde Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikimi ve Sedimentte Antropojenik Kontaminasyon Değerlendirmesi, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6**, 205-219.
- Turan, M.** 1993. Elazığ Yakın Civarındaki Bazı Önemli Tektonik Yapılar ve Bunların Bölgenin Jeolojik Evrimindeki Yeri, A. Suat Erk *Jeoloji Sim*, 193-204.
- Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H.,** 1961. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust, *Geology Society America Bulletin*, **72**, 175-192.
- Türkoğlu, M.,** 2008. Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, 59s, Van.
- 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. Valley, East China. *Journal of Hazardous Materials*, **176(1-3)**, 945-951.
- Ünlü, S. and Alpar, B.,** 2016. An Assessment of Trace Element Contamination in the Fresh Water Sof Lake İznik, Turkey, *Environmental Earth Sciences*, **75**, 140.
- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar, S., and Juracic, M.,** 1995. Behaviour of Some Trace Elements in Alluvial Sediments, Zagerb Water-Well Field Area, Croatia, *Water Research*, **29**, 237-246.

- Vural, H.**, 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, *Çevre Dergisi*, **8**(3-8).
- Yaman, M., İnce, M., Erel, E., Cengiz, E., Bal, T., Er, Ç. and Kilicel, F.**, 2011. Distribution Study of U, V, Mo, and Zr in Different Sites of Lakes Van and Hazar, *River and Seawater Samples by ICP-MS, Clean – Soil, Air, Water*, **39**(6), 530–536.
- Yang, H., Rose, N.L. and Battarbee, R.W.**, 2002. Distribution of Some Trace Metals in Lochnagar, a Scottish Mountain Lake Ecosystem and Its Catchment. *The Science of the Total Environment*, **285**, 197-208.
- Yazgan, E.**, 1984. Geodynamic Evolution of the Eastren Taurus Region (Malatya-Elazığ Area, Turkey), Proceedings of International Symposium, *Geology of Taurus Belt*, MTA, Ankara, 199-208.
- Yılğör, A.**, 2009. Büyük Menderes Nehri Çökellerindeki Ağır Metal Kirliliği ve Deltaya Olan Etkileri, *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zachmann, D.W., Mohanti, M., Treutler, H.C. and Schar, B.**, 2009. Assessment of element distribution and heavy metal contamination in Chilika Lake sediment (India), *Lake & Reservoirs Research & Management* **14**, 105-125.
- Zheng, Y.M., Liu, Y.R., Hu, H.Q. and He, J.Z.**, 2008. Mercury in Soils of Three Agricultural Experimental Stations With Long-Term Fertilization in China, *Chemosphere*, **72**, 1274- 1278.

ÖZGEÇMİŞ

Eyyüp Önder AKKOYUN 1990 yılında Elazığ'da doğdu. İlkokulu Dumlupınar İlköğretim Okulu'nda, liseyi Balakgazi Anadolu Lisesi'nde tamamlayıp 2009 yılında Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni kazandı. 2013 yılında lisans eğitimini bitirdikten sonra 2014 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler ABD'da yüksek lisans eğitimine başladı. Eğitim süresi boyunca Elazığ Belediyesi ve sonrasında da Su Ürünleri özel sektöründe farklı işletmelerde mühendis pozisyonunda çalıştı. Şu anda yine özel sektörde kontrol mühendisi pozisyonunda çalışıp, yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.