
Araştırma Makalesi / Research Article

Elazığ Keban Baraj Gölünde Arsenik Kirlenme Düzeyinin Belirlenmesi

Murat TOPAL^{*1}, E. Işıl ARSLAN TOPAL¹

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Özet

Bu çalışmanın amacı, Keban Baraj Gölü'nün arsenik açısından kirlenmesinin belirlenmesidir. Bu amaç için, ülkemizdeki önemli su kaynaklarından birisi olan Keban Baraj Gölü'nün farklı noktalarından yaz mevsiminde alınan yüzeysel su numunelerinde arsenik konsantrasyonları tespit edilmiş ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği'nde (İTASHY) belirtilen değerle mukayese edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında arsenik konsantrasyonlarının İTASHY'nde belirtilen sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Keban Baraj Gölünde arsenik konsantrasyonları belirlenmiş ve arsenik konsantrasyonlarının $2,82 \pm 0,14$ ve $5,2 \pm 0,3$ µg/L arasında değiştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kirlenme, Arsenik, Su kalitesi, Yüzeysel su, Keban, Elazığ

Determination of Arsenic Pollution Level in Elazığ Keban Dam Lake

Abstract

The aim of this study is the determination of the pollution of Keban Dam Lake in terms of arsenic. For this aim, arsenic concentrations were determined in the surface water samples taken in the summertime from different points of Keban Dam Lake which is one of the important water sources in our country and compared with the value reported in Regulation Concerning Water Intended for Human Consumption (RCWIHC). According to the obtained results of the analysis, arsenic concentrations were under the limit value reported in RCWIHC in June, July and August. As a result, arsenic concentrations in Keban Dam Lake were determined and it was observed that arsenic concentrations changed between 2.82 ± 0.14 and 5.2 ± 0.3 µg/L.

Keywords: Pollution, Arsenic, Water quality, Surface water, Keban, Elazığ

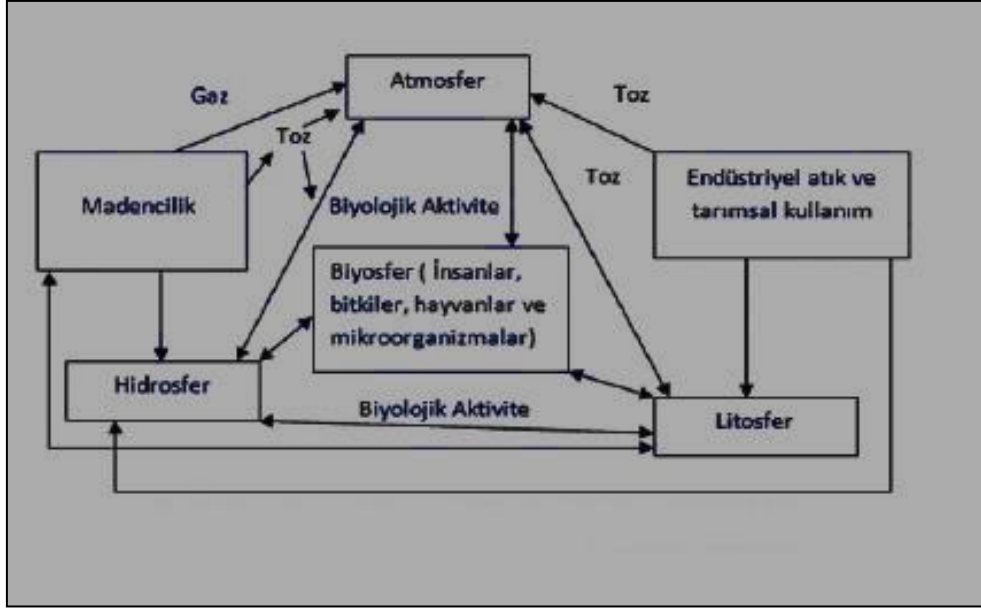
1. Giriş

Arsenik, azot ailesinden metalloid özellik gösteren, gri ve sarı kristaller halinde bulunan ve periyodik cetvelde As sembolü ile gösterilen elementlerden biridir. Arseniğin doğadaki döngüsü Şekil 1'de verilmiştir [1, 2].

Arsenik çevrede çok yaygındır. Özellikle (+5) değerlikli bileşikleri toprakta diğer arsenik türlerine oranla daha fazla bulunur. Toprakta 0,1-40 ppm miktarı arasında rastlamak olasıdır. Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan bitkilere geçer. Doğal su kaynakları ve denizlerde değişen oranlarda arsenik bulunmaktadır. Bitkilerdeki arsenik oranı bitkinin bulunduğu coğrafi konum, topraktaki arsenik miktarı ve çevresel etmene bağlı olarak farklılık gösterir. Deniz bitkilerindeki arsenik konsantrasyonu daha yüksektir. Bazı yosun türlerinde bu oran daha da artmaktadır [3]. Arsenik, doğal sularda oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunabilir. Doğal sularda bulunan arseniğin kökeni çoğunlukla jeojeniktir (kayaçların ayrışması, jeotermal aktiviteler vb). Arsenik 200'den fazla mineral bünyesinde bulunmaktadır. Madencilik faaliyetleri ve tarımsal uygulamalarda arsenik içeren herbisitlerin

* Sorumlu Yazar: mtopal@cumhuriyet.edu.tr

kullanımı ise insan kaynaklı önemli arsenik kaynaklarıdır. Arsenik doğada hem organik hem de anorganik bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Anorganik arsenik bileşikleri ise en yaygın olanıdır [4].



Şekil 1. Arseniğin doğadaki döngüsü [1,2]

Arsenik kirliliğinin başlıca nedenleri, metal sanayi, cam ve seramik endüstrisi, lastik üretimi, boya sanayi (matbaa mürekkebi, tekstil boyaları), petrol rafinasyonu, organik ve inorganik kimya sektörleri gibi arsenik içeren atıkların çıktığı ve yeterince kontrol edilmediği endüstrilerden kaynaklanmaktadır [5-8]. Söz konusu faaliyetler sonucu açığa çıkan arsenik içerikli atıklar su ve toprak kirliliğine neden olduğu gibi yüzeysel sulara ve özellikle tarımsal aktiviteler nedeniyle içme sularımıza kadar ulaşabilmektedir. Arsenikle kirlenmiş akiferlerin sulama amaçlı kullanımı, tarımda ve gıda zincirinde ciddi riskler oluşturmaktadır. Sürekli arsenik alımına maruz kalınması sonucunda ortaya çıkan temel bulgular ise, deride renk koyulaşması ve keratin artışı, kangren, beyin ve kalp dışında vücudun diğer kısımlarında görülen damar rahatsızlığı, cilt kanseri ve bazı vücut içi kanserlerdir [9]. Bu nedenlerle, arsenik içerikli atıksuların alıcı ortamlara verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. Arsenik uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler, adsorpsiyon, filtrasyon, membran sistemler, kimyasal çöktürme, pıhtılaştırma-yumaklaştırma, iyon değişimi vb. gibi arıtma teknolojileridir. Ayrıca, doğal sular yüksek konsantrasyonlarda arsenik içeriyorsa, bu sularında kullanılmadan önce arıtmaya tabii tutulması gerekmektedir.

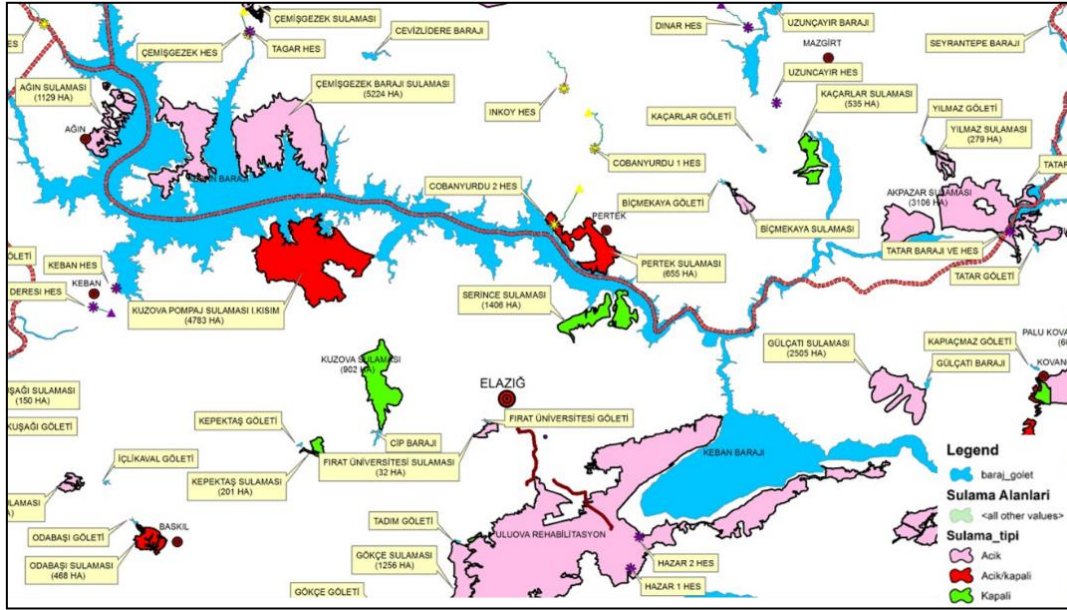
Arsenik kirlenmesinin en önemli olduğu sular yeraltı sularıdır. Özellikle, yeraltısularından temin edilen içme suları arsenik kirliliği açısından önemli konular arasında yer almaktadır. Bu nedenle, dünyada pek çok ülkede içme sularının arsenikle kirlenmesi ve bunun neden olduğu sağlık etkilerinin önüne geçilebilmesi amacıyla Amerika Çevre Koruma Ajansı tarafından içme sularında arsenik için kabul edilen maksimum kirletici seviyesini 50 µg/L'den 10 µg/L'ye düşürmüştür [10]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da bu değer 1993 yılında 10 µg/L'ye indirilmiştir [11]. Ülkemizde ise 17.02.2005 Tarih ve 25730 Sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) kapsamında arsenik konsantrasyonunun 10 µg/L olması gerektiği belirtilmiştir [12].

Bu çalışmada, içme ve sulama suyu olarak kullanılan Keban Baraj Gölü'nde arsenik konsantrasyonları belirlenmiş ve İTASHY'de belirtilen sınır değerle mukayese edilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı

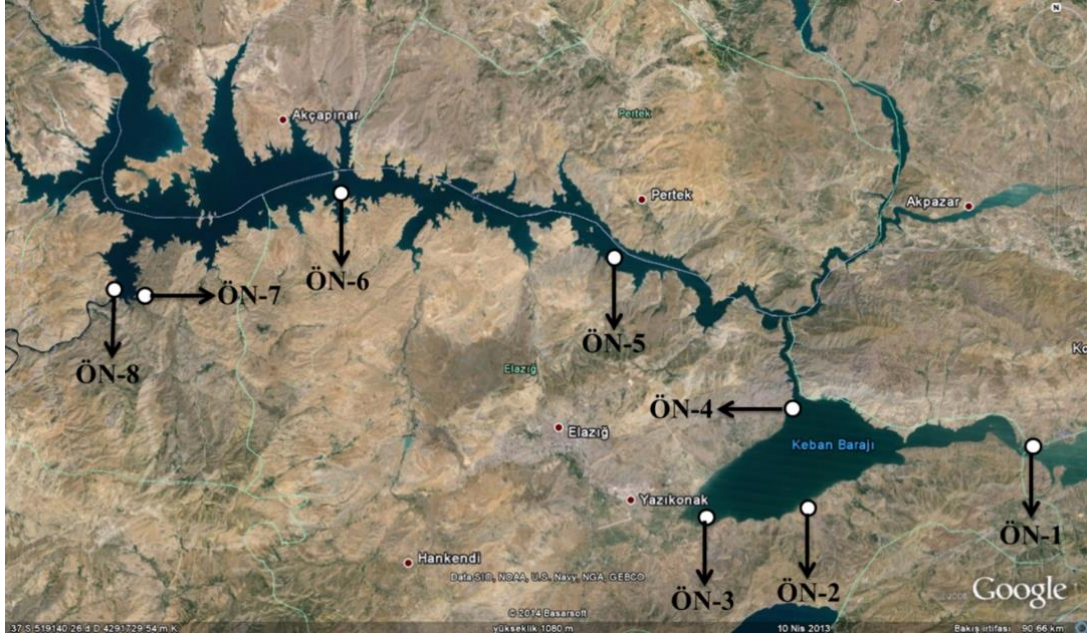
Çalışmamızda, çalışma alanı olarak Elazığ ilinde bulunan Keban Baraj Gölü seçilmiştir. Keban Baraj Gölü Atatürk Baraj Gölü'nden sonra en büyük yapay gölüdür. Doğal göllerle bir arada sıralandığında Van Gölü, Tuz Gölü ve Atatürk Baraj Gölü'nün ardından 4. sırada yer almaktadır. Baraj gölünün Murat Nehri Vadisi boyunca uzunluğu 125 km'dir. Genişliği yer yer değişmektedir. Keban Baraj Gölü'nde elektrik üretiminin yanı sıra su avcılığı yapılmakta ve balık üretimi de gerçekleştirilmektedir. Gölün etrafında Elazığ ve çevre illerin halkının faydalandığı eğlence ve mesire yerleri mevcuttur. Üzerinden feribotla Elazığ'ın Ağın, Tunceli'nin Pertek ve Çemişgezek ilçelerine geçiş yapılabilmektedir. Baraj mevkii Elazığ'ın 45 km kuzeybatısında, Malatya'nın 65 km kuzeydoğusunda olup, Karasu ve Murat Nehrinin birleştiği yerden 10 km daha aşağıda nehrin aktığı en dar boğazlarından birindedir. Karasu ile Murat Nehirlerinin birleşmeleri ile meydana gelen Fırat Nehrinin bu birleşme noktasından itibaren ilk uygun baraj yeridir. Fırat Nehri yılın muhtelif zamanlarında çok farklı bir akım düzenine sahiptir. Ortalama geçen su miktarı $635 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Kış aylarında ortalama debi 200 ile $300 \text{ m}^3/\text{sn}$ arasında değişir. Nehrin bir yıl içinde geçirdiği suyun % 70'i kar erime mevsiminde yani Mart ile Haziran ayları arasında geçer [13]. Keban Baraj Gölü etrafında bulunan tarımsal faaliyetler için sulama suyu çekildiği gibi yerleşim yerleri için de gölden su çekilmekte ve kullanılmaktadır. Bu nedenle, Keban Baraj Gölü oldukça önemli bir su kaynağıdır. Keban Baraj Gölü etrafında bulunan sulama alanları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Keban Baraj Gölü etrafında bulunan sulama alanları

2.2. Materyal

Çalışmamızda materyal olarak kullanılan yüzeysel su örnekleri Keban Baraj Gölü'nden temin edilmiştir. Keban Baraj Gölü'nden alınan yüzeysel su örneklerine ait örnekleme noktaları Şekil 3'de verilmiştir.



ÖN-1: Gülüşkür Köprüsü, ÖN-2: Eyüpbağları Pompa İstasyonu mevkii,
ÖN-3: Kehli deresi karışım noktası, ÖN-4: Güzelyalı mevkii, ÖN-5: Pertek Feribot İskelesi,
ÖN-6: Çemişgezek Feribot İskelesi, ÖN-7: Keban Barajı Menbaa tarafı-1, ÖN-8: Keban Barajı
Menbaa tarafı-2

Şekil 3. Örnekleme noktaları

Şekil 3'e göre yüzeysel su örnekleri 8 farklı noktadan yaklaşık 20 cm derinlikten 1 L olacak şekilde numune kaplarına alınmış ve 0,01 N HCl ile pH<2 olacak şekilde asitlendirilmiştir. Alınan su örnekleri laboratuvara getirilmiş ve analize hazırlanmıştır. Hazırlanan yüzeysel su örneklerinde arsenik konsantrasyonları tespit edilmiştir.

2.3. Metot

Arsenik konsantrasyonlarını tespit etmek için, su ve atıksuların tetkikinde kullanılan standart metotlardan [14] adapte edilen Silver Diethylthiocarbamate Metodu (Metot 8013) kullanılmıştır. Bu metot su, atıksu ve deniz suyunda arsenik analizi için kullanılmakta ve distilasyon işlemi gerektirmektedir. Distilasyon işlemi Standart Metot 3500'e göre gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işleminden elde edilen örneklerde arsenik konsantrasyonları 520 nm dalga boyunda Hach Lange DR3800 spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisinin çıkarılması için 10 mg/L arsenik standart çözeltisinden 3 farklı konsantrasyonda kalibrasyon standart çözeltileri hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisinin R² değeri 0,98 olarak hesaplanmıştır.

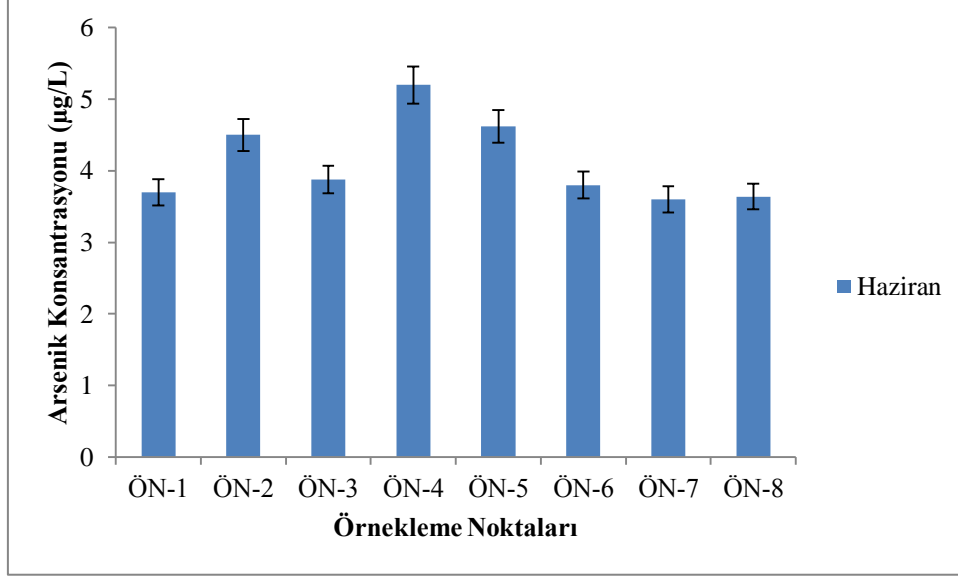
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda, Keban Baraj Gölü'nün farklı noktalarından alınan yüzeysel su örneklerinde üç ay boyunca (Haziran, Temmuz ve Ağustos 2014) arsenik konsantrasyonları analizlenmiştir.

Haziran ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları Şekil 4'de verilmiştir.

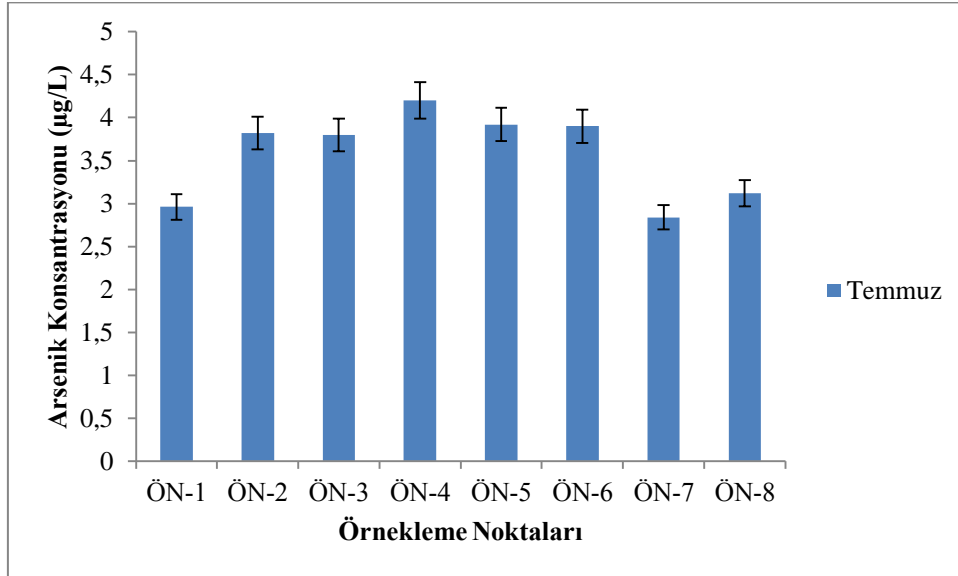
Şekil 4'e göre, Haziran ayında tespit edilen en yüksek arsenik konsantrasyonu 4 numaralı örnekleme noktasında (Güzelyalı mevkiinde) $5,2 \pm 0,3$ µg/L olarak, en düşük arsenik konsantrasyonu 7 numaralı örnekleme noktasında (Keban Barajı Menbaa tarafı) $3,6 \pm 0,2$ µg/L olarak tespit edilmiştir.

Haziran ayı arsenik konsantrasyonu ortalaması $4,12 \pm 0,2$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. İTASHY'ne göre arsenik konsantrasyonunun 10 $\mu\text{g/L}$ 'den düşük konsantrasyonlara sahip olması gerektiği belirtilmektedir. Analiz sonuçlarına göre, Haziran ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları 10 $\mu\text{g/L}$ 'den düşük değerler aldığı gözlenmiştir. Elmacı vd. [15], Uluabat Gölü'nde yaptıkları çalışmada arsenik konsantrasyonlarının sulama suyu olarak belirlenen standart değerlerin (<10 $\mu\text{g/L}$) altında olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. Haziran ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları

Temmuz ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları Şekil 5'de verilmiştir.

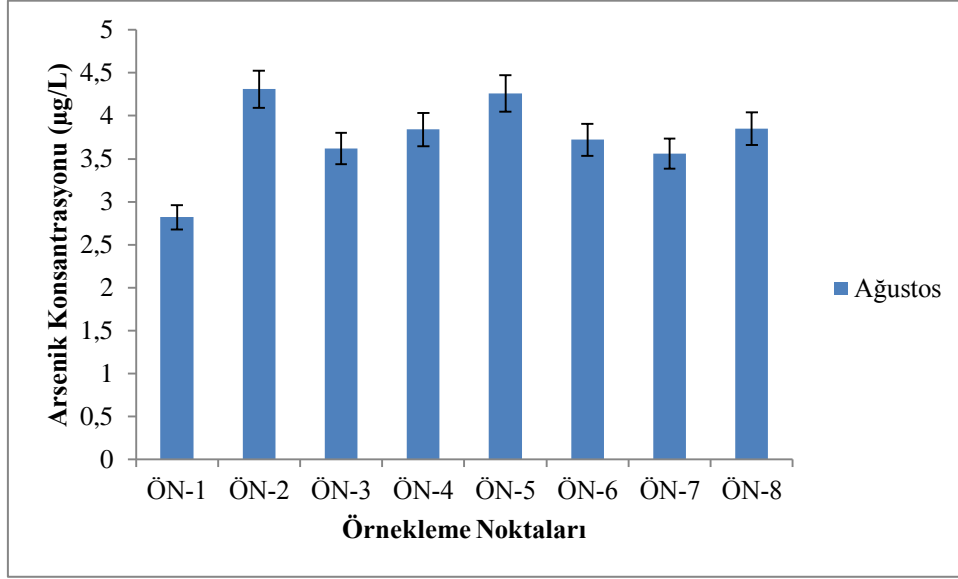


Şekil 5. Temmuz ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları

Şekil 5'e göre, Temmuz ayında tespit edilen en yüksek arsenik konsantrasyonu 4 numaralı örnekleme noktasında (Güzelyalı mevkiinde) $4,2 \pm 0,2$ $\mu\text{g/L}$ olarak, en düşük arsenik konsantrasyonu 7 numaralı örnekleme noktasında (Keban Barajı Menbaa tarafı) $2,84 \pm 0,14$ $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir.

Temmuz ayı arsenik konsantrasyonu ortalaması $3,57 \pm 0,18$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. İTASHY'ne göre arsenik konsantrasyonunun 10 $\mu\text{g/L}$ 'den düşük değerler aldığı gözlenmiştir.

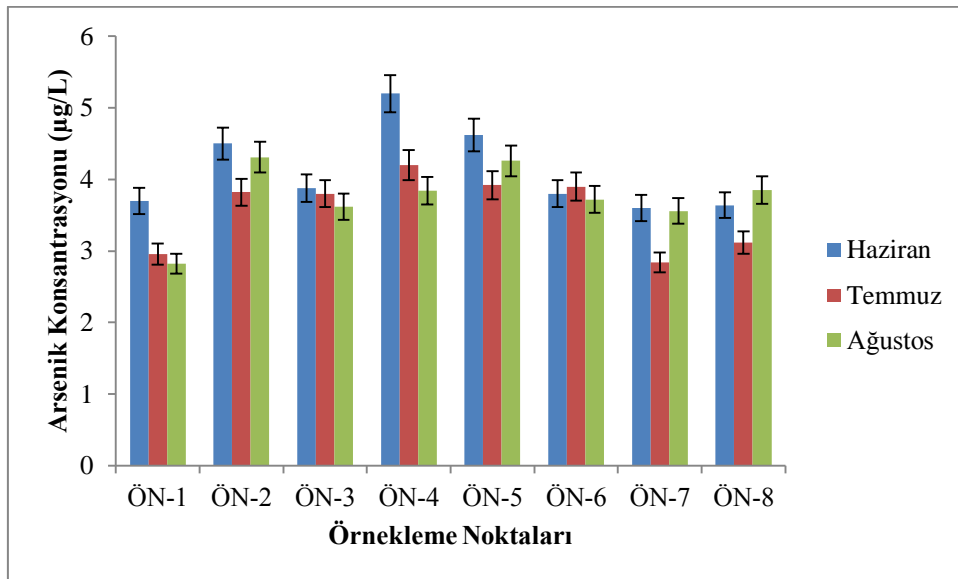
Ağustos ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Ağustos ayında tespit edilen arsenik konsantrasyonları

Şekil 6'ya göre, Ağustos ayında tespit edilen en yüksek arsenik konsantrasyonu 2 numaralı örnekleme noktasında (Eyüpbağları Pompa İstasyonu mevkiinde) $4,31 \pm 0,22$ $\mu\text{g/L}$ olarak, en düşük arsenik konsantrasyonu 1 numaralı örnekleme noktasında (Gülüşkür Köprüsü) $2,82 \pm 0,14$ $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. Ağustos ayı arsenik konsantrasyonu ortalaması $3,75 \pm 0,19$ $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. İTASHY'ne göre arsenik konsantrasyonunun 10 $\mu\text{g/L}$ 'den düşük değerler aldığı gözlenmiştir.

Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edilen arsenik konsantrasyonlarının aylara göre karşılaştırılması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Arsenik konsantrasyonlarının aylarına göre karşılaştırılması

Şekil 7'ye göre, 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 numaralı örnekleme noktasında en yüksek arsenik konsantrasyonu Haziran ayında, 6 numaralı örnekleme noktasında en yüksek arsenik konsantrasyonu Temmuz ayında, 8 numaralı örnekleme noktasında en yüksek arsenik konsantrasyonu Ağustos ayında tespit edilmiştir. 1, 3, 4 ve 6 numaralı örnekleme noktasında en düşük arsenik konsantrasyonu Ağustos ayında, 2, 5, 7 ve 8 numaralı örnekleme noktasında en düşük arsenik konsantrasyonu Temmuz ayında tespit edilmiştir. Arsenik konsantrasyonları ortalamasına göre; arsenik konsantrasyonu büyükten küçüğe doğru Haziran>Ağustos>Temmuz olarak sıralanabilir.

Kanada'da göl sularında arsenik konsantrasyonları <1 µg/L olarak bildirilmiştir [16-18]. İzlanda'da yüzeysel sularda arsenik konsantrasyonlarının <0.03–1.3 µg/kg aralığında değiştiği ve genel olarak <0.5 µg/kg konsantrasyonunda olduğu belirlenmiştir [19]. Kanada ve İzlanda'da bildirilen değerler çalışmamızda elde edilen arsenik konsantrasyonlarından düşüktür.

Baig vd. [20], Jamshoro bölgesi, Pakistan'da yüzey sularında yaptıkları çalışmada, insan kaynaklı kirlenmeye maruz kalan Manchar Gölü ve kanalından (Aral wah) alınan numuneler haricindeki tüm numunelerde arsenik konsantrasyonlarının WHO tarafından tavsiye edilen değerin (10 µg/L) altında olduğunu (3,00–50,0 µg/L, ortalama 15.0 µg/L) belirtmişlerdir. Belirtilen bu değerler çalışmamızda elde ettiğimiz arsenik konsantrasyonlarından yüksek değerlerdir.

Baig vd. [21], Pakistan'da yaptıkları çalışmada, Khairpur bölgesinde yüzeysel suda arsenik konsantrasyonlarının 3,0-18,3 µg/L arasında değiştiğini ve arseniğin ortalama konsantrasyonunun 8,0 µg/L olduğunu bildirmişlerdir. Bu değer çalışmamızda elde ettiğimiz değerlere yakındır.

4. Sonuç

Dünya genelinde arseniğin sağlığa zararlı etkilerinin ispatlanması ile birlikte, yönetmeliklerde arseniğin sularda bulunmasının sınır değeri azaltılmış ve arseniğin su ortamlarında tespitinin önemi artmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Keban Baraj Gölü, konumu itibariyle Elazığ ilinin su potansiyelini oluşturmaktadır. Bu nedenlerle, bu çalışmada Keban Baraj Gölü'nde yaz mevsimindeki arsenik konsantrasyonları tespit edilmiştir. Keban Baraj Gölünde arsenik konsantrasyonlarının sınır değeri olan 10 µg/L'den daha düşük değerler aldığı ve 2,82±0,14 µg/L ile 5,2±0,3 µg/L arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

1. Shih M. 2005. An overview of arsenic removal by pressure-driven membrane processes, *Desalination*, 172: 85-97.
2. Caniyılmaz S. 2005. Arsenic Removal from Groundwater by FeMn Oxidation and Microfiltration, Yüksek Lisans Tezi, University of Pittsburgh, the Graduate Faculty of School of Engineering, Pittsburgh. s.99.
3. Yağmur F., Hancı İ.H. 2002. Arsenik, *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 11 (7): 251.
4. Yolcubal İ. 2009. Arsenikle Kirlenmiş Yeraltısularının Temizlenmesinde Kullanılan Arıtma Teknolojileri, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım 2009, s44-60. Nevşehir.
5. Banerjee K., Helwick R.P., Gupta S. 1999. A treatment process for removal of mixed inorganic and organic arsenic species from groundwater, *Environmental Progress*, 18 (4): 280-284.
6. Viraraghavan T., Subramanian K.S., Aruldoss J.A. 1999. Arsenic in drinking water-problems and solutions, *Water Science and Technology*, 40 (2): 69-76.
7. Bissen M., Frimmel F.H. 2003. Arsenic- a review. Part I: Occurrence, toxicity, speciation, mobility, *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 31 (1): 9-18.
8. Alpaslan M.N., Dölgen D., Boyacıoğlu H., Sarptaş H. 2010. İçme suyundan kimyasal yöntemlerle arsenik giderimi, *Su Kirlenmesi Kontrolü, İTÜ Dergisi*, 20 (1): 15-25.

9. Şener Ş., Davraz A., Şener E., Varol S. 2012. Eğirdir Gölü Havzası Yüzey ve Yeraltısularındaki Arsenik Kirliliğinin Değerlendirilmesi, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2-6 Nisan 2012, s132-133.
10. Lee Y., Um I., Yoon J. 2003. Arsenic(III) Oxidation by iron (VI) (Ferrate) and subsequent removal of arsenic(V) by iron(III) coagulation. *Environmental Science and Technology*, 37: 5750-756.
11. Başkan M.B., Pala A. 2009. İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (1): 69-79.
12. İTASHY, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17.02.2005 Tarih ve 25730 Sayılı Resmi Gazetede.
13. URL-1, Keban Barajı, <http://www.dsi.gov.tr/projeler/keban-baraj%C4%B1>, (Erişim Tarihi: 16.10.2014).
14. APHA, AWWA, WCPF. 1998. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.
15. Elmacı A., Topaç F.O., Teksoy A., Özengin N., Başkaya H.S. 2010. Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15 (1): 149-157.
16. Azcue J.M., Nriagu J.O. 1995. Impact of abandoned mine tailings on the arsenic concentrations in Moira Lake, Ontario, *J. Geochem. Explor.*, 52: 81–89.
17. Azcue J.M., Mudroch A., Rosa F., Hall G.E.M., Jackson T.A., Reynoldson T. 1995. Trace elements in water, sediments, porewater, and biota polluted by tailings from an abandoned gold mine in British Columbia, Canada, *J. Geochem. Explor.*, 52: 25–34.
18. Smedley P.L., Kinniburgh D.G. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Applied Geochemistry*, 17 (5): 517-568.
19. Arnórsson S. 2003. Arsenic in surface-and up to 90°C ground waters in a basalt area, N-Iceland: processes controlling its mobility, *Applied Geochemistry*, 18 (9): 1297-1312.
20. Baig J.A., Kazi T.G., Arain M.B., Afridi H.I., Kandhro G.A., Sarfraz R.A., Jamal M.K., Shah A. Q. 2009. Evaluation of arsenic and other physico-chemical parameters of surface and ground water of Jamshoro Pakistan, *Journal of Hazardous Materials*, 166 (2-3): 662-669.
21. Baig J.A., Kazi T.G., Shah A.Q., Kandhro G.A., Afridi H.I., Arain M.B., Jamali M.K., Jalbani N. 2010. Speciation and evaluation of Arsenic in surface water and groundwater samples: A multivariate case study, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73 (5): 914-923.

Geliş Tarihi: 06.11.2014

Kabul Tarihi: 22.12.2014