

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**HAZAR GÖLÜ'NDE SEDİMENT TANE BOYUNA
BAĞLI OLARAK BAZI ELEMENTLERİN
KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ**

Fadime KURTOĞLU

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

AĞUSTOS-2018

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZAR GÖLÜ'NDE SEDİMENT TANE BOYUNA BAĞLI OLARAK BAZI
ELEMENTLERİN KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FADİME KURTOĞLU

(122127103)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Temmuz 2018

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Ağustos 2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Özgür CANPOLAT (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Memet VAROL (T.Ö.Ü)

Dr. Öğretim Üyesi Metin ÇAĞLAR (F.Ü)

AĞUSTOS-2018

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,

Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde geçirdiğim yüksek lisans eğitimim süresi boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. Metin ÇALTA'ya ve danışman hocam Doç. Dr. Özgür CANPOLAT'a,

Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen eşime teşekkür eder, bu çalışmanın başta Üniversitemiz ve ilimiz olmak üzere bilime faydalı olmasını dilerim.

Fadime KURTOĞLU
ELAZIĞ-2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ağır Metal Kaynakları.....	2
1.1.1. Doğal Kaynaklar.....	3
1.1.2. İnsan Etkisi	3
1.2. Sediment-Su Partisyonu (Ayrışması)	4
1.3. Ağır Metallerin Göllerdeki Biyolojik Döngüsü	5
1.4. Sediment Özellikleri.....	5
2. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	7
3. MATERYAL ve METOT	13
3.1. Karot Çalışmaları	13
3.2. Karotlarda Numuneleme İşlemi	15
3.3. Sediment Tane Boyu Ayırma İşlemi	15
3.4. Ağır Metal Analizleri	16
3.5. İstatistiksel Metodlar	16
4. BULGULAR	17
4.1. Arsenik (As)	18
4.2. Civa (Hg).....	18
4.3. Molibden (Mo)	19
4.4. Baryum (Ba).....	20
4.5. Uranyum (U)	21
4.6. Kalay (Sn).....	22
4.7. Titanyum (Ti)	23
4.8. Lantan (La).....	24

4.9.	Berilyum (Be).....	25
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA	26
	KAYNAKLAR	35
	ÖZGEÇMİŞ	46



ÖZET

Bu çalışmada Hazar Göl (Elazığ)'ü dip sedimentinde As, Hg, Mo, Ba, U, Sn, Ti, La konsantrasyonlarını araştırmayı hedefledik. Ayrıca çalışılan her ağır metal için sediment tane büyüklüğüne göre konsantrasyonlarını belirlemeyi hedefledik. Hazar Gölü'nde belirlenen istasyonlardan alınan sediment numunelerinde tane büyüklüğüne bağlı ağır metal birikim oranları $Ti > Ba > As > La > Mo > U > Sn > Hg$ şeklinde belirlenmiştir. Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında ($< 1 \text{ ppm}$) kaldığından belirlenememiştir. Çalışılan ağır metallerden tane büyüklüğü ile sediment konsantrasyonları arasında sadece As için anlamlılık saptanmıştır. Buna göre tane büyüklüğü arttıkça As konsantrasyonları da orta derecede anlamlılık ile artmaktadır. Diğer metallerde tane büyüklüğü ile sediment konsantrasyonları arasında anlamlı herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Metallerin birbirleriyle olan ilişkisi değerlendirildiğinde Sn-U, Sn-Ti ve La-U arasında pozitif güçlü korelasyon, La-Sn ve La-Ti arasında ise pozitif çok güçlü korelasyon saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Hazar Gölü, Sediment

SUMMARY

Defining Concentration of Some Elements in Relation with Sediment Grain Size in Lake Hazar

The present study aimed to evaluate As, Hg, Mo, Ba, U, Sn, Ti, La concentrations in deep sediment samples in Lake Hazar (Elazığ). In addition, concentrations of heavy metals studied were analyzed according to sediment grain size. The mean metal concentrations in deep sediment samples obtained in this study decreased in the following order; $Ti > Ba > As > La > Mo > U > Sn > Hg$ for Lake Hazar. Be concentrations could not be determined since it was below the measurement sensitivity of the device. Of all heavy metals studied, only As showed a positive moderate association with its sediment grain size such that As concentration increases as its sediment grain size gets larger. There was no significant relationship between sediment concentration and sediment grain size in other heavy metals. When correlations among heavy metal were analyzed, there were positive strong correlations between Sn and U, between Sn and Ti, and between La and U. There were also positive very strong correlations between La and Sn, and between La and Ti.

Key Words: Heavy Metal, Lake Hazar, Sediment

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Göllerdeki ağır metal kaynakları.....	2
Şekil 1.2. Ağır metallerin göldeki biyolojik döngüsü	5
Şekil 3.1. 111Y045 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında Hazar Gölü (Elazığ) ‘nden alınan karot lokasyonu	14
Şekil 3.2. (a) Göl çalışmalarında karot alımında kullanılan yüzer platform, (b) Göl tabanlarından sediment örneği alan karotiyer sistemi.....	15
Şekil 4.1. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde As konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	18
Şekil 4.2. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Hg konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	19
Şekil 4.3. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Mo konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	20
Şekil 4.4. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ba konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	21
Şekil 4.5. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde U konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	22
Şekil 4.6. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Sn konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	23
Şekil 4.7. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ti konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	24
Şekil 4.8. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde La konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi.....	25
Şekil 5.1. Hazar Gölü’nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde derinlik profiline ve jeolojik devirlere ve yaşa bağlı olarak sediment yapısı	33

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1. Hazar Gölü dip sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonları (ppm).....	17
Tablo 4.2. Hazar Gölü dip sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri.....	17



SEMBOLLER LİSTESİ

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

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, plansız bir şekilde gelişen sanayi ve insanoğlunun daha iyi yaşam standartlarını yakalama arzusu, özellikle sanayinin çok geliştiği yerlerde doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Oluşan bu baskının sonucu olarak, ekolojik denge gün geçtikçe bozulmaktadır. Ekolojik dengenin bozulması ile ortaya çıkan çevresel sorunlar bugünün ve yarınların çözüm bekleyen en önemli konuları arasında yer almaktadır (Yorulmaz, 2006). Çevre kirliliğinden en çok etkilenen alanlar, su kaynaklarıdır. Su kaynaklarının kirlenmesi önemli ekonomik kayıplar getirmesinin ötesinde, kirliliğin türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan canlı ve insan yaşamını tehdit edebilmektedir (EİE, 2003).

Günümüzde, sucul ekosistemleri tehdit eden en önemli sorunlardan biri ağır metal kirlenmesidir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler çoğu zaman hiçbir arıtma işlemi yapılmadan doğrudan gölleri etkilemekte ya da dolaylı olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular yoluyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Akarsulara boşaltılan bu atıklar su ortamında bulunan canlılara (bakteri, alg, zooplankton, omurgasız, balık, memeliler, makrofitler ve kuş gibi) çeşitli şekillerde zarar verebilmekte, bu canlılarda birikim yapabilmekte, bu canlı grubunun herhangi birisi ile beslenen insanlar ve diğer canlılar üzerinde de toksik etki gösterebilmektedir. Doğal kaynakların sürekli izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için araştırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir. (Yılmaz, 2004; Kalyoncu vd., 2004).

Ülkemizde, göllerde yapılan su kalitesi inceleme çalışmaları sıklıkla klasik fizikokimyasal analiz yöntemlerine dayanmaktadır (Kazancı ve Dügel, 2000). Göllerde meydana gelen kirlenmeyi tespit çalışmalarında su kalitesinin fiziksel ve kimyasal açıdan değerlendirilmesi suyun o anki durumu konusunda bilgi vermesi açısından oldukça önem taşımaktaysa da sudaki ağır metallerin ölçülmesi de su kalitesinde meydana gelen değişimlerin ortaya çıkarılmasında ek fayda sağlayacaktır (Kılıç, 2013).

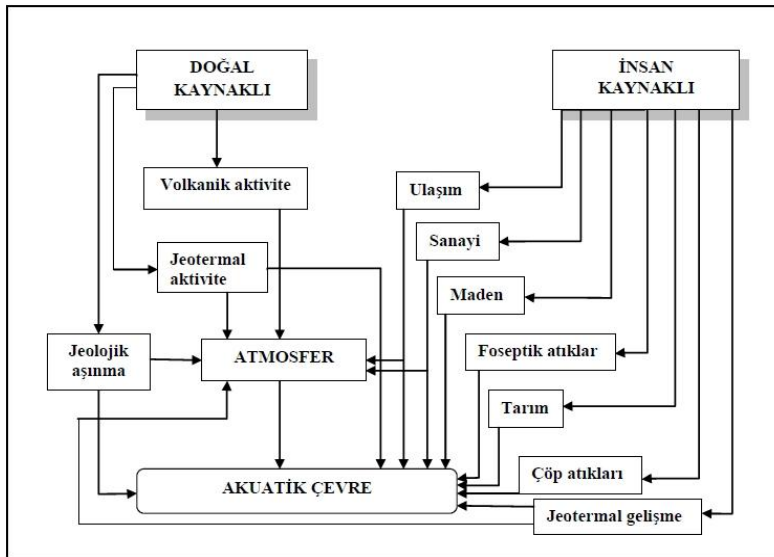
Ağır metal periyodik cetvelde yoğunluğu 6 gr/cm³'ün üzerinde olan elementleri tarif etmektedir (Förstner ve Wittmann, 1983; Jarvis, 1983; Fergusson, 1990). Suyu geçen ağır metallerden bir kısmı suya yaygın olarak dağılırken bir kısmı da karbonat, sülfür ve sülfat ile bileşik oluşturarak dibe çöker ve sedimentte birikir (Topçuoğlu, 2005). Bunun sonucu olarak sediment ağır metaller için bir tuzak görevi görür ve böylece suyun dibindeki ağır

metal konsantrasyonu suyun yüzeyindekinden çok daha fazla olur. Bu nedenle bir göl suyundaki ağır metal miktarını değerlendirirken ek olarak sedimentteki ağır metal seviyesinin de değerlendirilmesi o sudaki ağır metal kirliliği hakkında tamamlayıcı bilgi vermektedir (Boyd ve Tucker, 1998).

2000’li yıllar sucul ekosistemlerdeki kirleticilerin kaynaklarına, taşınmasına ve neden olduğu sorunlara tanıklık etmiştir. Bu ilgi ve hidrosfere atılan kirleticilere yönelik kanuni düzenlemeler, sadece sucul ekosistemlerin sağlığını ve sürdürülebilirliğini değil aynı zamanda insan sağlığına olan yan etkileri konusunda da farkındalığımızın arttığını göstermektedir. Birçok organik ve inorganik kirleticiler sanayi atıkları ve atıksu olarak doğrudan sucul sistemlere karışmaktadır. Dolaylı atıklar ise hammaddenin işlenmesi veya ürün kullanımı sonrası atmosfere oradan da sucul sistemlere karışmaktadır. Bu nedenle ağır metallerin su sistemlerine karışma döngüsünün bilinmesi önemlidir (Meybeck ve Helmer, 1989).

1.1. Ağır Metal Kaynakları

Ağır metallerin sucul ekosistemlere karışması doğal iklim şartlarına bağlı olabileceği gibi bir dizi insan kaynaklı faaliyetlere de bağlı olarak oluşabilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Göllerdeki ağır metal kaynakları (Foster ve Charlesworth, 1996).

1.1.1. Doğal Kaynaklar

Atmosferdeki doğal kaynaklı ağır metallerin ana sorumlusu rüzgarla taşınan toprak, volkanik patlamalar, deniz serpintisi, orman yangınları ve biyogenik aerosollerdir. (Nriagu, 1989; Nriagu ve Pacyna, 1988). Sucul ekosistemlerdeki doğal jeokimyasal süreçlerin çoğundan iklim ve erozyon sorumludur. Doğal çevredeki ağır metallerin taşınması ve depolanmasını ise çoğunlukla sucul ekosistemler belirler. Sıklıkla doğal çevredeki Eh-pH değerlerinde ağır metaller az çözündüklerinden dolayı, bu ağır metallerin redistribüsyonundan erozyon, taşınma, fluvial ve limnik sedimentlerdeki depolanma sorumludur (Foster ve Charlesworth, 1996).

1.1.2. İnsan Etkisi

Arkeolojik kanıtlar insanların ağır metallerden ilk faydalanmasının bakır madeni ile başladığını ve milattan önce 7000'lere kadar uzandığını göstermektedir (Renfrew ve Bahn, 1991). Tarih öncesi zamanlarda bile madencilik çevresel etkileri dünyanın birçok yerinde hissedilmiştir. 20. yüzyılın başından ve de özellikle sanayi devriminden itibaren ağır metallerin işlenmesinde belirgin bir artış olmuştur. Hem metallerin çıkarılmasının ve hem de işlenmesinin bir neticesi olarak ağır metaller atmosfere ve suya karışmaya başlamıştır. Metallerin daha sonra birçok üründe kullanılabilmesi için daha ileri rafine edilmesi veya kullanımından sonra atılması ile de hidrolojik döngüye bulaş riski ve farklı bulaş yolları daha da artmıştır (Foster ve Charlesworth, 1996).

Dünya metal üretiminde iki önemli etken olduğu açıktır. Birincisi, 20.yüzyıl boyunca birçok metalin üretiminde hızlı bir artış olmasıdır. İkincisi, üretim aşamasında bu hızlı artışa bağlı olarak eser metal kullanımında da artış olmasıdır. Özellikle yüksek sıcaklıklardaki metal üretimi atmosfere küçük partikül ve gaz ile metal salınımına neden olmaktadır (Nriagu ve Davidson, 1986). Örneğin Cd, Hg ve Pb kirliliğinin çoğu termik santrallerden kaynaklanmaktadır (Smith, 1986; Hutton ve Symon, 1987; Quality of Urban Air Review Group, 1993).

Ürün kullanımı esnasında oluşan diğer metal salınımlarından ise boyaların aşınması ve dökülmesi, farmasotik maddelerin, pillerin ve atık plastik eşyaların yakılması, elektrolizle kaplanmış yüzeylerin, plastiklerin, lastiklerin ve derilerin kullanımı ve aşınması, tarımda kullanılan gübreler, işlenmiş odunların yanması ve çürümesi sorumludur. Metallerin

dağıldığı ortam çoğunlukla atmosfer olsa da toprak ve su bu metallerin çok büyük bir kısmını almaktadır (Brown vd.,1990). (Şekil 1.1).

Sel suları şehirlerdeki su havzalarından doğal su kaynaklarına büyük miktarda katı madde ve metal taşımaktadır. Şehirlerdeki ağır metallerin çoğu kanalizasyon atık suları ile ilişkilidir (Ellis vd., 1986; Driver ve Lystrom, 1987; Marsalek, 1991).

1.2. Sediment-Su Partisyonu (Ayrışması)

Her ne kadar ağır metallerin su partisyonu metalin iyon özellikleri, partikül büyüklüğü, suyun organik içeriği ve sediment konsantrasyonu belirlese de, sucul ekosistemlerde sedimentteki ağır metal konsantrasyonu su kolonundan çok daha fazladır. Hatta ince taneli sedimentlerdeki metal konsantrasyonu suda çözünmüş halde bulunan metal konsantrasyonundan 100.000 kat daha fazla olabilir (Horowitz, 1991). Asılı sediment konsantrasyonundaki en ufak bir değişim bile sucul ekosistemdeki toplam metal yük üzerinde belirgin bir yük oluşturabilir. Sedimentteki metal fraksiyonun toplam miktara katkısını daha iyi anlamak için sedimentin partikül büyüklüğünü, suyun organik içeriğini, sediment yüzey alanını ve asılı partiküllerin üzerindeki kaplamayı bilmek gerekir. Dahası suyun Eh-pH değerleri metallerin sediment ve su kolonundaki partisyonu üzerinde belirgin bir rol oynar (Stumm ve Morgan, 1981; Salomons ve Forstner, 1984; Fergusson, 1990).

Asılı sedimentteki ağır metallerin oranını belirleyen en önemli faktörlerden biri de partikül büyüklüğüdür. Genel olarak sediment büyüklüğü ve ağır metal konsantrasyonu arasında iyi bir negatif korelasyon vardır (Robinson, 1982, 1983). Ancak kum, çakıl ve taş gibi iri taneli materyallerde de ağır metaller birikebilmektedir. Yüksek metal konsantrasyonları sıklıkla küçük sedimentlerde özellikle alüvyonlu kilde bulunmaktadır. Bu hem tatlı hem de tuzlu su sedimentlerinde geçerlidir (Dossis ve Warren, 1980; Forstner ve Patchineelam, 1980; Morrison vd.,1984; Thoms, 1987a; 1987b; Burrus vd., 1990; Horowitz, 1991). Bu durum kısmen sediment yüzey alanıyla açıklanabilir. Çünkü sediment kütlesi başına düşen yüzey alanı sediment büyüklüğü arttıkça azalmaktadır (Forstner ve Wittmann,1983).

1.3. Ağır Metallerin Göllerdeki Biyolojik Döngüsü

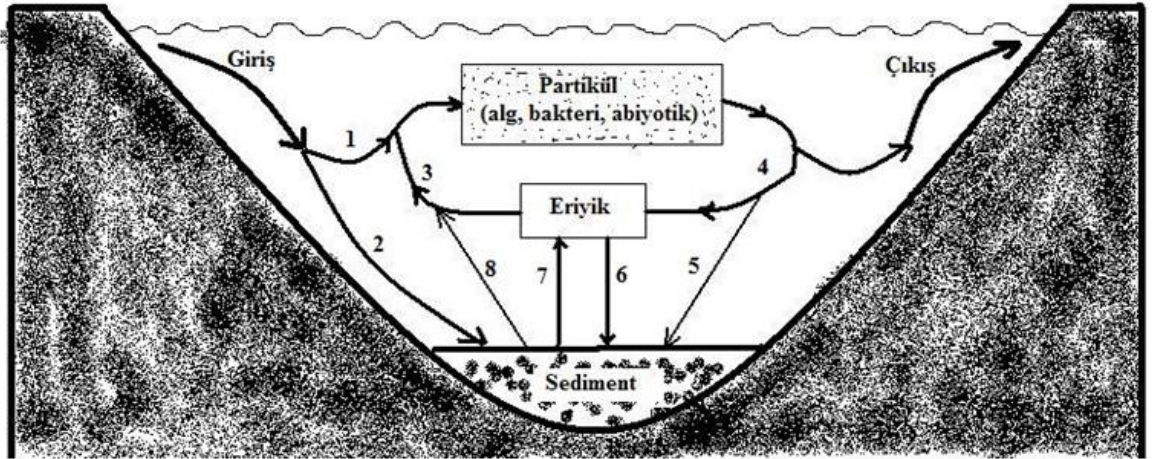
Bir göldeki ağır metal rezervuarı basitçe üçe ayrılabilir;

a) Serbest metal iyonlarını içeren çözünmüş faz

b) Biyotik (bakteri ve fitoplankton) ve abiyotik (organik ve inorganik) olmak üzere ikiye ayrılabilen partikül fazı

c) Dip sedimenti

Herhangi bir göldeki ağır metalin biyolojik döngüsü Şekil 1.2.'de gösterilmiştir. Bir göle giren metal partikül halde, bileşik halde veya serbest metal formunda olabilir. Ağır metal ya doğrudan biyolojik döngüye girer (Şekil 1.2, Yol 1) veya doğrudan sediment ile ilişkilidir (Şekil 1.2, Yol 2). Biyolojik döngü çoğunlukla göl yüzey suyunda gerçekleşir. Algler ve fitoplankton tarafından absorbe edilirler (Şekil 1.2, Yol 3) veya fitoplanktonun bakteriyel dekompozisyonu ile ağır metaller ya çözünmüş halde (Şekil 1.2, Yol 4) veya partikül olarak suya tekrar salıverilir (Şekil 1.2, Yol 5). Gölün derinliğine ve sıcaklığına bağlı olarak çözünmüş halde bulunan ağır metaller tekrar sedimentte birikebilir (Şekil 1.2, Yol 6). Belli durumlarda bazı ağır metaller sedimentten ayrılır ve biyolojik döngüye tekrar girerler (Şekil 1.2, Yol 7 ve 8), (Jenne 1977; Gibbs 1978; Tipping 1981).



Şekil 1.2. Ağır metallerin göldeki biyolojik döngüsü (Hart, 1982).

1.4. Sediment Özellikleri

Sediment kompleks karışımlar olup bir dizi katı faz halini içerirler. Bu katı fazlar kil, silika, organik madde, metal oksitler ve mineraller olabilir. Ortama bağlı olarak sediment

partikül büyüklüğü 0.1 μm 'den küçük olabileceği gibi büyük kum taneleri ve çakıl gibi birkaç mm büyüklüğünde de olabilir. Genel olarak en yüksek yüzey alanına sahip olan sedimentler (kil ve kum) fizikokimyasal olaylara daha fazla katılırlar (Hart, 1982).

Akarsu sistemlerinde ve sığ göllerdeki partiküller dip sedimenti ile birçok yönden benzerdir. Ancak derin göllerde göl yatağı fitoplankton parçacıkları şeklinde daha fazla organik madde bulundurlar. Asılı ve dip sedimenti oluşturan partiküllerin çoğunlukla metal oksit ve organik maddelerin kapladığı kil ve silikadan oluştuğu kabul edilmektedir (Jenne 1977; Gibbs 1978; Tipping 1981).

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin en büyük ikinci tektonik gölü olan, alkalın göl karakterine, ekonomik ve turistik bir öneme sahip olmasının yanı sıra, içerisinde barındırdığı endemik balık türü ile ekolojik öneme de sahip olan Hazar Gölü'nde, sediment tane büyüklüğü ile bazı elementlerin birikimi arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

Bai vd. (2011), Çin'in Yilong Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte özellikle Pb, Cr, and As açısından orta derecede kirlenme olduğunu tespit etmişlerdir. Tang vd. (2010), Çin'in Chaohu Göl vadisi sedimentlerinde Cd, Pb and Zn birikiminin olduğunu bulmuşlardır. Li vd. (2013), Çin'in Dongting Gölü sedimentlerinde ağır metal birikimini araştırmışlar ve bazı ağır metallerin sıralamasının $Cd > Hg > Pb > Cu > As > Zn > Cr$ şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir. Honglei vd. (2008), Çin'in Moshui Gölü sedimentlerinde inceledikleri ağır metallerden Pb ve Zn değerlerinin yüksek olduğunu bulmuşlardır. Hou vd. (2013), Çin'in Dalinouer Gölü sedimentlerinde özellikle Cd açısından birikim olduğunu bulmuşlardır. Wenchuan vd. (2001), Çin'in Taihu Gölü sedimenlerinde Pb, As ve Cd açısından kirlenme olduğunu bildirmişlerdir. Shen vd. (2007) aynı gölde sedimentte Pb, Cu, Mn, Ni, ve Zn değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Yuan vd. (2011), aynı gölde özellikle Hg olmak üzere Pb, Cu, Mn, Ni, Zn, Co, Cd, Cr, V açısından kirlenme olduğunu belirlemişlerdir. Tao vd. (2012), yine aynı gölde sedimentte yaptıkları araştırma, Yuan vd. (2011)'nin yaptıkları çalışmayla karşılaştırıldığında Cd, Cr ve Zn'in daha yüksek konsantrasyonda sedimentte biriktiğini bildirmişlerdir. Fu vd. (2013)'ne göre aynı gölde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn değerlerinin sedimentte yüksek miktarda bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yin vd. (2011), Chaohu Gölü sedimentlerinde Cu, Pb, Zn ve Cd değerleri gölün batı kısmında fazla iken tüm gölde Zn ve Cd değerlerinin dip sedimentinde arttığını belirlemişlerdir. Mingbiao vd. (2008), Çin'in Poyang Gölü sedimentlerinde Cu, Co, Cd, Pb ve Ni ağır metalleri içerisinde özellikle Pb ve Cu değerlerinin yüksek Cd değerlerinin ise kritik düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Huang vd. (2009), Baihua Gölü sedimentlerinde başta As olmak üzere azalan sırayla As, Zn, Cu, Cd, Pb ağır metallerinin biriktiğini tespit etmişlerdir.

Kamala-Kannan vd. (2008), Hindistan'ın Pulicat Gölü sedimenterinde bazı elementlerin sıralanışını $Cd > Cr > Pb$ olarak bildirmişlerdir. Suresh vd. (2012), Veeranam Gölü sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarını azalan sırayla Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd olduğunu bulmuşlardır. Jumbe ve Nandini (2009), Hindistan'ın Bangalore bölgesinde yer alan 17 gölde yaptıkları çalışmada sedimentte özellikle Cr miktarının yüksek olduğunu bulmuşlardır. Singh vd. (2008), Hindistan'ın Uttarakhand Bölgesi'nde inceledikleri 7 gölde suda ve sedimentte bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada, sudaki

Cr, Mn, Ni, Cu ve Zn konsantrasyonlarının göl sedimentindeki konsantrasyonlar ile pozitif bir korelasyonda olduğunu rapor etmişlerdir. Ahmad ve Shuhaimi-Othman (2010), Malezya'nın Chini Gölü'nde Zn ve Cd konsantrasyonlarının yüksek, Pb ve Cu konsantrasyonlarının ise düşük olduğunu bulmuşlardır.

Aucoin vd. (1999), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Boeuf Gölü sedimentlerinde Cr, Cu, Pb ve Zn açısından bir birikim olmadığını bildirmişlerdir. Allen-Gil vd. (1997), aynı ülkenin Kuzey Ark Gölleri'ndeki sedimentlerde Cd'nin Elusive Gölü'nde, Hg'nin Feniak Gölünde ve Pb'nin Schrader Gölü'nde en yüksek konsantrasyonda olduğunu rapor etmişlerdir.

Nakayama vd. (2010), Zambiadaki Itezhi-Tezhi ve Kariba Gölleri'ndeki sedimentlerde Cu, Zn ve Cd açısından kirlenme olduğunu belirlemişlerdir. Kishe ve Machiwa (2003), Tanzania'nın Victoria Gölü sedimentlerinde Cu, Hg, Pb ve Zn'nin konsantrasyonlarının arttığını bildirmişlerdir. Saeed ve Shaker (2008), Mısır'ın Kuzey Delta Gölleri'nde Mn ve Cd değerlerinin sedimentte yüksek değerde olduğunu tespit etmişlerdir. Moalla vd. (1998), Nasır Gölü sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada, ağır metallerin azalan sırayla Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Co, Cr, Pb ve Cd biriktiğini rapor etmişlerdir. Ali ve Fishar (2005), Mısır'ın Karun Gölü sedimentlerinde inceledikleri Fe, Zn, Mn, Ni, Cu, Co, Pb, Cr ve Cd değerlerinin gölün doğusundan batısına doğru azaldığını bulmuşlardır.

Nguyen vd. (2005), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde sedimentte bazı ağır metallerin (Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr) konsantrasyonlarını araştırmışlar ve sedimentte en düşük Mn, en yüksek Pb olduğunu bulmuşlardır. Lindstrom (2001), İsveç Gölleri'ndeki sedimentte ağır metal kirliliğini incelemişler ve göllerin çoğunda Ni metali dışındaki (Cd, Cr, Cu, Hg, , Pb ve Zn) metallerde kirlenme olduğunu bildirmişlerdir. Sawidis vd. (1995), Makedonya'nın Kerkini Gölü sedimentinde çalıştıkları ağır metallerden (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) azalan sırayla Mn, Zn, Ni, Cu, Pb ve Cd ağır metallerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Fytianos ve Lourantou (2004), Yunanistan'ın Volvi ve Koroni Gölleri'nde sedimentte özellikle Zn ve Fe elementinin biriktiğini ve sediment tane boyutu küçük olanlarda özellikle ağır metallerin biriktiğini bulmuşlardır. Zerbe vd. (1999), Polonya'nın Goreckie Gölü'nde Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn birikimini belirledikleri çalışmada bu ağır metallerin birikimini azalan sırayla Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd, Cr şeklinde olduğunu belirlemişlerdir. Szymanowska vd. (1999), Batı Polonya'daki üç gölün (Dominickie, Wielkie ve Boszkowo Gölleri) sedimentlerinde

yaptıkları çalışmada Zn, Cd, Cu ve Pb bakımından kirlenme olduğunu Ni ve Hg bakımından ise kısmi bir kirlenme olduğunu bulmuşlardır. Solecki ve Chibowski (2000), Doğu Polonya'nın Masluchowskie ve Piaseczno Gölleri sedimentlerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada, bu ağır metallerin birikimini azalan sırayla Fe, Zn, Mn, Pb, Cu, Cd, Co şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir. Miloskovic vd. (2013), Sırbistan'ın Gruza rezervuarında sedimentte en fazla Fe ve As biriktiğini bildirmişlerdir. Boyle vd. (1998), Baykal Gölü sedimentlerinde Pb konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir. Dauvalter (1992), Rusya'nın Murmansk bölgesindeki altı gölde (Kuetsjarvi, Kaula, Saraslaki, Rjussjanjarvi, Majarvi, Kockhejavr Gölleri) inceledikleri göl sedimentlerinde Ni ve Cu bakımından kirlenme olduğunu tespit etmişlerdir.

Ünlü ve Alpar (2016), İznik Gölü sedimentlerinde Al, Fe, Mn, V, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, As ve Zn konsantrasyonlarını belirledikleri çalışmada İznik Gölü'nün As ve Mn dışında diğer ağır metaller açısından kirlenmenin olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Pb, Cr, V, Ni, Cd ve Cu konsantrasyonlarının göl tabanına doğru sedimentte arttığını bulmuşlardır. Alemdaroğlu vd. (2003), Manyas Gölü yüzey sedimentlerinde Mn, Fe, Cu, Pb, Ni ve Zn birikimini belirledikleri çalışmada, Cu, Pb, Zn ve Ni konsantrasyonunun gölün bazı kısımlarında arttığını bildirmişlerdir. Çiçek vd. (2009), Manyas Gölü dip sedimentlerinde inceledikleri ağır metallerden Zn hariç diğer metaller (Ag, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb) yönünden su kalitesinin 1. sınıf olduğunu bildirmişlerdir. Özen ve Korkmaz (2005), yaptıkları çalışmada, Yedigöller'de sudaki Se, Cr, Cd, Al, Mn, Na, K, Pb, Ni, As metallerinin derişimlerini belirlemişler ve elde ettikleri sonuçlara göre Se, Cr, Cd, Mn, Pb ve Ni değerlerinin normal değerlerde olduğunu saptamışlardır. Arslan vd. (2011) Yedigöller'de yaptıkları çalışmalarında sedimentte Se, Cu, Ni ve Cr konsantrasyonunun yüksek, Pb konsantrasyonunun ise üst limitlere yakın olduğunu bildirmişlerdir. Barlas vd. (2005), Uluabat Gölü sedimentlerinde Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Pb, Ni, Cd, Co metallerinin konsantrasyonunu incelemişler ve Fe, Pb, Zn ve Cd konsantrasyonunun yüksek olduğunu bulmuşlardır. Elmacı vd. (2007), aynı gölde inceledikleri sedimentlerde Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir. Diğer taraftan Arslan vd. (2010), Uluabat Gölü sedimentlerinde başta Pb olmak üzere Cd ve Cr seviyelerinin Elmacı vd. (2007)'lerinin çalışmalarında buldukları değerlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Duman vd. (2007), Sapanca Gölü'nün bazı ağır metaller (Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd) açısından kirlenmediğini fakat yüzey sedimentlerinde Cu ve Ni değerlerinin en düşük etki seviyesini geçtiğini bulmuşlardır.

Alemdaroğlu vd. (2000), Eğirdir Gölü sedimentlerinde Ca, Mg, Cu, Mn, Pb, Fe, Zn, Ni ve Cd konsantrasyonlarının çoğu istasyonlarda normal olmasına karşın bazı istasyonlarda yüksek konsantrasyonlarda olduğunu ve gelecekte Eğirdir Gölü'nde ağır metal kirliliğine yol açabileceği uyarısında bulunmuşlardır. Gerçekten bu çalışmayı sonradan destekler mahiyette olan Yiğit ve Altındağ (2006)'ın yaptıkları bir çalışmada Eğirdir Gölü'ndeki sediment örneklerinde ağır metallerden Cd, Cr, Hg ve Pb kirlenmesini incelemişler ve sedimentte en fazla Cr, en az Hg biriktiğini ve metallerin sıralamasını $Cr > Pb > Cd > Hg$ olarak belirlemişlerdir. Yine Eğirdir Gölü'nün dip sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada Şener vd. (2014), dip sedimentinde bazı elementlerin sıralamasının $Ni > Zn > Mn > Cu > Pb > As > Co > Fe$ olduğunu, suda ise $Fe > Mn > As > Pb > Zn > Ni > Cu > Co$ şeklinde olduğunu bulmuşlardır. Eğirdir Gölü'ne yakın olan Burdur Gölü'nde Arslan vd. (2016), göl sedimentinde Cd, Pb, Cu, Sb, Hg, Mn, Mg, Ca, K ve Na metallerinin konsantrasyonlarını belirlemiş, Ca, Mn ve Cu konsantrasyonunun düşük olduğunu fakat Mg, K ve Na konsantrasyonunun ise yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yine Eğirdir Gölü'ne yakın bir diğer göl olan Beyşehir Gölü'nde Nas vd. (2009), ağır metallerin konsantrasyonlarına göre sıralanışını $Fe > Al > Zn > Cr > Ni > Pb > Cu > Cd$ olduğu ve bu elementlerin konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası standartlara göre normal sınırlarda olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularını kısmen destekleyen Tekin-Özan (2008)'in yaptığı bir çalışmada Beyşehir Gölü sedimentinde bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Zn ve Mn) konsantrasyonları belirlenmiş ve Fe elementinin en yüksek konsantrasyonda olduğu, Cu ve Zn'nun ilkbaharda, Fe ve Mn'in sonbaharda daha yüksek değerlerde olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada Tekin-Özan ve Kır (2008), Beyşehir Gölü sedimentlerinde bazı ağır metallerin sıralanışını azalan sırayla Al, Ba, Cd, Cr, Ni, Pb ve Sr şeklinde olduğunu belirlemişlerdir. Işıklı Gölü sedimentlerinde Tekin-Özan ve Aktan (2012), yaptığı diğer bir çalışmada Fe'in en yüksek konsantrasyonda olduğunu, bu elementi Mn, Ni, ve Ba'un izlediğini bulmuşlardır. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada bazı ağır metallerin sıralanışını azalan sırayla $Fe > Mn > Ni > Zn > Cr > Cu > Se > Pb > Mo > Cd$ şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da en yüksek konsantrasyona sahip elementin Fe olduğu saptanmıştır. Kır vd. (2007), Kovada Gölü sedimentlerinde ağır metal seviyelerinin mevsimlere göre değişimini araştırmışlar ve Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Al ve Ni değerlerinin yaz mevsiminde, Zn'nun sonbaharda ve Cd'un ilkbaharda arttığını bulmuşlardır. Bu elementler arasında en yüksek konsantrasyonun Al'a ait olduğu görülmüştür. Sancer ve Tekin-Özan

(2016)'nın Kovada Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Fe'in en yüksek konsantrasyonda, Cd'un ise en düşük konsantrasyonda olduğu, Cr, N, ve Pb'un mevsimlere göre konsantrasyonunun değiştiğini bildirmişlerdir. Şener ve Şener (2015), Kovada Gölü dip sedimentinde Cu, Zn, Ni, Mn ve As konsantrasyonunda artış olduğunu bulmuşlardır. Bölükbaşı ve Akın (2016), Seyfe Gölü sedimentlerinde inceledikleri ağır metallerden (Zn, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Cd ve Co) Zn ve As yönünden ağır derecede kirlenme olduğunu rapor etmişlerdir.

Yilgör vd. (2012), Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının sıralanışını azalan sırayla Fe>Mn>Ni>Cr>Zn>Cu>Pb>Hg şeklinde olduğunu bulmuşlardır. Diğer taraftan Aydın-Önen vd. (2015), Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde benzer olarak bazı ağır metallerin sıralanışını azalan sırayla Zn>Cu>Cr>Pb>Hg>Cd şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Kurun vd. (2010), Terkos Gölü sedimentlerinde Al, Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb metallerinin konsantrasyonlarını incelemiş, Zn, Cr, Cd ve Pb konsantrasyonlarının arttığını bulmuşlardır. Esen vd. (1999), Küçükçekmece Gölü sedimentlerinde K, As, Se, Zn, Cr, Cs, Fe, Co, Sb, Ni ve Ca metallerinin konsantrasyonlarını incelemiş, sadece Zn ve Cr'un arttığını bulmuşlardır. Altun vd. (2009), Küçükçekmece Gölü sedimentlerinde inceledikleri Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni metallerinden özellikle Cr'un yüksek miktarda olduğunu bulmuşlardır.

Mendil ve Uluözlü (2007), Tokat ili sınırlarındaki altı gölde (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın Gölleri) sedimentte inceledikleri ağır metallerden Fe'in sedimentteki en yüksek metal konsantrasyonuna sahip olduğunu, Pb, Ni ve Mn değerlerinin yüksek fakat Zn ve Cu değerlerinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Kükrer vd. (2014), Çıldır Gölü sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Cr, Hg) konsantrasyonlarını belirlemişler ve bu elementlerden Cu, Pb, Zn, Ni, ve Cr konsantrasyonlarının doğal sınırlarda olduğunu, As, Cd, Mn ve Hg konsantrasyonunun yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Kükrer vd. (2015), bir yıl sonra aynı gölde yaptıkları çalışmada Cu, Zn, Ni, Fe, Al ve Cr konsantrasyonlarının üst limitlere yakın olduğunu, Pb, As ve Cd konsantrasyonu yönünden orta derecede bir kirlenmenin olduğunu, Mn için orta-yüksek derecede bir kirlenme olduğunu bulmuşlardır. Alkan vd. (2016), Çıldır Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Ni ve Cr konsantrasyonunun üst değerlere yakın olduğunu fakat kontaminasyon derecesinde

olmadığını bildirmişlerdir. Kükrer (2016), Tortum Gölü yüzey sedimentlerinde ağıır metallerden Hg ve Cd konsantrasyonunun üst sınırlara yakın olduğunu rapor etmişlerdir.

Hazar Gölü'nde ağıır metal kirliliği ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; Yaman vd. (2011), Hazar ve Van Gölleri'nde U, Zr, V ve Mo değerlerini incelemişlerdir. Van Gölü ile karşılaştırıldığında Hazar Gölü'n  n daha az konsantrasyonlarda U, Zr, V ve Mo değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan şen ve Canpolat (2010), Hazar Gölü'nün sediment özelliklerini araştırmışlar ve minumum sediment kalınlığının yüzeyde 7 mm ve maksimum sediment kalınlığının 10 metre derinlikte 45 cm olduğunu bildirmişlerdir. Külahcı (2016), Hazar Gölü'ndeki U konsantrasyonunu araştırmış ve uranyum kaynağının tektonik bir g  l olması nedeniyle asıl olarak g  l tabanındaki granit ve volkanik yapılardan kaynaklandığını ve yüzeye doğru taşındığını belirtmiştir.   zmen vd. (2004), Hazar Gölü dip sedimentlerinde bazı ağıır metallerin (Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Co ve Pb) seviyelerini araştırmışlar ve şehirleşmenin olduğu g  l kısımlarında ağıır 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 rapor etmişlerdir. Bu ağıır metaller içerisinde en yüksek konsantrasyonun Fe'e, en düşük konsantrasyonun ise Pb'a ait olduğunu bulmuşlar ve Hazar Gölü'n  n belli kesimlerinde artan ağıır metal kirliliğinin atık sulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

Hazar Gölü, Elazığ ilinin güneydoğusunda ve il merkezine 26 km uzaklıkta tektonik orijinli bir göldür. Güneyinde Hazar Baba Dağı bulunan göl, ortalama 4 km genişliğinde 20 km uzunluğundadır. Maksimum derinliği 219 m olup ortalama derinliği 98 m olarak hesaplanmıştır. Bu özelliği ile Van Gölü'nden sonra ülkemizin ikinci derin gölüdür (Şen ve Canpolat, 2010).

TÜBİTAK 111Y045 nolu “Geç Pleyistosen-Holosen Dönemi Yüksek Çözünürlü İklim ve Su Seviyesi Değişimleri” projesi kapsamında 2014 yılında karot alma işlemi gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK 113Y586 “Hazar Gölü (Elazığ) Sedimentlerinde Jeolojik ve Antropojenik Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi” projesi kapsamında 2014-2015 yılları arasında ise sediment tane boyu ayırma işlemi ve ağır metal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması TÜBİTAK 113Y586 “Hazar Gölü (Elazığ) Sedimentlerinde Jeolojik ve Antropojenik Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi” konulu proje kapsamında yürütülmüş olan bir çalışmadır.

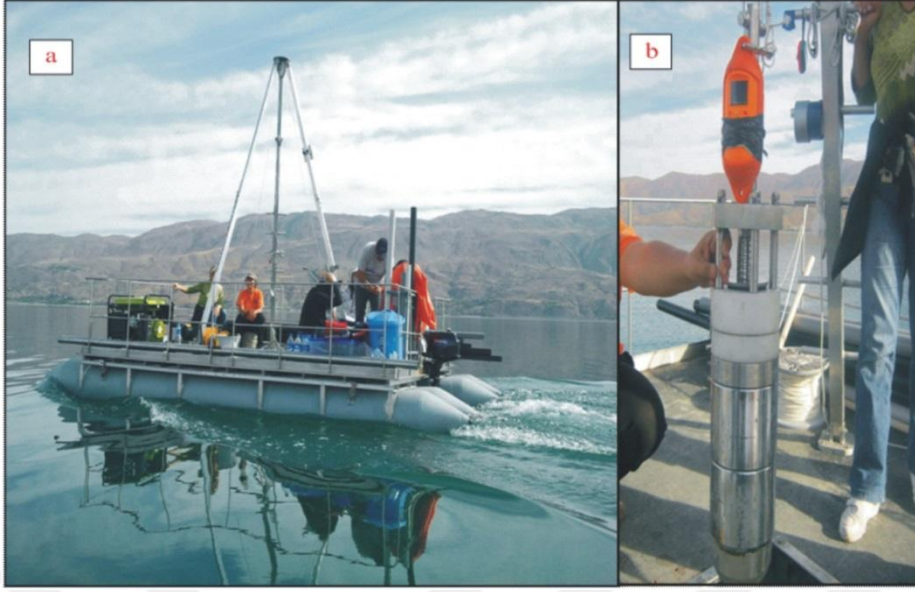
3.1. Karot Çalışmaları

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 3.1).

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 karıştırması sebebiyle, yüzey piston yöntemiyle kullanılmalıdır.



Şekil 3.1. 111Y045 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında Hazar Gölü (Elazığ) 'nden alınan karot lokasyonu (TÜBİTAK 111Y045 nolu projeden).



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. Karotlarda Numuneleme İşlemi

Bu proje kapsamında ağır metal analizleri yapılacak karotlarda, 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 plastik numune kaplarında numuneleme yapılmıştır. Karotlarda numuneleme yapılırken karot çökelleri içerisindeki bitki ve organik bazı maddeler temizlenmiştir.

3.3. Sediment Tane Boyu Ayırma İşlemi

Proje kapsamında karotlarda yapılan tane boyu analizleri Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Sedimentoloji laboratuvarında bulunan Malvern Master Sizer 3000 cihazı ile karotta derinlik boyunca 2 cm çözünürlük ile yapılmıştır. Lazer kaynağı ile ölçüm yapabilen bu cihaz nanometre boyutundan 3 mm boyutuna kadar tanelerde ölçüm yapabilmektedir. Ölçüm yapılan tane boyutları, grafiklerde mikron cinsinden ifade edilmiştir.

Tane Boyu: $D_{10}+D_{30}+D_{50}+D_{70}+D_{90}/5$ olarak hesaplanır. Bu formülde D ile gösterilen rakamlar tane boyundaki aralıkları temsil etmektedir.

3.4. Ağır Metal Analizleri

Analizler akredite olmuş özel bir laboratuvarında hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiş olup, ağır metal analizleri ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) ile 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.

3.5. İstatistiksel Metodlar

Bu çalışmada elementlerin tane büyüklüğü ile ve birbirleriyle ilişkilerini belirlemek için Pearson's korelasyon testi yapılmıştır. Bu teste göre;

$p < 0.05$ ise anlamlı bir korelasyon vardır,

$r < 0.3$ ise zayıf korelasyon vardır,

$0.3 \leq r < 0.6$ ise orta derecede korelasyon vardır,

$0.6 \leq r < 0.8$ ise güçlü derecede korelasyon vardır,

$r \geq 0.8$ ise çok güçlü derecede korelasyon vardır.

4. BULGULAR

Sedimentteki ağır metal konsantrasyonları ve dağılım aralıkları Tablo 4.1’de verilmiştir. Buna göre en düşük konsantrasyon Hg’da, en yüksek konsantrasyon ise Ti’da saptanmıştır.

Tablo 4.1. Hazar Gölü dip sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonları (ppm).

Ağır metal	Konsantrasyon	Aralık
As	19,94 ± 21,14	5,70-116,60
Hg	0,037 ± 0,025	0,01-0,12
Mo	2,32 ± 1,99	0,34-8,29
Ba	184,67 ± 37,79	123-309
U	1,23 ± 0,28	0,80-2,20
Sn	0,91 ± 0,25	0,50-1,30
Ti	3508,1 ± 857,1	2180-4790
La	13,12 ± 3,54	7,40-19,00

Değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek için yapılan Pearson’s korelasyon testi sonuçlarına göre birçok metalin birbiriyle ilişkili olduğu saptanmıştır. Ba’un sadece As ile orta derecede korelasyonu saptanmıştır. Ti, La, Sn ve U’un ise birbirleriyle orta ve güçlü derecede korelasyon olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2).

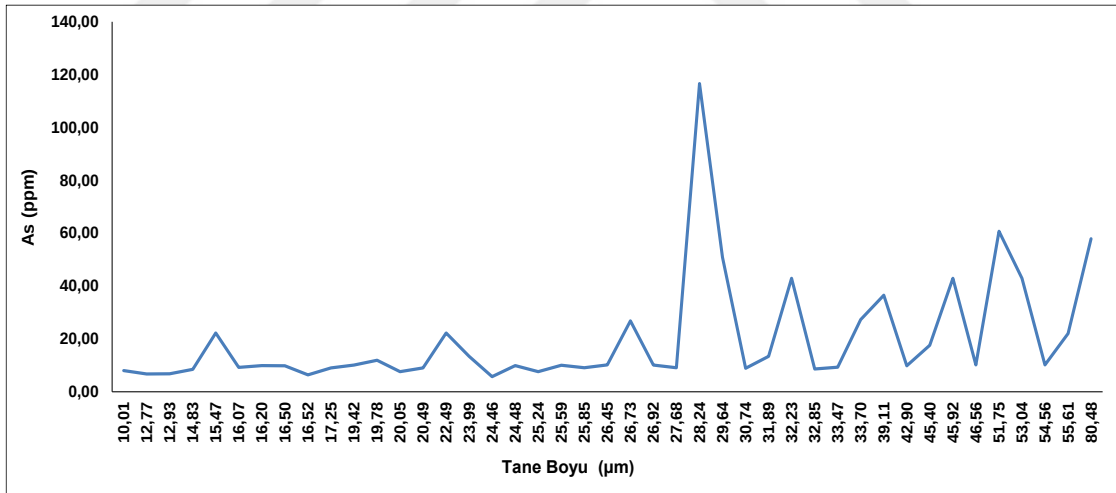
Tablo 4.2. Hazar Gölü dip sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarının birbiriyle olan korelasyon değerleri

	As							
As	1,00	Hg						
Hg	0,31	1,00	Mo					
Mo	0,12	-0,02	1,00	Ba				
Ba	-0,33	0,10	-0,02	1,00	U			
U	-0,03	0,25	-0,14	0,10	1,00	Sn		
Sn	0,10	0,51	-0,30	0,08	0,71	1,00	Ti	
Ti	0,01	0,35	-0,30	-0,14	0,54	0,78	1,00	La
La	0,10	-0,02	-0,36	-0,03	0,70	0,88	0,91	1,00

4.1. Arsenik (As)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak As konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği bulunmuştur (Şekil 4.1). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 μm olup, As konsantrasyonu 8,00 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 μm olup, As konsantrasyonu 57,90 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük As konsantrasyonu 24,46 μm tane büyüklüğünde 5,70 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 6,40 ppm ile 16,52 μm tane büyüklüğünde bulunmuştur. En yüksek As konsantrasyonu ise 28,24 μm tane büyüklüğünde 116,60 ppm olarak, ikinci en yüksek As konsantrasyonu ise 60,70 ppm ile 51,75 μm tane büyüklüğünde tespit edilmiştir.

Tane büyüklüğü ile As konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.427$, $p=0.004$). As konsantrasyonu ile Hg konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon, Ba konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.312$, $p=0.04$; $r=-0.331$, $p=0.03$, sırasıyla)



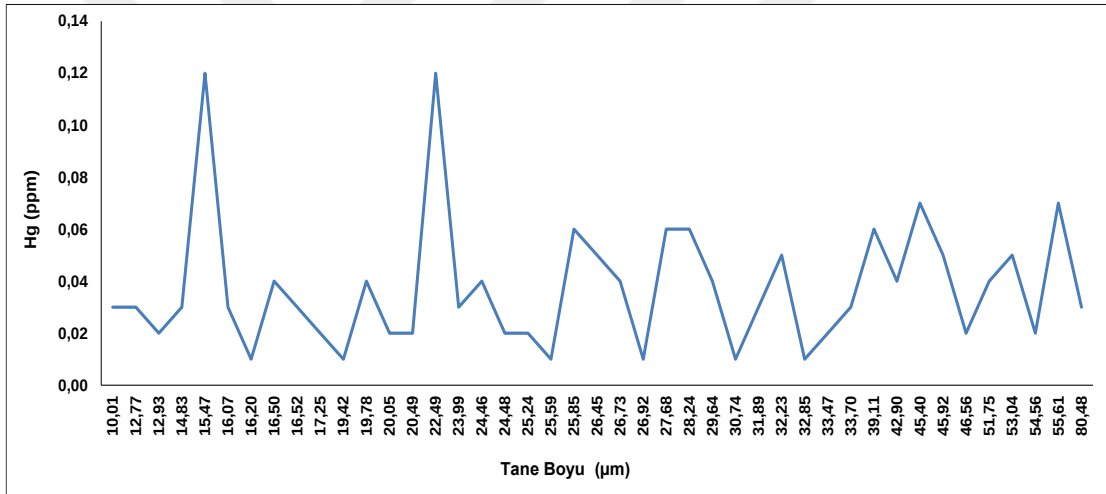
Şekil 4.1. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde As konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.2. Civa (Hg)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak Hg konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.2). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 μm olup, Hg konsantrasyonu

0,03 ppm olarak bulunmuştur. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 μm olup, Hg konsantrasyonu 0,03 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük Hg konsantrasyonu 16,20; 19,42; 25,59; 26,92; 30,74; 32,85 μm tane büyüklüklerinde 0,01 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 0,02 ppm ile 12,93; 17,25; 20,05; 20,49; 24,48; 25,24; 33,47; 46,56; 54,56 μm tane büyüklüklerinde saptanmıştır. En yüksek Hg konsantrasyonu ise 15,47 ve 22,49 μm tane büyüklüklerinde 0,12 ppm olarak, ikinci en yüksek Hg konsantrasyonu ise 0,07 ppm ile 45,40 ve 55,61 μm tane büyüklüklerinde belirlenmiştir.

Tane büyüklüğü ile Hg konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.083$, $p=0.59$). Hg konsantrasyonu ile As, Sn ve Ti konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif korelasyon bulunmuştur ($r=0.312$, $p=0.04$; $r=0.512$, $p<0.0001$; $r=0.355$, $p=0.02$ sırasıyla).

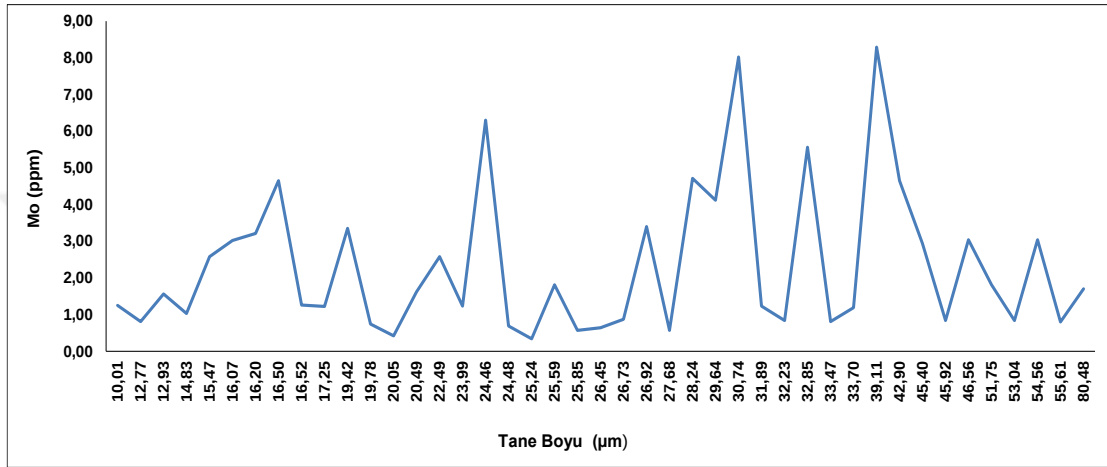


Şekil 4.2. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Hg konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.3. Molibden (Mo)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak Mo konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 μm olup, Mo konsantrasyonu 1,25 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 μm olup, Mo konsantrasyonu 1,70 ppm olarak saptanmıştır. En düşük Mo konsantrasyonu 25,24 μm tane büyüklüğünde 0,34 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 0,42 ppm ile 20,05 μm tane büyüklüğünde bulunmuştur. En yüksek Mo konsantrasyonu ise 39,11 μm tane

büyükliğünde 8,29 ppm olarak, ikinci en yüksek Mo konsantrasyonu ise 8,02 ppm ile 30,74 µm tane büyüklüğünde belirlenmiştir. Çalışılan bütün tane büyüklüklerinde, tane büyüklüğü ile Mo konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.068$, $p=0.66$). Mo konsantrasyonu ile Ti ve La konsantrasyonları arasında orta derecede negatif bir korelasyon bulunmuştur ($r=-0.307$, $p=0.04$; $r=-0.366$, $p=0.01$, sırasıyla).



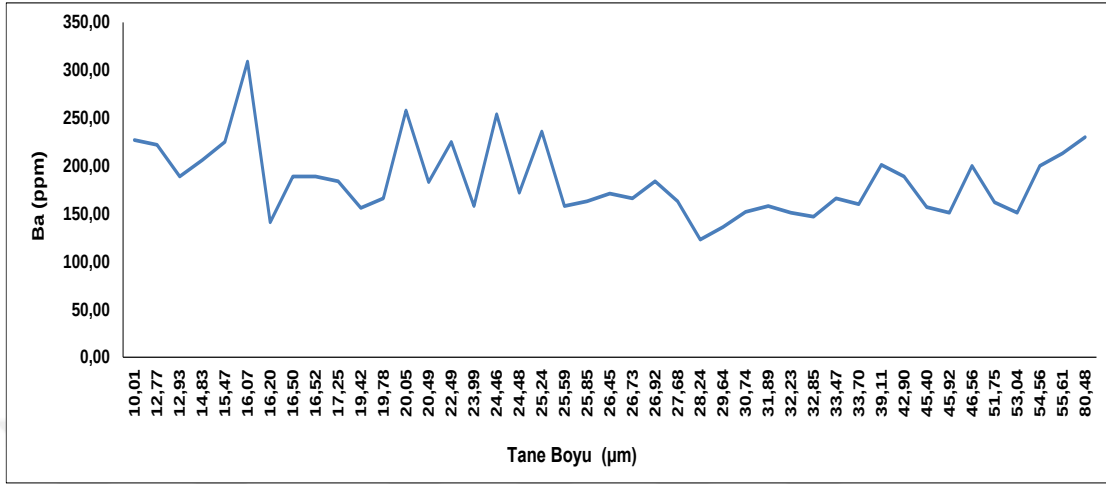
Şekil 4.3. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Mo konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.4. Baryum (Ba)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak Ba konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği bulunmuştur (Şekil 4.4). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 µm olup, Ba konsantrasyonu 227 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 µm olup, Ba konsantrasyonu 230 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük Ba konsantrasyonu 28,24 µm tane büyüklüğünde 123 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 136 ppm ile 29,64 µm tane büyüklüğünde bulunmuştur. En yüksek Ba konsantrasyonu ise 16,07 µm tane büyüklüğünde 309 ppm olarak, ikinci en yüksek Ba konsantrasyonu ise 258 ppm ile 20,05 µm tane büyüklüğünde belirlenmiştir.

Çalışılan bütün tane büyüklüklerinde, tane büyüklüğü ile Ba konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=-0.127$, $p=0.41$). Ba konsantrasyonu ile As

konsantrasyonu arasında orta derecede negatif bir korelasyon saptanmıştır ($r = -0.331$, $p = 0.03$).

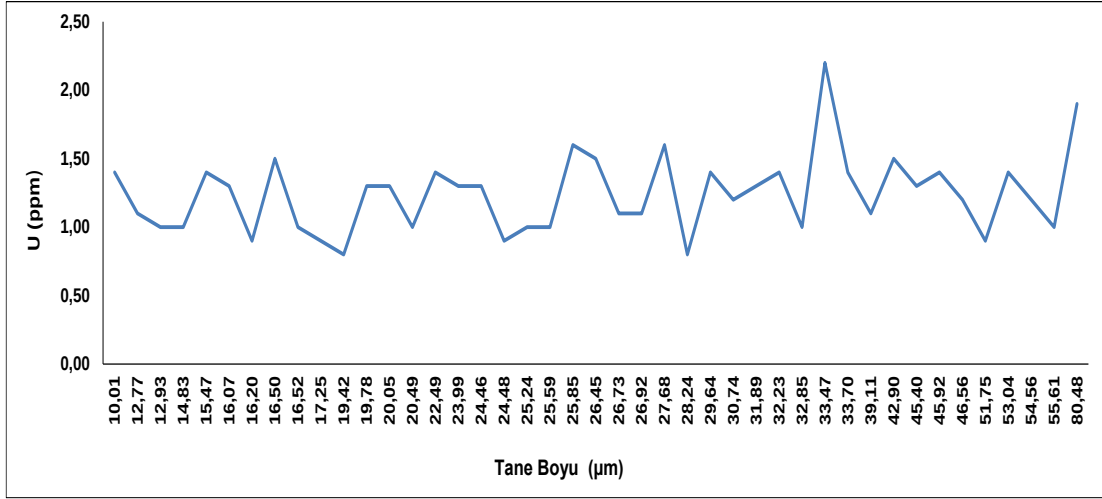


Şekil 4.4. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ba konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.5. Uranyum (U)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak U konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.5). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 µm olup, U konsantrasyonu 1,40 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 µm olup, U konsantrasyonu 1,90 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük U konsantrasyonu 19,42 ve 28,24 µm tane büyüklüklerinde 0,8 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 0,9 ppm ile 16,20; 17,25; 24,48; 51,75 µm tane büyüklüklerinde bulunmuştur. En yüksek U konsantrasyonu ise 2,20 ppm ile 33,47 µm tane büyüklüğünde, ikinci en yüksek U konsantrasyonu ise 80,48 µm tane büyüklüğünde 1,90 ppm olarak belirlenmiştir.

Tane büyüklüğü ile U konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r = 0.285$, $p = 0.06$). U konsantrasyonu ile Ti konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon, U konsantrasyonu ile Sn ve La konsantrasyonları arasında güçlü derecede pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ($r = 0.545$, $p < 0.0001$; $r = 0.713$, $p < 0.0001$; $r = 0.702$, $p < 0.0001$, sırasıyla).

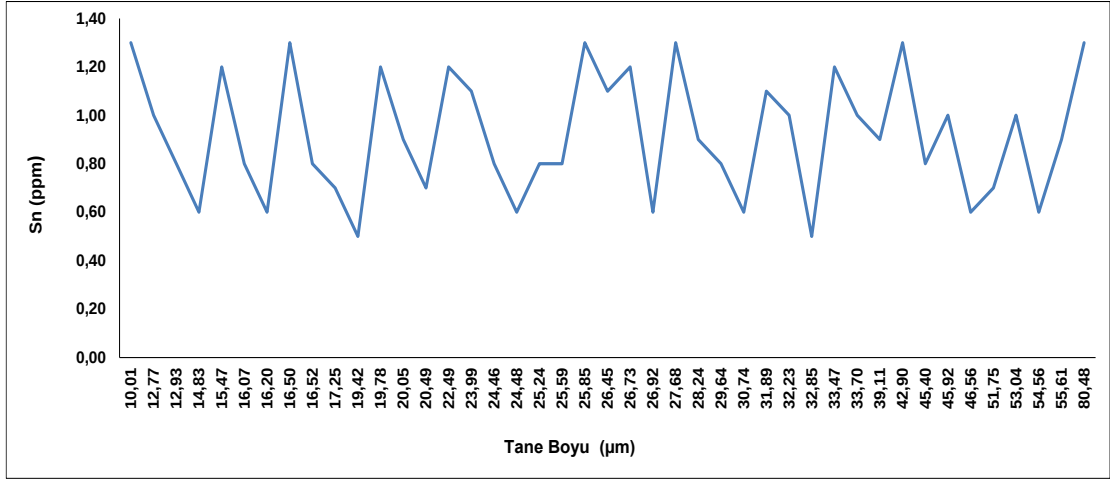


Şekil 4.5. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde U konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.6. Kalay (Sn)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak Sn konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.6). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 µm olup, Sn konsantrasyonu 1,30 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 µm olup, Sn konsantrasyonu yine 1,30 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük Sn konsantrasyonu 19,42 ve 32,85 µm tane büyüklüklerinde 0,50 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 0,60 ppm ile 14,83; 16,20; 24,48; 26,92; 30,74; 46,56; 54,56 µm tane büyüklüklerinde bulunmuştur. En yüksek Sn konsantrasyonu ise 10,01; 16,50; 25,85; 27,68; 42,90; 80,48 µm tane büyüklüklerinde 1,30 ppm olarak, ikinci en yüksek Sn konsantrasyonu ise 1,20 ppm ile 15,47; 19,78; 22,49; 26,73; 33,47 µm tane büyüklüklerinde tespit edilmiştir.

Tane büyüklüğü ile Sn konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.048$, $p=0.75$). Sn ve Hg konsantrasyonu arasında orta derecede pozitif bir korelasyon, Sn konsantrasyonu ile Ti ve U konsantrasyonları arası güçlü pozitif bir korelasyon, Sn konsantrasyonu ile La konsantrasyonu arasında çok güçlü pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($r=0.512$, $p<0.0001$; $r=0.788$, $p<0.0001$; $r=0.713$, $p<0.0001$; $r=0.881$, sırasıyla).

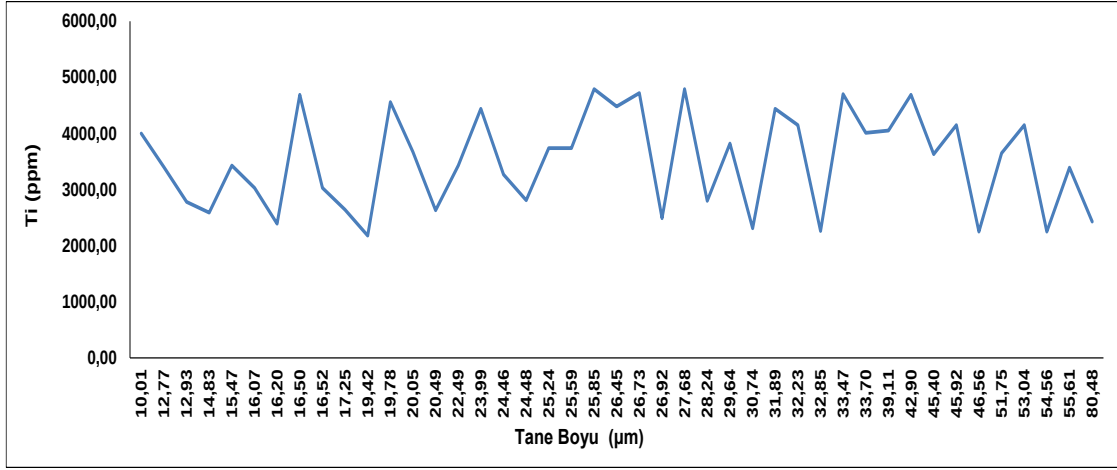


Şekil 4.6. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Sn konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.7. Titanyum (Ti)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak Ti konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği bulunmuştur (Şekil 4.7). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 µm olup, Ti konsantrasyonu 4000 ppm olarak saptanmıştır. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 µm olup, Ti konsantrasyonu 2430 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük Ti konsantrasyonu 19,42 µm tane büyüklüğünde 2180 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 2250 ppm ile 46,56 ve 54,56 µm tane büyüklüklerinde bulunmuştur. En yüksek Ti konsantrasyonu ise 25,85 ve 27,68 µm tane büyüklüklerinde 4790 ppm olarak, ikinci en yüksek Ti konsantrasyonu ise 4720 ppm ile 26,73 µm tane büyüklüğünde belirlenmiştir.

Bütün tane büyüklüklerinde, tane büyüklüğü ile Ti konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=-0.028$, $p=0.86$). Ti ile Mo konsantrasyonları arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r= -0.307$, $p=0.04$), Ti ile Hg ve U konsantrasyonları arasında orta derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.355$, $p=0.02$; $r=0.545$, $p<0.0001$), Ti ve Sn konsantrasyonları arasında güçlü pozitif bir korelasyon ($r=0.788$, $p<0.0001$), Ti ve La konsantrasyonları arasında çok güçlü pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r=0.917$, $p<0.0001$).

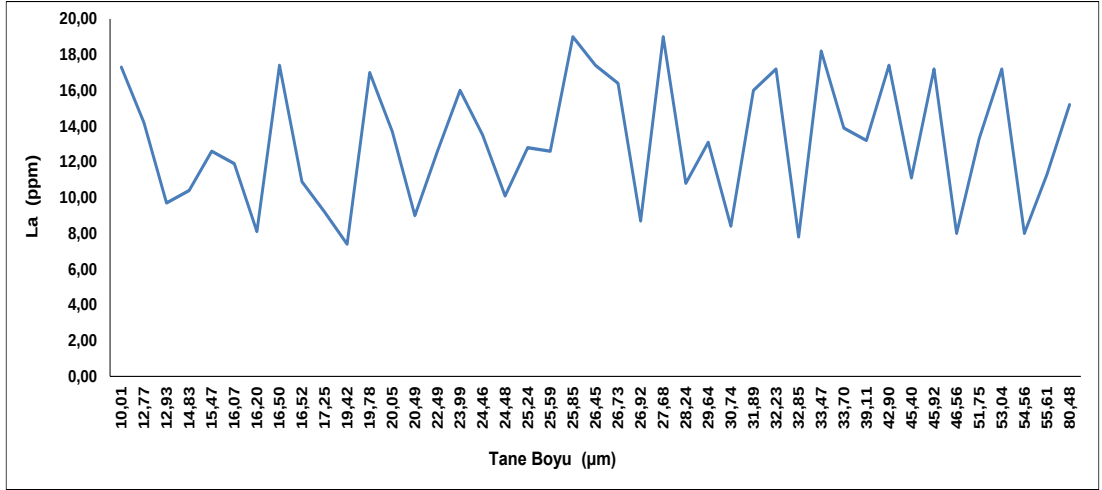


Şekil 4.7. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde Ti konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.8. Lantan (La)

Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak La konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Karot örneklerinde belirlenen en küçük sediment tane boyu 10,01 µm olup, La konsantrasyonu 17,30 ppm olarak belirlenmiştir. En büyük tane büyüklüğü ise 80,48 µm olup, La konsantrasyonu 15,20 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük La konsantrasyonu 19,42 µm tane büyüklüğünde 7,40 ppm olarak, ikinci en düşük konsantrasyon ise 7,80 ppm ile 32,85 µm tane büyüklüğünde bulunmuştur. En yüksek La konsantrasyonu ise 25,85 ve 27,68 µm tane büyüklüklerinde 19 ppm olarak, ikinci en yüksek La konsantrasyonu ise 18,20 ppm ile 33,47 µm tane büyüklüğünde belirlenmiştir.

Tane büyüklüğü ile La konsantrasyonu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($r=0.080$, $p=0.60$). La ve Mo konsantrasyonları arasında orta derecede negatif bir korelasyon ($r= -0.366$, $p=0.01$), La ve U konsantrasyonları arasında güçlü bir pozitif korelasyon ($r=0.702$, $p<0.0001$), La ile Sn ve Ti konsantrasyonları arasında çok güçlü derecede pozitif bir korelasyon ($r=0.881$, $p<0.0001$; $r=0.917$, $p<0.0001$, sırasıyla) saptanmıştır.



Şekil 4.8. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde La konsantrasyonu-tane boyu ilişkisi

4.9. Berilyum (Be)

Sedimentteki Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında (< 1 ppm) kaldığından belirlenememiştir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırmada, Hazar Gölü'nden alınan karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı daha önce üzerinde çok az çalışılmış bulunan As, Hg, Mo, Ba, U, Sn, Ti ve La elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Hazar Gölü'nde belirlenen istasyonlardan alınan sediment örneklerinde As, Hg, Mo, Ba, U, Sn, Ti ve La elementlerinin analizi yapılmış, tane büyüklüğüne bağlı ağır metal birikimine göre elementlerin sıralanışı $Ti > Ba > As > La > Mo > U > Sn > Hg$ şeklinde belirlenmiş olup, Be konsantrasyonu cihazın ölçüm duyarlılığının altında (<1 ppm) kaldığından belirlenememiştir. Çalışılan ağır metallere sediment tane büyüklüğü ile element konsantrasyonları arasında sadece istatistiksel olarak As için anlamlılık saptanmıştır. Buna göre sediment tane büyüklüğü arttıkça As konsantrasyonları da orta derecede anlamlılık ile artmaktadır. Diğer metallere sediment tane büyüklüğü ile element konsantrasyonları arasında anlamlı herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Metallerin birbirleriyle olan ilişkisi değerlendirildiğinde La-Sn ve La-Ti arasında pozitif çok güçlü korelasyon, Sn-U, Sn-Ti ve La-U arasında ise pozitif güçlü korelasyon saptanmıştır.

Daha önce Hazar Gölü'nde sedimentte element birikimi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında bu tez çalışmasında analizi gerçekleştirilen elementlerden sadece U ve Mo üzerine çalışma yapıldığı, diğer elementler (Ti, Ba, As, La, Sn ve Hg) konusunda ise çok fazla bir veri olmadığı belirlenmiştir. Külahcı (2016), Hazar Gölü'nde alınan su örneklerinde U miktarlarını belirlemişler ve pH değeri arttıkça ^{238}U konsantrasyonlarının arttığını rapor etmişlerdir. Özellikle derinden yüzeye doğru bir taşınım olduğunu bildirmişlerdir. Sudaki radyoaktivite değerini $14,215 \pm 5,880$ ($Bq\ l^{-1}$) olarak bulmuşlardır. Yaman vd. (2011), Hazar Gölü'nde su örneklerinde U değerlerinin $0,53-0,81\ \mu g/l$ ($0,00053-0,00081$ ppm) arasında, Mo değerlerinin $2,2-3,3\ \mu g/l$ ($0,0022-0,0033$ ppm) arasında değiştiğini, aynı çalışmada Van Gölü'nde U değerlerinin $37-110\ \mu g/l$ ($0,037-0,110$ ppm), Mo değerlerinin $9-17\ \mu g/l$ ($0,009-0,0017$ ppm) arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında ise U konsantrasyonlarının $0,8$ ile $2,20$ ppm arasında değişim gösterdiği, ortalama değeri $1,23$ ppm olduğu, Mo konsantrasyonlarının ise $0,34$ ile $8,29$ ppm arasında değiştiği ve ortalama değerinin $2,32$ ppm olduğu bulunmuştur. Erentürk vd. (2014), Van Gölü ile ilgili yaptıkları çalışmada üst sedimentte Uranyum değerlerinin $0,89$ ile $57,99$ ppm

arasında değişirken dip sedimentte ise 10,69 ile 20,89 ppm arasında değiştiiğini rapor etmişlerdir. Her iki göl arasındaki bu farklılık hidrojeoloji ile yakından ilişkilidir.

Çünkü Van Gölü daha yüksek konsantrasyonlarda karbonat ve klor ihtiva etmektedir. Ayrıca Van Gölü tabanı üçüncü ve dördüncü çağa ait çakıl kayalardan oluşurken Hazar Gölü'nün tabanı volkanik, killi kireçtaşı ihtiva etmektedir (Yaman vd., 2011). Ayrıca dip sedimentteki ağır metal konsantrasyonunun sudaki ağır metal konsantrasyonundan normal şartlar altında daha yüksek olacağı unutulmamalıdır (Horowitz, 1991).

Şener vd. (2014), Eğirdir Gölü'nde As değerlerinin dip sedimentinde 3,00-60,67 ppm ve suda 0,0059-0,0183 ppm arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sediment örneklerinde As değerleri referans değerlerinin üstünde olduğunu belirlemişlerdir. Dip sediment örneklerinde As değerlerinin yüksek olduğu bölgede suda da genelde yüksek olduğunu bulmuşlardır. Hatta bazı bölgelerde As açısından ciddi oranda kirlenme saptamışlardır. Bu tez çalışmasında As konsantrasyonunun 5,70 ile 116,60 ppm arasında değişim gösterdiğini ve ortalama 19,94 ppm olduğu belirlenmiş olup, Eğirdir Gölü'nde tespit edilen As konsantrasyonuna göre daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca bu tez çalışmasında sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak As konsantrasyonunun değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Sediment tane büyüklüğü arttıkça sedimentte As konsantrasyonunun da arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla sedimentte As konsantrasyonu değerlendirilirken tane büyüklüğünün de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca arıtma tesislerinin akarsulara döküldüğü yerlerde As taşınmasına bağlı olarak dip sedimentinde ciddi kirlenme olacağı dikkate alınmalıdır. Buna ilaveten doğal ve sentetik gübrelerin, inorganik pestisidlerin bileşimlerinde As olduğundan çiftlik bölgelerine yakın yerlerde suda ve sedimentte As konsantrasyonları da yüksek çıkabileceği göz önüne alınmalıdır. (Yücer 2008; Wang ve Mulligan 2006). Ünlü vd. (2016), İznik Gölü'nde As'a ait Igeo değerlerinin -1,29 ile 1,89 arasında değişim gösterdiğini bulmuşlardır (Igeo sınıfı=0-2). Negatif değerler kontaminasyonun olmadığı veya doğal sınırlardaki konsantrasyonlara işaret etmektedir. Ayrıca analizi gerçekleştirilen ağır metallerden As değerleri yönünden İznik Gölü yüzey sedimentleri için genel olmasa da lokal olarak orta derece kirlenme olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu kirlenmenin temel sebeplerinin endüstriyel atıklar ve şehir sularından ve atmosferden taşınmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü'nün, İznik Gölü'ne göre sedimentte Hg açısından konsantrasyonunun daha az, ancak As açısından önemli derecede bir kirlenme olduğu ortaya çıkmıştır.

Şener ve Şener (2015), Kovada Gölü dip sedimentlerinde As konsantrasyonunun 6,1-32,1 ppm arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Göl genelinde çoğu bölgelerde As değerinin ortalama şeyl değerinin üzerinde olduğunu ve orta derecede zenginleşme olduğunu, bazı bölgelerde ise As konsantrasyonu dikkate alındığında az-orta zenginleşme olduğunu bildirmişlerdir. Göl çevresinde kaya-su etkileşimi vasıtasıyla As birikimine sebep olabilecek litolojik birim bulunmadığını ancak göl çevresindeki alüvyon alanlarda yaygın tarım alanları bulunduğunu ve bu zirai faaliyetler sırasında inorganik kökenli tarım ilaçlarının kullanıldığını rapor etmişlerdir. Bu durum, göl dip sedimanlarındaki As birikiminin daha çok antropojenik kaynaklı olduğunu ve göl dip sedimanlarının As içeriği bakımından kirlilik taşıdığını gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Bölükbaşı ve Akın (2016), Seyfe Gölü sedimentindeki As konsantrasyonunun 24,1 ppm ile 93,9 ppm arasında değiştiğini, hem suda hem de sedimentte oldukça yüksek konsantrasyonda As olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca As değerlerinin suni gübrelerde bulunan Potasyum C ile ilişkili olmasından ve bölgede yerli veya endüstriyel bir aktivite olmamasından dolayı bunun tarımla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerler Hazar Gölü sedimentlerindeki As konsantrasyonlarına benzer olduğu söylenebilir.

Kükrer (2016), Tortum Gölü'nde yaptığı çalışmada, ortalama As konsantrasyonunu 21,43 ppm, ortalama Hg konsantrasyonunu ise 0,07 ppm olarak belirlemiştir. Kükrer (2016)'in elde ettiği sonuçlar bu tez çalışması ile karşılaştırıldığında As ve Hg değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Tekin-Özan ve Aktan (2012), Işıklı Gölü sedimentinde As değerlerinin 1,14-16,33 ppm arasında değiştiğini, en düşük değerlerin kış mevsiminde (ortalama 5,66 ppm), en yüksek değerlerin sonbaharda (ortalama 12,54 ppm) olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada Hazar Gölü dip sedimentlerinde kaydedilen As konsantrasyonlarının Işıklı Göl'ünden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Yiğit ve Altındağ (2006) Eğirdir Gölü'nden aldıkları sediment örneklerinde Cr, Cd, Hg ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarını belirlemişler ve bu elementler içerisinde en yüksek konsantrasyona sahip elementin Cr (23,30 ppm) olduğunu, en düşük konsantrasyona sahip elementin ise Hg olduğunu bulmuşlardır. Hg konsantrasyonunun (0,16 ppm) olduğunu tespit etmişlerdir. Sedimentte tespit edilen Hg'nın antropojenik aktivitelerden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Arslan vd. (2011), Yedigöller'de yaptıkları çalışmada sedimentteki Hg değerlerinin ölçülebilen değerlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Arslan vd. (2016) Burdur

Gölü’nde yaptıkları çalışmada Hg değerleri kullandıkları alevli atomik absorpsiyon spektrometresinin tayin sınırının altında (tayin sınırı: 10 ppm) olduğu için belirlenemediğini rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise Hg konsantrasyonu 0,01-0,12 ppm arasında değişirken, ortalama $0,037 \pm 0,024$ ppm olarak bulunmuştur. Hg değerlerinin Yedigöller’deki sedimentte ölçülebilen değerlerin altında olması sevindirici bir durumdur. Bilindiği gibi araştırılan metallerin içinde Hg ve de özellikle organik formu en yüksek toksisiteye sahip metaldir (Timmermans, 1993).

Kükrer vd. (2014), Çıldır Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Hg değerlerinin 0,04 ppm ile 0,08 ppm arasında değiştiğini (ortalama 0,06 ppm), As değerlerinin çoğu istasyonda yüksek konsantrasyonlarda; 2,5-4,5 ppm arasında (ortalama 3,45 ppm) olduğunu bulmuşlar ve orta derecede bir kirlenme olduğunu rapor etmişlerdir. Kükrer vd. (2015), Çıldır Gölü sedimentleri ile ilgili yaptıkları başka bir çalışmada Hg değerlerinin maksimum 0,11 ppm’e kadar ulaştığını (ortalama 0,07 ppm) bu sonuçlar dikkate alındığında Hg için yüksek düzeyde bir kirlenme olduğunu bulmuşlardır. Pb, As ve Cd için orta düzeyde, Mn için orta-yüksek düzeyde bir kirlenme olduğunu, Cd ve Hg’nin gelecekte göl için potansiyel bir tehlike oluşturabileceğini bildirmişlerdir. Çıldır Gölü’nde Hg’nin dip sedimentinde yüksek olması volkanik patlamalarda atmosferdeki Hg’nin direkt olarak çözünmesine, yüzey sedimentinde yüksek olmasının ise antropojenik kökenli olduğunu bir diğer ifadeyle özellikle ev ısınmasında kullanılan kömürün göle direkt olarak atık olarak atılmasından ve diğer atıklardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Aydın-Önen vd. (2015), Bafa Gölü ile ilgili yaptıkları çalışmada yüzey sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarından Hg’nin 0,008-0,092 ppm arasında değiştiğini, analizi yapılan metaller (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb ve Zn) arasında en düşük konsantrasyona sahip metalin Hg olduğunu belirtmişlerdir. Hg değerlerinin istasyonlar ve mevsimler arasında bariz farklılıklar göstermediğini rapor etmişlerdir. Yılğör vd. (2012) Bafa Gölü’nde yüzey sedimentindeki Hg değerlerini 0,01-0,26 ppm arasında (ortalama 0,040 ppm) değiştiğini bulmuşlardır. Bu değerlerin, Aydın-Önen vd. (2016) çalışmasında buldukları değerden daha yüksek konsantrasyonda olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü dip sedimentinde Hg konsantrasyonunun 0,01-0,12 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş olup, Bafa Gölü’ndeki yüzey sedimentindeki değerlerle benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Hg değerlerindeki bu yükselmenin nedeni göl civarındaki tarım arazilerinde kullanılan tarım ilaçları ve gübreleme kaynaklı olduğu ve drenaj suları

vasıtasıyla göle taşınmış olabilir. Tarım ilaçları ve gübrelerde yüksek miktarlarda bulunan Hg toprağa geçer ve daha sonra erozyonla bu metal nehir ve göllere ulaşır (Yılgör, 2012).

Tekin-Özan ve Kir (2008), Beyşehir Gölü'nde yaptıkları çalışmada Ba konsantrasyonunun yüksek olduğunu bulmuşlardır. Sedimentteki Ba konsantrasyonunun 10,98-30,30 ppm arasında değiştiğini ve ortalama 20,42 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Tekin-Özan ve Aktan (2012), Işıklı Gölü sedimentlerinde yaptıkları çalışmada Ba değerlerinin 8,99-245,04 ppm arasında değişim gösterdiğini, en düşük değerlerin kış mevsiminde (ortalama 50,70 ppm) en yüksek değerlerin ise yaz mevsiminde (ortalama 103 ppm) olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü dip sedimentindeki Ba değerlerinin 123-309 ppm arasında değiştiği (ortalama 184,67 ppm) ve bu değerlerin Beyşehir Gölü ve Işıklı Gölü'nde yüzey sediment örneklerinde tespit edilen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Türkiye'deki göllerde az çalışılan ağır metallerden biri de Mo'dur. Sancer ve Tekin-Özan (2016), aynı zamanda milli bir park olan Kovada Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentteki Mo konsantrasyonunu ilkbaharda ortalama 3,30 ppm, yazın ortalama 0,49 ppm, sonbaharda ortalama 0,19 ppm, kışın ortalama 0,3 ppm olarak rapor etmişlerdir. Bu değerler dikkate alındığında Mo konsantrasyonunun ilkbahar ve yaz mevsiminde arttığı, sonbahar ve kış mevsiminde ise azaldığını tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin ise tarımsal faaliyetlere bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nde Mo değerlerinin en yüksek 0,68 ppm ile yaz mevsiminde, en düşük 0,015 ppm ile kış mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir. Mo konsantrasyonundaki mevsimsel değişikliğin en fazla yaz aylarında olduğunu belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında Hazar Gölü'ndeki Mo'nin ortalama konsantrasyonu 2,32 ppm olup, bu değer Kovada Gölü'nün kış mevsimindeki değerleri dışında diğer mevsimlerde tespit edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Hızlı-P15 karotu ön değerlendirmesi

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

D: Buzul öncesi dönemde başlarda nispeten yüksek değerlerde olan Ti elementi bu dönemin sonuna doğru karotta oldukça düşük değerler 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. (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 Sibiry'a'da, Antartika'da ve Görland'da buzulların ilerlediği zamana karşılık geldiği bilinmektedir. Hz11-P15 karotunda bu döneme karşılık gelen elementlerden Ti değerlerinin 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 değerlerinin 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. Ba elementi sadece bu dönemin başlarında bir artış gösterebilir genelde değerler nispi olarak düşüktür. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

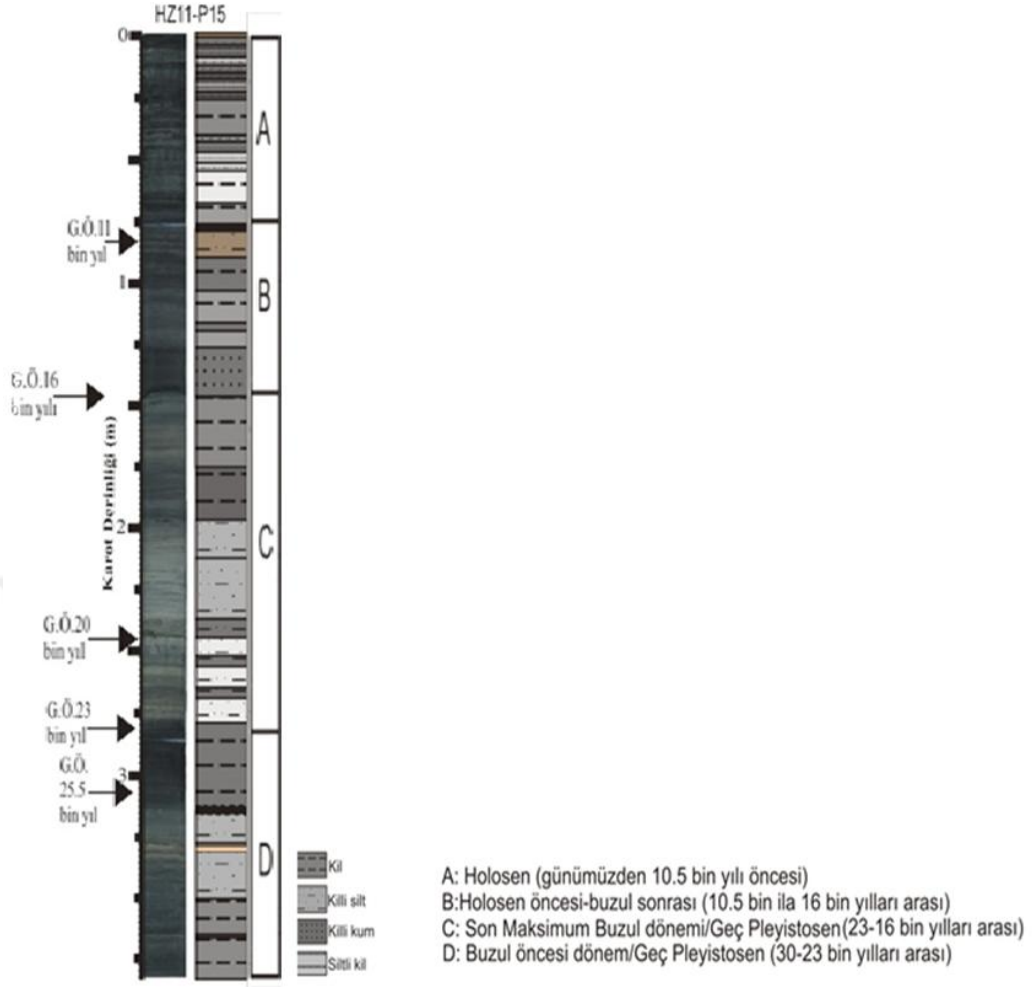
A: Holosen dönemi G.Ö. 10.5 bin yılında başlamıştır. Karotta bu döneme karşılık gelen bu seviyede Ti değerleri üste doğru, Holosen döneminin sonlarına doğru dereceli olarak artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum, gölde Holosen başından sonuna doğru artan detritik kırıntı girdisini gösterdiğinden iklimin 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. (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).

Hız11-P15 karotu ön değerlendirmesi

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. Ba elementi değerleri de oldukça yüksek yani organik üretim yüksektir. (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 yükseldiğı 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. Ba elementi başlarda düşük gözlenirse de üste doğru dereceli olarak artar, bu durum gölde organik üretimin önceleri düşük ancak daha sonra ise giderek arttığını göstermektedir (TÜBİTAK 111Y045 Nolu Projeden).



Şekil 5.1. Hazar Gölü'nden alınan Hz11-P15 karot örneklerinde derinlik profiline ve jeolojik devirlere ve yaşa bağlı 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 taşıırken, 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).

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). 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). Sedimentte biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimentte organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik göstermektedir. Sedimentler ağır metaller için önemli bir birikim yeridir ve bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılır (Salomans vd., 1987). Sedimentte ağır metal birikim düzeyi sedimentin karakteristiğine, özellikle içerdiği organik madde tipi ve miktarına, tane büyüklüğüne, kation değiştirme kapasitesine ve mineral içeriğine göre değişim göstermektedir (Vertacnik vd., 1995).

Ülkemizde su kalitesini belirlemeye yönelik araştırma kurumları, üniversiteler ve çeşitli toplum kuruluşları tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar genelde belirli bir bölge ile sınırlı kalmakta, dolayısıyla geneli temsil edememektedir. Ayrıca herkesin ulaşabildiği ve kullandığı sistematik veri tabanı oluşturulmadığı için, yetersiz bilgilenme nedeniyle zaman zaman aynı yerlerde aynı ölçümler ve benzer çalışmalar tekrarlanarak zaman, işgücü ve kaynak israfına neden olabilmektedir. Su kalitesini iyileştirmek için yapılacak çalışmalar ve alınacak önlemler bir bütün içerisinde düşünüldüğü ve değerlendirildiği zaman 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 katkı sağlayacağı kanaatindeyiz. Sonuç olarak ülkemizde benzer çalışmaların çok yaygın olmaması ve ileride bu alanda yapılacak olan çalışmalara ışık tutabilecek olması nedeniyle bu tez çalışmasının önem arz edeceğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M.,** 2010. Heavy metal concentrations in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia, *Journal of Biological Sciences*, 10(2), 93-100.
- Alemdaroğlu, T., Onur, E. and Akgün, H.,** 2000. Determination of major and Trace Elements in Sediments of Lake Eğirdir, Turkey, *Intern. J. Environ. Studies*, 57, 157-166.
- Alemdaroğlu, T., Onur, E. and Erkakan, F.,** 2003. Trace metal levels in surficial sediments of Lake Manyas, Turkey and tributary rivers, *International Journal of Environmental Studies*, 60, 287–298.
- Ali, M. H. H. and Fishar, M. R. A.,** 2005. Accumulation of trace metals in some benthic invertebrate and fish species relevant to their concentration in water and sediment of Lake Qarun, Egypt, *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31, 1, 289-301.
- Alkan, A., Gökçek, Ç., Akbaş, U. and Alkan, N.,** 2016. Spatial distributions of heavy metals in the water and sediments of Lake Çıldır, Turkey, *Ekoloji Dergisi*, 25 (98), 9-16.
- Allen-Gil, S. M., Gubala, C. P., Landers, D. H., Lasorsa, B. K., Crecelius, E. A. and Curtis, L.R.,** 1997. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16, 4, 733–741.
- Altun, Ö., Saçan, M. T. and Erdem., A.K.,** 2009. Water quality and heavy metal monitoring in water and sediment samples of the Küçükçekmece Lagoon, Turkey (2002–2003) , *Environ Monit Assess*, 151, 345–362.
- Arslan, N., Koç, B. and Çiçek, A.,** 2010. Metal contents in water, sediment, and Oligochaeta-Chironomidae of Lake Uluabat, a Ramsar site of Turkey, *Research Article The Scientific World Journal*, 10, 1269–1281.
- Arslan, N., Tokath, 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, Y., Trak, D., Bulgök, U., Bodur, S., Akagündüz, A. ve Kendüzler, E.,** 2016. Burdur Göl suyu ve çamurunda metal tayini, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 144-156.
- Aucoin, J., Blanchard, R., Billiot, C., Partridge, C., Schultz, D., Mandhare, K., Beck, M.J. and Beck, J.N.,** 1999. Trace metals in fish and sediments from Lake Boeuf, Southeastern Louisiana Microchemical Journal, 62, 299–307.
- Aydın-Önen, S., Küçüksezgin, F., Kocak, F. and Açık, S.,** 2015. Assessment of heavy metal contamination in *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean), Environ Sci Pollut Res, 22(11),8702-18.
- 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.
- Barlas, N., Akbulut, N. and Aydoğan, M.,** 2005. Assessment of Heavy Metal Residues in the Sediment and Water Samples of Uluabat Lake, Turkey Bull. Environ. Contam. Toxicol, 74, 286–293.
- Başığit, 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, Pol. J. Environ. Stud., 22, 3, 633-644.
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S.,** (1998) Pond Aquaculture Water Quality Management, Kluwer Academic Publishers, 698p.
- Boyle, J.F., Mackay, A.W., Rose, N.L., Flower, R.J. and Appleby, P.G.,** 1998. Sediment heavy metal record in Lake Baikal: natural and anthropogenic sources, Journal of Paleolimnology, 20, 135–150.
- Bölükbaşı, V. and Akın, B. S.,** 2016. Agriculturally Induced Heavy Metal Accumulation in Seyfe Lake,Turkey, Bull Environ Contam Toxicol, 96(3),401-7.
- Brown, H. S., Kasperson, R. E., and Raymond, S. S.,** 1990. ‘Trace pollutants’ in Turner, B. L., Clark, W. C., Kates, R. W., Richards,J. F., Mathews, J. T., and Meyer, W. B. (Eds), The Earth as Transformed by Human Action. Cambridge University Press with Clark University, Cambridge, 437-454.

- Burrus, D., Thomas, R. L., Dominik, B., Vernet, J.-P., and Dominik, J., 1990.** Characteristics of suspended sediment in the upper Rhone river, Switzerland, including the particulate forms of phosphorous, Hydrol. Process., 4, 85-98.
- Çiçek, A., Emiroğlu, Ö. and Arslan, N., 2009.** Heavy metal concentration in fish of Lake Manyas, 13. World Lake Conference, Wuhan China, 1-5 November.
- Dauvalter , V., 1992.** Concentration of heavy metals in superficial lake sediments of pechenga district, Murmansk Region, Russia, Vatten, 48,141-145.
- Dossis, P., and Warren, L. J., 1980.** ‘Distribution of heavy metals between the minerals and organic debris in a contaminated marine sediment’, in Baker, R.A. (Ed.), Contaminant and Sediments. Vol. 1. Fate and Transport, Case Studies, Modeling, Toxicity. Ann Arbor Science, Michigan, 119-139.
- Driver, N. E. and Lystrom, D. J., 1987.** ‘Estimation of urban storm runoff loads and volumes in the United States’, Proc. IVth Int. Conf Urban Storm Drainage, Lausanne, Switzerland. pp. 74-82. B. C. Yen (Ed). Published by Secretariat of the 22nd Congress Int. Assn. Hydraul. Res. Laboratoire d’Hydraulique Role Polytechnique, Fedende, Lausanne.
- Duman, F., Aksoy, A. and Demirezen, D., 2007.** Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey, Environ Monit Assess, 133, 277–283.
- EİE, 2003.** Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ellis, J. B., Harrop, D. O. and Revitt, D. M., 1986.** Hydrological control of pollutant removal from highway surfaces, Wat. Res., 20, 589-595.
- Elmaci, A., Teksoy, A., Topaç, F. O., Özengin, N., Kurtoğlu, S. and Başkaya, H.S., 2007.** Assessment of heavy metals in Lake Uluabat, Turkey, African Journal of Biotechnology, 6 (19), 2236-2244.
- Erentürk, S., Yusan, S., Türközü, D. A., Camtakan, Z., Ölgen, M. K., Aslani, M. A. A., Aytaş, Ş. and Işık, M.A., 2014.** Spatial distribution and risk assessment of radioactivity and heavy metal levels of sediment, surface water and fish samples from Lake Van, Turkey, J Radioanal Nucl Chem, 300, 919–931.
- Fergusson, J. E., 1990.** The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects, Pergamon Press, Oxford, 614p.

- Forstner, U., and Patchineelam, S. R.,** 1980. ‘Chemical associations of heavy metals in polluted sediments from the Lower Rhine River’ in Kavanaugh, M. C., and Leckie, J. O. (Eds), *Particulates in Water; Characterisation, Fate, Effects and Removal*. Adv. Chem. Ser.,189, American Chemical Society, Washington, 177-193.
- Forstner, U., and Wittmann, G. T. W.,** 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, Springer-Verlag, Berlin, 486p.
- Foster, I. D. L. and Charlesworth, S. M.,** 1996. Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanation, *Hydrological Processes*, 10, 227-261 .
- Fu, J., Hub, X., Tao, X., Yu, H. and Zhang, X.,** 2013. Risk and toxicity assessments of heavy metals in sediments and fishes from the Yangtze River and Taihu Lake, China, *Chemosphere*, 93,1887–1895.
- Fytianos, K. and Laurantou, A.,** 2004. Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, N. Greece, *Environment International*, 30, 11– 17.
- Gibbs, R. J.,** 1978. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon rivers. *Bull. Am. Geol. Soc.* 88, 829-843.
- 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.
- Güneş, H. ve Yiğit A.,** 1995. Hazar Gölü Havzasının Hidrografik Özellikleri, 1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, Yayın No:2, Sivrice, 91-105.
- Hart, B. T.,** 1982. Uptake of trace metals by sediments and suspended particulates, *Hydrobiologia*, 91, 299-313.
- Honglei, L., Liqing, L., Chengqing, Y. and Baoqing, S.,** 2008. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Moshui Lake *Journal of Environmental Sciences*, 20, 390–397.
- Horowitz, A. J.,** 1991. *A Primer on Trace Metal Sediment Chemistry*. 2nd edn. Lewis, Chelsea, 136p.
- Hou, D., He, J., Lü ,C., Ren, L., Fan, Q., Wang, J. and Xie , Z.,** 2013. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu,

- Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China
Ecotoxicology and Environmental Safety, 9, 135–144.
- Huang, X., Hu, J., Li, C., Deng, J., Long, J. and Qin, F.,** 2009. Heavy-metal pollution and potential ecological risk assessment of sediments from Baihua Lake, Guizhou, P.R. China, International Journal of Environmental Health Research, 19, 6, 405–419.
- Hutton, M., and Symon, C.,** 1987. ‘Sources of cadmium discharge to the UK environment’ in Coughtry, P. J., Martin, M. H., and Unsworth, M. H. (Eds) Pollutant Transport and Fate in Ecosystems. Blackwell, Oxford, 223-237.
- in the Köyceğiz-Dalyan Protected Area, SW Turkey, Turk. J. Zoology, 24, 69-80.
- Jarvis, P. J.,** 1983. Metal Pollution – an Annotated Bibliography 1976-80, GeoBooks, Norwich, 420p.
- Jenne, E. A.,** 1977. Trace element sorption by sediments and soils: sites and processes. In: Chapell, W. & Peterson, K. (Eds.) Symposium on Molybdenum on the Environment, M. Dekker, New York, 2, 425-553.
- Jumbe, A.S. and Nandini, N.,** 2009. Heavy metals analysis and sediment quality values in Urban Lakes, American Journal of Environmental Sciences, 5 (6), 678-687.
- Kalyoncu, H., Barlas M., Ertan, Ö. O., Gülboy, H.,** 2004. Ağlasun Deresi’nin su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik algilere göre belirlenmesi. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2, 12, 7-14.
- Kamala-Kannan, S., Batvari, B.P.D., Lee, K. J., Kannan, N., Krishnamoorthy, R., Shanthi, K. and Jayaprakash, M.,** 2008. Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, South East India, Chemosphere, 71, 1233–1240.
- Kazancı, N. and Dügel, M.,** 2000. An evaluation of water quality of Yuvarlakçay Stream
- Kılıç, B.,** 2013. Sürgü Baraj Gölü (Doğanşehir-Malatya) balık faunasının taksonomik yönden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 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, 1-2, 155-158.

- Kishe, M.A. and Machiwa, J.F.,** 2003. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania, *Environment International*, 28, 619–625.
- Kurun, A., Balkis, N., Erkan, M., Balkis, H., Aksu, A. and Erşan, M. S.,** 2010. Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey, *Environ Monit Assess*, 169, 385–395.
- Kükrer, S.,** 2016. Tortum Gölü yüzey sedimentlerindeki metal birikiminin ekolojik indeksler yolu ile kapsamlı risk değerlendirmesi ,*Türk Tarım-Gıda ve Teknoloji Dergisi*, 4(12), 1185-1191.
- Kükrer, S., Erginal, A. E., Şeker, S. and Karabıyıkoglu, M.,** 2015. Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey), *Environ Monit Assess*, 187(7), 453.
- Kükrer, S., Şeker, S., Abacı, Z. T. and Kutlu, B.,** 2014. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey, *Environ Monit Assess*, 186(6), 3847-3857.
- Külahcı, F.,** 2016. Spatiotemporal (four-dimensional) modeling and simulation of Uranium (238) in Hazar Lake (Turkey) water, *Environ Earth Sci*, 75, 452.
- 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.
- Lindstrom, M.,** 2001. Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes, *Water, Air, and Soil Pollution*, 126, 363–383.
- Marsalek, J.,** 1991. Pollutant loads in urban stormwater: review of methods for planning level estimates, *War. Resour. Bull.*, 27, 283-291.
- Mendil, D. and Uluözlü, Ö. D.,** 2007. Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey, *Science Direct Food Chemistry*, 101, 739–745.
- Meybeck, M., and Helmer, R.** 1989. The quality of rivers from pristine stage to global pollution, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 75, 283-309.

- Miloskovic, A., Brankovic, S., Simic, V., Kovacevic, S., Cirkovic, M. and Manojlovic, D.,** 2013. The Accumulation and Distribution of Metals in Water, Sediment, Aquatic Macrophytes and Fishes of the Gruza Reservoir, Serbia, *Bull Environ Contam Toxicol*, 90, 563–569.
- Mingbiao, L., Jianqiang, L., Weipeng, C. and Maolan, W.,** 2008. Study of heavy metal speciation in branch sediments of Poyang Lake, *Journal of Environmental Sciences*, 20, 161–166.
- Moalla, S. M. N., Awadallah, R.M., Rashed, M. N and Soltan, M. E.,** 1998. Distribution and chemical fractionation of some heavy metals in bottom sediments of Lake Nasser, *Hydrobiologia*, 364, 31–40.
- Morrison, G. M., Revitt, D. M., Ellis, J. B., Svensson, G., and Balmk, P.,** 1984. ‘The physico-chemical speciation of zinc, cadmium lead and copper in urban stormwater’ in *Proc. IIIrd Int. Conf. Urban Storm Drainage*, 3, 989-1000. P. Balmer, P. A. Malmqvist and A. Sjoburg (Eds), Goteburg, Sweden, Chalmers University of Technology (publisher).
- Nakayama, S. M. M., Ikenaka, Y., Muzandu, K., Choongo, K., Oroszlany, B., Teraoka, H., Mizuno, N., Ishizuka, M.,** 2010. Heavy metal accumulation in lake sediments, fish (*Oreochromis niloticus* and *Serranochromis thumbergi*), and Crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Lake Itezhi-tezhi and Lake Kariba, Zambia, *Arch Environ Contam Toxicol*, 59, 291–300.
- Nas, B., Berktaç, A., Aygün, A., Karabork, H. and Ekercin, S.,** 2009. Seasonal and spatial variability of metals concentrations in Lake Beyşehir, Turkey, *Environmental Technology*, 30, 4, 345–353.
- Nguyen, H. L., Leermakers, M., Osan, 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.
- Nriagu, J. O., and Davidson, C. I. (Eds),** 1986. *Toxic Metals in the Atmosphere*. Wiley Ser. Adv. Environ. Sci. Technol., 17. Wiley, New York, 635p.
- Nriagu, J. O., and Pacyna, J. M.,** 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals, *Nature*, 333, 134-139.
- Özen, A.S. ve Korkmaz, Ö.,** 2005. YediGöller (Kütahya) Ekosisteminde Biyolojik Çeşitlilik ve Kirlilik Üzerine Bir Araştırma, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9, 15-26.

- 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.
- Quality of Urban Air Group,** 1993. Urban Air Quality in the United Kingdom. First Report of the Quality of Urban Air Group, Prepared for the Department of the Environment, HMSO, London.
- Renfrew, C. and Bahn P. G.,** 1991. Archaeology, Theories, Methods and Practice. Thames and Hudson, London, 543p.
- Robinson, G.,** 1982. 'Trace metal adsorption potential of phases comprising black coatings on stream pebbles', *J. Geochem. Explor.*, 17, 205-219.
- Robinson, G.,** 1983. Heavy metal adsorption by ferromanganese coatings on stream alluvium: natural controls and implications for exploration, *Chem. Geol.*, 38, 157-174.
- Saeed, S. M. and Shaker, İ. M.,** 2008. Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* In the Northern Delta Lakes, Egypt, 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Cairo, Egypt, 12-14 October, 475-490.
- Salomans, W., Rooij N. M., Kerdijk H. and Bril J.,** 1987. Sediments as a source for contaminants, *Hydrobiologia*, 149, 13-30.
- Salomons, W. and Forstner, U.,** 1984. Metals in the Hydrocycle, Springer-Verlag, Berlin.
- Sancer 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.
- Sawidis, T., Chettri, M. K., Zachariadis, G.A. and Stratis, J.A.,** 1995. Heavy metals in aquatic plants and sediments from water systems in Macedonia, Greece, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 32,73-80.
- Saygi, Y. and Yiğit, S. A.,** 2012. Heavy metals in Yeniçağa Lake and its potential sources: soil, water, sediment, and plankton, *Environ. Monit. Assess.*, 184, (3), 1379.
- Schindler, D. W.,** 1987. Detecting ecosystem responses to anthropogenic stress, *Aquatic Science*, 44, 6-25.

- Shen, J., Liu E., Zhu, Y., Hu, S. and Wenchuan, Q.,** 2007. Distribution and chemical fractionation of heavy metals in recent sediments from Lake Taihu, China, *Hydrobiologia*, 581, 141–150.
- Singh, A. P., Srivastava, P.C. and Srivastava, P.,** 2008. Relationships of heavy metals in natural lake waters with physico-chemical characteristics of waters and different chemical fractions of metals in sediments, *Water Air Soil Pollut*, 188, 181–193.
- Smith, J. P.,** 1986. Mineral magnetic studies in two Shropshire-Cheshire Meres, Unpubl. PhD Thesis, Liverpool University.
- Solecki, J. and Chibowski, S.,** 2000. Examination of trace amounts of some heavy metals in bottom sediments of selected lakes of South-Eastern Poland, *Polish Journal of Environmental Studies*, 9, 3, 203-208.
- Stumm, W., and Morgan, J. J.,** 1981. *Aquatic Chemistry*. Wiley, New York.
- Suresh, G., Sutharsan, P., Ramasamy, V. and Venkatachalapathy, R.,** 2012. Assessment of spatial distribution and potential ecological risk of the heavy metals in relation to granulometric contents of Veeranam lake sediments, India *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 117–124.
- 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.
- Şener, Ş. ve Şener, E.,** 2015. Kovada Gölü (Isparta) Dip sedimanların ağır metal dağılımı ve kirliliğinin değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2), 86-96.
- Şener, Ş., Davraz, A. and Karagüzel, R.,** 2014. Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey, *Environ Earth Sci*, 71, 2807-2819.
- 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.

- Tao, Y., Yuan, Z., Wei, M. and Xiaona, H.,** 2012. Characterization of heavy metals in water and sediments in Taihu Lake, China, *Environ Monit Assess*, 184, 4367–4382.
- 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 J. Zool.*, 44(5), 1405-1416.
- 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 J. of Environ. Stud.*, 17, 4, 597-603.
- Tekin-Özan, S.,** 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey), *Environ Monit Assess*, 145, 295–302.
- Thoms, M. C.,** 1987 a. Channel bed sedimentation within the urbanised river Tame, United Kingdom, *Regul. Riv.*, 1, 229-246.
- Thoms, M.,** 1987 b. Channel sedimentation within urban gravel bed rivers, Unpubl. PhD Thesis, Loughborough University of Technology, Leicester.
- Timmermans, K. R.,** 1993. Accumulation of trace metals in freshwater invertebrates. In *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. Dallinger, R. and Rainbow, P.S., Eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL., 133–148.
- Tipping, E.,** 1981. The adsorption of aquatic humic substances by iron oxides, *Geochim. cosmochim. Acta*, 45, 191-199.
- Topçuoğlu, S.,** 2005. Denizel biyota örneklerinde ağır metal kontaminasyonu, *Deniz Kirliliği*. In: Güven, K.C. and Öztürk, B., Eds., Tüdev Yayınları, İstanbul, 205-225.
- Ünlü, S. and Alpar, B.** 2016. An assessment of trace element contamination in the fresh water sediments of Lake İznik (NW Turkey), *Environ Earth Sci*, 75, 140.
- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar, S. and Juracic, M.,** 1995. Behaviour of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water-well field area, Croatia, *Water Research*, 29, 237-246.
- Wang, S. and Mulligan, C. N.,** 2006 Occurrence of arsenic contamination in Canada: sources, behaviour and distribution, *Sci Total Environ*, 366, 701–721.

- Wenchuan, Q., Dickman, M. and Sumin, W.,** 2001. Multivariate analysis of heavy metal and nutrient concentrations in sediments of Taihu Lake, China, *Hydrobiologia*, 450, 83–89.
- 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.
- Yılğör, A.,** 2009. Büyük Menderes Nehri çökellerindeki ağır metal kirliliği ve deltaya olan etkileri, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılğör, S.,** 2012. Bafa Gölü sedimanlarındaki ağır metal kirliliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılğör, S., Küçüksezgin, F. and Özel, E.,** 2012. Assessment of metal concentrations in sediments from Lake Bafa (Western Anatolia): An Index Analysis Approach, *Bull Environ Contam Toxicol*, 89, 512–518.
- Yılmaz, F.,** 2004. Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)’nın fiziko-kimyasal özellikleri, *Ekoloji*, 13, 10-17.
- Yiğit, S. and Altındağ, A.,** 2006. Concentration of heavy metals in the food web of Lake Eğirdir, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 27(3), 475-478.
- Yin, H., Deng, J., Shao, S., Gao, F., Gao, J. and Fan, C.,** 2011. Distribution characteristics and toxicity assessment of heavy metals in the sediments of Lake Chaohu, China, *Environ Monit Assess*, 179, 431–442.
- Yorulmaz, B.,** 2006. Esen Çayı (Kocaçay) su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan incelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yuan, H., Shen, J., Liu, E., Wang, J. and Meng, X.,** 2011. Assessment of nutrients and heavy metals enrichment in surface sediments from Taihu Lake, a eutrophic shallow lake in China, *Environ Geochem Health*, 33, 67–81.
- Yücer, M. M.,** 2008. Registered pesticides 2008. Hasat Publishing, İstanbul, *Environ Earth Sci*, 355.
- Zerbe, J., Sobczyński, T., Elbanowska, J. and Siepak, J.,** 1999. Speciation of Heavy Metals in Bottom Sediments of Lakes, *Polish Journal of Environmental Studies*, 8, 5, 331-339.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Malatya’da doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Malatya’ da tamamladım. 2006 yılında İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’ nden mezun oldum. 2008 yılında İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Tezsiz Yüksek Lisans Programı’ nı tamamladım. 2013 yılında Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans eğitimime başladım. Halen aynı anabilim dalında eğitimime devam etmekteyim. Evli ve iki çocuk annesiyim.

