

Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Keban Baraj Gölü'nde (Elazığ) Kurşun ve Nikel Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

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 Atatürk Baraj Gölü'nden sonra en büyük yapay göldür. Keban Baraj Gölü'nün Murat Nehri Vadisi boyunca uzunluğu 125 km olup genişliği yer yer değişmektedir. Keban Baraj Gölü'nde su ürünleri yetiştiriciliği yapılmaktadır. Aynı zamanda, gölün çevresinde bulunan yerleşim yerlerinden içme ve sulama amaçlı su çekilmektedir. Bu çalışmada, Su Çerçeve Direktifi öncelikli maddeler listesinde yer alan Kurşun ve Nikel Elazığ Keban Baraj Gölü'nün 6 farklı noktasından 2015 yılında ve mevsimsel olarak (ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış) alınan yüzeysel su numunelerinde tespit edildi. Keban Baraj Gölü'nde ortalama kurşun konsantrasyonu $0.32 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, ortalama nikel konsantrasyonu ise $4.51 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Numune alma noktalarında tespit edilen kurşun konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru Fatmalı Köyü<Gülüşkür Köprüsü<Çemişgezek Feribot İskelesi<Pertek Feribot İskelesi<Eyüpbağları Pompa İstasyonu<Ağın Feribot İskelesi şeklinde, nikel konsantrasyonları ise Pertek Feribot İskelesi<Ağın Feribot İskelesi<Fatmalı Köyü<Gülüşkür Köprüsü<Çemişgezek Feribot İskelesi<Eyüpbağları Pompa İstasyonu şeklinde sıralandı. Elazığ Keban Baraj Gölü'nün farklı noktalarından alınan yüzeysel su numunelerinde nikel konsantrasyonlarının kurşun konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu tespit edildi. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde kurşun ve nikel konsantrasyonlarının yıllık ortalama çevresel kalite standardı kurşun için $1.2 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, nikel için $4 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler dikkate alındığında kurşun konsantrasyonlarının limit değerinin altında olduğu, nikel konsantrasyonlarının ise limit değerinin üzerinde olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Elazığ, göl, su çerçeve direktifi, su kalitesi

Determination of Concentrations of Lead and Nickel in Keban Dam Lake (Elazığ) within Water Framework Directive

Abstract

Keban Dam Lake is the biggest artificial lake after Atatürk Dam Lake. The length of Keban Dam Lake along Murat River Valley is 125 km and the width changes somewhere. Aquaculture is made in Keban Dam Lake. At the same time, water is taken to the settlements located around the lake for drinking and irrigation purposes. In this study, lead and nickel which situate in the Water Framework Directive priority substances list are determined in the surface water samples taken seasonally (spring, summer, autumn and winter) from the 6 different point of Elazığ Keban Dam Lake in year 2015. Mean lead concentration is determined as $0.32 \mu\text{g L}^{-1}$ and mean nickel concentration is determined as $4.51 \mu\text{g L}^{-1}$ in Keban Dam Lake. Lead concentrations determined in the sampling points followed the increasing order of Fatmalı Village<Gülüşkür Bridge<Çemişgezek Ferry Pier<Pertek Ferry Pier<Eyüpbağları Pumping Station<Ağın Ferry Pier and nickel concentrations followed the order of Pertek Ferry Pier<Ağın Ferry Pier<Fatmalı Village<Gülüşkür Bridge<Çemişgezek Ferry Pier<Eyüpbağları Pumping Station. It is determined that nickel concentrations in the surface water samples taken from the various points of Elazığ Keban Dam Lake were higher than the lead concentrations. In the Surface Water Quality Regulation mean yearly environmental quality standard of lead and nickel concentrations is situated as $1.2 \mu\text{g L}^{-1}$ for lead and $4 \mu\text{g L}^{-1}$ for nickel. When these values are taken into consideration, it was determined that lead concentrations were under the limit value and nickel concentrations were over the limit value.

Keywords: Heavy metals, Elazığ, lake, water framework directive, water quality

GİRİŞ

Günümüzde en önemli çevresel problemlerden biri de sulardaki ağır metallerin varlığıdır. Bunlar hem endüstriyel hem de antropojenik faaliyetler sonucu üretilen atıklarla su kütlelerine girmektedir. Ağır metaller ekosistemde biyolojik olarak parçalanmayan toksik kirleticilerdir. Suda, sedimentte ve sucul organizmalarda ağır metaller birikirler ve dolayısıyla gıda zinciri yoluyla insana kadar ulaşırlar. Ağır metaller canlılarda hücre fonksiyonlarına zarar vererek, biyolojik aktiviteyi inhibe etmektedir. Ağır metallerden kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko başta olmak üzere 60'tan fazla metal çevresel kirleticiler sınıfına dahil edilmiştir (Rainbow, 1995; Webb ve Gagnon, 2002; Prasad, 2004; Taylan ve Özkoç, 2007; Tatar, 2014).

Ağır metaller, canlı yaşamında belirli bir derişimde bulunması gerekli olan ağır metaller (Fe, Cu, Zn, Ni ve Se) ve çok düşük derişimlerde bile/başlangıç derişimlerinden itibaren toksik etki göstermekte olan ağır metaller (Hg, Cd ve Pb) olarak sınıflandırılırlar (Jarup, 2003; Bliefert, 2004).

Kurşun (Pb)

Kurşun farklı endüstrilerde ve tarımsal faaliyetlerde kullanıldığından çevrede yaygın bir şekilde bulunabilir. Kurşun, su ve havadan oksitlenmemesi nedeni ile boruların yapımında, su altı telefon kablolarının korunmasında, sülfürik asitten etkilenmemesi nedeniyle özellikle sülfürik asit endüstrisinde ve kurşun akümülatörlerin yapımında kullanılır (Yalçın, 2004; Dündar ve ark., 2012). Endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan atık ve/veya atık sularda kurşun alıcı ortamlara verilmekte ve kirlenmeye neden olmaktadır. Kurşun en iyi bilinen toksik ağır metallerden biridir ve major bir kirleticidir. Bu nedenle, kurşun içerikli sular canlı metabolizması üzerine etki yapabilmektedir. Örneğin, kurşunun düşük konsantrasyonlarda bitki metabolizmasını inhibe ettiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Kurşun elektron transfer sistemini bozduğu için bitkilerde respirasyon ve fotosentez üzerine olumsuz etkileri vardır (Pais ve Jones, 2000; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Tatar, 2014). Olumsuz etkileri nedeniyle, kurşun Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli maddeler listesinde bulunmaktadır.

Nikel (Ni)

Nikel, gümüş beyazlığında parlak ve sert bir metaldir. Nikel; sert, korozyona dayanıklı ve parlak olması nedeni ile metal kaplamada önemli bir yer tutar. Nikel kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı nedeniyle laboratuvar malzemelerinin yapımında kullanılmaktadır (Altundağ, 2002; Dündar ve ark., 2012). İnorganik kirleticiler arasında yer alan nikel metali çevresel ortamlarda önemli toksik etkilere sahiptir. Nikel canlı bünyesine besin zinciri yoluyla katılabilir ve canlılar üzerine toksik etki yapabilir. Nikel konsantrasyonlarının fazlalığı uzun vadede bitki gelişimini duraklatmakta ve bitkilerde yaralanmalara neden olmaktadır (Pais ve Jones, 2000; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Tatar, 2014). Nikel metali kurşun gibi Su Çerçeve Direktifi öncelikli maddeler listesinde yer almaktadır.

Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Avrupa Birliği'nde sürdürülebilir su politikalarını yönlendirme amaçlı temel prensipleri ortaya koymaktadır. Direktif yüzey ve yeraltı olmak üzere tüm kıta içi suları, geçiş sularını ve 1 deniz miline (1 852 m) kadar olan kıyı sularını içeren tüm su kütlelerini kapsamaktadır. Direktifin amaçları, su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve kalitedeki kötüye gidişin engellenmesi; su kaynaklarının uzun dönemli korunmasına yönelik sürdürülebilir, dengeli ve hakkaniyetli bir şekilde su kullanımının sağlanması; öncelikli maddelerin deşarjı ve emisyonunun azaltılması ve öncelikli tehlikeli maddelerin deşarjının engellenmesi veya kullanımdan kaldırılması gibi özel önlemlerle sucul ekosistemin korunması ve geliştirilmesinin sağlanması; yeraltı suyu kirliliğinin azaltılması ve daha fazla kirlenmesinin önlenmesinin sağlanması ile taşkın ve kuraklıkların neden olduğu etkilerin hafifletilmesine katkıda bulunulmasıdır. Direktifin ana hedefi tüm yüzey suyu kütlelerinin durumlarında kötüye gidişin engellenmesi ve üye ülkelerde 2015 yılı itibari ile tüm su kütlelerinde "iyi durum"a ulaşılabilmesidir. Yüzey suları için "iyi durum", "iyi ekolojik durum" ve "iyi kimyasal durum"a ulaşılabilmesi ile sağlanır. Ülkemiz müzakere belgesinde 2027 yılına kadar tüm yüzey suyu kütlelerinde iyi su durumuna ulaşılacağı taahhüdünde bulunmuştur. Su kalitesinin izlemesine ilişkin hususlar Su Çerçeve Direktifi Madde 8 ve Ek-5'te tanımlanmıştır. SÇD'nin

ülkemiz mevzuatına uyumlaştırılması kapsamında Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının izlenmesine Dair Yönetmelik, 11.02.2014 Tarih ve 28910 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ile SÇD’nin Madde 8 ve Ek-5 hükümleri tamamen ulusal mevzuatımıza aktarılmıştır (FDH, 2015).

Keban Baraj Gölü, Elazığ ilinin önemli içme ve kullanma suyu kaynaklarıdır. Bu nedenle, gölün içermiş olduğu kirleticilerin bilinmesi ve sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Su Çerçeve Direktifi’nde belirtildiği gibi öncelikli maddelerin (Pb ve Ni vb. gibi) konsantrasyonlarının yerüstü su kaynaklarında belirlenmesi iyi su durumuna ulaşabilmek için alınabilecek önlemlerin neler olduğu ve söz konusu su kütlesinin durumu hakkında bilgi vermektedir. Önemli su kaynaklarımızdan olan Keban Baraj Gölü birçok kirleticiyle baskı altındadır. Keban Baraj Gölü havzası incelendiğinde kirletici kaynaklar arasında, evsel ve kentsel atıksu arıtma tesisi çıkış suları, kum çakıl ocaklarından çıkan yıkama suları, maden ocakları (bakır ve krom gibi), tarımsal faaliyetten kaynaklanan kirleticiler ve birçok endüstriyel faaliyetten kaynaklanan kirletici kaynakları bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışmamızda, Su Çerçeve Direktifi öncelikli maddelerinde belirtilen ve önemli kirleticiler arasında bulunan ağır metallere Pb ve Ni konsantrasyonları araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

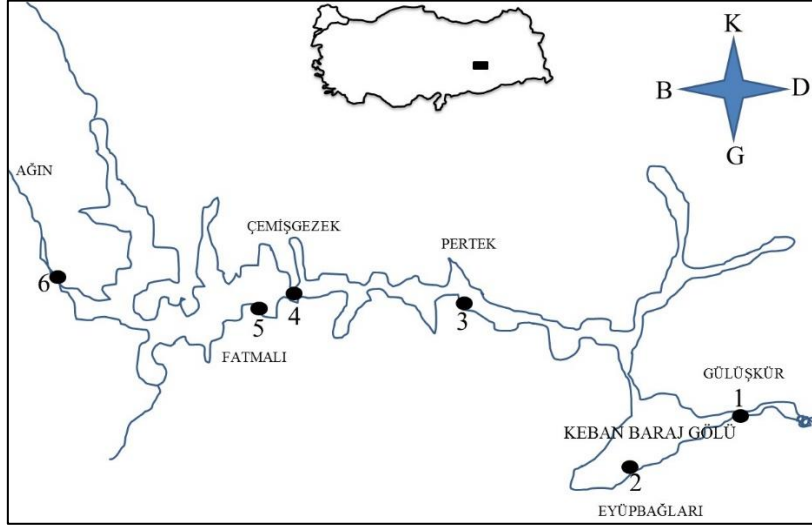
Keban Baraj Gölü Atatürk Baraj Gölü’nden sonra en büyük yapay göldür. Keban Baraj Gölü Elazığ ilinin 45 km kuzeybatısında, Malatya ilinin ise 65 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Keban Baraj Gölü’nün menbaası incelendiğinde Murat Nehri Vadisi boyunca uzunluğu 125 km olup genişliği yer yer değişmektedir (URL-1;

Topal ve Arslan Topal, 2014). Keban Baraj Gölü’nde su ürünleri yetiştiriciliği yapılmaktadır. Aynı zamanda, gölün çevresinde bulunan yerleşim yerlerinden içme ve kullanma amaçlı su çekilmektedir. Bu açıdan Keban Baraj Gölü değerlendirildiğinde sadece Elazığ ili için değil ülkemiz için önemli su kaynaklarından birisidir. Bu nedenle, çalışma alanı olarak Keban Baraj Gölü seçildi.

Çalışmamızda, materyal olarak kullanılan yüzeysel su numuneleri 2015 yılında Keban Baraj Gölü’nün 6 farklı noktasından alındı. Keban Baraj Gölü’nde Pb ve Ni konsantrasyonlarının mevsimsel olarak değişimini izleyebilmek için ilkbahar ayı olarak nisan ayı, yaz ayı olarak temmuz ayı, sonbahar ayı olarak ekim ayı, kış ayı olarak ocak ayı belirlenmiştir. Keban Baraj Gölü’nden alınan yüzeysel su numunelerine ait nokta adları ve WGS84 6 derecelik koordinatları Çizelge 1’de, numune alma noktaları Şekil 1’de verilmiştir. Numune alma noktalarının koordinatları Magellan eXplorist 510 (Santa Clara, USA) cihazı kullanılarak ölçüldü.

Çizelge 1. Numune alma noktalarına ait nokta isimleri ve koordinatları

No	Nokta Adı	Koordinatlar	
		Y	X
1	Gülüşür Köprüsü	562 907	4 277 618
2	Eyüpbağları Pompa İstasyonu	538 668	4 272 065
3	Pertek Feribot İskelesi	523 617	4 297 850
4	Çemişgezek Feribot İskelesi	498 803	4 303 456
5	Fatmalı Köyü	494 270	4 301 267
6	Ağın Feribot İskelesi	470 969	4 307 966



Şekil 1. Keban Baraj Gölü'nden alınan yüzeysel su örneklerine ait numune alma noktaları

Keban Baraj Gölü'nün farklı noktalarından alınan yüzeysel su numuneleri 500 mL'lik kaplara alınmadan önce 2-3 kez göl suyuyla çalkalandı ve numune kaplarına dolduruldu. Numune kabı içerisinde bulunan yüzeysel su numuneleri pH'yı ayarlamak için Hach Lange 30d pH ölçer aleti kullanılarak 0.01 N HCl ile $pH < 2$ olacak şekilde asitlendirildi. Laboratuvara getirilen yüzeysel su numuneleri 0.45 μm gözenekli naylon filtrelerden geçirildi. Hazırlanan örnekler akredite olan laboratuvara (ACME Analytical Laboratories Ltd., Kanada) gönderilerek ICP/MS-Perkin-Elmer ELAN 9000 spektroskopisi cihazı ile analizlendi.

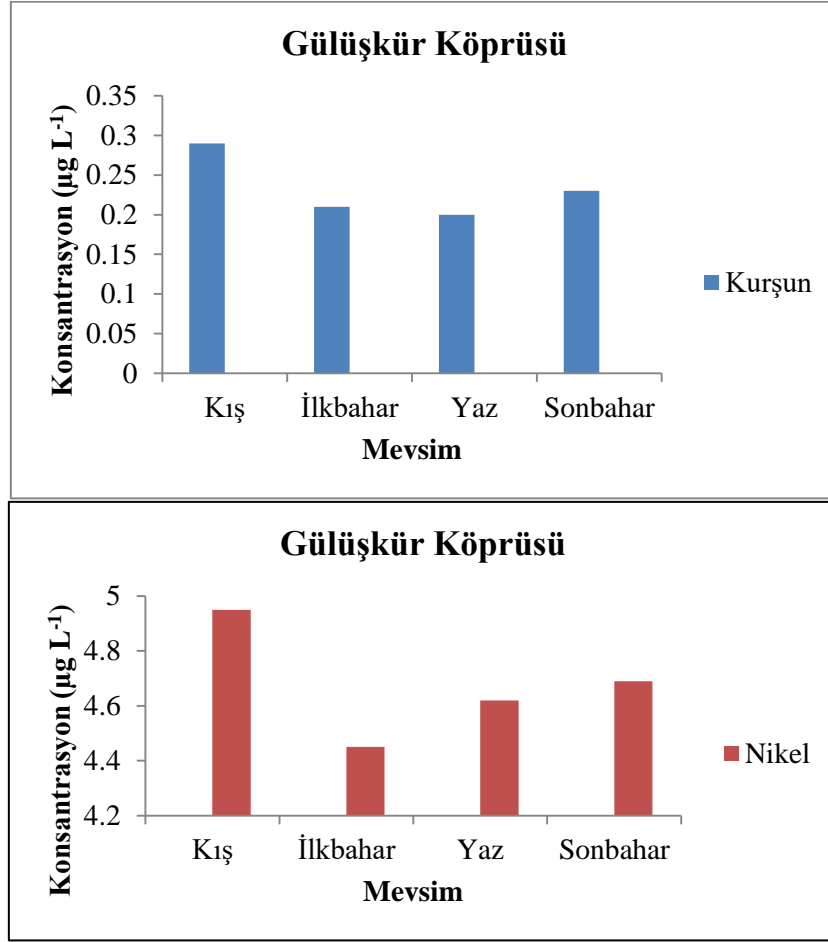
BULGULAR VE TARTIŞMA

Gülüşkür Köprüsü noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 2'de verilmiştir.

Elazığ Keban Baraj Gölü Gülüşkür Köprüsü noktasından alınan yüzeysel su numunesinde nikel konsantrasyonlarının kurşun konsantrasyonlarından yüksek olduğu tespit edildi. Gülüşkür Köprüsü'nün en düşük kurşun konsantrasyonu yaz mevsiminde $0.2 \mu g L^{-1}$

olarak, en yüksek kurşun konsantrasyonu kış mevsiminde $0.29 \mu g L^{-1}$ olarak tespit edildi. Köse ve ark. (2015) Porsuk Deresi suyunda yaptıkları çalışmada, Gülüşkür Köprüsü noktasında tespit ettiğimiz sonuçla benzer olarak, en yüksek kurşun konsantrasyonunun kış mevsiminde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Nikel konsantrasyonları araştırıldığında en düşük nikel konsantrasyonu ilkbahar mevsiminde $4.45 \mu g L^{-1}$ olarak, en yüksek nikel konsantrasyonu kış mevsiminde $4.95 \mu g L^{-1}$ olarak belirlendi. Mevsimlere göre kurşun ve nikel konsantrasyonlarının değişkenlik göstermediği belirlendi. Gülüşkür Köprüsünde ortalama kurşun konsantrasyonu $0.23 \mu g L^{-1}$, ortalama nikel konsantrasyonu $4.68 \mu g L^{-1}$ olarak hesaplandı. Kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>sonbahar>ilkbahar>yaz şeklinde sıralandı. Nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>sonbahar>yaz>ilkbahar şeklinde sıralandı.

Eyübağları Pompa İstasyonu noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 3'te verilmiştir.

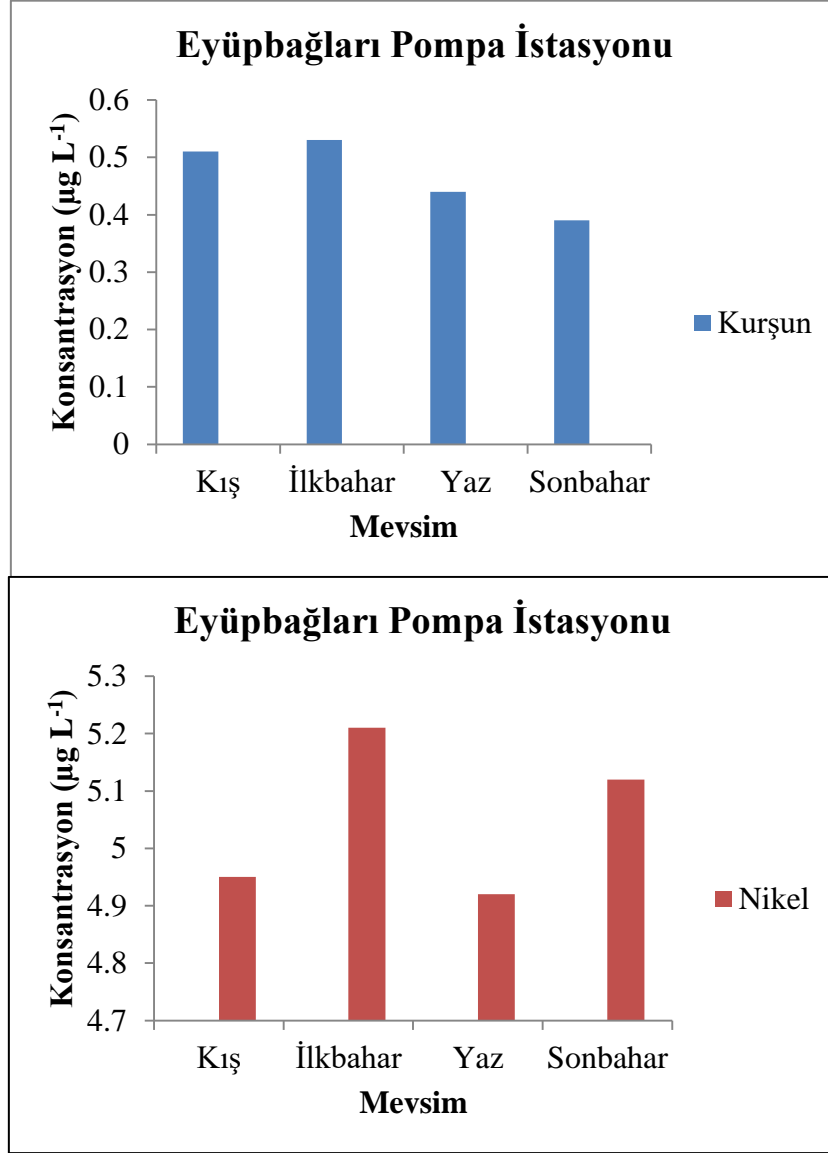


Şekil 2. Gülüşkür Köprüsü noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

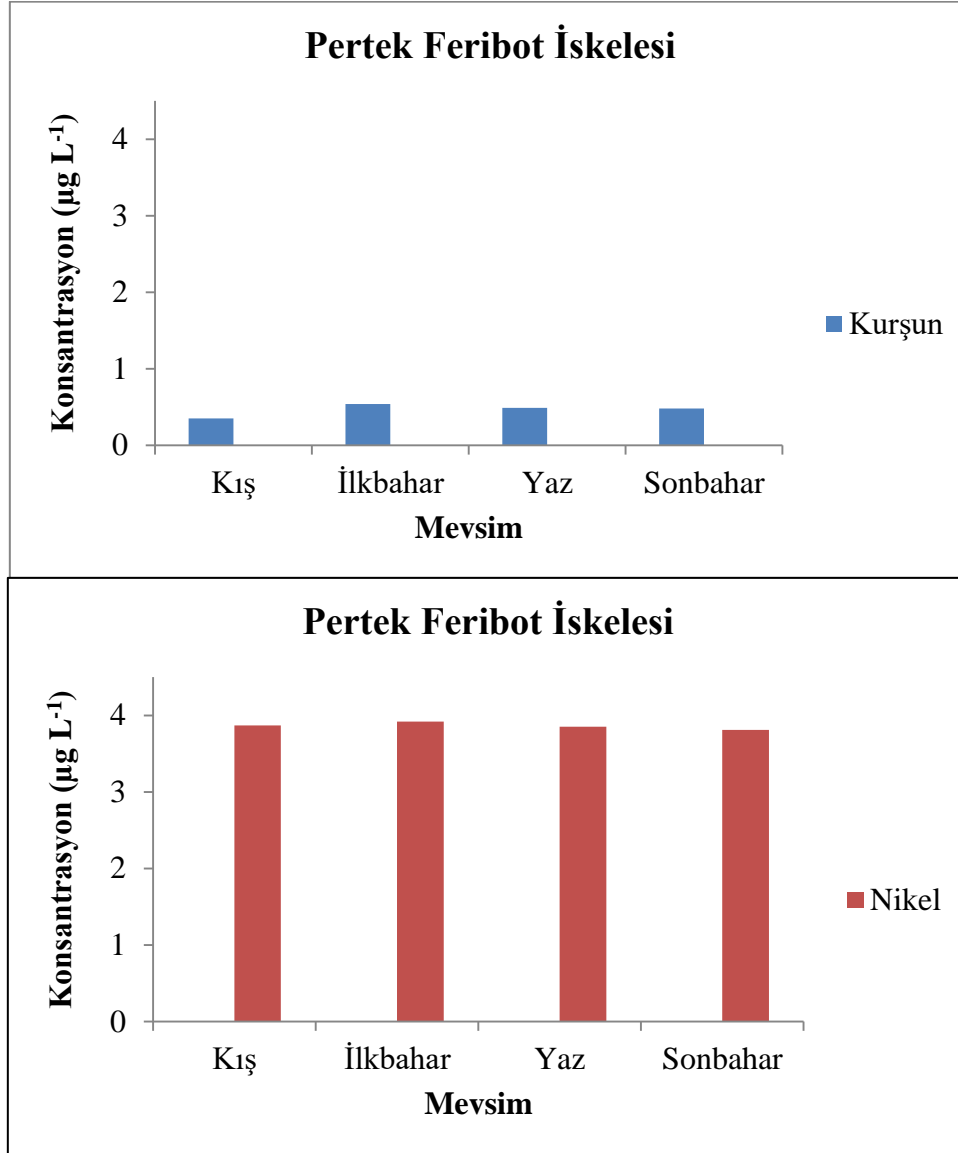
Şekil 3'e göre, Keban Baraj Gölü'nün diğer bir numune alma noktası olan Eyüpbağları Pompa İstasyonu mevkiinden alınan yüzeysel su numunesi alma noktasında en düşük kurşun konsantrasyonu sonbahar mevsiminde $0.39 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en yüksek kurşun konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $0.53 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Eyüpbağları Pompa İstasyonu noktasında nikel konsantrasyonları araştırıldığında en yüksek nikel konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $5.21 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük nikel konsantrasyonu yaz mevsiminde $4.92 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Tokatlı ve ark. (2014) Emet Çayı Havzasında sucul ekosistem kalitelerini belirlemek için yaptıkları çalışmada en düşük nikel konsantrasyonunu $0.008833 \text{ mg L}^{-1}$ olarak, en yüksek nikel konsantrasyonunu ise $0.779333 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Bu değerler çalışmamızda tespit edilen değerlerden

yüksektir. Bu durum çalışma alanlarının özelliklerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Köse ve ark. (2015) Porsuk Deresi suyunda yaptıkları çalışmada, Eyüpbağları Pompa İstasyonu noktasında tespit ettiğimiz sonuçla benzer olarak, en yüksek nikel konsantrasyonunun ilkbahar mevsiminde olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda, Eyüpbağları Pompa İstasyonunda ortalama kurşun konsantrasyonu $0.47 \mu\text{g L}^{-1}$, ortalama nikel konsantrasyonu $5.05 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak hesaplandı. Kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>kış>yaz>sonbahar şeklinde sıralandı. Nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>sonbahar>>kış>yaz şeklinde sıralandı.

Pertek Feribot İskelesi noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Eyüpbağları Pompa İstasyonu noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

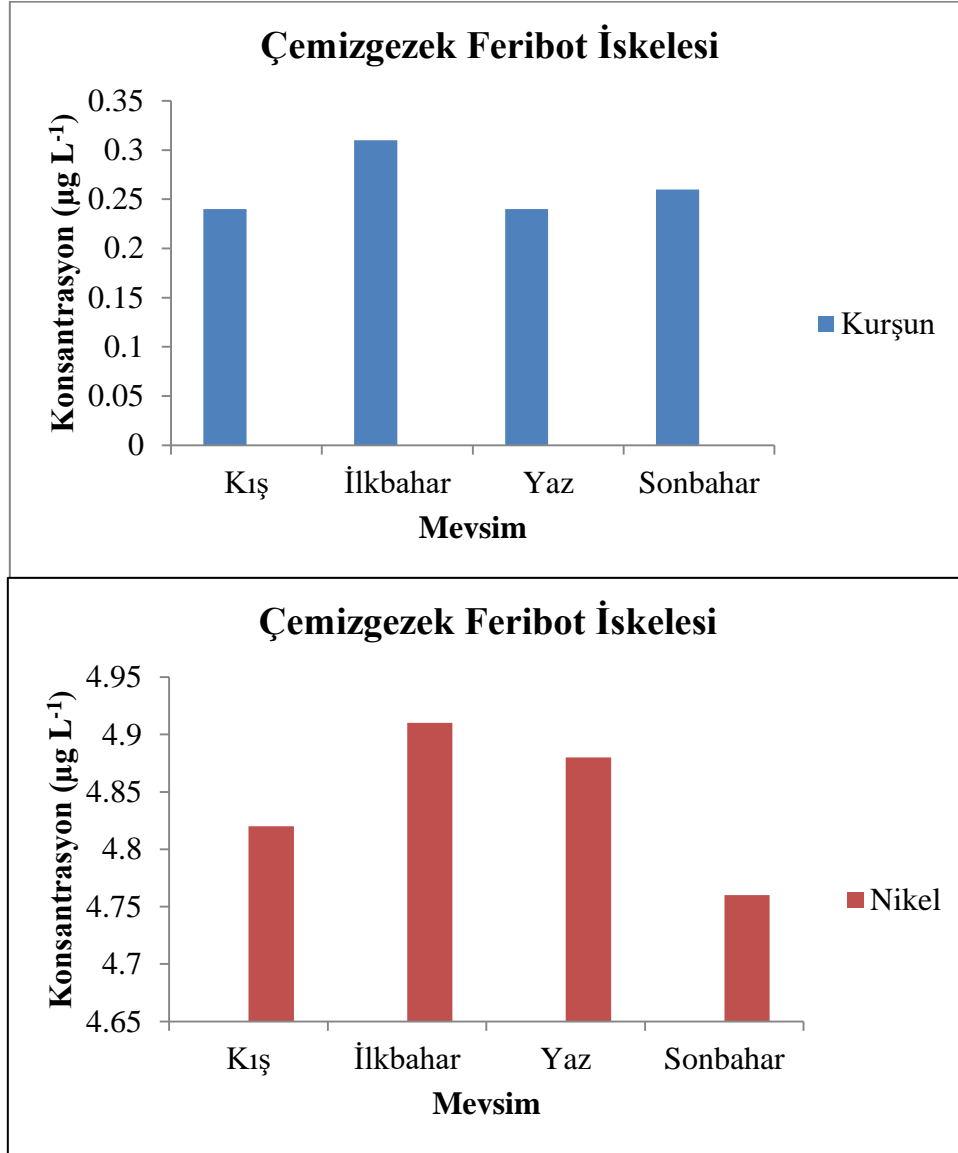


Şekil 4. Pertek Feribot İskelesi noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

Şekil 4 değerlendirildiğinde Pertek Feribot İskelesi noktasından alınan yüzeysel su numunelerinde en yüksek kurşun konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $0.54 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük kurşun konsantrasyonu kış mevsiminde $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Nikel konsantrasyonları incelendiğinde ise nikel konsantrasyonlarının mevsimlere göre çok fazla değişmediği 3.81 ile $3.92 \mu\text{g L}^{-1}$ arasında olduğu belirlendi. En yüksek nikel konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde, en düşük nikel konsantrasyonu sonbahar mevsiminde tespit edildi.

Pertek Feribot İskelesi noktasının ortalama kurşun konsantrasyonu $0.465 \mu\text{g L}^{-1}$, ortalama nikel konsantrasyonu $3.86 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak hesaplandı. Kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>yaz>sonbahar>kış şeklinde sıralandı. Nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>kış>yaz>sonbahar şeklinde sıralandı.

Çemişgezek Feribot İskelesi noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 5'te verilmiştir.

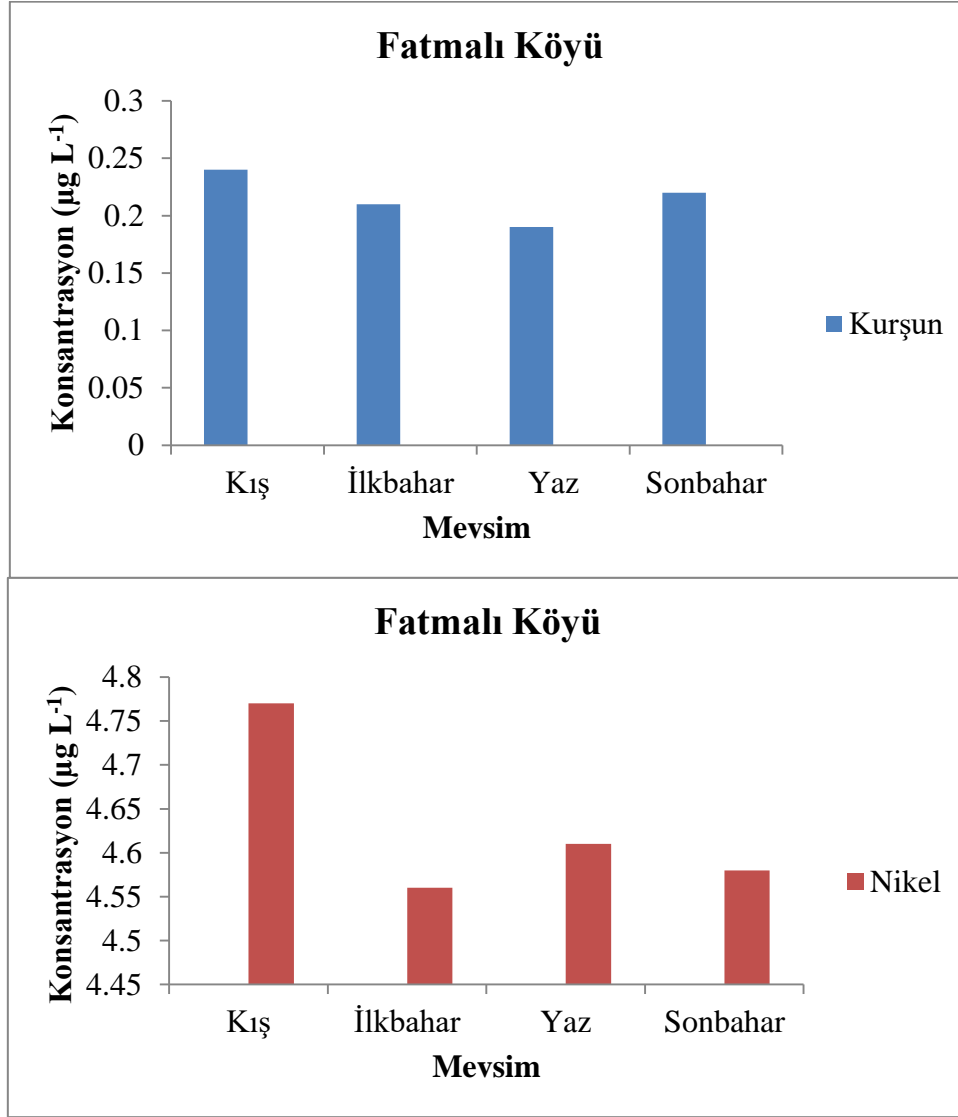


Şekil 5. Çemişgezek Feribot İskelesi noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

Çemişgezek Feribot İskelesi'nden alınan yüzeysel su numunesinde en düşük kurşun konsantrasyonu kış ve yaz mevsimlerinde $0.24 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. En yüksek kurşun konsantrasyonu ise İlkbahar mevsiminde $0.31 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak tespit edildi (Şekil 5). Şekil 5'e göre, Çemişgezek Feribot İskelesi noktasında en yüksek nikel konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $4.91 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük nikel konsantrasyonu sonbahar mevsiminde $4.76 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Nikel konsantrasyonlarının bu noktada çok fazla değişmediği tespit edildi.

Çemişgezek Feribot İskelesi noktasının ortalama kurşun konsantrasyonu $0.26 \mu\text{g L}^{-1}$, ortalama nikel konsantrasyonu $4.84 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak hesaplandı. Kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>sonbahar>kış=yaz şeklinde sıralandı. Nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru ilkbahar>yaz>kış>sonbahar şeklinde sıralandı.

Fatmalı Köyü noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 6'da verilmiştir.



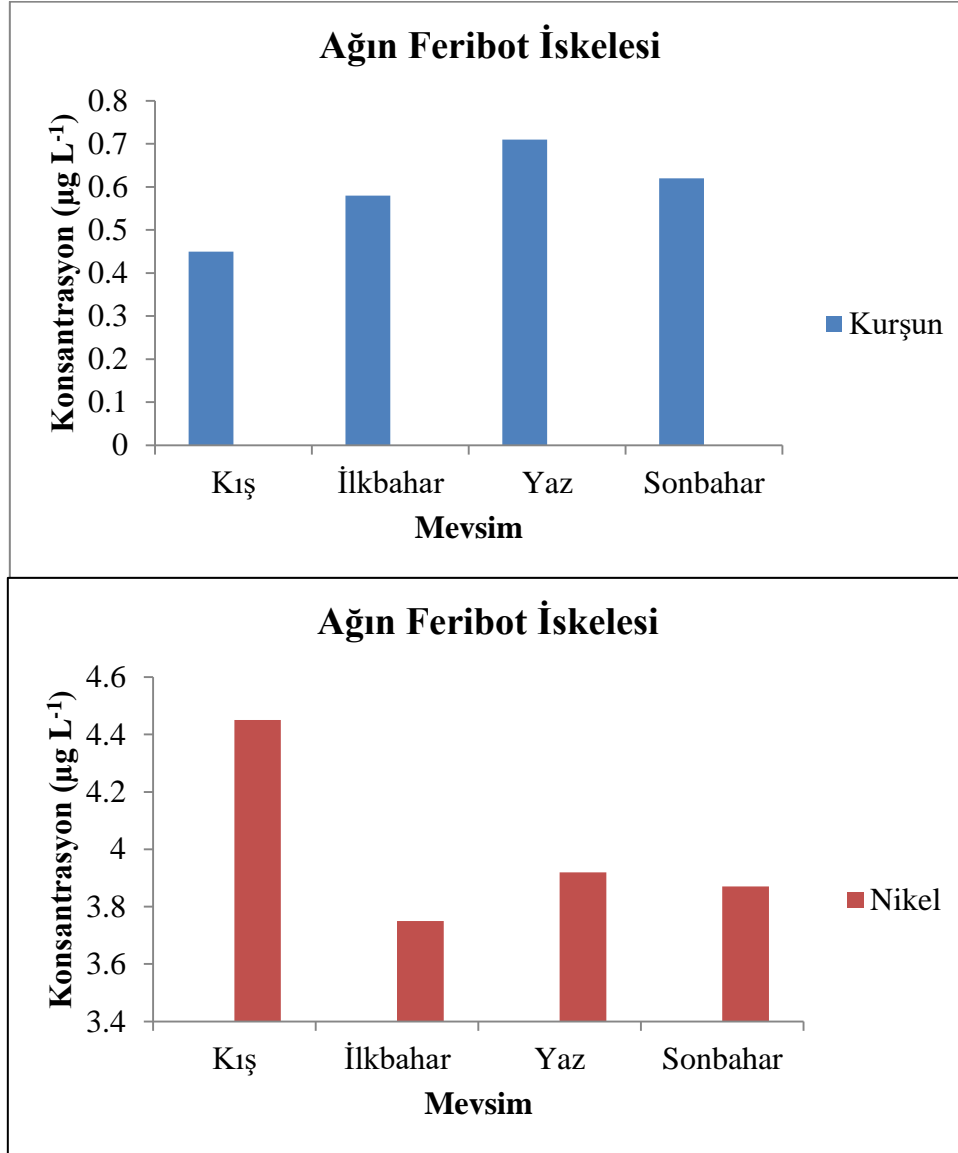
Şekil 6. Fatmalı Köyü noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

Şekil 6'ya göre Fatmalı Köyü mevkiinden alınan yüzeysel su numunelerinde kurşun konsantrasyonları mevsimsel olarak fazla değişiklik göstermedi. Fatmalı Köyü mevkiinde yüzeysel sularda kurşun konsantrasyonu 0.19-0.24 $\mu\text{g L}^{-1}$ arasında değiştiği belirlendi. Tokatlı ve ark. (2013) Porsuk Çayı (Sakarya Nehir Havzası, Kütahya) suyunda en yüksek ve en düşük kurşun konsantrasyonlarının sonbahar mevsiminde sırasıyla 0.0027 ve 0.012 mg L^{-1} olduğunu belirlemişlerdir. Bu değerler çalışmamızda elde edilen kurşun konsantrasyonlarından yüksektir. Nikel konsantrasyonları araştırıldığında en yüksek nikel konsantrasyonu kış mevsiminde 4.77 $\mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük nikel konsantrasyonu ilkbahar

mevsiminde 4.56 $\mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Kurşun konsantrasyonlarında olduğu gibi nikel konsantrasyonlarının da çok fazla değişmediği görülmektedir.

Fatmalı Köyü noktasının ortalama kurşun konsantrasyonu 0.21 $\mu\text{g L}^{-1}$, ortalama nikel konsantrasyonu 4.63 $\mu\text{g L}^{-1}$ olarak hesaplandı. Kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>kasım>ilkbahar>yaz şeklinde sıralandı. Nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>yaz>sonbahar>ilkbahar şeklinde sıralandı.

Ağın Feribot İskelesi noktasından mevsimsel olarak alınan yüzeysel su

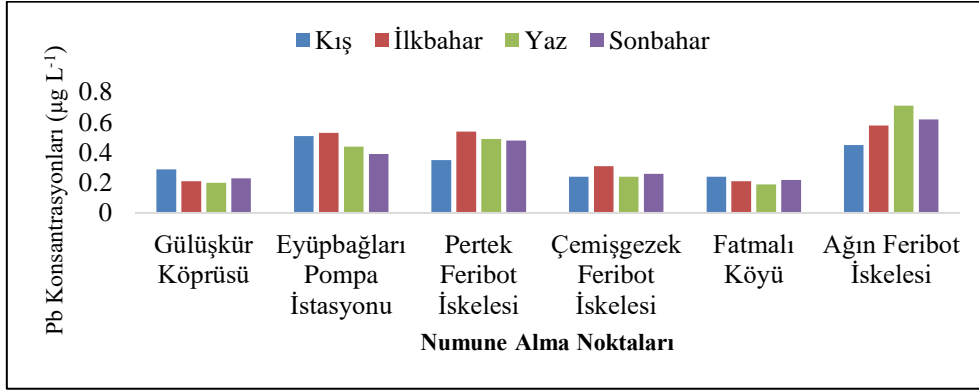


Şekil 7. Ağın Feribot İskelesi noktasına ait Pb ve Ni konsantrasyonları

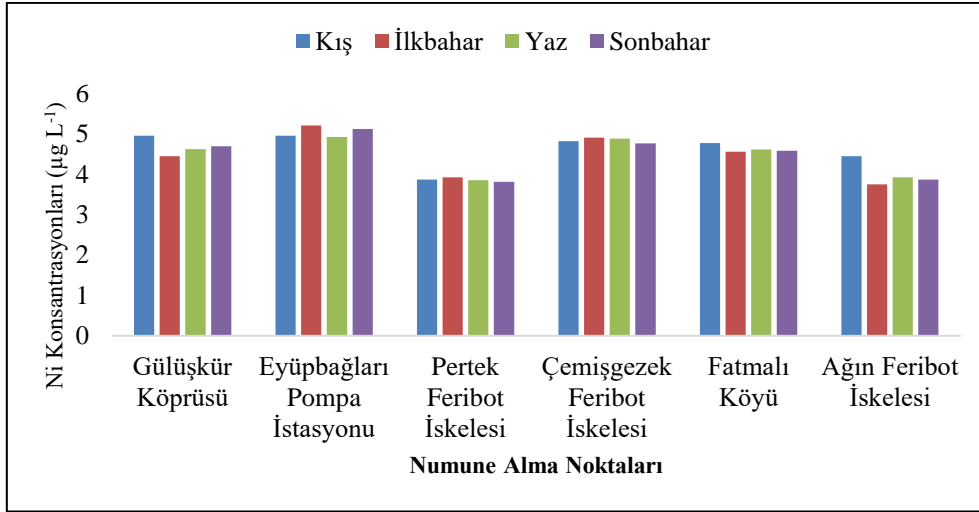
numunelerine ait Pb ve Ni konsantrasyonları Şekil 7’de verilmiştir.

Ağın Feribot İskelesinin bulunduğu izleme noktasından alınan yüzeysel su numunelerinde en yüksek kurşun konsantrasyonu yaz mevsiminde $0.71 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük kurşun konsantrasyonu kış mevsiminde $0.45 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi. Nikel konsantrasyonları açısından incelendiğinde en yüksek nikel

konsantrasyonu kış mevsiminde $4.45 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük nikel konsantrasyonu İlkbahar mevsiminde $3.75 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi (Şekil 7). Tüm numune alma noktalarında tespit edilen nikel ve kurşun konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. Numune alma noktalarına ait Pb konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi



Şekil 9. Numune alma noktalarına ait Ni konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

30.11.2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 10.08.2016 Tarih ve 29797 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yönetmelik ile revize edilmiştir. Söz konusu yönetmelikle yerüstü su kaynakları için öncelikli maddeler ve çevresel kalite standartları belirlenmiştir. Yönetmelikte öncelikli maddelerden kurşun ve nikel konsantrasyonlarının olması gereken limit değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’de, yer alan belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde, kendi su kütlesi kategorisine (nehirler/göller, kıyı ve geçiş suları) göre 1 yıllık izleme sonuçlarının aritmetik ortalaması yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ile karşılaştırılır. Olağanüstü hallerde (kaza, doğal afet vb.) ise,

herhangi bir belirli kirleticiler ve/veya öncelikli maddeye ait tekil izleme verisi maksimum izin verilebilir, çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) ile karşılaştırılır. Yapılan değerlendirme neticesinde, izleme verilerinin hem MAK-ÇKS hem de YO-ÇKS değerlerinden düşük olması halinde alıcı ortam çevresel kalite standardı değerleri sağlanmış olur.

Çizelge 2. Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları (YSKY, 2012)

Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg L ⁻¹)	MAK-ÇKS Nehirler/Göller (µg L ⁻¹)
Kurşun	7439-92-1	1.2	14
Nikel	7440-02-0	4	34

Çalışmamızda, Keban Baraj Gölü'nün kurşun ve nikel konsantrasyonları mevsimsel olarak bir yıl boyunca izlendi. Elde edilen veriler Çizelge 2'de verilen değerlerle mukayese edildiğinde kurşun için tespit edilen konsantrasyonların $1.2 \mu\text{g L}^{-1}$ 'den düşük değerler aldığı, nikel için tespit edilen konsantrasyonların ise $4 \mu\text{g L}^{-1}$ 'den büyük değerler aldığı belirlendi.

SONUÇ

Elazığ Keban Baraj Gölü'nün 6 farklı noktasından alınan yüzeysel su numunelerinde Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli maddeler listesinde yer alan Pb ve Ni konsantrasyonları belirlendi. Bu çerçevede;

1-)Keban Baraj Gölü'nde ortalama kurşun konsantrasyonu $0.32 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, nikel konsantrasyonu ise $4.51 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak belirlendi.

2-)Numune alma noktalarında tespit edilen kurşun konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru $5 < 1 < 4 < 3 < 2 < 6$ şeklinde, nikel konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru $3 < 6 < 5 < 1 < 4 < 2$ şeklinde sıralandı.

3-)1 nolu örnekleme noktasında (Gülüşkür Köprüsü) kurşun konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>sonbahar>ilkbahar>yaz şeklinde, 2 nolu örnekleme noktasında (Eyüpbağları Pompa İstasyonu) ilkbahar>kış>yaz>sonbahar şeklinde, 3 nolu örnekleme noktasında (Pertek Feribot İskelesi) ilkbahar>yaz>sonbahar>kış şeklinde, 4 nolu örnekleme noktasında (Çemişgezek Feribot İskelesi) ilkbahar>sonbahar>kış=yaz şeklinde, 5 nolu örnekleme noktasında (Fatmalı Köyü) kış>kasım>ilkbahar>yaz şeklinde ve 6 nolu örnekleme noktasında (Ağın Feribot İskelesi) yaz>sonbahar>ilkbahar>kış şeklinde sıralandı.

4-)1 nolu örnekleme noktasında (Gülüşkür Köprüsü) nikel konsantrasyonları mevsimlere göre en yüksekten en düşüğe doğru kış>sonbahar>yaz>ilkbahar şeklinde, 2 nolu örnekleme noktasında (Eyüpbağları Pompa İstasyonu) ilkbahar>sonbahar>>kış>yaz şeklinde, 3 nolu örnekleme noktasında (Pertek Feribot İskelesi) ilkbahar>kış>yaz>sonbahar şeklinde, 4 nolu örnekleme noktasında (Çemişgezek Feribot İskelesi) ilkbahar>yaz>kış>sonbahar, 5 nolu örnekleme noktasında (Fatmalı Köyü) kış>yaz>sonbahar>ilkbahar şeklinde ve 6 nolu örnekleme noktasında (Ağın Feribot İskelesi) kış>yaz>sonbahar>ilkbahar şeklinde sıralandı. Sonuç olarak, Keban Baraj Gölü'nde kurşun ve

nikel konsantrasyonlarının $\mu\text{g L}^{-1}$ düzeylerinde olduğu, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında nikel konsantrasyonlarının belirlenen limit değerden biraz yüksek çıkması nedeniyle gölde bir kirlenmenin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Pb ve Ni kaynaklı noktasal ve/veya yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altundağ, H.**, 2002. Adapazarı ev tozlarında ağır metallerin alevli atomik absorpsiyon spektrometrik teknikle tayini. Yüksek Lisans Tezi, SAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 59s.
- Briefert, C.**, 2004. Umweltchemie. Auflage, Wiley-UCH 2004.
- Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Kaygaldurak, S., Şar, V., Acar, A.**, 2012. Çeşitli endüstriyel atıksularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 16: 6-12.
- FDH**, 2015. Fırat-Dicle Havzası su kalitesi izleme programı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 140s.
- Jarup, L.**, 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Br. Med. Bull.*, 68:167-182.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H.**, 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Washington DC, 193s.
- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokath, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N.**, 2015. Heavy metal accumulations in water, sediment and some cyprinidae fish species from Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87:195-204.
- Öbek, E., Tatar, Ş.Y., Hasar, H., Karataş, F., Erulaş, M.F.**, 2005. Tavuk kesimhanesi atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkış suları ile arıtma çamurundaki vitamin düzeylerinin değerlendirilmesi. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17: 327-334.
- Pais, I., Jones, J.B.**, 2000. The handbook of trace elements. St. Luice Press, Florida, 222s.
- Prasad, M.N.V.**, 2004. Heavy metal stress in plant: from biomolecules to ecosystems. 2nd edn. Springer-Verlag, Heidelberg, Narosa, New Delhi, 462s.
- Rainbow, P.S.**, 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31:183-192.
- Serfor-Armah, Y., Nyarko, B.J.B., Osae, E.K., Carboo, D., Anim-Sampong, S., Seku, F.**, 2001. Rhodophyta seaweed species as bioindicators for monitoring toxic element pollutants in the marine ecosystem of Ghana. *Water, Air, and Soil Pollution*, 127:243-253.

- Taylan, Z.S., Özkoç, H.B.,** 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *BAÜ FBE Dergisi*, 9:17-33.
- Tatar, Ş.Y.,** 2014. İkincil arıtma çıkış suyuna adapte edilen Lemna minor L. ile Lemna gibba L.'da ağır metal akümüasyonu ve oksidatif stres düzeyinin belirlenmesi. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 157s.
- Topal, M., Arslan Topal, E.I.,** 2014. Elazığ Keban Baraj Gölü'nde arsenik kirlenme düzeyinin belirlenmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3:154-161.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K.,** 2013. Copper, zinc and lead concentrations of epipelagic diatom frustules in Porsuk Stream (Sakarya River Basin, Kütahya). *Russian Journal of Ecology*, 44:349-352.
- Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Dayıoğlu, H.,** 2014. Statistical approaches to evaluate the aquatic ecosystem qualities of a significant mining area: Emet Stream Basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71:2185-2197.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Dayıoğlu, H.,** 2012. Lead accumulations in biotic and abiotic components of Emet Stream (Uluabat Lake Basin, Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44:1587-1592.
- Toze, S.,** 1997. Microbial pathogens in wastewater. Literatür review for urban water systems multi-divisional research program, Technical Report, 1:79.
- URL-1,** 2014. <http://www.dsi.gov.tr/projeler/keban-baraj%C4%B1>, Keban barajı. 16 Ekim 2014.
- Webb, D., Gagnon, M.M.,** 2002. Biomarkers of exposure in fish inhabiting the Swan-Canning Estuary Western Australia-a preliminary study. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 9:259-269.
- Yalçın, S.,** 2004. Doğal ve sentetik çözeltilerden krom (III) ve krom (VI) giderilmesi, önderiştirilmesi ve türlenmesi. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 104s.
- YSKY,** 2012. Yerüstü su kalitesi yönetmeliği, 30.11.2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete.
- Zimmo, O.,** 2003. Nitrogen transformations and removal mechanisms in algal and duckweed waste stabilisation ponds. PhD Thesis, Academic Board of Wageningen University and the Academic Board of the International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering at Delft, The Netherlands, 133s.