

Uluköy ve Alemşah Sulama Göletleri(Çanakkale-Türkiye) Sedimentlerinin Ağır Metal Kirliliği Bakımından İncelenmesi

Mehmet PARLAK^{1*}, Timuçin EVEREST², Tülay TUNÇAY³

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lapseki Meslek Yüksekokulu, Lapseki-Çanakkale, ³T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

¹<https://orcid.org/0000-0002-4813-1152>, ²<https://orcid.org/0000-0002-3670-2114>, ³<https://orcid.org/0000-0001-5398-5497>

✉: mehmetparlak06@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, Çanakkale Ezine'de bulunan Uluköy ve Alemşah göletleri sedimentlerinin bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin ve ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve farklı ekolojik risk indislerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Alanın belirlenmesi, örneklerin alınması ve analizlerin gerçekleştirilmesi (Nisan 2019-Nisan 2020) tarihleri arasında bir yıllık bir süreç içinde gerçekleştirilmiştir. Sediment örneklerinde tekstür, pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik karbon ile ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. İlaveten sedimentlerdeki ağır metallerin kirlenme indisleri de (zenginleşme faktörü, jeobirikim indeksi ve kirlilik yük indeksi) saptanmıştır. Ağır metallerin zenginleşme faktörü Uluköy sulama göletinde Cu>Pb>Zn>Mn>Cr>Ni iken Alemşah sulama göletinde ise Cu>Pb>Zn>Mn>Cr=Ni sıralamasında belirlenmiştir. Uluköy sulama göletinde jeobirikim indeksi Fe için 8.55, Mn için 4.82, Cr için 3.06; Alemşah sulama göletinde ise Fe için 8.72, Mn için 5.13, Cr için 3.22 ve Zn için 3.12 olarak saptanmıştır. Hem Uluköy hem de Alemşah sulama göletleri sedimentlerinde ağır metallerce kirlenme saptanamamıştır. Kaynakların sürdürülebilir ve etkin kullanılması için bu tür izleme ve değerlendirme çalışmalarına önem verilmesi önerilmektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 14.06.2020

Kabul Tarihi : 17.08.2020

Anahtar Kelimeler

Sulama göleti

Ağır metaller

Zenginleşme faktörü

Jeobirikim indeksi

Investigation of Uluköy and Alemşah Earth-Fill Dam(Canakkale-Turkey) Sediments in terms of Heavy Metal Pollution

ABSTRACT

Objective of this study was to determine some physico-chemical properties and heavy metal concentrations of Uluköy and Alemşah pond sediments and to evaluate them based on different ecological risk indices in Çanakkale Ezine. Within the time frame of one year (from April of 2019 to April 2020), the decided study area were constructed, samples were collected and the data analysis were performed. Texture, pH, electrical conductivity, lime and organic carbon content, heavy metal concentrations of sediment samples were determined. Pollution indices of sediment heavy metals (enrichment factor, geoaccumulation index, pollution load index) were also determined. Heavy metal enrichment factors were ordered as Cu>Pb>Zn>Mn>Cr>Ni in Uluköy dam and as Cu>Pb>Zn>Mn>Cr=Ni in Alemşah dam. In Uluköy dam, geoaccumulation index was identified as 8.55, 4.82, and 3.06 for Fe, Mn, and Cr, respectively. In Alemşah dam, however, this value was 8.72, 5.13, 3.22 and 3.12 for Fe, Mn, Cr, and Zn, respectively. Heavy metal pollution was not detected in sediment samples of both dams. It was concluded that more of monitoring and assessment studies should be recommended for effective and sustainable use of natural resources.

Research Article

Article History

Received : 14.06.2020

Accepted : 17.08.2020

Keywords

Irrigation pond

Heavy metals

Enrichment factor

Geoaccumulation index

To Cite: Parlak M, Everest T, Tuncay T 2021. Investigation of Uluköy and Alemşah Earth-Fill Dam(Canakkale-Turkey) Sediments in terms of Heavy Metal Pollution. KSU J. Agric Nat 24 (2): 372-378. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.752777>.

GİRİŞ

Sucul ekosistemlere ağır metal girdileri ya doğal kaynaklardan (kayaçların ayrışması, toprak erozyonu, atmosferik birikim) ya da antropojenik kaynaklardan (hızlı kentleşme ve sanayileşme, tarım aktiviteleri) olmaktadır (Liu ve ark., 2018; Kükrer ve ark., 2019; Zhuang ve ark., 2019). Ağır metaller sedimentlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini doğrudan etkileyebilir ve mikrobiyal aktiviteyi azaltabilirler. Bu arada ağır metaller besin zinciri yoluyla doğrudan insan sağlığını etkileyebilirler ve deriyle temas edebilirler. Ağır metaller parçalanmayan yapıları nedeniyle uzun sürede sedimentlerde birikebilir ve daha sonra besin zinciri yoluyla insan vücudunda birikebilirler.

Sulama göletleri sadece çevrelerindeki tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmayıp aynı zamanda farklı amaçlar (taşkın kontrolü, balıkçılık, rekreasyon alanı, sediment kontrolü, doğal hayatın korunması) içinde kullanılmaktadırlar (Aküzüm ve Öztürk, 1996). Türkiye'nin farklı yerlerindeki sucul ekosistemlerde sedimentlerin ağır metal içeriklerine ilişkin araştırmalar örneğin, Atatürk Baraj Gölü'nde (Karadede and Ünlü, 2004), Büyük Menderes ve Gediz Nehri'nde (Akçay ve ark., 2003), Niğde Gümüşler Çayı'nda (Yalcin ve ark., 2008); Seyhan Barajı'nda (Çevik ve ark., 2009), Niğde Akkaya Barajı'nda (Keskin, 2012), Çıldır Gölü'nde (Kükrer ve ark., 2015), Gökçekaya Baraj Göleti'nde (Akin and Kırmızıgül, 2017), Mustafakemalpaşa Çayı'nda (Omwene ve ark., 2018), Mogan Gölü'nde (Kucukosmanoglu and Filazi, 2020), Giresun'daki çaylarda (Ustaoglu ve İslam, 2020) yapılmış olmasına rağmen sulama göleti sedimentlerinde yayınlanmış araştırmaya rastlanılmamıştır. Çalışma alanı önemli bir tarımsal potansiyele sahip bölgedir. Bölgede yaz aylarında yetiştirilen karpuz ve taze fasulye erkencilik özelliği taşıması nedeniyle ekonomik açıdan çiftçilere önemli avantaj ve katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda bölgedeki toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanılması açısından izleme ve değerlendirme çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir. Bu araştırmanın amacı iki sulama göletindeki (Ezine Uluköy ve Ezine Alemşah) sedimentlerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bazı ağır metallerin (Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb) konsantrasyonları ile ağır metal kirliliğini zenginleşme faktörü, jeobirikim indeksi ve kirlilik yük indeksi yardımıyla hesaplamaktır. Ayrıca sediment örneklerindeki ağır metaller ile başka sucul ekosistem sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını karşılaştırmakta çalışmanın amaçlarından birisidir.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Alanı

Uluköy Göleti; Çanakkale ili Ezine ilçe merkezinin 35 km güneybatısında Uluköy köyüne 2 km uzaklıktaki Uluköy Göleti (431874 D 4397347 K) (Şekil 1) 1993-1994 yılları arasında tarımsal sulama amaçlı olarak yapılmıştır. Gölet gövdesi homojen dolgu tipinde olup, talvegden 22 m, temelden 25 m yüksekliktedir. Depolama hacmi 2900 hm³, aktif hacim 2745 hm³, ölü hacmi 0.200 hm³ dür. Sulama sistemi, ana kanal klasik beton kaplama, yedek ve tersiyerler kanalet şeklindedir. 285 ha olan sulama sahasında en fazla yetiştiriciliği yapılan ürünler domates, taze fasulye, kavun, karpuz, mısır ve yoncadır. Sulama sahasının büyük bir bölümünde damla ve yağmurlama sulama yöntemi uygulanmaktadır (Büyükgaga ve Taş, 2014).

Alemşah Göleti ise Çanakkale'nin Ezine ilçe merkezinin 24 km güneybatısında (432276 D, 4392803 K), Alemşah köyüne bir km uzaklıkta, Alemşah deresi üzerine 2004-2006 yılları arasında sulama amaçlı olarak inşa edilmiştir. Gölet gövdesi kil çekirdekli kaya dolgu tipinde olup, talvegden 22.5 m, temelden 29 m yüksekliktedir. Depolama hacmi 0.850 hm³, aktif hacim 0.700 hm³, ölü hacmi 0.100 hm³ dür. Sulama sistemi kapalı borulu sistem olup 138 ha olan sulama sahasında en fazla yetiştiriciliği yapılan ürünler domates, biber, taze fasulye olup; bu ürünü kavun ve karpuz izlemektedir. Sulama sahasının büyük bir kısmında basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama yöntemi uygulanmaktadır (Büyükgaga ve Taş, 2014).

Çalışma alanının jeolojik yapısı Oligosen yaşlı, magmatik kökenli granitik kayaç topluluklarından oluşmaktadır (Everest ve Özcan, 2018).

Sediment Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

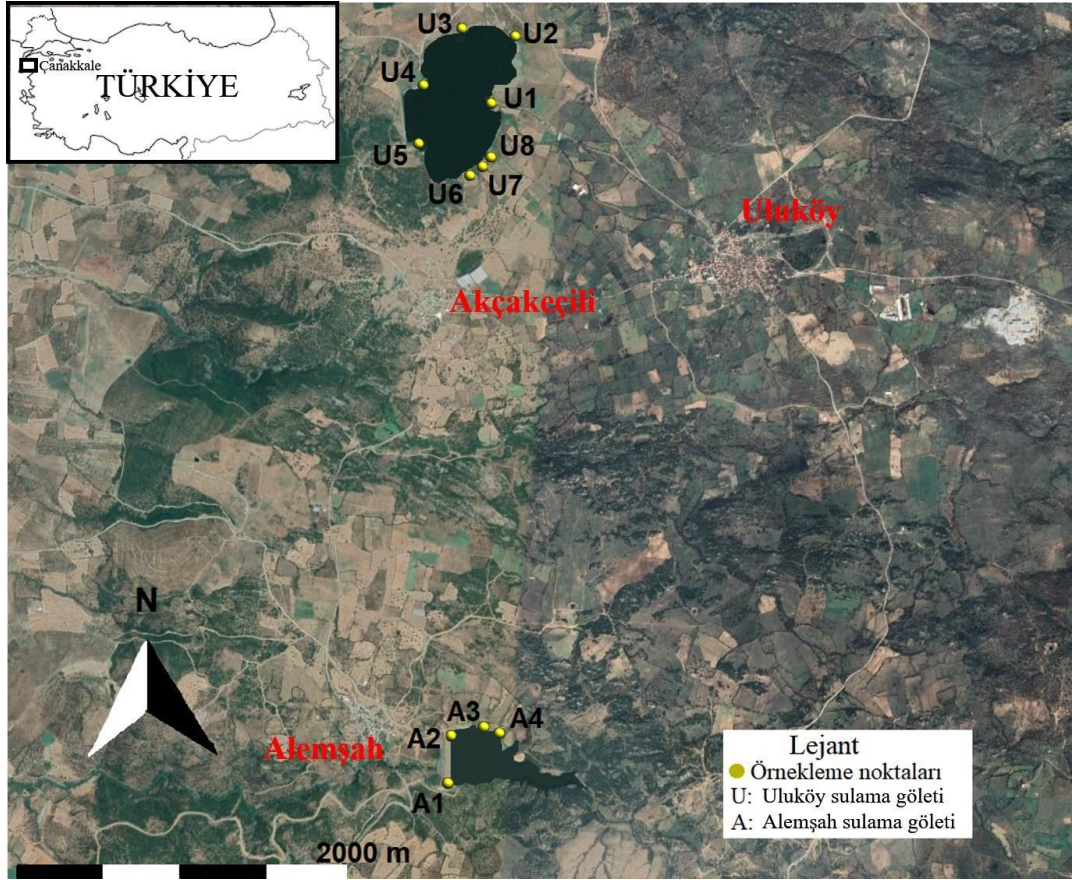
Uluköy ve Alemşah Sulama göletlerinden fiziki imkanlar elvermediği için az sayıda sediment örnekleme (Uluköy Sulama Göletinden 8 tane, Alemşah Sulama Göletinden ise 4 tane) yapılabilmektedir (Şekil 2). Sediment örnekleri sulama göletlerinin kenarından plastik kürekle alınarak kapaklı numune kaplarına konulmuş ve en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir. Sediment örnekleri laboratuvarda hava kuru hale gelene kadar bekletilmiştir. Kuruyan sediment örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Sediment Analizleri

Tane büyüklüğü dağılımı (bünye) için sediment örnekleri sodyum hekza metafosfat çözeltisiyle kimyasal dispersiyona ve toprak mikseri ile 6-10

1 dakika karıştırıldıktan sonra (fiziksel dispersiyon) 1130 ml'lik silindirlere aktarılmış ve hidrometre yardımıyla tane büyüklüğü dağılımı (bünye)

belirlenmiştir (Gee and Or, 2002). Sediment örneklerinde pH ve EC (elektriksel iletkenlik) ölçümleri saturasyon çamurunda yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu
Figure 1. Location of study area



Şekil 2. A ve B. Uluköy Sulama Göleti C ve D. Alemşah Sulama Göleti
Figure 2. Uluköy Irrigation Pond (A and B) Alemşah Irrigation Pond (C and D)

(Thomas,1996; Rhoades,1996).Organik karbon modifiye edilmiş Walkley Black yönteminde belirtildiği gibi sediment örneklerinin $K_2Cr_2O_7$ ile oksidasyonu ve $FeSO_4$ çözeltisiyle titrasyonu sonucunda belirlenmiştir (Nelson and Sommers, 1996). Sediment örneklerinde kireç ise Scheibler kalsimetresinde açığa çıkan CO_2 miktarına göre belirlenmiştir (Loeppert and Suarez,1996). Sediment örneklerinin toplam ağır metal (Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb) içerikleri nitrik asit ve perklorik asit karışımıyla 3/1 oranında yaş yakıldıktan sonra (USEPA,1996) ICP-OES cihazında okuma yapılarak saptanmıştır.

Zenginleşme faktörü (EF) ve jeobirikim indeksi (I_{geo}) sedimentlerdeki ağır metal içeriğinin antropojenik veya jeolojik kökenli olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır (Zhang ve ark., 2019; Varol ve ark., 2020). Zenginleşme faktörü (EF) sedimentteki metalin demire oranının yerkabuğundaki metalin demire oranına bölünmesiyle elde edilmiştir (Bölükbaşı ve Akın, 2016; Ustaoglu and Islam, 2020).

EF 5 sınıfa ayrılmaktadır. 1.sınıf $EF < 2$ minimum zenginlikten düşük; 2.sınıf $EF = 2-5$ orta zenginlikte; 3.sınıf $EF = 5-20$ yeterli oranda zenginlikte; 4.sınıf $EF = 20-40$ yüksek oranda zenginlikte; 5.sınıf $EF > 40$ aşırı derecede yüksek zenginlikte olduğunu göstermektedir (Sutherland, 2000).

Jeobirikim indeksi (I_{geo}) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$I_{geo} = \log_2(C_i / 1.5 \times B_i) \quad (1)$$

Bu eşitlikte B_i : yerkabuğundaki elementin ortalama değeri (Wedepohl, 1995), 1.5= Litonejik etki nedeniyle temel matriks düzeltmesidir.

Yerkabuğunda elementlerin ortalama değerleri Wedepohl (1995)' e göre; Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb sırasıyla 43200 mg/kg, 25 mg/kg, 716 mg/kg, 65 mg/kg, 126 mg/kg, 56 mg/kg ve 14.8 mg/kg'dır.

Jeobirikim indeksi (I_{geo}) 7 sınıftan oluşmaktadır: 0. sınıf (kirlenmemiş): $I_{geo} < 0$; 1.sınıf (kirlenmemiş ile orta derecede kirlenmiş): $0 \leq I_{geo} < 1$; 2.sınıf (orta derecede kirlenmiş): $1 \leq I_{geo} < 2$; 3.sınıf (orta derece ile aşırı derecede kirlenmiş): $2 \leq I_{geo} \leq 3$; 4.sınıf (aşırı derecede kirlenmiş): $3 \leq I_{geo} < 4$; 5.sınıf (aşırı derecede ile yoğun olarak kirlenmiş): $4 \leq I_{geo} < 5$; 6.sınıf (yoğun olarak kirlenmiş): $I_{geo} \geq 5$.

Sediment kalitesini belirlemek için ağır metallerin (Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni, Pb) kirlilik yük indeksleri (PLI) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Suresh ve ark. 2011).

$$PLI = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \frac{C_i}{B_i}} \quad (2)$$

Bu eşitlikte C_i : sedimentteki ağır metal konsantrasyonu göstermektedir. PLI 1' den büyükse kirlenme mevcuttur.

İstatistik Analiz

Sedimentlerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metallerin tanıtıcı istatistikleri (ortalama, standart sapma) Minitab 16 bilgisayar paket programı yardımıyla hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Uluköy sulama göletleri sedimentlerinin bünyesi tınlı kum, kum ve kumlu tın iken Alemşah sulama göletlerindeki ise tınlı kum ve kum olarak belirlenmiştir. Uluköy sulama göleti sedimentlerinde pH, EC($dS m^{-1}$), kireç(%) ve organik karbon(%) içerikleri sırasıyla 6.18 (hafif asidik), 0.28, 0.65 ve 1.96 iken aynı parametreler Alemşah göleti sedimentlerinde ise sırasıyla 6.76(nötr), 0.16, 1.08 ve 0.57 olarak saptanmıştır. Hem Uluköy hem de Alemşah sulama göleti sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonları $Fe > Mn > Zn > Cu > Cr > Pb > Ni$ sıralamasında belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sulama göleti sedimentlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal kapsamları (ortalama±standart sapma)

Table 1. Some physical and chemical properties and heavy metal contents of irrigation pond sediments (mean±standart deviation)

	Uluköy(n=8)	Alemşah(n=4)
Kil(%)	6.76±3.37	5.56±2.38
Silt(%)	7.19±4.43	4.10±3.27
İnce kum(%)	55.50±11.24	63.52±4.81
Kaba kum (%)	30.55±14.55	26.83±1.04
pH	6.18±0.96	6.76±0.39
EC ($dS m^{-1}$)	0.28±0.22	0.16±0.08
Kireç (%)	0.65±0.53	1.08±0.13
Organik karbon(%)	1.96±0.88	0.57±0.42
Toplam Fe(mg/kg)	12786±3377	18505±4550
Toplam Cu(mg/kg)	21.77±10.23	23.03±2.38
Toplam Mn(mg/kg)	158.80±83.40	296.40±84.60
Toplam Zn(mg/kg)	22.05±5.15	30.99±7.44
Toplam Cr(mg/kg)	14.81±6.52	21.52±9.37
Toplam Ni(mg/kg)	5.88±4.12	9.44±3.40
Toplam Pb(mg/kg)	12.05±8.52	8.39±2.73

Ağır metal konsantrasyonları yerkabuğundaki değerlere (Wedepohl, 1995) göre daha düşük bulunmuştur. Uluköy ve Alemşah Sulama Göletleri ile diğer ülkelerdeki ve Türkiye' deki baraj gölü ve göletlerdeki sedimentlerde ağır metallerin karşılaştırılması Çizelge 2' de verilmiştir. Uluköy ve Alemşah sulama göletlerindeki sedimentlerin Fe kapsamları Etueffont Göleti, Uzunçayır ve Geyik Baraj Gölü'nden daha yüksek saptanmıştır. Cu içerikleri Hammam Grouz Baraj Gölü ile Loje Baraj

Gölü'nden yüksek, diğerlerinden (Etueffont Göleti, Aras Baraj Gölü, Uzunçayır ve Geyik Baraj Göletleri) düşük bulunmuştur. Çalışılan iki göletin Mn içerikleri Etueffont Göleti ve Uzunçayır Baraj Gölü'nden düşük saptanmıştır. Zn kapsamları diğerlerine (Hammam Grouz Baraj Gölü, Etueffont Göleti, Aras, Loje, Uzunçayır ve Geyik Baraj Gölleri) göre daha düşük saptanmıştır. Cr içerikleri Hammam Grouz Baraj Gölü ve Loje Baraj Gölü'nden yüksek, Etueffont Göleti ve Uzunçayır Baraj Gölü'nden düşük bulunmuştur. Uluköy Sulama Göleti'ndeki sedimentlerin Ni kapsamı diğerlerine (Etueffont Baraj Göleti, Aras, Loje,

Uzunçayır ve Geyik Baraj Gölleri) göre daha düşük saptanmışken, Alemşah 'daki değerler Aras ve Loje Baraj Gölü'nkünden yüksek, Etueffont Göleti ile Uzunçayır ve Geyik Baraj Gölü'nkünden düşük saptanmıştır. Uluköy sulama göleti sedimentlerindeki Pb içeriği Hammam Grouz Baraj Gölü, Aras ve Uzunçayır Baraj Gölü'nden yüksek, Etueffont Göleti, Loje ve Geyik Baraj Gölü'nden düşük saptanmıştır. Alemşah Sulama Göleti'ndeki Pb içeriği ise Aras Baraj Gölü hariç diğerlerinden (Hammam Grouz Baraj Gölü, Etueffont Göleti, Loje, Uzunçayır ve Geyik Baraj Gölleri) daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 2. Uluköy ve Alemşah Sulama Göletleri ile diğer baraj gölü ve göletlerdeki sedimentlerin ağır metal kapsamının (mg kg^{-1}) karşılaştırılması

Table 2. Comparison of heavy metal contents (mgkg^{-1}) of sediment in Uluköy and Alemşah irrigation pond with other dams and lake ponds

Alan (Site)	Ülke (Country)	Fe (Fe)	Cu (Cu)	Mn (Mn)	Zn (Zn)	Cr (Cr)	Ni (Ni)	Pb (Pb)	Kaynak (Reference)
Uluköy Sulama Göleti	Türkiye	12786	21.77	158.80	22.05	14.81	5.88	12.05	Bu araştırma
Alemşah Sulama Göleti	Türkiye	18505	23.03	296.40	30.99	21.52	9.44	8.39	Bu araştırma
Hammam Grouz Baraj Gölü	Cezayir	-	2.86	-	67.50	5.60	-	11.86	Aissaoui ve ark. 2017
Etueffont Göleti	Fransa	36.42	120.17	2459	252	62.57	42.17	39.71	Salem ve ark. 2014
Aras Baraj Gölü	İran	-	102.10	-	78.50	-	6.00	7.93	Farsani ve ark. 2019
Loje Baraj Gölü	Polonya	-	7.20	-	39.90	11	9.10	20.50	Cymes ve ark. 2017
Uzunçayır Baraj Gölü	Türkiye	31.74	29.45	631.60	62.81	97.25	237.84	11.32	Kutlu, 2018
Geyik Baraj Gölü	Türkiye	6730	65.50	182	68	-	212	29.65	Özdemir ve ark. 2010

Her iki sulama göletinin çevresindeki arazilerde tarım yapılmaktadır. Ağır metallerden bazıları (Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb) tarımda kullanılan gübreler ve tarım ilaçlarıyla toprağa ve yeraltı sularına karışmaktadır (Fuge, 2005). Ağır metaller yüzey akışla sulama göletlerine taşınabilmektedir. Şekil 2.D' de görüldüğü gibi tarım ilaçlarının kutuları ile plastik şişeler sulama göletlerine atılmaktadır. Ancak ağır metal konsantrasyonları yer kabuğundaki ortalama değerlerden düşük saptanmıştır.

Uluköy ve Alemşah sulama göletlerindeki sedimentlerden Mn, Zn, Cr ve Ni' in zenginleşme faktörleri minimum zenginlikten düşük saptanmışken Cu 'ın zenginleşme faktörü ve Uluköy'deki Pb'un zenginleşme faktörü orta zenginlikte saptanmıştır. Uluköy'deki sedimentte Cu ise aşırı derecede kirlenmiş sınıfa girmiştir. Uluköy sulama göletindeki ağır metallerin zenginleşme faktörleri çoktan aza doğru $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cr} > \text{Ni}$ sırasındayken Alemşah sulama göletinde ise $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ni} = \text{Cr}$ sıralamasında belirlenmiştir. Uluköy ve Alemşah sulama göletlerindeki Fe'in jeobirikim indeksi yoğun olarak kirlenmiş sınıftayken (bunun nedeni jeolojik kökenden kaynaklanmış olabilir); Cu ve Ni' in jeobirikim indeksi orta derecede ile aşırı derecede kirlenmiş sınıfta belirlenmiştir. Uluköy göletindeki Mn'n jeobirikim indeksi orta derece ile aşırı derecede kirlenmiş, Alemşah'daki Mn ise yoğun olarak kirlenmiş sınıfta

saptanmıştır. Uluköy göletindeki Zn'un jeobirikim indeksi orta derecede ile aşırı derecede kirlenmiş, Alemşah sulama göletindeki Zn'un jeobirikim indeksi ise aşırı derecede kirlenmiş sınıfta belirlenmiştir. Uluköy ve Alemşah sulama göletlerindeki Cr' un jeobirikim indeksi ise aşırı derecede kirlenmiş sınıfta saptanmıştır. Her iki sulama göletinde kirlilik yük indeksi 1' den küçük olduğu için kirlenme bulunamamıştır (Çizelge 3).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Uluköy sulama göleti sedimentlerinin ortalama Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb içerikleri sırasıyla 12786, 21.77, 158.80, 22.05, 14.81, 5.88 ve 12.05 mg/kg iken Alemşah sulama göletinde ise Fe, Cu, Mn, Zn, Cr, Ni ve Pb içerikleri sırasıyla 18505, 23.03, 296.40, 30.99, 21.52, 9.44 ve 8.39 mg/kg olarak saptanmıştır. Hem Uluköy hem de Alemşah sulama göleti sedimentlerinin ağır metal içerikleri yer kabuğundaki ortalama değerlerden düşük saptanmıştır. Uluköy ve Alemşah sulama göletleri sedimentlerinde zenginleşme faktörü, jeobirikim indeksi ve kirlilik yük indeksine göre sedimentlerin ağır metallerce kirlenmemiş ile yoğun kirlenmiş aralığında oldukları belirlenmiştir. Sedimentlerdeki ağır metal konsantrasyonları düzenli aralıklarla izlenmeli ve sulama göletlerinin etrafındaki tarım alanlarında kullanılan gübre ve tarım ilaçları kullanımı mümkün olduğunca azaltılmalıdır.

Çizelge 3. Farklı sulama göletlerinden alınan sedimentlerdeki ağır metallerin zenginleşme faktörleri, jeobirikim ve kirlilik yük indeksleri

Table 3. Enrichment factor, geoaccumulation and pollution load indices of heavy metals in sediments collected from different irrigation ponds

	Zenginleşme Faktörü (<i>Enrichment Factor</i>)						
	Fe	Cu	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb
Uluköy Sulama Göleti (<i>Uluköy Irrigation Pond</i>)	-	3.05±1.49	0.74±0.35	1.26±0.35	0.39±0.09	0.33±0.21	2.83±2.25
Alemşah Sulama Göleti (<i>Alemşah Irrigation Pond</i>)	-	2.23±0.44	0.98±0.26	1.11±0.06	0.39±0.10	0.39±0.12	1.34±0.37
Jeobirikim İndeksi (<i>Geoaccumulation Index</i>)							
Uluköy Sulama Göleti (<i>Uluköy Irrigation Pond</i>)	8.55±0.12	2.53±0.18	4.82±0.25	2.97±0.09	3.06±0.17	2.24±0.28	1.99±0.28
Alemşah Sulama Göleti (<i>Alemşah Irrigation Pond</i>)	8.72±0.10	2.58±0.05	5.13±0.13	3.12±0.11	3.22±0.19	2.52±0.18	1.91±0.13
Kirlilik Yük İndeksi (<i>Pollution Load Index</i>)							
Uluköy Sulama Göleti (<i>Uluköy Irrigation Pond</i>)	0.08	0.80	0.19	0.33	0.11	0.08	0.66
Alemşah Sulama Göleti (<i>Alemşah Irrigation Pond</i>)	0.42	0.92	0.40	0.47	0.16	0.16	0.55

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Aissaoui A, Ahmed D S A, Cherchar N, Gherib A 2017. Assessment and Biomonitoring of Aquatic Pollution by Heavy Metals (Cd, Cr, Cu, Pb and Zn) in Hammam Grouz Dam of Mila (Algeria). *International Journal of Environmental Studies* 74(3): 428-442.
- Akçay H, Oğuz A, Karapire C 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research* 37: 813-822.
- Akın BS, Kırmızıgül O 2017. Heavy Metal Contamination in Surface Sediments of Gökçekaya Dam Lake, Eskişehir, Turkey. *Environmental Earth Sciences* 76(11): 402. doi 10.1007/s12665-017-6744-0.
- Aküzüm T, Öztürk F 1996. Toprak Yapıları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1448, Ankara, 521 sy.
- Bölükbaşı V, Akın B S 2016. Agriculturally Induced Heavy Metal Accumulation in Seyfe Lake, Turkey. *Bulletin Environmental of Contamination and Toxicology* 96:401-407.
- Büyükgaga İ, Taş İ 2004. Çanakkale' nin Su Varlığı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Lisans Bitirme Tezi. 38 sy.

- Cymes I, Glinska-Lewczuk K, Szymczyk S, Sidoruk M, Potasznik A 2017. Distribution and Potential Risk Assessment of Heavy Metals and Arsenic in Sediments of a Dam Reservoir: A Case Study of the Łoje Retention Reservoir, NE Poland. *Journal of Elementology* 22(3): 843-856.
- Çevik F, Göksu M Z L, Derici O B, Fındık Ö 2009. An Assessment of Metal Pollution in Surface Sediments of Seyhan Dam by Using Enrichment Factor, Geoaccumulation Index and Statistical Analyses. *Environmental Monitoring and Assessment* 152: 309-317.
- Everest T, Özcan H 2018. Toprak Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Pedo-Jeolojik Yaklaşım. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(4): 589-603.
- Farsani M N, Haghparast R J, Naserabad S S, Moghadas F, Bagheri T, Gerami MH 2019. Seasonal Heavy Metal Monitoring of Water, Sediment and Common Carp (*Cyprinus carpio*) in Aras Dam Lake of Iran. *International Journal of Aquatic Biology* 7(3): 123-131.
- Fuge R 2005. Antropogenik Sources. (Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health, Chapter 3, Elsevier Academic Press, USA and UK: Ed. Selinus O, Alloway BJ, Centeno JA, Finkelman RB, Fuge R, Lindh U, Smedley P, 43-60.
- Gee G W, Or D 2002. Particle-Size Analysis. Pages 255-293. in J.H. Dane, G.C. Topp, eds. *Methods of soil analysis. Part 4, physical methods. SSSA Book Series 5. Madison, Wisconsin.*
- Karadede H, Ünlü E 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere* 41: 1371-1376.

- Keskin Ş 2012. Distribution and Accumulation of Heavy Metals in the Sediments of Akkaya Dam, Nigde, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 449-460.
- Kucukosmanoglu A S, Filazi A 2020. Investigation of the Metal Pollution Sources in Lake Mogan, Ankara, Turkey. *Biological Trace Element Research*. doi.org/10.1007/s12011-020-02031-z.
- Kutlu B 2018. Dissemination of Heavy Metal Contamination in Surface Sediments of the Uzuncayır Dam Lake, Tunceli, Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment* 24(8): 2182-2194.
- Kükrer S, Çakır Ç, Kaya H, Erginal AE 2019. Historical Record of Metals in Lake Küçükçekmece and Lake Terkos (Istanbul, Turkey) based on Anthropogenic Impacts and Ecological Risk Assessment. *Environmental Forensics* 20(4): 385-401.
- Kükrer S, Erginal A E, Şeker S, Karabıykoğlu M 2015. Distribution and Environmental Risk Evaluation of Heavy Metal in Core Sediments from Lake Çıldır (NE Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 187:453. doi 10.1007/s10661-015-4685-1
- Liu R, Bao K, Yao S, Yang F, Wang X 2018. Ecological Risk Assessment and Distribution of Potentially Harmful Trace Elements in Lake Sediments of Songnen Plain, NE China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 163: 117-124.
- Loeppert R H, Suarez D L 1996. Carbonate and Gypsum. Pages 437-474.. in D.L. Sparks, ed. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Nelson R E, Sommers L E 1996. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. Pages 961-1010. in D.L. Sparks, ed. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Omwene P I, Öncel M S, Çelen M, Kobya M 2018. Heavy Metal Pollution and Spatial Distribution in Surface Sediments of Mustafakemalpaşa, Stream Located in the World's Largest Borate Basin(Turkey). *Chemosphere* 208: 782-792.
- Özdemir N, Yılmaz F, Tuna A L, Demirak A 2010. Heavy Metal Concentrations in Fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius carassius*), Sediment, and Water Found in the Geyik Dam Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 19(5): 798-804.
- Rhoades J D 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. Pages 417-436. in D.L. Sparks, ed. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Salem Z B, Capelli N, Laffray X, Elise G, Ayadi H, Aleya L 2014. Seasonal Variation of Heavy Metals in Water, Sediment and Roach Tissues in a Landfill Draining System Pond (Etueffont, France). *Ecological Engineering* 69: 25-37.
- Suresh G, Ramasamy V, Meenakshisundaram, V, Venkatachalapathy R, Ponnu- Samy V 2011. Influence of mineralogical and heavy metal composition on natural radionuclide contents in the river sediments. *Applied Radiation and Isotopes* 69: 1466-1474.
- Sutherland R A 2000. Bed Sediment-Associated Trace Metals in an Urban Stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology* 39: 611-627.
- Thomas G W 1996. Soil pH and Soil Acidity. Pages 475-490. in D.L. Sparks, ed. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) 1996. Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. (Revision 2).
- Ustaoğlu F, İslam MS 2020. Potential Toxic Elements in Sediment of Some Rivers at Giresun, Northeast Turkey: A Preliminary Assessment for Ecotoxicological Status and Health Risk. *Ecological Indicators* 113: 106237. doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106237.
- Varol M, Canpolat Ö, Eriş K K, Çağlar M 2020. Trace Metals in Core Sediments from a Deep Lake in Eastern Turkey: Vertical Concentration Profiles, Eco-Environmental Risks and Possible Sources. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 189: doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.110060
- Wedepohl K H 1995. The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59(7): 1217-1232.
- Yalcin MG, Narin I, Soylak M 2008. Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology* 54: 1155-1163.
- Zhang M, He P, Qiao G, Huang J, Yuan X, Q Li 2019. Heavy Metal Contamination Assessment of Surface Sediments of the Subei Shoal, China: Spatial Distribution, Source Apportionment and Ecological Risk. *Chemosphere* 223: 211-222.
- Zhuang W, Ying S C, Frie A L, Wang Q, Song J, Liu Y, Chen Q, Lai X 2019. Distribution, Pollution Status, and Source Apportionment of Trace Metals in Lake Sediments under the Influence of the South-to-NorthWater Transfer Project, China. *Science of the Total Environment* 671: 108-118.