



Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletlerinin (Van, Türkiye) Su Kalitesi Özelliklerinin Belirlenmesi

Ataman Altuğ ATICI*

Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Van, 65080, Türkiye
Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, İnci Kefali Uygulama ve Araştırma Merkezi, Van, 65080, Türkiye

Geliş/Received: 23.06.2020

Kabul/Accepted: 21.08.2020

Atıf yapmak için: Atıcı, A.A. (2020). Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletlerinin (Van, Türkiye) Su Kalitesi Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(3), 348-355.

How to cite: Atıcı, A.A. (2020). Determination of Water Quality Characteristics of Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl and Dolutaş Ponds (Van, Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(3), 348-355.

*ID: <https://orcid.org/0000-0001-8700-8969>

***Sorumlu yazarın:**

Ataman Altuğ ATICI*
Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri
Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Van,
65080, Türkiye
✉: atamanaltug@yyu.edu.tr
Cep telefonu : +90 (543) 221 17 54
Telefon : +90 (432) 225 12 46/21660
Faks : +90 (432) 225 12 47

Öz: Kapalı bir havza özelliğinde olan Van Gölü Havzası içerisinde birçok gölet kaynağı bulunmaktadır. Bu çalışmada Dönerdere, Yumruklu, Dolutaş ve Değirmigöl Göletleri (Van)'nin su kalitesi özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada göletlere ait sıcaklık, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, tuzluluk, elektriksel iletkenlik ve pH ortalama değerleri sırasıyla 17,9±0,6 (16,2-19,1)°C, 8,27±0,3 (7,47-9,15) mg/L, %114,1±4,7 (105,4-127,6), ‰0,32±0,0 (0,27-0,37), 559,5±39,7 (482-662) µS/cm ve 8,88±0,1 (8,68-9,00) olarak ölçülmüştür. Örnek sularında ağır metallerden alüminyum ve bakır belirlenmezken, diğer ağır metal ortalama seviyeleri Mn > Mo > Co > Zn > Fe > Ni > Cr şeklinde olmuştur. Su örneklerinde klorür, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, karbonat, bikarbonat, toplam alkalinite, nitrit, nitrat, fosfat, fosfor, sülfat, florür, siyanür, bulanıklık, askıda katı madde ve silisyum analizleri de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili su kalitesi yönetmeliklerine göre değerlendirilmiştir. Gölet sularının askıda katı madde, mangan, molibden ve kobalt değerleri dışında tarımsal faaliyetlerde kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Göletler, su kalitesi, su kirliliği, Van gölü havzası.

Determination of Water Quality Characteristics of Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl and Dolutaş Ponds (Van, Turkey)

Abstract: There are many pond resources in the Van Lake Basin, which is the closed basin. In this study, the water quality characteristics of Dönerdere, Yumruklu, Dolutaş and Değirmigöl Ponds in the Van Lake Basin were investigated. The average temperature were measured as 17.9±0.6 (16.2-19.1) °C, dissolved oxygen (DO) 8.27±0.3 (7.47-9.15) mg L⁻¹, oxygen saturation (OS) 114.1±4.7% (105.4-127.6), salinity 0.32±0.0‰ (0.27-0.37), electrical conductivity (EC) 559.5±39.7 (482-662) µS cm⁻¹ and pH 8.88±0.1 (8.68-9.00). The aluminum and copper were not determined in the water. The heavy metals from the highest value to the lowest one were determined as Mn > Mo > Co > Zn > Fe > Ni > Cr. In addition, turbidity, total suspended solids, nitrite, nitrate, phosphate, phosphorus, sulphate, fluoride, cyanide and silicon analysis were also performed. The results obtained were evaluated according to the relevant water quality regulations. It has been determined that it is appropriate to use ponds in agricultural activities other than total suspended solids, manganese, molybdenum and cobalt values

***Corresponding author's:**

Ataman Altuğ ATICI*
ADDRESS
✉: atamanaltug@yyu.edu.tr
Mobile telephone : +90 (543) 221 17 54
Telephone : +90 (432) 225 12 46/21660
Fax : +90 (432) 225 12 47

Keywords: Ponds, water quality, water pollution, Van lake basin.

GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca suya duyulan çeşitli ihtiyaçlardan dolayı insanoğlunun suyu bir şekilde kontrol altına alma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Suyu biriktirme ve kontrollü kullanma faaliyetleri nedeniyle çeşitli yapıların oluşturulması medeniyet tarihinin çok eski yıllarında kendisini göstermiştir. Bu yapıların 5000 yıl önce Mısır, Mezopotamya, İran, Hindistan, Uzakdoğu ve Anadolu'da yapıldığı, hizmet verdiği ve ülkelerin ekonomisini ve tarıma dayalı uygarlıklarını etkilediği bilinmektedir (Orhon, 1997).

Göl ve göletler, doğal ya da insan etkenli oluşmuş veya oluşturulmuş çukur arazilerin suyla dolmasıyla meydana gelmektedir. Oluşum şekillerine ve kökenine göre farklı isimlerle tanımlanırlar. Doğal olaylara bağlı oluşmuş olanlar için; tektonik, volkanik, buzul, karstik, heyelan set, kıyı delta göl ve göletleri şeklinde isimlendirilmektedir. İnsan müdahalesiyle oluşturulan içme, sulama ve elektrik üretme amaçlı göletler farklı boyutları ile karasal yüzeylere dağılmaktadır (Duran, 2016).

Günümüzde Doğu Anadolu Bölgesi'nde inşa edilmiş olan çok sayıdaki göletin ilk örneklerini M.Ö. Urartu Krallığı gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte Doğu Anadolu Bölgesi'nde ilk kez sulamaya dayalı modern tarım faaliyetleri, Urartu Krallığı tarafından yapılan sulama tesisleri sayesinde başlamıştır. Böylelikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleştirilen modern tarımın kökeninin 2800 yıl önce Urartu Krallığı tarafından başlatıldığı belirlenmiştir (Belli, 1997).

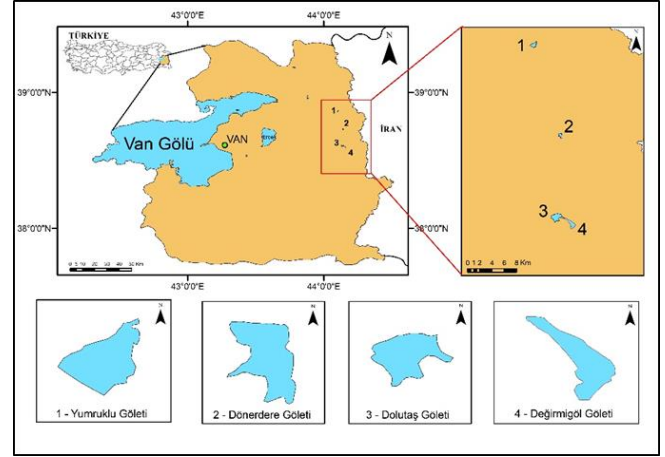
Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde yer alan Van Gölü Havzası kapalı bir havza olmasına rağmen, su kaynakları bakımından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Havzada Van, Erçek, Nazik, Nemrut, Aygır ve Arin doğal gölleri ile Sarımeşmet, Koçköprü, Zerne ve Morgedik baraj gölleri ve çok sayıda gölet bulunmaktadır. Havzada yer alan su kaynaklarında sulama, taşıma, içme ve kullanma suyu, enerji üretimi ve turizm alanlarından yararlanılmaktadır (Çetinkaya, 1999).

Bu çalışmada Van Gölü Havzası içerisinde, İran sınırına yakın bölgede yer alan ve etrafındaki köylerde tarımsal faaliyetlerde kullanılan Dönerdere ve Yumruklu Göletleri (Özalp İlçesi) ile Değirmigöl ve Dolutaş Göletleri (Saray İlçesi)'nin su kalitesi özellikleri üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar su kalitesi ile ilgili yönetmeliklerde yer alan değerlere göre yorumlanarak, göletler hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Su örnekleri 2020 yılı Haziran ayında çalışma alanı olarak belirlenen Dönerdere, Yumruklu, Dolutaş ve Değirmigöl Göletleri'nden alınmıştır (Şekil 1). Su örneklerinde sıcaklık, çözünmüş oksijen miktarı (ÇO), oksijen doygunluğu (OD), tuzluluk (%), elektriksel

iletkenlik (EI) ve pH ölçümleri YSI Pro multimetre cihazı ile bulanıklık ise HACH 2100 Q turbidimetre cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 1. Van Gölü Havzası içerisindeki Yumruklu (1), Dönerdere (2), Dolutaş (3) ve Değirmigöl (4) Göletleri.

Figure 1. Yumruklu (1), Dönerdere (2), Dolutaş (3) and Değirmigöl (4) Ponds in the Van Lake Basin.

Kimyasal parametrelerden kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, toplam alkalinite, karbonat, bikarbonat miktarı titrimetrik yöntemlerle belirlenirken (APHA, 1995), nitrit, nitrat, amonyak, fosfor, sülfat, alüminyum, çinko, bakır, nikel, kobalt, siyanür, florür, demir, manganez, molibden, silisyum ve askıda katı madde (AKM) analizleri HACH LANGE DR 5000 spektrofotometre cihazında spektrofotometre cihazına özgü hazır su analiz kitleri kullanılarak yapılmıştır (HACH, 2005).

Van Gölü Havzası içerisinde yer alan Yumruklu, Dönerdere, Dolutaş ve Değirmigöl Göletleri tatlı su özelliğinde olup, göletlerden tarımsal sulamada fayda sağlanmaktadır. Göletlerde ticari amaçlı balık avcılığı yılın tüm zamanında yasak olup, balık türü olarak aynalı ve pullu sazan (*Cyprinus carpio*, L., 1758) türleri yaşamaktadır. Göletlere ait kıyı uzunlukları ve yüzey alanları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Göletlere ait konum bilgileri.

Table 1. Location information of ponds.

Göletler	İlçe	Kıyı uzunluğu (km)	Yüzey alanı (km ²)	Koordinatlar	
				Kuzey	Doğu
Dönerdere	Özalp	2,34	0,20	38°43'49.67"	44° 8'24.76"
Yumruklu	Özalp	2,78	0,38	38°51'37.61"	44° 6'5.52"
Dolutaş	Saray	5,48	1,16	38°36'32.36"	44° 8'0.58"
Değirmigöl	Saray	4,76	0,67	38°35'48.79"	44° 9'30.57"

Çalışmada elde edilen veriler; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY)'nde yer alan Kıtaçığı Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266), Avrupa Birliği Su Çevre Direktifi (AB), Birleşik Krallık İçme Suyu Kalite Kriterleri

(BK) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Su örneklerine ait yerinde ölçümlerde elde edilen değerler Tablo 2'de, titrimetrik olarak yapılan kimyasal analizler ile spektrofotometre cihazında yapılan analizlerin sonuçları ise Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Ayrıca, bütün parametrelerin minimum ve maksimum ile ortalama değerleri ve standart hataları Tablo 6'da sunulmuştur. Alınan su örneklerinde alüminyum ve bakır tespit edilmediği için bu iki parametreye ait sonuçlar tabloda verilmemiştir.

Örnekleme Noktalarındaki Ölçüm Değerleri: Sıcaklık ortalama değeri $17,9 \pm 0,6$ °C olurken, en düşük sıcaklık Yumruklu'da $18,1$ °C, en yüksek ise Dolutaş'ta $19,1$ °C ölçülmüştür. Sıcaklık bakımından ölçüm yapılan zamanda sular YSKY (2012)'ye göre I. sınıf ve TS 266'ya göre müsaade edilebilecek maksimum değerler içinde yer almıştır. Ayrıca ortalama sıcaklık bakımından da AB ve BK içme suyu kalitesi standartlarına uygun değerlerde olduğu gözlenmiştir (Tebbutt, 1998; TSE, 2005). Havzada gerçekleştirilen başka bir çalışmada rakım olarak daha yüksek olan Aygır Gölü'nde Haziran ayında su sıcaklığı $13,6 \pm 2,5$ °C olarak bildirilmiştir (Çavuş, 2018).

Çözünmüş oksijen insan ve çevre sağlığı açısından suyun kalitesini belirlemeye yarayan en önemli parametrelerden biri olup, birçok kimyasal, biyolojik ve fiziksel olayda sudaki oksijen kullanılmakta ve bu nedenle sudaki oksijen miktarı azalabilmektedir (Küçükali & Çoğgör, 2019). Çözünmüş oksijenin gölet sularında ortalama değeri $8,27 \pm 0,3$ mg/L, en düşük ve en yüksek çözünmüş oksijen değerleri ise sırasıyla Dolutaş'ta $7,47$ mg/L ve Dönerdere'de $9,15$ mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Çözünmüş oksijen miktarı açısından YSKY (2012)'ye göre Dolutaş Göleti II. sınıf su kalitesine sahip olarak belirlenirken diğer göletlerin I. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Havzada diğer su kaynaklarında yapılan çalışmalarda çözünmüş oksijen değerleri Arın Gölü'nde $8,1 \pm 0,4$ mg/L olurken (Çavuş, 2018), Koçköprü Baraj Gölü'nde daima $5,00$ mg/L üzerinde çıkmıştır (Elp, 2002). Aynı yönetmelikte, göllerin ötrofikasyon kontrolü için çözünmüş oksijen değerinin $7,5$ mg/L'nin altında olmaması gerektiği bildirilmiştir. Yapılan bu çalışmada ortalama çözünmüş oksijen değerleri ötrofikasyon kontrolü için uygun çıkmıştır.

Su örneklerinde ölçülen tuzluluk ortalama değerleri $0,32 \pm 0,0$, en düşük ve en yüksek tuzluluk değeri ise sırasıyla Dönerdere'de $0,27$ ve Dolutaş'ta $0,37$ olarak ölçülmüştür. Gölet sularına ait ortalama Eİ değeri

$559,5 \pm 39,7$ µS/cm olurken, en düşük Dönerdere'de $482,0$ µS/cm ve en yüksek Dolutaş'ta $662,0$ µS/cm olarak ölçülmüştür. Sulama suları açısından suların iletkenlik özelliği önemli bir kalite kriteridir. Taşıdığı iyon miktarı ve sıcaklık derecesi su kaynağının iletkenliğini etkileyen en önemli faktörlerden olup, iletkenlik ile suyun biyolojik verimliliği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Çetinkaya, 2003). Gölet suları YSKY (2012)'ye göre II. sınıf, TS 266'da ise sınır değerler içinde olmuştur (TSE, 2005).

pH ortalama değeri $8,88 \pm 0,1$ iken, en düşük pH, Yumruklu'da $8,68$ ve en yüksek pH ise Değirmigöl'de $9,00$ olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Gölet sularında pH değerleri genel olarak YSKY (2012)'ye göre I. sınıf kalitede, TS 266'ya göre ise müsaade edilebilecek maksimum değerler içinde, tatlısu balıkları yetiştiriciliğine (direktif no 78/659/EEC) göre ise uygun değerde ($50-200$ µg/L) olduğu belirlenmiştir (Tebbutt, 1998; TSE, 2005). Ülkemizde yapılan diğer limnolojik çalışmalar (Şen, 2001; Elp, 2002; Güllü, 2005; Çavuş, 2018) ile birlikte bu çalışmada da göllerimizin hafif alkali özellikte olduğu belirlenmiştir. Genel olarak kirletici etkilere maruz kalmayan göl sularında pH değerinin $6-9$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Tanyolaç, 2000). Gölet suları bu bakımdan uygun değerlerde çıkmıştır.

Çökmeden kalan partiküller kolloidal ya da askıda katı maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu askıda katı maddeler dibe çökemeyecek kadar küçük ya da hafif maddelerdir ve suda bulanıklığın kaynağını oluşturmaktadır (Zweig & Rabeni, 2001). Askıda katı maddeler canlı üzerinde yıpratıcı bir etki yaratmakta, canlıların zemin içinde gömülmesine ve solunum yetersizliğine bağlı olarak ölümlerine, sudaki ışık miktarını azaltarak beslenme verimliliğini ve davranış şeklini değiştirmekte, zemin yapısını bozarak tür dağılımının değişmesine neden olabilmektedir (Donahue & Irvine, 2003). YSKY'ye göre, askıda katı madde değeri baraj göllerinin ötrofikasyon kontrolü için 5 mg/L'nin altında olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmada AKM ortalama değeri $44,8 \pm 15,1$ mg/L olurken, en yüksek AKM Dolutaş'ta $110,0$ mg/L çıkmıştır. Bulanıklık ortalama değeri $41,3 \pm 22,7$ NTU iken, en yüksek bulanıklık Dolutaş'ta $106,0$ NTU olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Bulanıklık ortalama değeri AB ve BK'ye göre yüksek çıkarken, ortalama AKM değeri ise TS 266'ya göre yüksek çıkmıştır. (Tebbutt, 1998; TSE, 2005). Varol (2015) tarafından yapılan çalışmada Dicle Baraj Gölü'ndeki ortalama AKM değeri $3,15$ mg/L ile YSKY'ye göre uygun olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ise bütün gölet sularında AKM değerlerinin ötrofikasyon kontrolü için yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Gölet örnekleme noktalarında yapılan ölçümler.
Table 2. Physicochemical parameters of pond water.

Göletler	Sıcaklık (°C)	ÇO (mg/L)	OD (%)	Eİ (µS/cm)	Tuzluluk (%)	pH	Bulanıklık (NTU)	AKM (mg/L)
Dönerdere	18,2	9,15	127,6	482	0,27	8,88	13,7	18,5
Yumruklu	18,1	8,15	111,3	579	0,33	8,68	6,3	6,5
Dolutaş	19,1	7,47	105,4	662	0,37	8,97	106,0	110,0
Değirmigöl	16,2	8,31	112	515	0,30	9,00	39,0	44,0

Titrimetrik Analiz Değerleri: Cl_2 , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve toplam sertlik ortalama değerler sırasıyla 26,6±1,6, 322,7±35,9, 45,0±17,1 ve 991,7±48,0 mg/L olarak belirlenmiştir. En yüksek Cl_2 ve Ca^{+2} , Değirmigöl'de 29,6 mg/L ve 413,3 mg/L, en yüksek Mg^{+2} ise Yumruklu'da 103,8 mg/L olarak belirlenmiştir. Ca^{+2} ortalama değerleri TS 266 ve BK'de istenilen değerlerin üstünde çıkmış, sertlik bakımından sular çok sert su sınıfında yer almıştır (TSE, 2005; Tebbutt, 1998). Sularda HCO_3^- , CO_3^{2-} ve toplam alkalinite ortalama değerleri sırasıyla 305,0±26,3, 1026,8±130,1 ve 670,8±83,7 mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Çavuş, (2018) Van Gölü Havzası içerisinde yer alan Aygır Gölü'nde 17,3 mg/L Cl_2 , 54,3 mg/L Ca^{+2} , 40,6 mg/L Mg^{+2} , 9,80 mg/L CO_3^{2-} , 256,9 mg/L HCO_3^- , 2302,7 mg/L toplam sertlik ve 235,1 mg/L toplam alkalinite belirlendiğini rapor etmiştir. Maar gölü özelliğindeki Aygır Gölü ile gölet sularının farklı olmasının nedeni su kaynaklarının sahip olduğu kayaç ve toprak yapısının farklılığından kaynaklı olabilir.

Tablo 3. Gölet sularına ait titrimetrik analiz sonuçları (mg/L).
Table 3. Titrimetric analysis results of pond waters (mg L⁻¹).

Göletler	Cl_2	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Toplam sertlik	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Toplam alkalinite
Dönerdere	26,6	248,0	42,2	793,3	0,0	813,3	666,7
Yumruklu	23,7	224,0	103,8	986,7	0,0	1240,3	1016,7
Dolutaş	26,6	405,3	17,8	1086,7	284,7	0,0	466,7
Değirmigöl	29,6	413,3	16,2	1100,0	325,3	0,0	533,3

Spektrofotometre Analiz Değerleri: Nitrit ve nitrat doğal olarak toprak, su ve bitkilerde bulunan azotlu bileşiklerdir. Su kirliliği açısından azotlu bileşikler önemli bileşenlerdir. Tarım alanları dışında, yüzey ve yer altı sularında genel olarak 0-10 mg/L seviyesinde nitrat bulunmaktadır (Olhan & Ataseven, 2009). Gölet sularındaki NO_3-N , NO_2-N ve NH_3-N ortalama değerleri sırasıyla 1,7±0,5 mg/L, 0,007±0,004 mg/L ve 0,22±0,06 mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 4). YSKY (2012)'ye göre gölet sularında NO_3-N , I. sınıfta, NO_2-N ve NH_3-N ise II. sınıfta yer almıştır. AB, BK, WHO'ya göre ise Nitrat ve nitrit değerleri sınırlar içerisinde kalmıştır (Tebbutt, 1998). Yapılan diğer çalışmalarda Gökgöl'de NO_3-N , NO_2-N ve NH_3-N ortalama değerleri sırasıyla 2,4 mg/L, 0,032 mg/L ve 0,7 mg/L olurken, YSKY (2012)'ye göre göl suyu kalitesinin I. ve III. sınıf arasında değiştiği bildirilmiştir (Taş & Çetin, 2011).

Atmosfer gazında bulunmayan fosfor doğada kayalar ve fosfat yığınları şeklinde bulunmakta iken, su kaynaklarında fazla miktarda fosfor bulunması bir kirlilik parametresidir. Doğal kaynaklar dışında evsel atıklar ile

birçok kaynağa fosfor bulaşabilmektedir (Göksu, 2003). Sulardaki en yüksek PO_4^{3-} ve P değerleri sırasıyla 0,13 ve 0,40 mg/L ile Değirmigöl'de belirlenirken, ortalama PO_4^{3-} ve P değerleri sırasıyla 0,11±0,06 ve 0,03±0,02 mg/L olarak bulunmuştur. Göletlerdeki ortalama fosfor değeri YSKY (2012)'ye göre II. sınıfta yer almış, TS 266'da tavsiye edilen değer ve BK'de ise sınır değer içinde kalmıştır (Tebbutt, 1998). Diğer bir çalışmada ise Ulugöl'de yaz aylarında ortalama toplam fosfor 0,018 mg/L olarak belirlenmiştir (Taş vd., 2010).

Sülfat kaynakları doğal yoldan denizel atmosferik çökelmelerle, sedimanter kayaların ve sülfür bileşiklerinin yıkanması ile olurken; alçıtaşı gibi sülfat ve pirit gibi sülfid mineralleri, sanayi ve evsel atıklar ile sulara sülfat bileşikleri bulaşabilmektedir (Chapman & Kimstach, 1996). Gölet sularındaki en düşük sülfat değeri 15,5 mg/L ile Değirmigöl'de çıkarken, en yüksek sülfat değerleri 41,0 mg/L ile Yumruklu'da çıkmıştır (Tablo 4). Gölet sularının ortalama sülfat değeri 25,5±3,6 mg/L olarak bulunmuştur. TS 266'da bu değer 25-250 mg/L, AB ve EPA'da 250 mg/L ve WHO 500 mg/L olarak verilmiştir (EPA, 2009; Tebbutt, 1998; TSE, 2005). Bulum, (2015) Bendimahi Çayı'nda ortalama sülfat değerini 8,6 mg/L olarak bildirmiştir. Sucul ortamlarda tarımsal faaliyetler, çeşitli endüstri ve evsel atıklar sülfat kirliliğine neden olabilmektedir. 250 mg/L'den fazla olan sülfat değerleri ciddi bir kirlilik göstergesidir (Nisbet & Verneaux, 1970). Bu bakımdan Van Gölü Havzası su kaynaklarında sülfat kaynaklı bir kirlilik söz konusu değildir.

Silisyum doğal sularda genellikle 2-20 mg/L arasında bulunmakta ve kırıkdak oluşumu için esas elementtir (Aksoy, 2006). Silisyum en yüksek 7,5 mg/L ile Yumruklu'da tespit edilirken (Tablo 4), ortalama silisyum değeri 4,5±0,8 mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 6). Yapılan diğer çalışmalarda ortalama silisyum miktarı Yayladağı Göleti'nde 7,2 mg/L (Tepe & Mutlu, 2004); Reyhanlı Yenişehir Gölü'nde ise 9,85 mg/L (Tepe, 2009) olarak belirlenmiştir. Ülkemiz su kaynaklarında yapılan çalışmalarda silisyum değerleri doğal sularda bulunması gereken değerler içerisinde olmuştur.

Florür ortalama değeri 0,27±0,06 mg/L olurken, en yüksek Dönerdere'de 0,53 mg/L olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Florür ortalama değeri YSKY (2012)'ye göre tüm göletler için I. sınıf su kalite özelliği gösterirken, TS 266 bakımından tavsiye edilen değerlerin altında olmuştur. AB, BK ve WHO'ya göre de uygunluk göstermiştir (Tebbutt, 1998). Florür diğer çalışmalarda Erciş içme suları için 0,58

mg/L (Atıcı vd., 2016); Van içme suları içinse 161,1 mg/L (Çavuş vd., 2017) olarak bildirilmiştir.

Siyanür doğada sodyum siyanür, hidrojen siyanür, potasyum siyanür gibi bileşikler halinde ya da serbest halde bulunan ve “hidrosiyanik asit” ya da “prussik asit” olarak bilinmesinin yanında ilk defa 1782’de prusya mavisinden izole edilmiştir. Toksik etkisini demir iyonunun ferrik (Fe^{+3}) formuna bağlanarak gerçekleştirir (Karadeniz vd., 2017). Siyanür en yüksek 0,002 mg/L ile sadece Yumruklu’da belirlenmiş, diğer noktalarda siyanür bulunmamıştır (Tablo

4). Siyanür tespit edilmesine rağmen Yumruklu Göleti YSKY (2012)’ye göre I. sınıf su kalite özelliği gösterirken, TS 266’da tavsiye edilen değerlerin altında olmuştur. AB (50 $\mu\text{g/L}$), BK (50 $\mu\text{g/L}$) ve WHO (70 $\mu\text{g/L}$)’ya göre de sınır değerlerin altında çıkmıştır (Tebbutt, 1998). Van Gölü Havzası içerisinde yapılan çalışmalarda ortalama siyanür miktarını Seyhan (2016) Deliçay’da 0,001 mg/L, Aydın (2018) Çatakdibi’nde 0,002 mg/L olarak bildirmiştir. Havzadaki su kaynaklarında yapılan çalışmalara göre siyanür bakımından bir kirlilik belirlenmemiştir.

Tablo 4. Örnek sularına ait kimyasal ölçüm sonuçları (mg/L)

Table 4. Chemical parameters of pond water (mg L^{-1}).

Göletler	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-}$	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-}^3$	P	$\text{SO}_4\text{-}$	Si	F ⁻	CN ⁻
Dönerdere	3,7	16,6	0,025	0,081	0,11	0,01	0,00	21,0	5,5	0,53	0,000
Yumruklu	1,9	7,9	0,003	0,009	0,04	0,03	0,01	41,0	7,5	0,30	0,002
Dolutaş	0,4	2,0	0,000	0,000	0,27	0,00	0,00	24,5	2,0	0,11	0,000
Değirmigöl	1,1	4,5	0,001	0,004	0,45	0,40	0,13	15,5	3,0	0,14	0,000

Ağır Metal Analiz Değerleri: Sularda ağır metallere Al ve Cu değerleri sınırdan altındadır. Çıkarken Cr, Co, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn en düşük ve en yüksek değerleri Tablo 6’da verilmiştir.

Krom ortalama değeri göletler için YSKY (2012)’de I. sınıf su kalite özelliği gösterirken, AB, BK ve WHO (50 $\mu\text{g/L}$)’da da sınır değerinin altında çıkmıştır (Tebbutt, 1998). En yüksek krom değeri 15 $\mu\text{g/L}$ ile Dolutaş’ta belirlenmiştir. Çelik & Kayar (2003) Gediz Nehri’nde ortalama krom değerini 90 $\mu\text{g/L}$ olarak bildirmiştir. Gölet sularında belirlenen krom düzeyleri Çelik & Kayar (2003)’ün sonuçlarına göre daha düşük bulunmuştur.

Demir ortalama değeri 56,3 \pm 15,7 $\mu\text{g/L}$ olurken, en yüksek 120,0 $\mu\text{g/L}$ ile Dolutaş’ta belirlenmiştir. Göletlerde ortalama demir değeri genel olarak yönetmeliklere uygun çıkmıştır. Arıman vd. (2007) tarafından ortalama demir değerleri Yeşilirmak’ta 14,0 $\mu\text{g/L}$, Kızılırmak’ta 553,0 $\mu\text{g/L}$, Engiz ırmağında 311,0 $\mu\text{g/L}$, Abdal ırmağında 29,0 $\mu\text{g/L}$, Mert ırmağında 20,0 $\mu\text{g/L}$ ve Kürtün ırmağında 59,0 $\mu\text{g/L}$ olarak bildirilmiştir.

Mangan en yüksek 500,0 $\mu\text{g/L}$ ile Dolutaş’ta çıkarken, Mn^{+2} ortalama değeri 250,0 \pm 62,7 $\mu\text{g/L}$ çıkmıştır. Mangan bakımından gölet suları genel olarak YSKY (2012)’de II. sınıf su kalite özelliği gösterirken, TS 266, AB, BK ve WHO’da tavsiye edilen değerlerin üstünde çıkmıştır (Tebbutt, 1998; TSE, 2005). Temiz sularda 0,1 $\mu\text{g/L}$, az kirli sularda 0,5 $\mu\text{g/L}$, kirli sularda 3,0 $\mu\text{g/L}$ ve çok kirli sularda >3,0 $\mu\text{g/L}$ mangan sınırları olarak bildirilmiştir (Baltacı, 2000). Bu değerler göre gölet suları mangan bakımından kirlilik sınırını oldukça aşmıştır. Başka bir çalışmada ise Sönmez vd. (2012), Karasu Nehri sularının mangan bakımından kirli olmasını manganın topraklarda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunabilmesi ile ilişkilendirmişlerdir.

Molibden ortalama değeri 225,0 \pm 31,3 $\mu\text{g/L}$ olurken, en yüksek molibden 300,0 $\mu\text{g/L}$ ile Dönerdere ve Yumruklu’da belirlenmiştir. Ortalama molibden değeri WHO (70 $\mu\text{g/L}$)’da yer alan sınır değerinin üstünde çıkmıştır (Tebbutt, 1998). Havzada yapılan diğer çalışmalarda molibden ortalama değerleri Aygır Gölü’nde 0,002 $\mu\text{g/L}$ (Çavuş, 2018), Karasu’da 0,002 $\mu\text{g/L}$ (Atıcı et al., 2018) olarak bildirilmiştir. Havzada gerçekleştirilen önceki çalışmalarda molibden ortalama değerleri uygun değerlerde çıkarken, bu çalışmada yüksek değerlerde çıkmıştır.

Kobalt ortalama değeri 188,8 \pm 106,2 $\mu\text{g/L}$ olurken, en yüksek kobalt 496,5 $\mu\text{g/L}$ ile Değirmigöl’de belirlenmiştir. Ortalama kobalt değeri YSKY (2012)’de III. sınıf su kalite özelliği göstermiştir. Atıcı et al. (2018) Karasu’da kobalt ortalama değerini 27,8 $\mu\text{g/L}$ olarak bildirmişlerdir. Değirmigöl ve Dolutaş kaynaklarındaki kobalt değerleri havza içerisinde yer alan Karasu’ya göre oldukça yüksek çıkmıştır.

Gölet sularında nikel ortalama değeri 14,4 \pm 4,2 $\mu\text{g/L}$ olurken, en yüksek nikel 30,5 $\mu\text{g/L}$ ile Dolutaş’ta çıkmıştır. Havzada ortalama nikel değeri YSKY (2012)’de I. sınıf su kalite özelliği gösterirken, BK (50 $\mu\text{g/L}$) ve WHO (20 $\mu\text{g/L}$)’da sınır değerinin altında, tatlısu balıkları yetiştiriciliğine (direktif no 78/659/EEC) göre ise uygun değerde (50-200 $\mu\text{g/L}$) çıkmıştır (Tebbutt, 1998). Arıman vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ortalama nikel en yüksek Engiz’de 725 $\mu\text{g/L}$, en düşük ise 89 $\mu\text{g/L}$ ile Yeşilirmak’ta bildirilmiştir.

Tablo 5. Örnek sularına ait ağır metal ölçüm sonuçları ($\mu\text{g/L}$).

Table 5. Heavy metal measurement results of pond samples ($\mu\text{g L}^{-1}$).

Göletler	Co	Cr ⁺⁶	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Mo	Ni	Zn
Dönerdere	29,5	0,0	20,0	100,0	300,0	3,5	60,0
Yumruklu	10,5	8,0	20,0	100,0	300,0	5,0	80,0
Dolutaş	218,5	15,0	120,0	500,0	100,0	30,5	130,0
Değirmigöl	496,5	1,0	65,0	300,0	200,0	18,5	90,0

Ortalama çinko değeri YSKY (2012)'de I. sınıf su kalite özelliği gösterirken, TS 266, AB ve BK'de tavsiye edilen değerlerde belirlenmiştir (Tebbutt, 1998, TSE, 2005).

Havza içerisinde yapılan başka bir çalışmada Güzelkonak Deresi'nde ortalama çinko değeri 36,5 µg/L olarak bildirilmiştir (Bayram, 2016).

Tablo 6. Gölet sularına ait ortalama (ort.), standart hata (SH), en düşük (mim.) ve en yüksek (maks.) değerler.
Table 6. Average, standard error (SE), min. and max. values of pond waters.

Parametre	Ort.	SH	Min	Mak	Parametre	Ort.	SH	Min	Mak
Sıcaklık (°C)	17,9	0,6	16,2	19,1	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,023	0,013	0,0	0,081
ÇO (mg/L)	8,27	0,3	7,47	9,15	NH ₃ -N (mg/L)	0,22	0,06	0,04	0,45
OD (%)	114,1	4,7	105,4	127,6	NH ₃ (mg/L)	0,27	0,07	0,06	0,55
Eİ (µS/cm)	559,5	39,7	482,0	662,0	NH ₄ (mg/L)	0,28	0,08	0,06	0,58
Tuzluluk (%)	0,32	0,0	0,27	0,37	PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,11	0,06	0,0	0,40
pH	8,88	0,1	8,68	9,00	P (mg/L)	0,03	0,02	0,0	0,13
AKM (mg/L)	44,8	15,1	6,5	110,0	SO ₄ ⁻² (mg/L)	25,5	3,6	15,5	41,0
Bulanıklık NTU)	41,3	22,7	6,3	106,0	Si (mg/L)	4,5	0,8	2,0	7,5
Cl ₂ (mg/L)	26,6	1,6	23,7	29,6	F ⁻ (mg/L)	0,27	0,06	0,11	0,53
Ca ⁺² (mg/L)	322,7	35,9	224,0	413,3	CN ⁻ (mg/L)	0,000	0,0	0,0	0,002
Mg ⁺² (mg/L)	45,0	17,1	16,2	103,8	Co (µg/L)	188,8	106,2	10,5	496,5
T. sertlik (mg/L)	991,7	48,0	793,3	1100,0	Cr ⁺⁶ (µg/L)	6,0	2,3	0,0	15,0
CO ₃ (mg/L)	305,0	26,3	0,0	325,3	Fe ⁺² (µg/L)	56,3	15,7	20,0	120,0
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	1026,8	130,1	0,0	1240,3	Mn ⁺² (µg/L)	250,0	62,7	100,0	500,0
T. alkalinite (mg/L)	670,8	83,7	466,7	1016,7	Mo (µg/L)	225,0	31,3	100,0	300,0
NO ₃ -N (mg/L)	1,7	0,5	0,4	3,7	Ni (µg/L)	14,4	4,2	3,5	30,5
NO ₃ ⁻ (mg/L)	7,7	2,1	2,0	16,6	Zn (µg/L)	90,0	9,6	60,0	130,0
NO ₂ -N (mg/L)	0,007	0,004	0,0	0,025					

SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile İran sınırına yakın bölgede bulunan su kaynaklarımız hakkında genel bir su kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda havzada su örneği alınan noktaların oksijen ve sıcaklık ortalama değerleri YSKY (2012)'ye göre I. sınıf, TS 266, AB, BK ve WHO standartlarına ve tatlısu balıkları yetiştiriciliğine göre ise uygun değerlerde çıkmıştır. Eİ değerleri YSKY (2012)'ye göre II. sınıf, TS 266'da ise sınır değerler içinde olmuştur. Bulanıklık ortalama değeri AB ve BK'ye göre yüksek çıkarken, ortalama AKM değeri ise TS 266'ya göre yüksek çıkmıştır. Ca ortalama değerleri TS 266 ve BK'de istenilen değerlerin üstünde çıkmış, sertlik bakımından sular çok sert su sınıfında yer almıştır. Nitrit azotu, amonyak azotu, fosfor ve florür YSKY (2012)'ye göre II. sınıfta yer alırken, ağır metallere mangan, molibden ve kobalt yönetmeliklerdeki limit değerlerin üstünde çıkmıştır. Elde edilen bulgular su kalitesi yönetmelikleri açısından değerlendirildiğinde gölet sularının AKM, mangan, molibden ve kobalt değerleri dışında tarımsal faaliyetlerde kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aksoy, T. (2006). *Silisyumun bitki ve toprakta bulunuşu, dağılımı ve insan sağlığı için önemi.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye, 95s.

APHA. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater.* American Public Health, USA, 1008p.

Arıman, S., Cüce, H., Özbayrak, E., Bakan, G. & Büyükgüngör, H. (2007). Orta Karadeniz Kıyı Şeridi nehirleri su ve sediman ortalamalarında ağır metal kirliliği. *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-27 Ekim 2007, İzmir, Türkiye, 863-868.

Atıcı, A.A., Gültekin, A., Şen, F. & Elp, M. (2016). Erciş (Van) İlçesi içme sularının su kalitesi özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 517-528. DOI: 10.29133/yyutbd.282756.

Atıcı, A.A., Elp, M. & Sen, F. (2018). The effects of sand pits and sand extractions region on Karasu Stream (Van) to water quality criteria. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 6583-6590.

Aydın, A. (2018). *Çatakıdibi (Zortul) Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma.* Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 121s.

Baltacı, F. (2000). *Su Analiz Metotları.* DSİ. İçme ve Kanalizasyon Dairesi Yayınları, Ankara, Türkiye, 335s.

Bayram, M.S. (2016). *Van Gölü'ne dökülen Güzelkonak (Arpit) Deresi'nin (Gevaş-Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma.* Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 107s.

Belli, O. (1997). *Doğu Anadolu'da Urartu sulama kanalları-Urartian canals in Eastern Anatolia.* Arkeoloji Sanat Yayınları, İstanbul, 64s.

- Bulum, B.Ö. (2015).** *Bendimahi Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma.* Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 126s.
- Chapman, D. & Kimstach, V. (1996).** Sediments and water in enviromental monitoring, In: Chapman, D. (Ed), *Water quality and assesments: a guide to use of biota, 2nd ed.*, 1-56 p. E & FN Spon., London, BK.
- Çavuş, A. (2018).** *Aygır Gölü su kalitesi ve yönetimi üzerine bir araştırma.* Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 215s.
- Çavuş, A., Atıcı, A.A. & Şen, F. (2017).** Van-Merkez içme sularının su kalite kriterlerinin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3), 326-336. DOI: 10.29133/yyutbd.265956.
- Çelik, A. & Kayar, V.N. (2003).** Gediz Nehri'nin kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(47), 17-22.
- Çetinkaya, O. (1993).** Van Gölü Havzası su kaynakları ve balıkçılık potansiyeli. *Doğu Anadolu I. Su Ürünleri Sempozyumu*, 23-25 Haziran 1993, Erzurum, Türkiye, 71-83.
- Çetinkaya, O. (2003).** *Su kalitesi ders notları*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü. Van, Türkiye, 76s.
- Donahue, I. & Irvine, K. (2003).** Effects of sediment particle size composition on survivorship of benthic invertebrates from Lake Tanganyika, Africa. *Archiv für Hydrobiology*, 157(1), 131-144. DOI: 10.1127/0003-9136/2003/0157-0131.
- Duran, C. (2016).** Taşköprü İlçesindeki (Kastamonu) göl/göletlerin kırsal rekreasyona uygunluğu. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(46), 295-301.
- Elp, M. (2002).** *Koçköprü Baraj Gölü'nde (Van) Yaşayan Siraz (Capoeta capoeta, Guldensteadt, 1772) ve İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas, 1811) Populasyonları Üzerine Bir Araştırma.* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 144s.
- EPA. (2009).** Environmental Protection Agency (EPA), National primary drinking water regulations, EPA-816-F-09-0004, USA.
- Göksu, M.Z.L. (2003).** *Su kirliliği.* Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, Adana, Türkiye, 232s.
- Gülle, İ. (2005).** *Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) planktonunun taksonomik ve ekolojik olarak incelenmesi.* Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 207s.
- HACH. (2005).** *DR 5000 Spectrometer Procedures Manuel*, Erişim tarihi: 10 Haziran 2020, http://tr.hach.com/quick_search_download_search.jsa?keywords=kullan%C4%B1m.
- Karadeniz, H., Birincioğlu, İ., Zazoğlu, S. & Ketenci, H.Ç. (2017).** Siyanür zehirlenmesi ile meydana gelen ölümlerde toksikolojik analizinin önemi: olgu sunumu. *Journal of Forensic Medicine*, 31(2), 96-100. DOI: 10.5505/adlitip.2017.72677.
- Küçükali, S. & Çokgör, Ş. (2019).** Akarsularda farklı kaya parçaları düzeneklerinde oksijen transferinin deneysel olarak incelenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(3), 500-505. DOI: 10.35229/jaes.638186.
- Nisbet, M. & et Verneaux, J. (1970).** Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie*, 6(2), 161-190.
- Olhan, E. & Ataseven, Y. (2009).** Türkiye'de içme suyu havza alanlarında tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirliliği önleme ile ilgili yasal düzenlemeler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 161-169.
- Orhon, M. (1997).** Baraj tipleri ve yapım teknikleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 391, 12-16.
- Seyhan, Y. (2016).** *Deliçay (Haydarbey Çayı)'ın su kalite kriterlerinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 103s.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O. & Yanık, T. (2012).** Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 43(1), 69-77.
- Şen, F. (2001).** *Nazik Gölü (Ahlal-Bitlis) Sazan (Cyprinus carpio L.1758) Populasyonu Üzerinde Bir Araştırma.* Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, Türkiye, 140s.
- Tanyolaç, J. (2000).** *Limnoloji.* Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- Taş, B. & Çetin, M. (2011).** Gökgöl (Ordu-Türkiye)'ün bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, 1(1), 73-82.
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. & Topkara, S. (2010).** Ulugöl (Ordu)'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(3), 254-263.
- Tebbutt, T.H.Y. (1998).** *Principles of water quality control, 5th ed.*, Elsevier Publishing, Woburn, USA, 228p. ISBN: 978-0-7506-3658-2.
- Tepe, Y. & Mutlu, E. (2004).** Yayladağı Görentaş Göleti (Hatay) su kalitesi parametreleri üzerine bir

- araştırma, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **35**(3-4), 201-208.
- Tepe, Y. (2009).** Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, **18**(70), 38-46.
- TSE. (2005).** *Türk Standardı 266 (TS 266): İnsani Tüketim Amaçlı Sular*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 5s.
- Varol, M. (2015).** Dicle Baraj Gölü su kalitesinin su kirliliği kontrolü yönetmeliği'ne göre değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, **2**(1), 85-91.
- YSKY. (2012).** *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*, Erişim tarihi: 10 Haziran 2020, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16806&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>.
- Zweig, L.D. & Rabeni, C.F. (2001).** Biomonitoring for deposited sediment using benthic invertebrates: a test on 4 Missouri streams. *Journal of the North American Benthological Society*, **20**, 643-657.
[DOI: 10.2307/1468094](https://doi.org/10.2307/1468094).