

## Hazar Gölü Havzası'ndaki (Elazığ) Yeraltı ve Yüzeysel Sularının İz Element İçerikleri

Murat ÇELİKER<sup>1</sup>, Mualla ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Nurettin PARLAKYILDIZ<sup>2</sup>, Cüneyt GÜLER<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Hazar Gölü Havzası'ndaki (Elazığ) yeraltı ve yüzeysel sularının iz element içeriklerinin belirlenmesi ve bu elementlerin insan sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, havza içindeki 51 farklı noktadan alınan su örneklerinde arsenik (As), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), manganez (Mn), kurşun (Pb), çinko (Zn), nikel (Ni) ve krom (Cr) gibi iz elementlerin konsantrasyonları İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak analiz edilmiştir. Seçilen iz elementlerin su örneklerindeki en düşük ve en yüksek konsantrasyonları (ppb) As için 0.01–2.08; Cd için 0.01–0.15; Cu için 0.05–111.35; Mn için 0.06–311.44; Pb için 0.01–2.56; Zn için 1.73–896.11; Ni için 0.09–14.21 ve Cr için 0.05–3.39 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; bazı su örneklerinde Cu ve Mn konsantrasyonlarının içme suyu için önerilen standart değerlerin üzerinde olduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltı suyu, iz element, ICP-MS, Hazar Gölü Havzası, CBS.

### Trace Element Contents of Groundwater and Surface Waters in the Lake Hazar Basin (Elazığ)

**ABSTRACT:** In this study, it is aimed to determine the trace element contents of groundwater and surface waters in Hazar Lake Basin (Elazığ) and to evaluate these elements in terms of human health. For this purpose, concentrations of trace elements such as arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), manganese (Mn), lead (Pb), zinc (Zn), nickel (Ni), and chromium (Cr) in water samples taken from 51 different sites in the basin were analyzed using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). The lowest and highest concentrations of the selected trace elements in water samples (ppb) were determined as 0.01–2.08 for As, 0.01–0.15 for Cd, 0.05–111.35 for Cu, 0.06–311.44 for Mn, 0.01–2.56 for Pb, 1.73–896.11 for Zn, 0.09–14.21 for Ni, and 0.05–3.39 for Cr. According to these results, Cu and Mn concentrations in some water samples were found to be higher than the recommended standard values for drinking water.

**Key Words:** Groundwater, trace element, ICP-MS, Lake Hazar Basin, GIS.

<sup>1</sup>Murat ÇELİKER (Orcid ID: 0000-0003-1211-5561), DSİ 9. Bölge Müdürlüğü Elazığ, Türkiye,

<sup>2</sup>Mualla ÖZTÜRK (Orcid ID: 0000-0001-8727-6737), Nurettin PARLAKYILDIZ (Orcid ID: 0000-0001-7827-7537), Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye,

<sup>3</sup>Cüneyt GÜLER (Orcid ID: 0000-0001-8821-6532), Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Murat ÇELİKER, e-mail: mceliker23@gmail.com

\* Bu çalışma Nurettin PARLAKYILDIZ'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Makale 20-22 Nisan 2019 tarihlerinde Trabzon'da düzenlenen "4. International Conference on Civil, Environmental, Geology and Mining Engineering (ICOCEM- Trabzon 2019)" sözlü olarak sunulmuştur.

Geliş tarihi / Received: 07-08- 2019

Kabul tarihi / Accepted: 08-10-2019

## GİRİŞ

Günümüzde, insan sağlığını tehdit eden hastalıkların yaklaşık %24'ünün kronik olarak çevre kirliliğine maruziyetten kaynaklandığı belirlenmiştir (WHO, 2006). Burada özellikle, çeşitli doğal süreçler ve antropojenik faaliyetler sonucu kirlenen suların insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkiye neden olduğu günümüzde yaygın olarak kabul edilen bir gerçektir. Literatürde, çeşitli iz elementler, mikroorganizmalar ve sayısız diğer toksik organik bileşikler su kirletici maddeler olarak tanımlanmaktadır (Desjardins, 1997; Güler ve ark., 2017). İz elementler, yer kabuğunun doğal bileşenleri olarak bulunur ve çevrede uzun süre kalıcı özelliğe sahiptirler. İz elementlerin yeraltı sularındaki varlığı hem doğal hem de antropojenik birçok kaynakla ilişkili olabilmektedir. Örneğin, belirli iz elementleri içeren mineralizasyon bölgelerinde doğal olarak meydana gelen kayaç-su etkileşim süreçleri yoluyla yeraltı sularındaki bazı elementler çok yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. İz elementler, piller, boyalar, ilaçlar, zirai kimyasallar, vb. birçok teknolojik ürünün üretimi için gerekli kimyasalların kullanıldığı endüstriyel alanların çevresindeki yeraltı ve yüzey sularında da bulunabilirler (Vetrimurugan ve ark., 2017). Çok düşük konsantrasyonlarda bile sağlık problemlerine neden olabilen iz elementler, canlı organizmaların dokularında biyolojik olarak birikme eğilimindedirler (Ikejimba ve Sakpa, 2014). Bu yüzden de insan sağlığını tehdit eden birçok akut ve kronik hastalığa yol açma potansiyeline sahiptirler (Bodaghpour ve ark., 2012).

Bu çalışmada, Hazar Gölü Havzası'ndan alınan su örneklerinin, arsenik (As), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), manganez (Mn), kurşun (Pb), çinko (Zn), nikel (Ni) ve krom (Cr) içeriklerinin belirlenmesi, bu elementlerin havza genelindeki mekânsal dağılımlarının ortaya konulması ve bu iz elementlerin insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

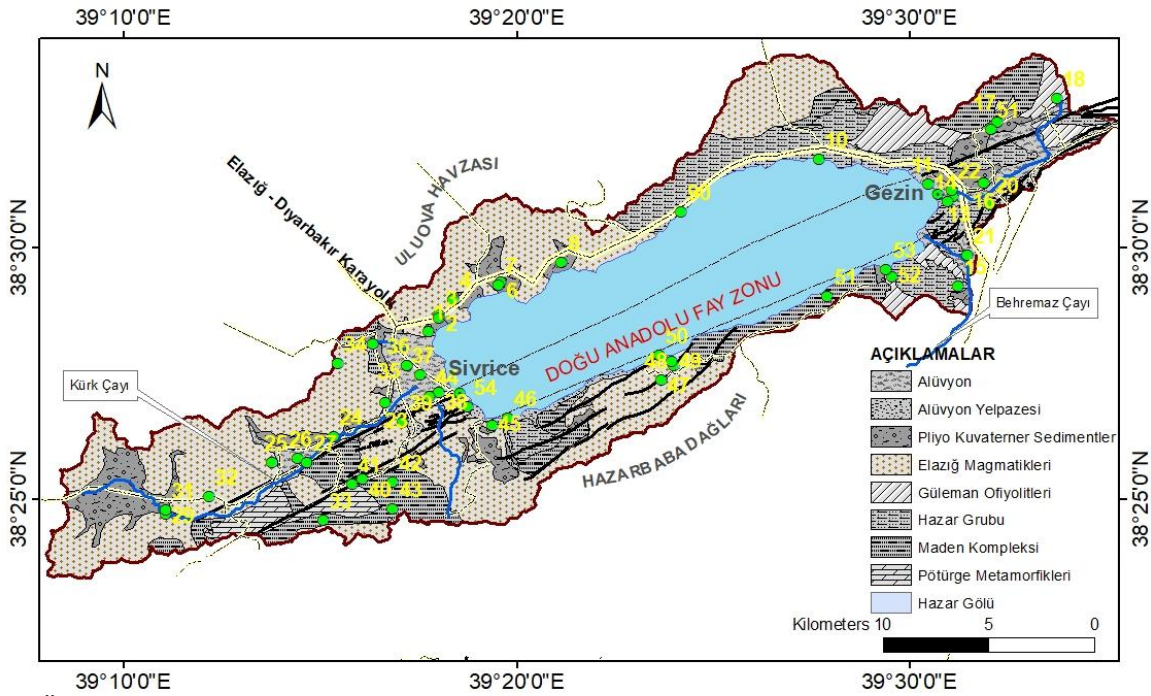
## MATERYAL VE METOT

Yaklaşık olarak 280 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahip olan Hazar Gölü Havzası, Elazığ ilinin güneydoğu kesiminde 38°24'–38°34' N enlemleri ve 39°8'–39°35' E boylamları arasında konumlanmıştır (Şekil 1). Hazar Gölü Havzası'nın orta kısmında, 5-6 km genişliğinde bir zon oluşturan Doğu Anadolu Fayı (DAF) üzerinde yer alan çalışma alanı, tektonik olarak oldukça aktiftir (İmamoglu ve ark., 2007). Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Pütürge metamorfikleri, Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman ofiyolitleri, Senoniyen yaşlı Elazığ magmatikleri, Maastrichtiyen-Üst Paleosen yaşlı Hazar Grubu ve Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter Maden Kompleksi (Şekil 1) çalışma alanının temel kayaçları olarak tanımlanır (Aksoy ve ark., 2007). Bu birimlerin üzerine jeomorfolojik yapıya uyumlu gölsel depolar, deltalar ve birikinti konilerinden oluşan Kuvaterner yaşlı genç çökeller gelir (Tonbul ve Yiğit, 1995).

Hazar Gölü Havzası, karakteristik olarak yazları serin ve kışları çok soğuk olan bir karasal iklim bölgesinde yer almaktadır. Elazığ meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre; uzun yıllar (1929–2016) ortalama yıllık yağış miktarı 416 mm ve yıllık ortalama sıcaklık ise 13.1 °C'dir (DMİ, 2016).

Bu çalışma kapsamında, Eylül 2015 döneminde, Hazar Gölü Havzası'nda bulunan kuyu, kaynak ve akarsulardan toplam 51 adet su örneği alınmıştır (Şekil 1). İz element analizleri için alınan su örneklerine pH<2 olacak şekilde nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ilave edilmiş ve analizler yapılabildiği kadar örnekler +4° C'de saklanmıştır. İz element analizleri, Siirt Üniversitesi Kimya Laboratuvarında bulunan iCAP Q model (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Almanya) İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

ile yapılmıştır. Elde edilen analitik sonuçlar, içme suları için belirlenmiş ulusal (İTASHY, 2005) ve uluslararası (WHO, 2011) standartları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Örnekleme noktaları ve Hazar Gölü Havzası jeoloji haritası (MTA, 2002'den değiştirilerek).

Çalışma kapsamında oluşturulan tematik haritalar, bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan ArcGIS 10.1 (ESRI, 2013) kullanılarak hazırlanmıştır. İz elementlerin havza içerisinde dağılımını gösteren tematik haritaların yapımı için, ArcGIS 10.1 yazılımının ArcToolbox araç kutusu içerisinde bulunan Spatial Analyst arayüzü kullanılmıştır. Örnekleme noktalarında ölçülen çeşitli iz elementlere ait konsantrasyon değerlerinin alansal dağılımlarını ortaya koymak amacıyla ters mesafe ağırlıklandırma (IDW) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan tüm CBS katmanlarının jeoreferanslandırma işlemleri için, UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu (zon 37) ve ED 50 (European Datum 1950) datumu seçilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Su örneklerine ait iz element analiz sonuçları ile içme suyu için belirlenen ulusal (İTASHY, 2005) ve uluslararası (WHO, 2011) içme suyu standartları Çizelge 1'de sunulmuştur.

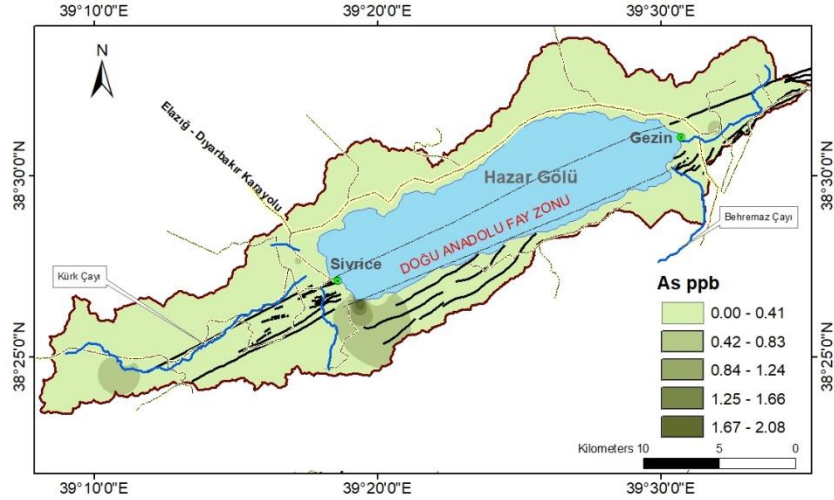
Toksik ve kanserojen özelliklere sahip olan arsenik (Singh ve ark., 2007) hem ekosistem hem de insan sağlığı için endişe oluşturan önemli iz elementlerden biridir (Hughes ve ark., 1988). Su örneklerinde en yüksek As seviyesi 2.08 ppb (SK-45) olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında, fay hatlarına yakın noktalardan alınan su örneklerinde As içeriği, havzadaki diğer alanlardan alınan su örneklerine oranla biraz daha yüksek seviyede izlenmiştir (Şekil 2). Farklı su kaynaklarından alınan örneklerin As konsantrasyonları, İTASHY (2005) ve WHO (2011) tarafından üst sınır değer olarak belirlenen 10 ppb'nin altındadır ve içme suyu standartlarına uygundur.

## Hazar Gölü Havzası'ndaki (Elazığ) Yeraltı ve Yüzey Sularının İz Element İçerikleri

Çizelge 1. Su örneklerinin iz element analiz sonuçları (konsantrasyonlar ppb cinsindedir).

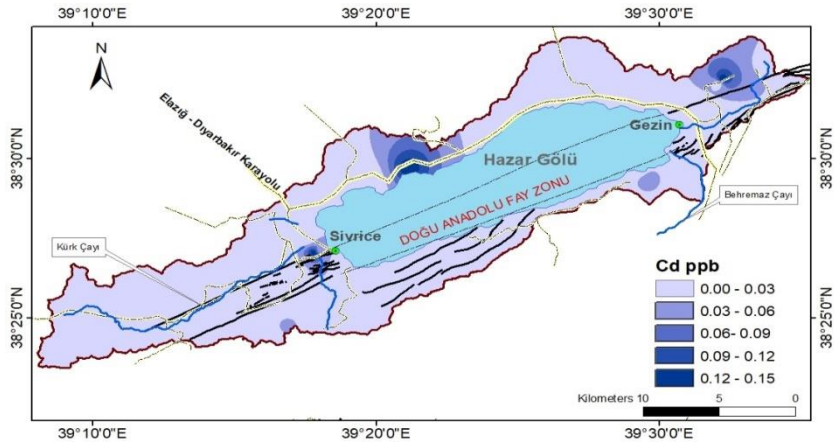
Örnek No	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Cr
SK-1	0.16	DL	5.19	2.82	0.34	176.98	0.84	2.43
SK-2	0.04	DL	1.21	2.03	0.07	2.48	0.55	1.18
SK-3	0.07	0.01	0.19	1.39	0.27	206.16	1.05	1.26
SK-4	0.02	DL	0.16	1.24	0.06	13.28	0.6	1.24
SK-6	0.02	DL	15.04	1.25	0.22	16.16	0.48	0.84
SK-7	0.03	0.01	3.78	2.01	2.56	896.11	0.28	1.18
SK-8	0.02	0.14	0.63	1.52	0.15	5.87	0.51	1.26
SK-9	0.04	0.02	1.27	0.91	0.07	44.66	0.17	0.86
SK-10	0.18	DL	DL	1.29	DL	17.46	119.06	0.73
SK-11	0.04	DL	1.62	0.7	0.29	11.6	1.08	2.11
SK-13	0.03	DL	DL	1.66	DL	DL	0.09	2.08
SK-14	0.43	DL	DL	2.47	DL	DL	0.28	1.41
A-15	0.13	DL	DL	6.35	DL	116.61	311.44	1.12
SK-16	0.59	DL	111.35	0.85	1.16	30.03	2.88	0.83
SK-17	0.19	0.15	DL	1.68	0.21	156.16	0.92	2.27
K-18	0.03	0.02	0.24	0.95	0.04	DL	0.23	1.75
K-20	0.03	DL	DL	1.2	DL	DL	0.09	0.88
K-21	0.02	DL	DL	1.33	DL	DL	0.11	2.28
SK-22	DL	DL	DL	0.81	DL	DL	0.28	0.51
SK-23	0.05	DL	DL	2.35	DL	DL	2.84	1.04
SK-24	DL	DL	DL	0.97	DL	DL	0.07	0.62
SK-25	0.06	DL	DL	0.79	DL	DL	0.44	0.57
SK-26	0.08	DL	0.05	0.24	DL	DL	0.13	0.47
K-27	0.13	DL	DL	0.63	DL	DL	0.62	0.44
A-29	0.87	DL	DL	0.56	DL	DL	0.58	0.37
K-30	0.09	DL	DL	0.12	DL	DL	0.14	0.16
SK-31	0.13	DL	0.12	2.27	DL	DL	0.08	0.05
SK-32	0.04	DL	DL	0.83	DL	5.4	0.16	0.64
SK-33	0.01	DL	DL	0.2	DL	11.7	0.12	0.31
K-34	0.18	DL	DL	0.28	DL	DL	0.42	0.31
K-35	0.18	DL	3.19	0.74	DL	1.73	0.37	0.21
K-36	0.49	DL	DL	1.12	DL	DL	1.51	0.74
K-37	0.02	DL	DL	14.21	DL	DL	15.97	0.63
SK-38	0.02	0.04	DL	10.67	0.02	10.58	77.14	1.04
SK-39	0.06	DL	5.27	2.96	DL	5.04	34.33	0.67
SK-40	DL	DL	DL	2.75	0.01	DL	1.06	0.92
A-41	0.06	DL	DL	0.22	DL	DL	0.1	0.55
SK-42	0.07	DL	3.95	1.18	0.06	72.52	1.52	0.56
K-43	0.4	0.04	0.88	0.32	0.22	DL	0.11	0.24
SK-44	0.23	0.14	DL	1.59	1.05	9.19	1.91	0.6
SK-45	2.08	0.02	2.33	0.36	DL	DL	3.33	0.18
SK-46	DL	DL	DL	1.29	DL	DL	3.08	0.42
K-47	0.02	DL	DL	0.09	DL	DL	0.06	0.34
SK-48	0.07	DL	3.57	0.67	0.11	15.97	0.29	3.39
K-49	DL	DL	0.19	2.27	0.02	DL	0.35	0.3
SK-50	DL	DL	DL	1.14	DL	DL	0.2	0.6
SK-51	DL	DL	DL	0.14	DL	DL	0.19	0.23
SK-52	DL	0.06	0.76	0.58	1.43	126.95	0.27	0.33
SK-53	0.07	DL	0.11	1.14	0.11	116.76	16.25	0.6
SK-54	DL	DL	DL	0.74	DL	DL	0.29	0.46
SK-55	0.4	DL	DL	0.79	DL	8.65	0.29	0.33
İTASHY(2005)	10*	5*	50*	20*	10*	5000*	50*	50*
WHO (2011)	10*	3*	2000*	70*	10*	3000*	400*	50*

SK: Sondaj kuyusu, K: Kaynak, A: Yüzey suyu DL: Dedeksiyon limiti, \*: Üst limit değer



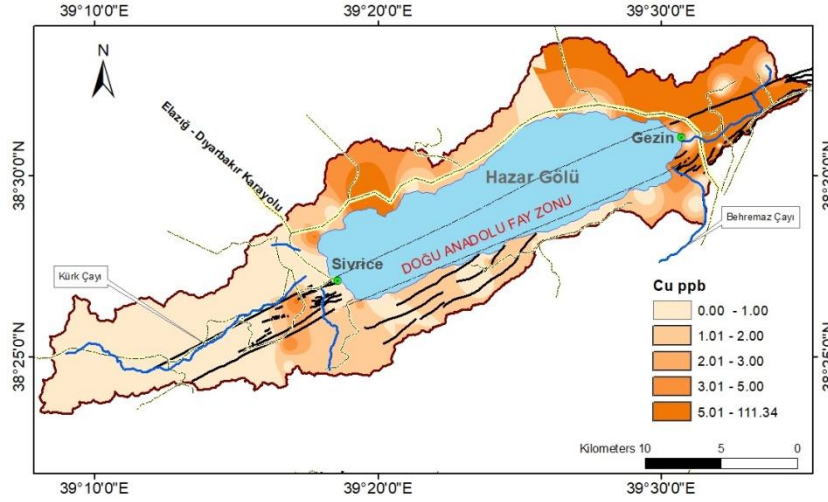
Şekil 2. Hazar Gölü Havzası için arsenik konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

Kadmiyum, insan vücudu için gerekli olmayan toksik bir elementtir ve böbreklere, kemiklere ve kardiyovasküler sisteme zarar verir (Fang ve ark., 2014). Kadmiyum konsantrasyonları, yüzeY sularının sadece %4'ünde 10 ppb'ye ulaşmaktadır (Hem, 1992) ve genellikle akarsularda, konsantrasyonlar tipik olarak <0.5 ppb'nin altındadır (Neal ve Robson, 2000). Çalışma alanından alınan su örneklerinin Cd konsantrasyonları 0.01 ile 0.15 ppb arasında değişmektedir (Çizelge 1, Şekil 3) . Kadmiyum konsantrasyonları, içme suları için İTASHY (2005) ve WHO (2011) tarafından önerilen üst sınır değerlerini aşmamaktadır.



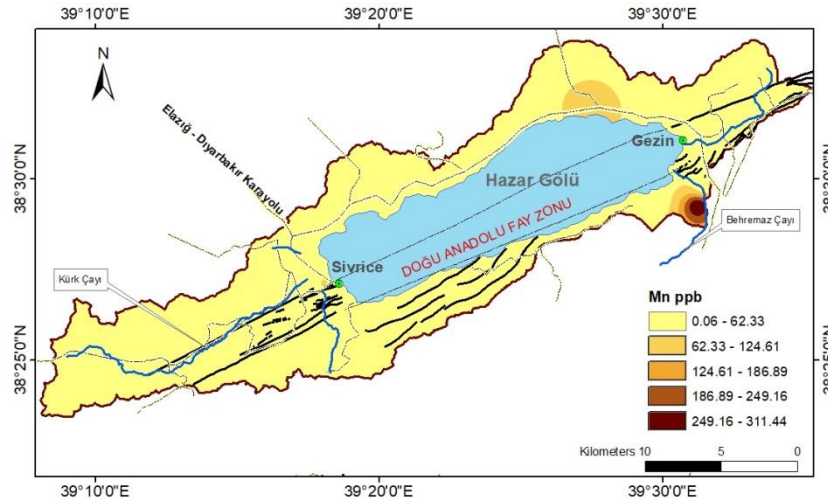
Şekil 3. Hazar Gölü Havzası için kadmiyum konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

İçme suyundaki yüksek bakır konsantrasyonu kusma, karın ağrısı, bulantı, ishal, anemi ve sinir sistemi bozukluğu, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi hastalıklara neden olabilir (Bent ve Bohm, 1995; Madsen ve ark., 1999; Salem ve ark., 2000). Su örneklerinin Cu konsantrasyonları 0.05 ile 111.35 ppb arasında değişmektedir (Çizelge 1). Çalışma alanındaki en yüksek Cu konsantrasyonu SK-16 nolu örnekte ölçülmüştür. Cu konsantrasyonlarının mekânsal dağılımını incelendiğinde, havzanın kuzeydoğusu kesiminde daha yüksek konsantrasyon değerlerinin izlendiği görülmüştür (Şekil 4). SK-16 (111.35 ppb) nolu su örneği hariç, tüm su örneklerinin ölçülen Cu konsantrasyonları İTASHY (2005) tarafından kabul edilebilir üst sınır olan 50 ppb ve WHO (2011) tarafından izin verilebilir üst sınır olan 2000 ppb'nin altındadır.



Şekil 4. Hazar Gölü Havzası için bakır konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

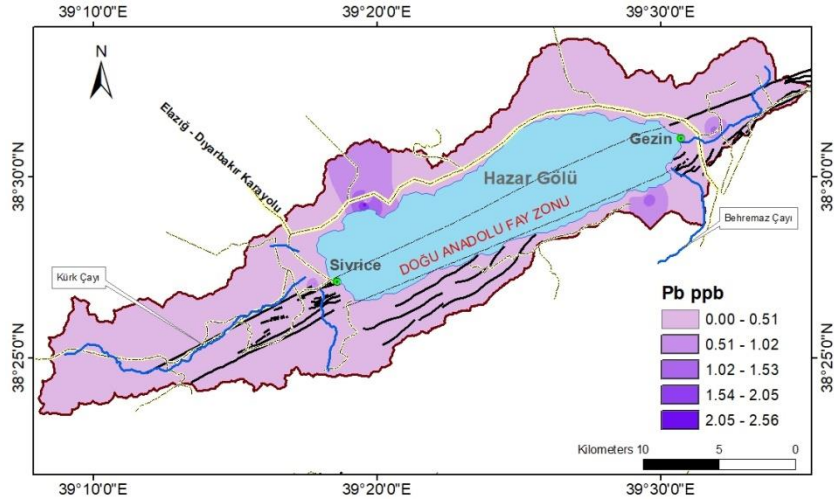
Düşük seviyedeki mangan, enzim aktivitesi için oldukça önemli olmasına karşın, bu element kaslarda ve karaciğerde yüksek seviyelerde birikmekte, beyin ve merkezi sinir sistemini etkilemektedir (Salem ve ark., 2000; Luqueno ve ark., 2013). Su örneklerinin Mn konsantrasyonları 0.06 ile 311.44 ppb arasında değişmektedir (Çizelge 1, Şekil 5). En yüksek Mn konsantrasyonu, A-15 nolu su örneğinde ölçülmüştür. İçme suları için Mn konsantrasyonu üst limit değeri İTASHY (2005) tarafından 50 ppb ve WHO (2011) tarafından 400 ppb olarak belirlenmiştir. Buna göre; SK-10, A-15 ve SK-38 nolu su örneklerinde Mn konsantrasyonları İTASHY (2005) standardının üstünde, ancak WHO (2011) standardının altındadır.



Şekil 5. Hazar Gölü Havzası için mangan konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

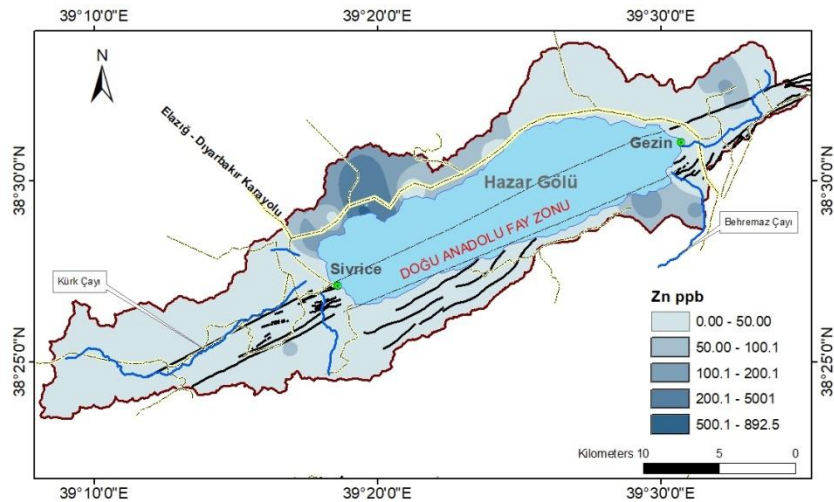
Kurşun, toksik bir element olup, yüksek dozlarda hemoglobinin sentezi, nöro-davranışsal ve psikolojik fonksiyonların azalması, periferik nöropati, kalp üzerinde dolaylı etki, böbrek hasarı ve üreme sorunlarına yol açmaktadır (Brown ve Kodama, 1986; Jarup, 2003). Kurşun, sedimentler üzerine adsorbsiyon olma eğiliminden dolayı doğal sularda düşük konsantrasyonlarda bulunur (Hem 1985). Çoğu kirlenmemiş yüzeY ve yeraltı suları için yaklaşık 1 ppb düzeyindedir. Bununla birlikte, çözünmüş kurşun

konsantrasyonu düşük pH'lı sularda daha yüksek olabilmektedir (Hem, 1992). Çalışma alanından alınan su örneklerinin Pb konsantrasyonları, 0.01 ile 2.56 ppb arasında değişmektedir (Şekil 6). En yüksek Pb içeriği SK-7 nolu örnekte ölçülmüştür (Çizelge 1). Bu çalışmada ölçülen Pb konsantrasyonları, İTASHY (2005) ve WHO (2011) tarafından önerilen sınır değerlerin (10 ppb) altındadır (Çizelge 1).



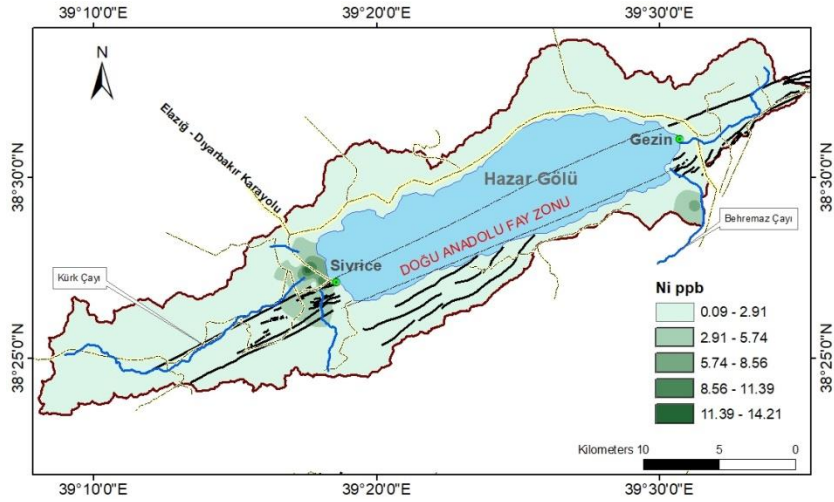
Şekil 6. Hazar Gölü Havzası için kurşun konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

Çinkonun insan sağlığı üzerinde, kanser, doğum kusurları, organ hasarları, sinir sistemi bozuklukları ve bağışıklık sistemi hasarları gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır (Salem ve ark., 2000; Mohod ve Dhote, 2013). Çalışma alanına ait su örneklerinin çinko konsantrasyonları 1.73 ile 896.11 ppb arasında değişmektedir (Şekil 7). En yüksek Zn konsantrasyonu SK-7 nolu su örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 1). Kirlenmemiş doğal sulardaki çinko konsantrasyonları tipik olarak 10 ppb'den daha azdır (Hem, 1992). Analiz sonuçlarına göre; havzadaki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına ait Zn konsantrasyonlarının, İTASHY (2005) (5000 ppb) ve WHO (2011) (3000 ppb) su kalite standartlarının altında olduğu belirlenmiştir.



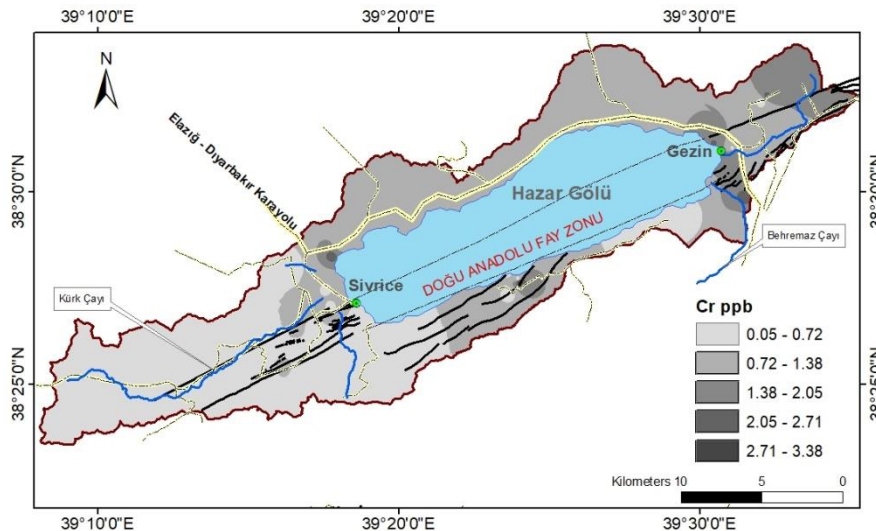
Şekil 7. Hazar Gölü Havzası için çinko konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

Nikel, vücutta toksisiteye, alerjiye, saç dökülmesine ve anemiye neden olmakta ve DNA'ya zarar vermektedir (Salem ve ark., 2000; Gebrekidan ve Samuel, 2011). Yüzeysel sularındaki ortalama Ni konsantrasyonları, 1-10 ppb arasında değişmektedir (Hem, 1992). Bu çalışmada, en yüksek Ni konsantrasyonu K-37 nolu su örneğinde ölçülmüş olup konsantrasyonlar 0.09 ve 14.21 ppb (Şekil 8) arasında değişmektedir (Çizelge 1). Bu sonuçlara göre; tüm su örneklerinde Ni konsantrasyonları İTASHY (2005) ve WHO (2011) tarafından izin verilen sınır değerlerin (sırasıyla 20 ppb ve 70 ppb) altındadır.



Şekil 8. Hazar Gölü Havzası için nikel konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.

Krom, değerlik durumuna bağlı olarak insanlar için toksik olabilmektedir. Üç değerlikli krom ( $Cr^{3+}$ ) yararlı bir temel element iken, altı değerlikli krom ( $Cr^{6+}$ ) insanlar için toksiktir (Tüzen, 2009). Bu çalışmada analiz edilen tüm su örneklerinin bünyesinde Cr bulunmakta olup konsantrasyonları İTASHY (2005) ve WHO (2011) tarafından belirlenen sınır değer (50 ppb) oldukça altındadır. Su örneklerinde ölçülen Cr konsantrasyonları genellikle çok dar bir aralıkta (0.05-0.39 ppb) (Şekil 9) değişim göstermektedir (Çizelge 1).



Şekil 9. Hazar Gölü Havzası için krom konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritası.



Hazar Gölü havzasında ölçülen iz element konsantrasyonları, havzanın kuzeyinde yer alan Uluova havzasında ölçülen iz element konsantrasyonlarına oranla daha düşük seviyelerdedir. Çeliker (2014, 2019), Uluova havzasının yeraltı sularındaki yüksek iz element konsantrasyonlarının, esas olarak jeojenik kaynaklar (örneğin, Cu, Fe, Mn mineralizasyonları) ve aktif tektonik hareketlerden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu çalışmada, tektonik yapının (Doğu Anadolu Fay Zonu) havzadaki yeraltı suyu iz element konsantrasyonlarına etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, Hazar Gölü Havzası çevresinde bulunan cevherleşme zonlarının, havzadaki su kaynaklarının iz element konsantrasyonları üzerine az da olsa etkisinin olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışma, Hazar Gölü havzasında bulunan çeşitli su kaynaklarının, analiz edilen kimyasal parametreler (iz elementler) bakımından, İTASHY (2005) ve WHO (2011) içme suyu standartlarına uygun olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, çalışma alanının bazı bölgelerinde, jeolojik faktörlere bağlı olarak sularındaki Cu ve Mn konsantrasyonlarının, içme suyu için belirlenen sınır değerlerini aştığı belirlenmiştir. Bu nedenle, özellikle yüksek iz element konsantrasyonunun görüldüğü bölgelerde, yeraltı ve yerüstü suları uygun arıtma işlemlerine tabi tutulmadan içme suyu olarak tüketilmemelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu (MF. 15.07) tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy E, İnceöz M, Koçyiğit H, 2007. Lake Hazar Basin: A Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16: 319-338.
- Bent S and Bohm K, 1995. Copper induced liver cirrhosis in a 13-month-old boy, *Gesundheitswesen*, 57 (10): 66-79.
- Bodaghpour S, Joo NB and Ahmadi S, 2012. A review on the existence of chrome in cement and environmental remedies to control its effects. *International Journal of Geology*, 2 (6): 62-67.
- Brown SS and Kodama Y, 1986. *Toxicology of metals, clinical and experimental research*. Ellis Howard Ltd, Chichester.
- Çeliker M, 2014. Elazığ Uluova Yeraltısu Yu Akiferinin Arsenik ve Ağır Metal İçeriğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), 254 s.
- Çeliker M, Türkmen S, Güler C, Kurt MA, 2019. Factors controlling arsenic and selected potentially toxic elements in stream sediment–soil and groundwater–surface water systems of a hydrologically modified semi-closed basin (Uluova) in Elazığ Province, Eastern Turkey, *Journal of Hydrology*, 569:167-187.
- Desjardins R, 1997. *Le Traitement Des Eaux*. 2nd ed. Ecole Polytechnique de Montreal; Montreal, QC, Canada: p. 304.
- DMİ, 2016. Elazığ Bölge Müdürlüğü İstasyon Raporu, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ESRI, 2013. ArcGIS version 10.1. 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100 USA.
- Fang Y, Sun XY, Yang WJ, Ma N, Xin ZH, Fu J, Liu XC, Liu M, Mariga AM, Zhu XF, Hu QH, 2014. Concentrations and health risks of lead, cadmium, arsenic, and mercury in rice and edible mushrooms in China. *Food Chem*, 147: 147-151.
- Gebrekidan M, Samuel Z, 2011. Concentration of heavy metals in drinking water from urban areas of the Tigray Region, Northern Ethiopia. *MEJS*, 3 (1): 105-112.
- Güler C, Thyne GD, Tağa H, Yıldırım Ü, 2017. Processes Governing Alkaline Groundwater Chemistry within a Fractured Rock (Ophiolitic Mélange) Aquifer Underlying a Seasonally Inhabited Headwater Area in the Aladağlar Range (Adana, Turkey), *Geofluids*, 3153924: 21.

- Hem, J.D., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, Third Edition. US Geological Survey Water Supply Paper 2254. US Geological Survey, Alexandria, VA. Available online: <http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/pdf/wsp2254a.pdf>, (Erişim Tarihi: 18.03.2018).
- Hem JD, 1992. Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water (3rd ed.), USGS Water-Supply Paper 2254.
- Hughes JP, Polissar L, Van Belle G, 1988. Evaluation and synthesis of health effects studies of communities surrounding arsenic producing industries. *Int J Epidemiol.*, 17: 407-413.
- Ikejimba CC and Sakpa S, 2014. Comparative study of some heavy metals' concentrations in water and *Tympanotonus fuscatus* var *radula* samples of Egbokodo River, Warri, Nigeria. *International journal of Modern Biological Research*, 2: 7-15.
- İmamoğlu MŞ, Çetin E, 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği, D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 9: 93-103
- İTASHY, 2005. Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik 17.02.2005, 25730 sayılı Resmi Gazete.
- Jarup L, 2003. Hazard of heavy metal contamination. *Br. Med. Bull.*, 68: 167-182.
- Luqueno FF, Valdez FL, Melo PG, Suarez SL, Gonzalez ENA, 2013. Heavy metal pollution in drinking water - a global risk for human health: A review. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7 (7): 567-584.
- Madsen H, Poulsen L and Grandjean P, 1999. Risk of high copper content in drinking water. *Ugeskr. Laeger*, 152 (25): 1806-1809.
- Mohod CV, Dhote J, 2013. Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, 2: 2992-2996.
- MTA, 2002. Türkiye Jeoloji Haritası, 1:500.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Neal C, Robson AJ, 2000. A summary of river water quality data collection within the land-ocean interaction study: core data for Eastern UK Rivers draining to the North Sea. *Science of the Total Environment*, 251(252): 585-665.
- Salem HM, Eweida EA and Farag A, 2000. Heavy Metals in Drinking Water and their Environmental Impact on Human Health. ICEHM; Cairo University, Egypt, 542-556.
- Singh N, Kumar D, Sahu A, 2007. Arsenic in the environment: effects on human health and possible prevention. *J Environ Biol.*, 28 (2): 359-365.
- Tonbul S, Yiğit A, 1995, Pleistosen'den Günümüze Hazar Gölü'ndeki Seviye Değişimleri, Çevresel Etkileri ve Hatunköy Kapması, 1. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler, Sivrice Kaymakamlığı Yayın No:2, s. 41-68, Sivrice.
- Tüzen M, 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food Chem. Toxicol.*, 47: 1785-1790.
- Vetrimurugan E, Brindha K, Elango L, Ndwanwe OM, 2017. Human exposure risk to heavy metals through groundwater used for drinking in an intensively irrigated river delta, *Appl. Water Sci.*, 7: 3267-3280.
- WHO, 2006. <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr32/en/>, World Health Organization, (Erişim Tarihi: 18.04.2018).
- WHO, 2011. Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed., Geneva. Available online: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf), World Health Organization, (Erişim Tarihi: 15.06.2018).