

Elazığ Keban Baraj Gölü'nde Bor Konsantrasyonlarının Araştırılması ve İzlenmesi

Murat Topal^{1*}, E. Işıl Arslan Topal²

¹Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

²Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

*Yazışmalardan sorumlu yazar: E-mail: murattopal@munzur.edu.tr

Makale gönderme tarihi: 05.04.2017, Makale kabul tarihi: 08.06.2017

Özet

Keban Baraj Gölü oldukça geniş bir havzaya sahiptir. Keban Baraj Gölü'nde bulunan hidroelektrik santralle Türkiye'nin elektrik üretimine katkı sağladığı gibi, gölde bulunan alabalık çiftlikleriyle balık üretimi de gerçekleştirilmektedir. Keban Baraj Gölü çevresinde birçok yerleşim yeri, mesire yeri, eğlence yeri gibi yerler bulunurken, maden ocakları, deri işleme tesisi, kum-çakıl ocakları gibi endüstriyel faaliyet gösteren yerlerde bulunmaktadır. Keban Baraj Gölü etrafında bulunan tarımsal alanlar ve yerleşim yerleri için gölün suyu kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Keban Baraj Gölü'nde bor konsantrasyonlarının belirlenmesi ve mevsimsel olarak izlenmesidir. Bu amaç için, Keban Baraj Gölü'nün 5 farklı noktasından ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde yüzeysel su numuneleri alındı ve bor konsantrasyonları tespit edildi. Kış sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Ağın Feribot İskelesi'nden (N-1) alınan yüzeysel su örneğinde $134 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, ilkbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde $182 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, yaz sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Güzelyalı mevkiinden (N-4) alınan yüzeysel su örneğinde $163 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, sonbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonları Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde $184 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. Numune alma noktası-1 ($176 \mu\text{g B L}^{-1}$), numune alma noktası-3 ($179 \mu\text{g B L}^{-1}$) ve numune alma noktası-5'te ($168 \mu\text{g B L}^{-1}$) en yüksek bor konsantrasyonları sonbahar mevsiminde tespit edilirken, numune alma noktası-2'de ($182 \mu\text{g B L}^{-1}$) en yüksek bor konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde tespit edilirken, numune alma noktası-4'te ise ($111 \mu\text{g B L}^{-1}$) en yüksek bor konsantrasyonu kış mevsiminde tespit edildi. Sonuç olarak, numune alma noktalarında bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı.

Anahtar Kelimeler: Bor, Elazığ, Keban, su kalitesi, yüzeysel su

Investigation and Monitoring of Boron Concentrations in Elazığ Keban Dam Lake

Abstract

Keban Dam Lake has a very large reservoir. The hydroelectric power plant located at Keban Dam Lake contributes to the electricity production of Turkey as well as fish production by the trout farms in the lake. Keban Dam Lake has many settlements, recreational areas, entertainment places, etc. around it and also industrial places such as mines, leather processing plant, sand-gravel quarries. The agricultural areas and settlements around Keban Dam Lake are using water from the lake. The aim of this study is the determination and seasonal monitoring of boron concentrations in Keban Dam Lake. For this aim, surface water samples taken from the various five points of Keban Dam Lake in Spring, Summer, Autumn and Winter seasons and boron concentrations determined. It was determined that the highest boron concentration in Winter season was $134 \mu\text{g B L}^{-1}$ in the surface water sample taken from Ağın Ferry Pier (S-1) the highest boron concentration in Spring season was $182 \mu\text{g B L}^{-1}$ in the surface water sample taken from Çemişgezek Ferry Pier (S-2), the highest boron concentration in Summer season was $163 \mu\text{g B L}^{-1}$ in the surface water sample taken from Güzelyalı location (S-4), the highest boron concentration in Autumn season was $184 \mu\text{g B L}^{-1}$ in the surface water sample taken from Çemişgezek Ferry Pier (S-2). The highest boron concentration ($182 \mu\text{g B L}^{-1}$) in sampling point-2 was determined in Spring season, the highest boron concentration ($111 \mu\text{g B L}^{-1}$) in sampling point-4 was determined in Winter season while the highest boron concentrations in sampling point-1 ($176 \mu\text{g B L}^{-1}$), sampling point-3 ($179 \mu\text{g B L}^{-1}$) and sampling point-5 ($168 \mu\text{g B L}^{-1}$) were determined in Autumn season. As a result, boron concentrations in sampling points followed the order of Winter<Summer<Spring<Autumn according to the seasons.

Keywords: Boron, Elazığ, Keban, water quality, surface water

GİRİŞ

Bor, metalik olmayan ve dünyada geniş oranda dağılmış bulunan bir elementtir. Elementel bor doğada bulunmaz. Yüzeide ve suda borik asit ve boratların farklı formlarında bulunur. Yerkabuğunda ortalama konsantrasyonu 10 mg kg^{-1} dır (Badruk ve ark., 1999; Wang ve ark., 2014). Topraktaki ortalama konsantrasyonu 30 mg kg^{-1} , deniz suyundaki bor içeriği yaklaşık 4.5 mg L^{-1} ve yeraltı suyundaki konsantrasyonu ise $0.3-100 \text{ mg L}^{-1}$ arasındadır (Hilal ve ark., 2011; Wang ve ark., 2014). Tatlı suda $<0.001-1.5 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişmektedir (Woods, 1994; Koç, 2011). Tatlı sudaki bor miktarı; drenaj alanının jeokimyasal yapısı, yat limanı kıyı bölgelerine yakınlık ve endüstriyel ve kentsel çıkış sularından girişler gibi faktörlere dayanır. Yüzeide suyunda bor konsantrasyonları $0.001-360 \text{ mg L}^{-1}$ arasındadır. Bununla beraber, Türkiye’de suların ortalama bor konsantrasyonu 0.6 mg L^{-1} nin altındadır (Koç, 2011).

Bor mineralleri cam, seramik, temizlik maddeleri, tarım, metalürji, nükleer ve tıp endüstrilerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tatar ve Öbek, 2014). Yüksek bor konsantrasyonu; farklı endüstrilerden, bor madenlerinden, yıkama suyundan veya sulama suyundan toprak ve suya ulaştığında, insan sağlığını tehdit eder (Greenwood ve Earnshaw, 2001; Minareci, 2014). Aşırı bor, insanlarda ve hayvanlarda merkezi sinir sistemini etkilemektedir (Minareci, 2014). Bor madenleri çevresindeki yüzeide ve yeraltı suları, bor madenleri ile kirletilebilir. Bor madenlerinden kaynaklanan atık maddeler; barajlar ve nehirler yoluyla içme ve sulama suyu için kullanılan sularda belirgin etkilere sebep olabilir (Sheoran ve Sheoran, 2006; Batty ve ark., 2008; Türker ve ark., 2013). Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda bor, toprakta doğal olarak bulunabilir veya madencilikten, gübrelerden veya sulama suyundan toprağa dahil olabilir. Bor, kurak ve yarıkurak topraklarda bitki büyümesini sınırlayabilir (Koç, 2007). Bor toksiditesinin sıcak, kurak iklimlerde tuzluluk problemleri ile yakından ilişkili olduğu kabul edilir (Gupta ve ark., 1985; Nicholaichuk ve ark., 1988; Butterwick ve ark., 1989; Koç, 2011).

Ülkemizde çeşitli araştırmacıların sulardaki bor kirliliğini araştırdıkları bazı çalışmalar bulunmaktadır. Minareci ve ark. (2009), Karacay’da (Manisa) bor konsantrasyonunu

$0.134-3.937 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Koç (2011), yaptığı çalışmada, sulamada kullanılan Büyük Menderes Nehri’ndeki bor konsantrasyonunun $0.1-0.43 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değiştiğini belirtmiştir. Köse ve ark. (2012) Porsuk Çayı’nda sudaki en yüksek ve en düşük bor konsantrasyonunun sırasıyla yaz ve kış mevsiminde görüldüğünü bildirmişlerdir. Minareci (2014), Gediz Nehri’nde bor kirliliğini araştırdığı çalışmada, bor konsantrasyonunun $0.125-4.548 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değiştiğini belirlemiştir. Tokatlı ve ark. (2014) Seydisuyu Havzası yüzeide suyunda yıllık ortalama bor konsantrasyonunu 66.4 mg L^{-1} olarak tespit etmişlerdir. Çiçek ve ark. (2014) Kunduzlar Baraj Gölü suyunda en yüksek bor konsantrasyonunun kış mevsiminde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Çakır ve Minareci (2015), Işıklı Gölü’nde ve Işıklı Çayı’nda bor konsantrasyonlarını sırasıyla $0.147-1.283 \text{ mg L}^{-1}$ ve $0.032-1.285 \text{ mg L}^{-1}$ değerleri arasında bulmuşlardır. Tokatlı ve ark. (2016) Emet Çayı Havzası’nda sudaki en düşük ve en yüksek bor konsantrasyonlarını sırasıyla 0.62 ve 74.63 mg L^{-1} olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, yapay bir göl olan ve Türkiye’de sayılı büyük göller arasında yer alan Keban Baraj Gölü seçilmiştir. Keban Baraj Gölü oldukça geniş bir havzaya sahiptir. Keban Baraj Gölü Havzası dikkate alındığında Murat Nehri boyunca 125 km uzunluğa sahip bir göldür. Keban Baraj Gölü’nde bulunan hidroelektrik santralle Türkiye’nin elektrik üretimine katkı sağladığı gibi, gölde bulunan alabalık çiftlikleriyle balık üretimi de gerçekleştirilmektedir. Keban Baraj Gölü çevresinde birçok yerleşim yeri, mesire yeri, eğlence yeri gibi yerler bulunurken, maden ocakları, deri işleme tesisi, kum-çakıl ocakları gibi endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirlenici kaynaklarda bulunmaktadır. Keban Baraj Gölü etrafında bulunan tarımsal alanlar için sulama suyu çekildiği gibi yerleşim yerleri için de gölden su çekilmekte ve kullanılmaktadır. Bu nedenle, Keban Baraj Gölü oldukça önemli bir su kaynağıdır (Topal ve Arslan Topal, 2014). Çalışmamızda, Keban Baraj Gölü’nün farklı noktalarında bor konsantrasyonları araştırıldı ve 4 mevsim boyunca izlenerek tartışıldı. Ağır metallere borun seçilme nedeni hem içme sularında hem de tarımsal faaliyetler için kullanılan sulama sularında izlenmesi gereken bir metaldir. Bu nedenle, yüzeysel sularda bor

konsantrasyonlarının yönetmeliklerde belirlenen sınır değerler içerisinde olması gerekmektedir. İçme suyu standartlarına göre bor konsantrasyonları 1 mg L^{-1} 'yi aşmamalıdır. Sulama suyunda ise bor konsantrasyonlarının bitkilere karşı dayanıklılık derecesine göre değişik konsantrasyon seviyelerinde olması gerekmektedir. Bu çerçevede, Keban Baraj Gölü içme ve sulama suyu olarak kullanıldığından çalışmamızda bor konsantrasyonları araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

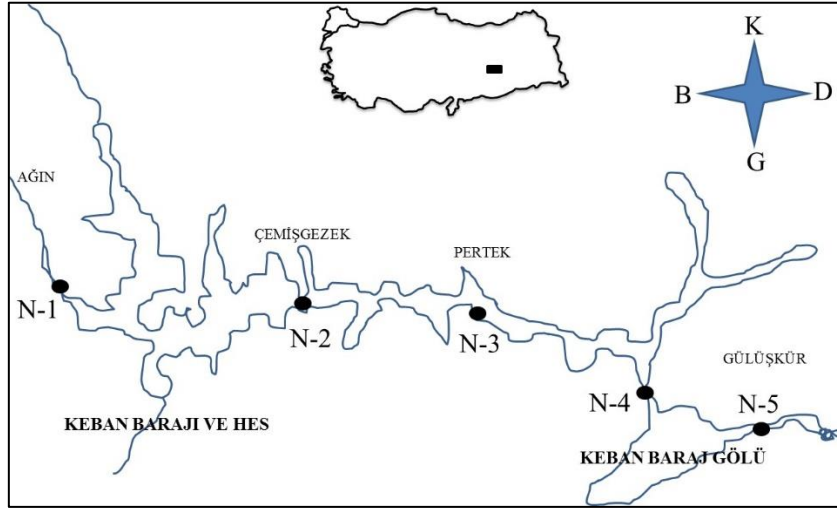
Çalışmamızda, yüzeysel su örnekleri Keban Baraj Gölü'nün 5 farklı noktasından temin edilmiştir. Numune alma noktalarının isimleri ve ED50 6 derecelik koordinatları Çizelge 1'de verilmiştir. Keban Baraj Gölü'nden alınan

yüzeysel su örneklerine ait numune alma noktaları Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Numune alma noktalarının ismi ve koordinatları

No	Nokta Adı	Koordinatlar*	
		Y	X
N-1	Ağın Feribot İskelesi	470 348	4 307 854
N-2	Çemizgezek Feribot İskelesi	499 027	4 303 705
N-3	Pertek Feribot İskelesi	523 590	4 298 050
N-4	Güzelyalı Mevkii	541 124	4 282 677
N-5	Gülüşkür Köprüsü	562 993	4 277 845

*Koordinatlar Magellan eXplorist 510 (Santa Clara, USA) cihazı kullanılarak elde edilmiştir.



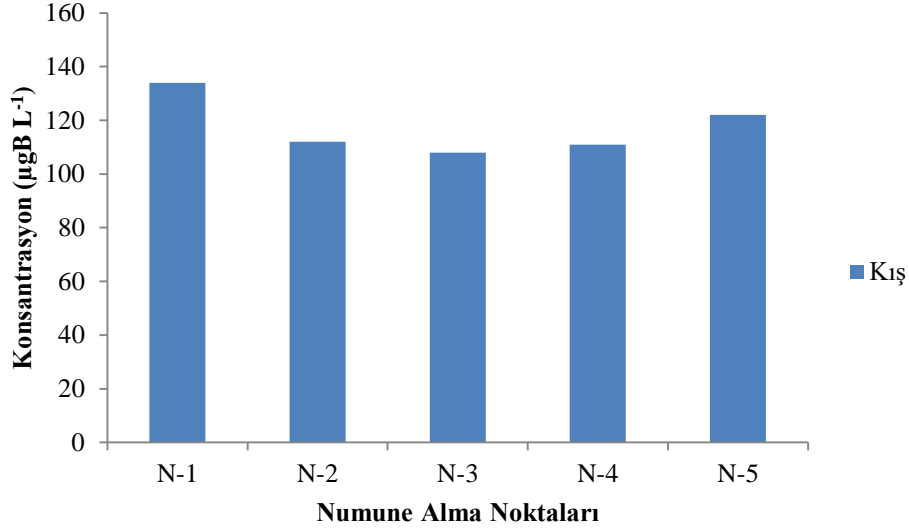
Şekil 1. Numune alma noktaları

Şekil 1'e göre yüzeysel su örnekleri 5 farklı noktadan yaklaşık 20 cm derinlikten 1 L olacak şekilde numune kaplarına alındı ve 0.01 N HCl ile pH<2 olacak şekilde asitlendirildi. Sonra örnekler 0.45 μm gözenekli filtrelerden geçirildi. Hazırlanan örnekler akredite olan laboratuvara (ACME Analytical Laboratories Ltd., Kanada) gönderilerek ICP/MS-Perkin-Elmer ELAN 9000 spektroskopisi cihazı ile analizlendi. Çalışmamızda, Keban Baraj Gölü'nde bor konsantrasyonları 2015 yılında mevsimsel olarak izlendi. Bu nedenle, ilkbahar ayları olan mart, nisan ve mayıs aylarından nisan ayı ilkbahar

mevsimini, yaz ayları olan haziran, temmuz ve ağustos aylarından temmuz ayı yaz mevsimini, sonbahar ayları olan eylül, ekim ve kasım aylarından ekim ayı sonbahar mevsimini, kış ayları olan aralık, ocak ve şubat aylarından ocak ayı kış mevsimini temsil edecek şekilde su örnekleri alındı.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Keban Baraj Gölü'nde kış mevsiminde 5 farklı noktadan alınan yüzeysel su örneklerine ait analiz sonuçları Şekil 2'de verilmiştir.

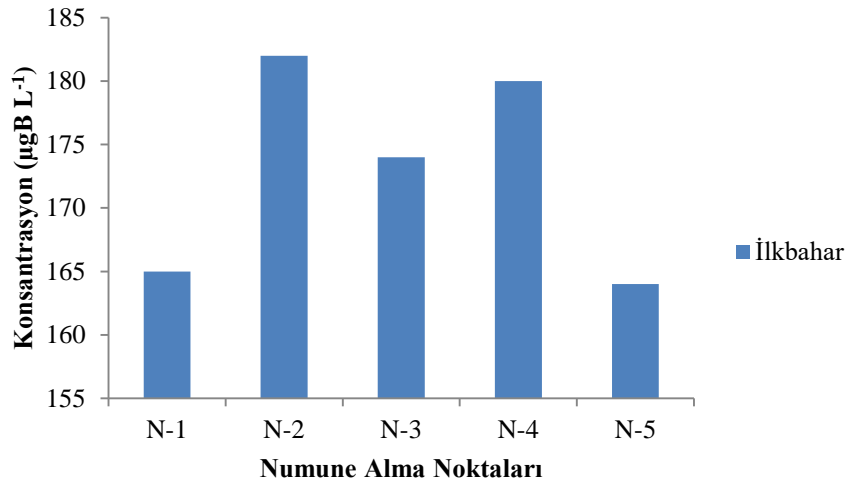


Şekil 2. Keban Baraj Gölü'nde kış sezonunda tespit edilen bor konsantrasyonları

Şekil 2 değerlendirildiğinde, kış sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Ağın Feribot İskelesi'nden (N-1) alınan yüzeysel su örneğinde $134 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu ise Pertek Feribot İskelesi'nden (N-3) alınan yüzeysel su örneğinde $108 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2), Güzelyalı mevkiinden (N-4) ve Gülüşkür Köprüsü'nden (N-5) alınan yüzeysel su örneklerinde bor konsantrasyonları sırasıyla, $112 \mu\text{g B L}^{-1}$, $111 \mu\text{g B L}^{-1}$ ve $122 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. Kış sezonunda bor konsantrasyonlarını büyükten küçüğe doğru N-1>N-5>N-2>N-4>N-3 olarak sıralandı. Köse ve ark. (2012) Porsuk Çayı'nda sudaki en düşük bor konsantrasyonunu kış mevsiminde 0.024 mg L^{-1}

olarak bildirmişlerdir. Bu değer çalışmamızda elde ettiğimiz konsantrasyonlardan oldukça yüksek olup en düşük bor konsantrasyonunun görüldüğü mevsim açısından çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Çiçek ve ark. (2014) Kunduzlar Baraj Gölü suyunda en yüksek bor konsantrasyonunun kış mevsiminde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızın aksine Keban Baraj Gölü'nde en düşük bor konsantrasyonları kış mevsiminde tespit edilmiştir.

Keban Baraj Gölü'nde ilkbahar mevsiminde 5 farklı noktadan alınan yüzeysel su örneklerine ait analiz sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Keban Baraj Gölü'nde ilkbahar sezonunda tespit edilen bor konsantrasyonları

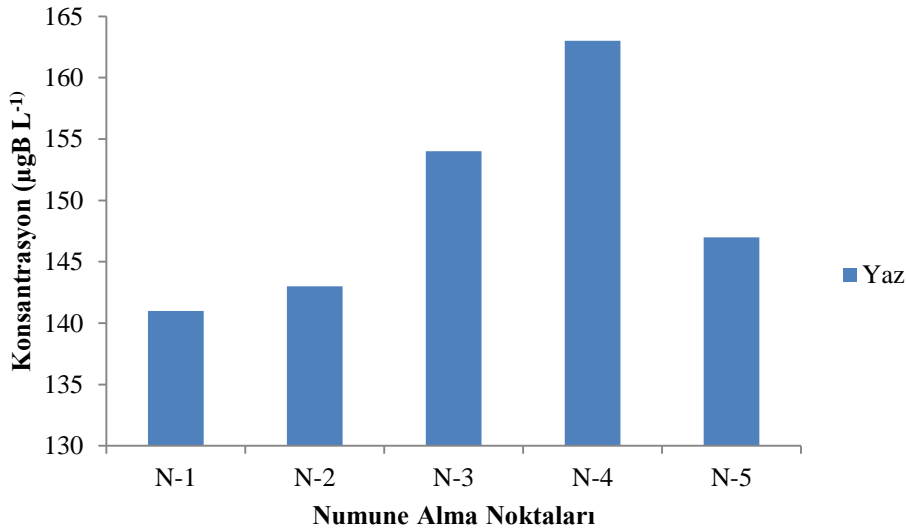
Şekil 3 değerlendirildiğinde, ilkbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde $182 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu ise Gülüşkür Köprüsü'nden (N-5) alınan yüzeysel su örneğinde $164 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Ağın Feribot İskelesi'nde (N-1) bor konsantrasyonu $165 \mu\text{g B L}^{-1}$, Pertek Feribot İskelesi'nde (N-3) $174 \mu\text{g B L}^{-1}$ ve Güzelyalı mevkiinde (N-4) bor konsantrasyonu $180 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. İlkbahar sezonunda farklı örnekleme noktalarında tespit edilen bor konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru N-2>N-4>N-3>N-1>N-5 olarak sıralandı.

Keban Baraj Gölü'nde yaz mevsiminde 5 farklı noktadan alınan yüzeysel su örneklerine ait analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.

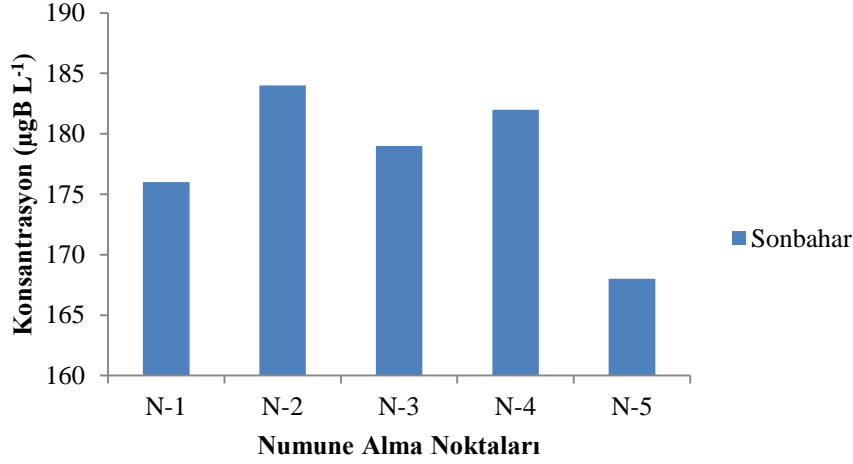
Şekil 4 değerlendirildiğinde, yaz sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Güzelyalı mevkiinden (N-4) alınan yüzeysel su örneğinde

$163 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu ise Ağın Feribot İskelesi'nden (N-1) alınan yüzeysel su örneğinde $141 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Çemişgezek Feribot İskelesi (N-2), Pertek Feribot İskelesi (N-3) ve Gülüşkür Köprüsü'nde (N-5) tespit edilen bor konsantrasyonları sırasıyla, $143 \mu\text{g B L}^{-1}$, $154 \mu\text{g B L}^{-1}$ ve $147 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. Yaz sezonunda farklı örnekleme noktalarında tespit edilen bor konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru N-2>N-4>N-3>N-1>N-5 olarak sıralandı. Elde ettiğimiz bu konsantrasyonlar Köse ve ark. (2012) tarafından Porsuk Çayı'nda suda belirlenen bor konsantrasyonlarından düşüktür. Köse ve ark. (2012) en yüksek bor konsantrasyonunu yaz mevsiminde 2.37 mg L^{-1} olarak bildirmişlerdir.

Keban Baraj Gölü'nde sonbahar mevsiminde 5 farklı noktadan alınan yüzeysel su örneklerine ait analiz sonuçları Şekil 5'te verilmiştir.



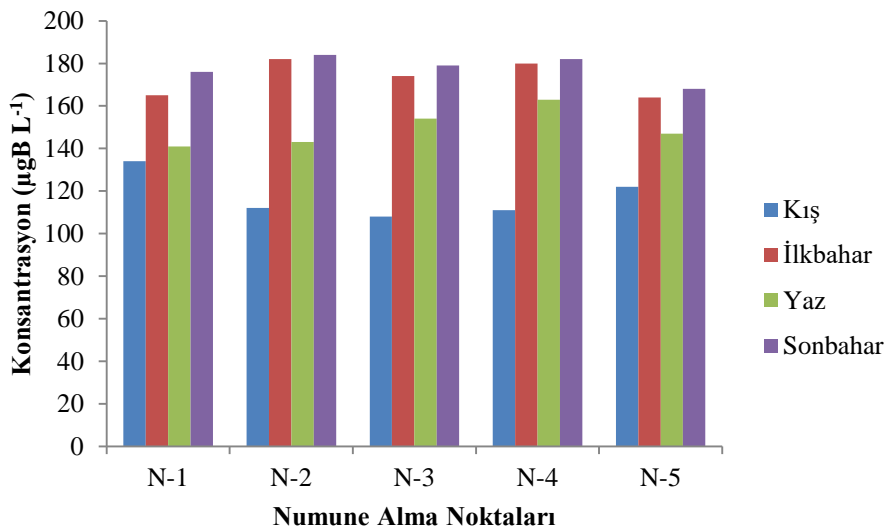
Şekil 4. Keban Baraj Gölü'nde yaz sezonunda tespit edilen bor konsantrasyonları



Şekil 5. Keban Baraj Gölü'nde sonbahar sezonunda tespit edilen bor konsantrasyonları

Şekil 5'e göre, sonbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonları Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde $184 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu ise Gülüşür Köprüsü'nden (N-1) alınan yüzeysel su örneğinde $168 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Diğer numune alma noktalarında bor konsantrasyonları $176-182 \mu\text{g B L}^{-1}$ arasında değiştiği belirlendi. Sonbahar sezonunda farklı örnekleme noktalarında tespit edilen bor konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru N-2>N-4>N-3>N-1>N-5 olarak sıralandı. Bor konsantrasyonlarının numune alma noktalarına göre mevsimsel değişimleri Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6'ya göre, numune alma noktası-1'de en yüksek bor konsantrasyonu sonbahar mevsiminde $176 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu kış mevsiminde $134 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. İlkbahar mevsiminde bor konsantrasyonu kış mevsimine göre % 23.1 oranında artarak $165 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye ulaştı. İlkbahar mevsiminde tespit edilen bor konsantrasyonu yaz mevsiminde % 14.5 oranında azaldı. Numune alma noktası-1'de bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı.



Şekil 6. Bor konsantrasyonlarının mevsimlere göre değişimleri

Numune alma noktası-2'de en yüksek bor konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $182 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu ise numune alma noktası-1'de olduğu gibi kış mevsiminde tespit edildi. Kış mevsiminde bor konsantrasyonu $112 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. Kış mevsiminden ilkbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu % 62.5 oranında arttı. İlkbahar mevsiminden yaz mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu % 21.4 oranında azaldı. Yaz mevsiminden sonbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde ise bor konsantrasyonu % 28.7 oranında artış gösterdi. Numune alma noktası-2'de bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı. Numune alma noktası-3'te en yüksek bor konsantrasyonu sonbahar mevsiminde $179 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak, en düşük bor konsantrasyonu kış mevsiminde $108 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. İlkbahar mevsiminde bor konsantrasyonu $174 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye arttı ve yaz mevsiminde % 11.5 oranında azalarak $154 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye azaldı. Numune alma noktası-4'te en yüksek bor konsantrasyonu numune alma noktası-3'te olduğu gibi sonbahar mevsiminde tespit edildi. Sonbahar mevsiminde bor konsantrasyonu $182 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak belirlendi. Numune alma noktası-3'te bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı. Numune alma noktası-4'te en düşük bor konsantrasyonu kış mevsiminde $111 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Kış mevsiminden İlkbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu % 62.2 oranında arttı. İlkbahar mevsiminden yaz mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu % 9.4 oranında azaldı. Yaz mevsiminden sonbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde ise bor konsantrasyonu % 11.6 oranında artış gösterdi. Numune alma noktası-4'te bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı. Numune alma noktası-5'te en yüksek bor konsantrasyonu sonbahar mevsiminde tespit edildi ($168 \mu\text{g B L}^{-1}$). Numune alma noktası-5'te en düşük bor konsantrasyonu kış mevsiminde $122 \mu\text{g B L}^{-1}$ olarak tespit edildi. Kış mevsiminden İlkbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu $122 \mu\text{g B L}^{-1}$

'den $164 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye arttı. İlkbahar mevsiminden yaz mevsimine kadar geçen zaman içerisinde bor konsantrasyonu $164 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'den $147 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye azaldı ve yaz mevsiminden sonbahar mevsimine kadar geçen zaman içerisinde ise bor konsantrasyonu $168 \mu\text{g B L}^{-1}$ 'ye ulaştığı belirlendi. Numune alma noktası-5'te bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı.

SONUÇ

Ülkemizde, yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esaslar 30.11.2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilmiştir (YSKY, 2012). Söz konusu yönetmeliğin Tablo-4'te; bor konsantrasyonlarının yıllık ortalama çevresel kalite standartlarına göre $707 \mu\text{g L}^{-1}$ 'yi aşmaması gerekmektedir. İçme suyu kalite parametrelerinden olan bor parametresi için Avrupa Birliği (EU) tarafından sınır değeri 1 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda, Türkiye için kabul edilen içme suyu standardı TS-266'ya göre bor konsantrasyonlarının kabul edilebilir maksimum sınır değeri 1 mg L^{-1} ($1000 \mu\text{g L}^{-1}$) olarak belirtilmiştir. 17.02.2005 Tarih ve 25730 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te içme-kullanma suları için bor konsantrasyonu sınır değeri 1 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir (İTASHY, 2005). Keban Baraj Gölü'nün mevsimlere göre bor konsantrasyonları yönetmeliklerde belirtilen değerlerle karşılaştırıldığında bor konsantrasyonlarının yönetmeliklerde belirlenen bor konsantrasyonu değerlerinden oldukça düşük değerler aldığı tespit edildi. Ayrıca, çalışmamızda, İlkbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde, yaz sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Güzelyalı mevkiinden (N-4) alınan yüzeysel su örneğinde, sonbahar sezonunda en yüksek bor konsantrasyonları

Çemişgezek Feribot İskelesi'nden (N-2) alınan yüzeysel su örneğinde, kış sezonunda en yüksek bor konsantrasyonu Ağın Feribot İskelesi'nden (N-1) alınan yüzeysel su örneğinde tespit edildi. Sonuç olarak, numune alma noktalarında bor konsantrasyonları mevsimlere göre küçükten büyüğe doğru kış<yaz<ilkbahar<sonbahar şeklinde sıralandı.

KAYNAKLAR

- Badruk, M., Kabay, N., Demircioglu, M., Mordogan, H., Ipekoglu, H.,** 1999. Removal of boron from wastewater of geothermal power plant by selective ion-exchange resins. I. Batch sorption–elution studies. *Separation Science and Technology*, 34:2553-2569.
- Batty, L., Hooley, D., Younger, P.,** 2008. Iron and manganese removal in wetland treatment systems: rates, processes and implications for management. *Sci. Total Environ.*, 394: 1-8.
- Butterwick, L., De Oude, H., Raymond, K.,** 1989. Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial environments. *Exotoxicology and Environmental Safety*, 17:339-371.
- Çakır, M., Minareci, O.,** 2015. Investigation of detergent, phosphate and boron pollution in Işıklı lake and Işıklı stream (Civril-Denizli). *Istanbul University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30:23-34.
- Çiçek, A., Köse, E., Emiroğlu, Ö., Tokatlı, C., Başkurt, S., Sülün, Ş.,** 2014. Boron and arsenic levels in water, sediment and tissues of carassius gibelio (Bloch, 1782) in a dam lake. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23:1843-1848.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., Nicholaichuk, W.,** 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. *Canadian Journal of Soil Sci.*, 65:381-409.
- Greenwood, N.N., Earnshaw, A.,** 2001. Chemistry of the elements. Butterworth-Heinemann Publish Second Edition, Oxford, 1600s.
- Hilal, N., Kim, G.J., Somerfield, C.,** 2011. Boron removal from saline water: a comprehensive review. *Desalination*, 273:23-35.
- İTASHY,** İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, 17.02.2005 Tarih ve 25730 Sayılı Resmi Gazete.
- Koç, C.,** 2007. Effects on environment and agriculture of geothermal wastewater and boron pollution in Great Menderes Basin. *Environmental Monitoring & Assessment*, 125: 377-388.
- Koç, C.,** 2011. Effects of boron pollution in the lower buyuk menderes basin (Turkey) on agricultural areas and crops. *Env. Prog. & sus. Energy*, 30:347–357.
- Köse, E., Uysal, K., Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N.,** 2012. Assessment of boron in water, sediment and fish tissues of Porsuk Stream, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 44:1446-1449.
- Minareci, O.,** 2014. Investigation of boron pollution in the Gediz River, *Ekoloji*, 23:91-97.
- Minareci, O., Minareci, E., Öztürk, M.,** 2009. Karaçay'da (Manisa) deterjan, fosfat ve bor kirliliğinin araştırılması, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 26:171-177.
- Nicholaichuk, W., Leyshon, A.J., Jame, Y.W., Campell, C.A.,** 1988. Boron and salinity survey of irrigation projects and the boron adsorption characteristics of some saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 8:77-90.
- Sheoran, A.S., Sheoran, V.,** 2006. Heavy metal removal mechanism of acid mine drainage in wetlands: a critical review. *Miner. Eng.*, 19:105–116.
- Tatar, Ş.Y., Öbek, E.,** 2014. Potential of *Lemna gibba* L. and *Lemna minor* L. for accumulation of Boron from secondary effluents. *Ecological Engineering*, 70:332–336.
- Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Dayioğlu, H.,** 2016. Ecosystem quality qssessment of an aquatic habitat in a globally important boron reserve: Emet Stream Basin (Turkey). *International Journal of Environment and Pollution*, 59:116-141.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A.,** 2014. Assessment of the effects of large borate deposits on surface water quality by multi statistical approaches: a case study of the Seydisuyu Stream (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 23:1741-1751.
- Topal, M., Arslan Topal, E.I.,** 2014. Elazığ Keban Baraj Gölünde arsenik kirlenme düzeyinin belirlenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3:154-161.
- Türker, O.C., Böcük, H., Yakar, A.,** 2013. The phytoremediation ability of a polyculture constructed wetland to treat boron from mine effluent. *Journal of Hazardous Materials*, 252–253: 132-141.
- Wang, B., Guo, X., Bai, P.,** 2014. Removal technology of boron dissolved in aqueous solutions- A review. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 444:338-344.
- Woods, W.G.,** 1994. An introduction to boron; history, sources, uses, and chemistry. *Environmental Health Perspective*, 102:5-11.
- YSKYY,** Yerüstü su kalitesi yönetmeliği, 30.11.2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete.