

Ovit Dağbaşı Gölü Suyunda Doğal Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Serdar DİZMAN^{1*}, Selim SARI²

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

E-mail: serdar.dizman@erdogan.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-6511-9526

Araştırma makalesi/Research article

Geliş tarihi/Received: 19.04.2021

Kabul tarihi/Accepted: 11.05.2021

ÖZET

Doğada yaşayan tüm canlılar sürekli olarak doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından yayınlanan iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaktadır. Bu nedenle, yaşam alanları ve ziyaret edilen bölgelerde radyoaktivite düzeylerinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, Rize ili İkizdere ilçesine bağlı İkizdere-İspir karayolu üzerinde bulunan Ovit Dağbaşı Gölünden alınan su örneklerinde ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K radyoaktivite konsantrasyonları yüksek saflıkta germanyum dedektörü (HPGe) kullanılarak, ³H radyoaktivite konsantrasyonları ise sıvı sintilasyon sayacı (LSC) kullanılarak belirlendi. Su örneklerinde ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K ve ³H radyoizotop konsantrasyonlarının sırasıyla 0,36-2,82 Bq/L, 0,37-1,92 Bq/L, 13,28-20,96 Bq/L ve 2,51-3,53 Bq/L aralığında değiştiği belirlendi. Ortalama radyoaktivite konsantrasyonları ise ²²⁶Ra için 1,80±0,54 Bq/L, ²³²Th için 1,13±0,51 Bq/L, ⁴⁰K için 17,22±2,61 Bq/L ve ³H için 2,88±0,47 Bq/L olarak bulunmuştur. Bulunan aktivite konsantrasyonları uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen değerlerle kıyaslandığında, önerilen değerler aralığında oldukları belirlendi. Sonuç olarak, yapılan çalışma ile Ovit Dağbaşı Gölü ziyaretçileri için incelenen radyoizotoplardan kaynaklı radyoaktivitenin bir sağlık riski oluşturmayacağı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal radyoaktivite, Trityum, Göl suyu, Rize

Determination of Natural Radioactivity Concentrations in Ovit Dağbaşı Lake Water

ABSTRACT

All living creatures in nature are constantly exposed to ionizing radiation emitted from natural and artificial radiation sources. For this reason, it is important to monitor the levels of radioactivity in living spaces and visited areas. In this study, ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ³H concentrations in water samples taken from Ovit Dağbaşı Lake located on İkizdere-İspir highway in İkizdere district of Rize province were determined using a high purity germanium detector and a liquid scintillation counter. It was determined that ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ³H radioisotope concentrations in the water samples varied between 0.36-2.82 Bq/L, 0.37-1.92 Bq/L, 13.28-20.96 Bq/L ve 2.51-3.53 Bq/L, respectively. Mean radioactivity concentrations were found as 1.80±0.54 Bq/L for ²²⁶Ra, 1.13±0.51 Bq/L for ²³²Th, 17.22±2.61 Bq/L for ⁴⁰K and 2.88±0.47 Bq/L for ³H. The activity concentrations found were compared with the values recommended by international organizations and were found to be as same as the recommended values. As a result, it has been shown with this study that the radioactivity caused by the examined radioisotopes will not pose a health risk for the visitors of Ovit Dağbaşı Lake.

Keywords: Natural radioactivity, Trityum, Lake water, Rize

Atf için (Cite);

Dizman, S., Sarı, S. (2021). Ovit Dağbaşı Gölü Suyunda Doğal Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(1), 16-24.

1. Giriş

Doğada yaşayan bütün canlılar radyasyona maruz kalmaktadır. Tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Doğal radyasyonlar, uzaydan gelen kozmik ışınlar ile kaya, toprak, su ve havada bulunan doğal radyoaktif çekirdeklerin radyoaktif bozunuma uğramaları sonucu yayınlanan ışınlardan ibarettir. Çevreye bu doğal kaynaklardan yayılmaktadırlar. İnsan, içinde yaşadığı doğal çevrede bulunan bu kaynaklardan yayınlanan değişik tipteki radyasyonlara belirli ölçülerde sürekli maruz kalmaktadır (UNSCEAR, 1993; Dizman vd., 2018).

Radyasyon dozu değerlendirilmelerinde doğal kaynaklar oldukça önemli yer tutarlar. Çünkü insanlar hayatları süresince doğal kaynaklardan yayınlanan radyasyonlardan belli oranlarda doz almaktadırlar (Dizman ve Mukhtarli, 2021).

Çevresel radyasyon ölçümlerindeki temel amaç, insanların çevresel kaynaklardan aldıkları radyasyon türünün yanında dozunun belirlenmesi ve oluşturacağı riskin değerlendirilmesidir. Bunun için de, doğal radyasyon kaynaklarını oluşturan radyonüklitlerin çevresel ortamdaki konsantrasyonları ile radyasyonun özellikle insanda olmak üzere, biyolojik sistemler üzerindeki tesirinin tayin edilmesi gerekir (Kavun vd., 2018). Ayrıca, çevresel ortamda bulunan radyonüklitler ile insanların bu kaynaklardan aldıkları radyasyon dozu arasındaki ilişkinin de belirlenmesi gerekir. Ancak böyle bir araştırmadan sonra bir bölgenin doğal radyasyon açısından sağlıklı bir şekilde yaşamaya uygun olup olmadığına karar verilebilir (Otansev vd., 2016; Dizman vd., 2019).

Bu çalışmanın amacı, Rize ili İkizdere ilçesine bağlı İkizdere-İspir karayolu üzerinde bulunan Ovit Dağbaşı Gölünden alınan su örneklerinde doğal (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^3H) radyoaktivite

konsantrasyonlarını belirlemek ve bulunan sonuçların uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen değerlerle kıyaslamasını yapmaktır. Dolayısıyla, Ovit Dağbaşı Gölünü ziyaret eden insanlar için radyolojik açıdan herhangi bir risk olup olmadığını belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi, Rize ili İkizdere ilçesine bağlı İkizdere-İspir karayolu üzerinde bulunan ve rakımı 2733 metre olan Ovit Dağbaşı Gölü'dür (Şekil 1). Ovit Dağbaşı Gölü, yükselti etkilerinden buzullaşmaya maruz kalınması nedeniyle meydana gelen bir sirk (buzyalağı) gölüdür. Ovit Dağbaşı Gölü, Ovit Yayla yerleşmesine en yakın olan ve kolayca ulaşılabilen bir göl olduğu için bölgenin en bilinen ve en çok ziyaretçi alan gölüdür (URL-1). Göl çevresinde kampların yapıldığı da bilinmektedir.

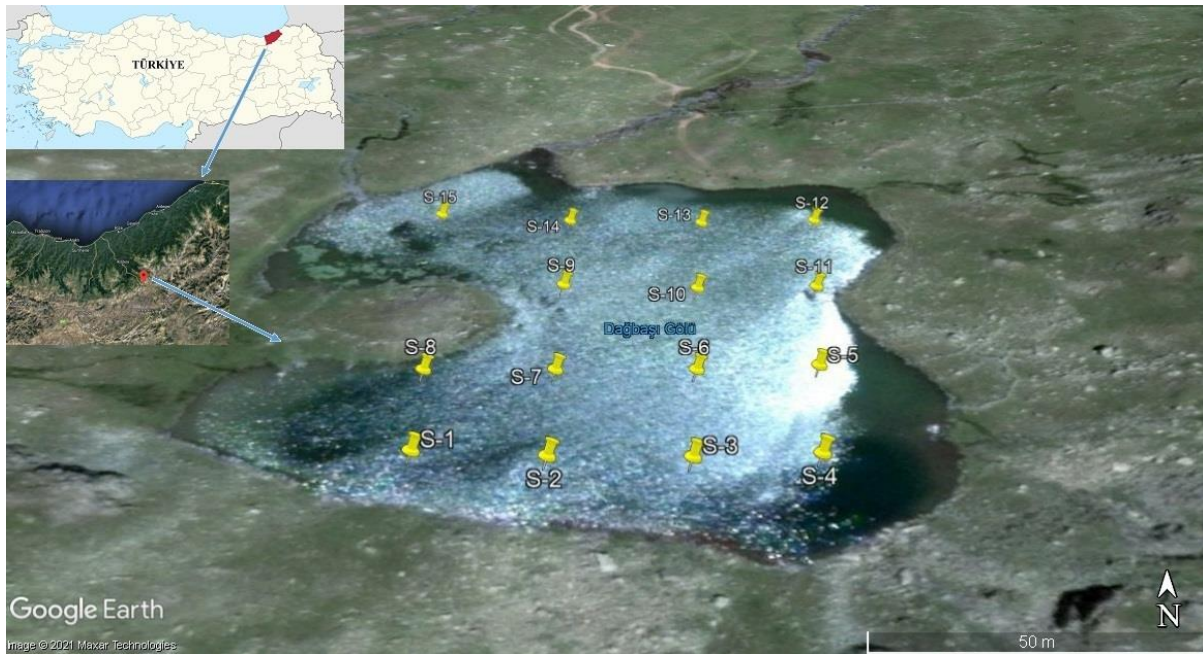
2.2. Örneklerin Toplanması ve Analize Hazırlanması

2019 yılı Ekim ayında Ovit Dağbaşı Gölü'nün ızgaralama yöntemiyle belirlenmiş küçük eşit alanlarının her birinden bir su numunesi olmak üzere toplamda 15 su numunesi toplandı (Şekil 1). Su numuneleri 1 litrelik plastik şişelerle alındı ve etiketlendi. Ayrıca, örnekleme yapılan her noktanın koordinatı GPS cihazı (Magellan Explorist 510) ile kaydedildi. Daha sonra laboratuvara getirilen numuneler, içlerinde bulunması muhtemel fiziksel partikülleri elimine etmek için filtre edildi.

^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K konsantrasyonlarının belirlenmesi için filtre edilen örnekler darası alınmış sayım kaplarına konuldu ve ağırlıkları tartılarak etiketlendi. Hazırlanan örnek kapları, ağızları hava geçirmeyecek şekilde parafilmle sıkıca kapatılarak içerisinde bulunan radyoaktif bozunma ürünlerinin dengeye gelmesini sağlamak amacıyla yaklaşık bir ay süre ile bekletildi. Böylece, numuneler gama ölçümleri için hazır hale getirilmiş oldu.

^3H (trityum) konsantrasyonlarının belirlenmesi için numuneler ilk olarak, damıtma-saflaştırma-ayırıştırma olarak bilinen destilasyon işlemine tabii tutuldu. Bu işlem, numunenin fiziksel ve kimyasal kirliliklerden arındırılması ve numuneler arasında farklılığa neden olabilecek etkenleri ortadan kaldırmak için yapılır. Daha sonra numuneler, ASTM metodunda belirtilen işlem basamaklarına göre hazırlandı (ASTM, D4107-08, 2006; Palomo vd., 2007). Hazırlanan örnekten 10 ml alınarak

LSC ölçümlerinde kullanılan 20 ml'lik vialer aktarıldı, üstüne de 10 ml sintilatör (Ultima Gold LLT) eklendi. Homojen bir karışım olması için vial yaklaşık 30 saniye çalkalandı. Hazırlanan vialler, kimyasal reaksiyonlar nedeniyle oluşan kemilüminesans parıdamalarını elimine etmek için 2 gün karanlık bir ortamda bekletildi ve böylelikle Sıvı Sintilasyon Sayacında (LSC) ölçüme hazır hale getirilmiş oldu.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve örnekleme noktaları
Figure 1. Study area and sampling points

2.3. Radyoaktivitenin Belirlenmesi

^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoaktivite ölçümleri 1332,5 keV'de 1,9 keV ayırma gücüne ve % 55'lik relatif verime sahip olan ORTEC marka (Model: GEM55P4-95) Yüksek Saflıkta Germanyum Dedektörü (HPGe) kullanılarak gerçekleştirildi. Gama spektrometre sistemi dedektör, önyükselteç, spektroskopi yükselteci, analog sayımları elektronik sinyallere dönüştüren ADC sistemi ve çok kanallı analizörden (MCA) ibarettir. Dedektörün numune odası inşaat malzemelerinden ve kozmik ışınlardan gelen arkaplan (background) radyasyona karşı 10 cm kurşun blokla zırhlanmıştır. Hazırlanan örnekler dedektörde

50000 saniye sayıldı. Sayım sonucu elde edilen spektrumlar data analiz programı olan Gamma Vision ile değerlendirildi. ^{226}Ra radyoizotopunun aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için ^{214}Pb 'ün 295,2 keV ve 352 keV ve ^{214}Bi 'ün 609,4 keV enerjilerindeki piklerin alanı, ^{232}Th radyoizotopunun aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için ise ^{208}Tl 'in 583,1 keV ve ^{228}Ac 'in 911,1 keV enerjilerindeki piklerin alanları kullanıldı. ^{40}K radyoizotopunun aktivite konsantrasyonunun hesaplanmasında ise 1460,8 keV enerjisindeki pikin alanı kullanıldı. Bu radyoizotop enerjilerindeki piklerin alan değerleri ile su örneklerinde radyoaktivite konsantrasyonları denklem 1 kullanılarak hesaplandı.

$$A(Bq/kg) = \frac{N}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot t \cdot m} \quad (1)$$

Burada N ilgilenilen enerjideki net alan, ε ilgilenilen gama enerjisindeki verim, I_γ ilgilenilen enerjideki gama ışınının bolluğu, t sayım süresi (s) ve m numune kütlesidir (kg).

Dedektörün algılamış olduğu gama sayımlarının asıl değerini belirlemek spektrumda gözlenen her bir pik için dedektör verimliliği tespit edilmelidir (Grigorescu vd., 2002). Bunun için, ^{152}Eu standart kaynağı dedektör önüne konarak 10 dk sayım gerçekleştirildi ve oluşan spektrumların sayım hızı değerleri elde edildi. Bu sayım hızı değerleri kullanılarak, ilgilenilen enerjilerdeki dedektör verimleri denklem 2 kullanılarak hesaplandı.

$$\varepsilon = \frac{N}{A \cdot I_\gamma \cdot t} \quad (2)$$

Burada, ε ilgilenilen gama enerjisindeki verim, N ilgilenilen enerjideki net alan sayım, A verim kalibrasyonu için kullanılan standart kaynağın o anki aktivitesi (Bq), t sayım süresi (s) ve I_γ ilgilenilen enerjideki gama ışınının bolluğudur.

Germanyum dedektöründe ilgili radyoizotoplar için minimum dedekte edilebilir aktivite değerleri denklem 3 kullanılarak hesaplandı (Curie, 1968).

$$MDL (Bq/kg) = \frac{4,66 \sqrt{B}}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot t \cdot m} \quad (3)$$

Burada B arkaplan (background) sayımının ilgilenilen enerjideki alanı, ε ilgilenilen gama enerjisindeki verim, I_γ ilgilenilen enerjideki gama ışınının bolluğu, t sayım süresi (s) ve m numune kütlesidir (kg).

Numunelerdeki trityum konsantrasyonları, sıvı sintilasyon sayacı (Perkin Elmer, LSC Tricarb 2910 TR) ile belirlendi. LSC cihazının dedeksiyon verimi ile geri kazanım düzeltme faktörünü hesaplamak için 214S221 nolu tamamlanmış projeden alınmış olan sertifikalı

sıvı trityum standardı (Eckert & Ziegler, P.O. No.: P700723, Source No.: 1676-44) kullanılarak laboratuvar (DWS) ve spike (RWS) standartları hazırlandı. Hazırlanan standartlar ve numuneler sıvı sintilasyon sayacında 1500 dakika (150 dk x 10 tur) süre ile ölçüldü. LSC cihazının dedeksiyon verimi ve geri kazanım düzeltme faktörü sırasıyla denklem 4 ve 5 kullanılarak hesaplandı.

$$E = \frac{a_{st}-b}{dpm_{st}} \quad (4)$$

$$F = \frac{R_{st}-b}{E \cdot R_{sto}} \quad (5)$$

Burada E dedeksiyon verimi, a_{st} DWS standardının sayım konsantrasyonunun ortalaması (cpm), b background örneğinin sayım konsantrasyonunun ortalaması (cpm), dpm_{st} DWS standardının ölçüm tarihindeki aktivitesi (dpm), R_{st} RWS standardının sayım konsantrasyonunun ortalaması (cpm) ve R_{sto} RWS standardının ölçüm tarihindeki aktivitesi (dpm)'dir. Numunelerdeki trityum aktivite konsantrasyonları Bq/L biriminde denklem 6 kullanılarak hesaplandı.

$$A = \frac{(s-b) \cdot 1000}{60 \cdot E \cdot F \cdot V} \quad (6)$$

Burada s numunelerin sayım konsantrasyonunun ortalaması (cpm), b background örneğinin sayım konsantrasyonunun ortalaması (cpm), E dedeksiyon verimi, F geri kazanım düzeltme faktörü ve V örnek miktarı (mL)'dir. Kullanılan LSC cihazı için minimum ölçülebilir aktivite (MDA) değeri denklem 7 kullanılarak hesaplandı (Curie, 1968).

$$MDA (Bq/L) = \frac{3,29 \sqrt{\frac{R_b + R_b + 2,71}{t_s} + \frac{R_b}{t_b}}}{60 \cdot E \cdot F \cdot V} \quad (7)$$

Burada R_b background örneğinin sayım konsantrasyonu (cpm), t_s örneklerin sayım süresi (dk), t_b background örneğinin sayım süresi (dk), E dedeksiyon verimi, F geri kazanım düzeltme faktörü ve V örnek miktarı (L)'dir.

3. Bulgular ve Tartışma

Trityum konsantrasyonlarının belirlenmesi için örnekler ve standartların LSC cihazında ölçümü sonrası alınan analiz sonuçlarına ilk olarak Chauvenet kriteri uygulandı. Daha sonra Chauvenet kriteri uygulanmış DWS, RWS ve background standartlarının ortalama cpm (count per minute) değerleri DWS için 2377,67 cpm, RWS için 28,40 cpm ve BKG için 2,44 cpm olarak bulundu. Bu değerler kullanılarak verim değeri %26, geri kazanım düzeltme faktörü 1,09 ve MDA değeri ise 1,48 Bq/L olarak hesaplandı. Hesaplanan verim ve geri kazanım düzeltme faktörü kullanılarak her bir örnek için trityum aktivite konsantrasyonları hesaplandı. Sulardaki trityum konsantrasyonu Bq/L ya da trityum birimi (TU) olarak verilir. Trityum konsantrasyonunun Bq-TU ilişkisi $1 \text{ TU} = 1 \text{ Trityum atomu}/1 \times 10^{18} \text{ hidrojen atomu} = 3,19 \text{ pCi/L} = 0,118 \text{ Bq/L}$ olarak verilmektedir. Yani, 1×10^{18} hidrojen atomuna karşı bir trityum atomunun bulunması "1 trityum birimi (TU)" olarak tanımlanır. Göl suyu örnekleri için elde edilen sonuçlar da hem Bq/L hem de TU biriminde verilmiştir.

Ovit Dağbaşı Gölünden alınan su örneklerinde belirlenen trityum (^3H) aktivite konsantrasyonları Tablo 1'de verilmektedir. Ayrıca, su örneklerinde belirlenen trityum konsantrasyonları Şekil 2'de grafiksel olarak gösterilmektedir. Göl suyu örneklerinde trityum konsantrasyonları 2,51 Bq/L (21,24 TU) ile 3,53 Bq/L (29,87 TU) aralığında değişmekte olup ortalama aktivite konsantrasyonu $2,88 \pm 0,47 \text{ Bq/L}$ ($24,41 \pm 3,98 \text{ TU}$) olarak bulunmuştur. Hem ulusal hem de uluslararası kuruluşlar tarafından içme sularında trityum konsantrasyon değerlerinin belli bir düzeyin altında olması gerektiği belirtilmesine rağmen göl suları için böyle bir limit değer bulunmamaktadır. Dolayısıyla, çalışılan göl suyu içme suyu kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanarak 17/02/2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" in içme sularına ilişkin radyolojik parametreler kısmında trityum düzeyi için sınır değer 100 Bq/L olarak belirtilmiştir (TCSB, 2005).

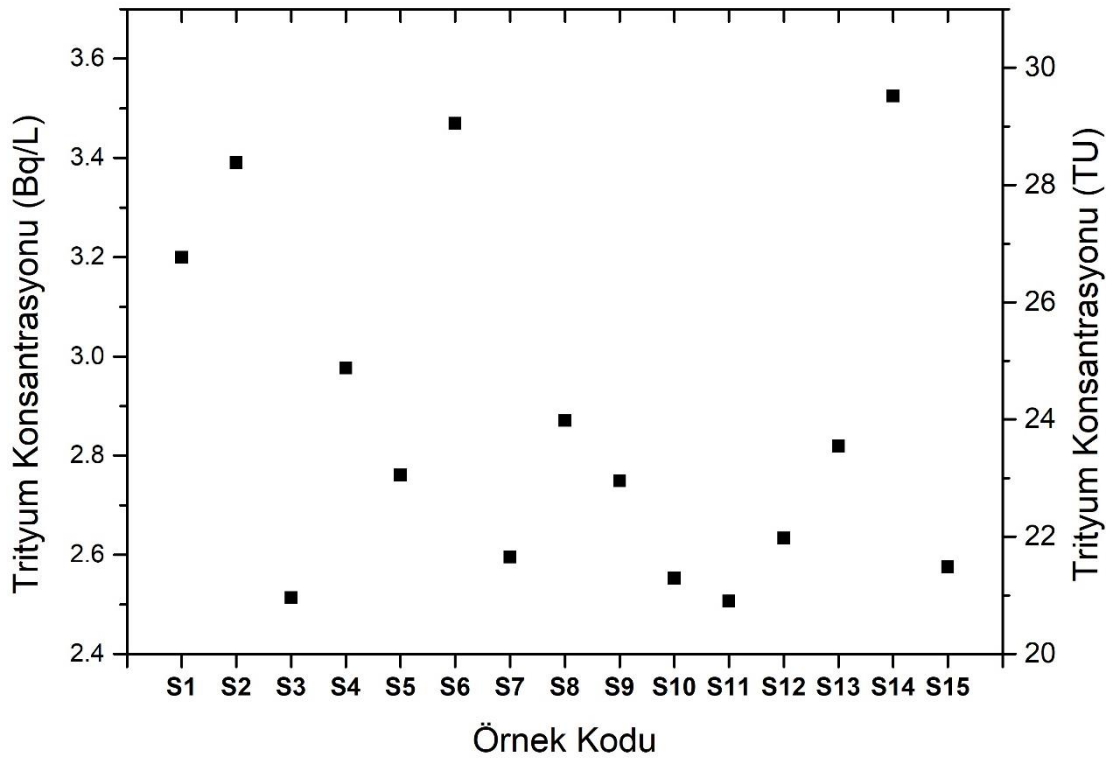
Tablo 1. Göl suyu örneklerinin alındığı koordinatlar ve örneklerin trityum konsantrasyonları

Table 1. The coordinates which lake water samples were taken and tritium concentrations of samples

Örnek Kodu	GPS Koordinatları		Trityum Konsantrasyonu	
	Enlem (N)	Boylam (E)	Bq/L	TU
S-1	40°37'5.63"	40°46'43.84"	3,20 ± 0,40	27,11 ± 3,42
S-2	40°37'5.59"	40°46'45.14"	3,39 ± 0,38	28,73 ± 3,21
S-3	40°37'5.60"	40°46'46.53"	2,51 ± 0,35	21,30 ± 2,93
S-4	40°37'5.59"	40°46'47.76"	2,98 ± 0,33	25,23 ± 2,82
S-5	40°37'6.96"	40°46'48.07"	2,76 ± 0,31	23,39 ± 2,66
S-6	40°37'6.93"	40°46'46.71"	3,47 ± 0,36	29,40 ± 3,04
S-7	40°37'6.89"	40°46'45.15"	2,60 ± 0,59	22,00 ± 5,04
S-8	40°37'6.86"	40°46'43.71"	2,87 ± 0,37	24,33 ± 3,14
S-9	40°37'8.37"	40°46'45.18"	2,75 ± 0,63	23,30 ± 5,31
S-10	40°37'8.31"	40°46'46.86"	2,55 ± 0,49	21,63 ± 4,13
S-11	40°37'8.27"	40°46'48.34"	2,51 ± 0,63	21,24 ± 5,31
S-12	40°37'9.72"	40°46'48.64"	2,63 ± 0,58	22,32 ± 4,91
S-13	40°37'9.79"	40°46'47.07"	2,82 ± 0,50	23,89 ± 4,22
S-14	40°37'9.88"	40°46'45.21"	3,53 ± 0,60	29,87 ± 5,12
S-15	40°37'9.99"	40°46'43.37"	2,58 ± 0,49	21,83 ± 4,16

Yine, Avrupa Komisyonu tarafından içme sularında trityum konsantrasyonu için önerilen sınır değer 100 Bq/L olarak verilmektedir (EC, 1998). Uluslararası bir kuruluş olan Dünya Sağlık Örgütü ise içme sularında trityum konsantrasyonu için limit değeri 10000 Bq/L olarak önermektedir (WHO, 2011). Bu araştırma sonucunda Ovit Dağbaşı Gölünün sularında belirlenen trityum konsantrasyon değerleri (Tablo 1), ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen bu değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Dolayısıyla, çalışılan Ovit Dağbaşı Gölünün suları için trityum radyoizotopu açısından herhangi bir radyolojik risk görülmemektedir.

Dünyada göl sularında trityum konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ovit Dağbaşı Gölü suyunda belirlenen ortalama trityum konsantrasyonu ABD'deki Huron Gölü suyunda belirlenen trityum konsantrasyonundan (7,4 Bq/L) daha düşük (Lickly vd., 1983), Kanada'daki Ontario Gölü suyunda belirlenen trityum konsantrasyonundan (<0,6 Bq/L) ise daha yüksek bulunmuştur (Kim vd., 2018). Bu konsantrasyon farklılıklarının trityumun çevresel olarak büyük ölçüde değişkenlik göstermesinden kaynaklanabileceği söylenebilir.



Şekil 2. Göl suyu örneklerinde belirlenen trityum konsantrasyonları
Figure 2. Tritium concentrations determined in the lake water samples

Çalışmada kullanılan germanyum dedektörü için minimum ölçülebilir aktivite (MDA) değerleri ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotopları için sırasıyla 0,24 Bq/L, 0,21 Bq/L ve 2,49 Bq/L olarak hesaplandı. Ovit Dağbaşı Gölünden alınan su örneklerinde belirlenen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın aktivite konsantrasyonları Tablo 2'de verilmektedir. ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın aktivite

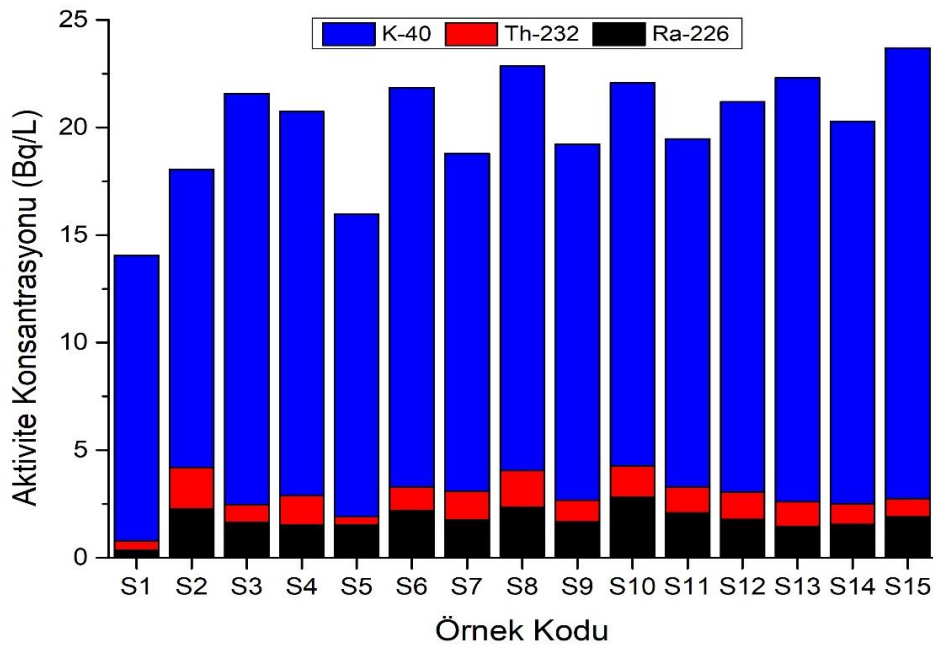
konsantrasyonları sırasıyla 0,36-2,82 Bq/L, 0,37-1,92 Bq/L ve 13,28-20,96 Bq/L aralığında değişmekte olup, ortalama aktivite konsantrasyonları ^{226}Ra için $1,80 \pm 0,54$ Bq/L, ^{232}Th için $1,13 \pm 0,51$ Bq/L ve ^{40}K için $17,22 \pm 2,61$ Bq/L olarak bulunmuştur. İncelenen su örneklerinde belirlenen radyoaktivite konsantrasyonları grafiksel olarak Şekil 3'te ayrıca gösterilmektedir. Göl

sularında doğal radyoaktivite düzeyleri ile ilgili önerilen bir değer bulunmamaktadır ancak Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içme sularında ^{226}Ra radyoizotopunun ≤ 10 Bq/L ve ^{232}Th radyoizotopunun ise ≤ 1 Bq/L olması önerilmektedir (WHO, 2004). Göl suyu örneklerinde belirlenen ^{226}Ra ve ^{232}Th 'nin ortalama aktivite konsantrasyonlarına bakıldığında, incelenen göl sularının radyoaktivite yönünden WHO tarafından

önerilen kriterleri sağladığı söylenebilir. Dünyada göl sularında doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. Göl suyu örneklerinde doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlendiği bu çalışma ve farklı ülkelerde yapılmış olan çalışmalarda bulunan ortalama ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 2. Ovit Dağbaşı Gölünden alınan su örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları
Table 2. ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K concentrations in water samples taken from Ovit Dağbaşı Lake

Örnek Kodu	Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
S-1	0,36 ± 0,15	0,43 ± 0,21	13,28 ± 1,53
S-2	2,28 ± 0,62	1,92 ± 0,52	13,85 ± 3,55
S-3	1,65 ± 0,48	0,82 ± 0,53	19,11 ± 2,10
S-4	1,52 ± 0,66	1,37 ± 0,62	17,86 ± 2,53
S-5	1,54 ± 0,48	0,37 ± 0,48	14,07 ± 2,79
S-6	2,20 ± 0,59	1,10 ± 0,56	18,56 ± 3,26
S-7	1,78 ± 0,52	1,33 ± 0,50	15,68 ± 2,63
S-8	2,35 ± 0,65	1,71 ± 0,55	18,80 ± 3,02
S-9	1,67 ± 0,52	1,01 ± 0,45	16,54 ± 1,99
S-10	2,82 ± 0,67	1,45 ± 0,59	17,81 ± 3,02
S-11	2,09 ± 0,49	1,19 ± 0,42	16,19 ± 2,31
S-12	1,79 ± 0,60	1,25 ± 0,60	18,16 ± 2,92
S-13	1,46 ± 0,52	1,14 ± 0,46	19,71 ± 2,17
S-14	1,56 ± 0,65	0,95 ± 0,63	17,79 ± 3,16
S-15	1,90 ± 0,51	0,84 ± 0,46	20,96 ± 2,18



Şekil 3. Göl suyu örneklerinde belirlenen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları
Figure 3. ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K concentrations determined in the lake water samples

Tablo 3. Göl suyu örneklerindeki aktivite konsantrasyonlarının literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

Table 3. Comparison of activity concentrations in lake water samples with some studies in the literature

Ülke, Göl	Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)			Referans
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	
Nijerya, Uburu	1,22	4,17	9,82	Ononugbo ve Nwaka, 2017
Mısır, Nasser	0,43	0,45	4,70	İmam vd., 2020
Mısır, Qarun	6,40	3,20	31,30	Amin, 2013
Türkiye, Ovit Dağbaşı	1,80	1,13	17,22	Bu çalışma

Tablo 3'te görüldüğü üzere, bu çalışmada incelenen göl suyu örneklerinde belirlenen ortalama ²²⁶Ra konsantrasyonu Qarun Göl sularının konsantrasyonlarından düşük, Uburu ve Nasser Göl sularındaki konsantrasyonlardan ise daha yüksek bulunmuştur. Yine, incelenen göl suyu örneklerinde belirlenen ortalama ²³²Th konsantrasyonu Nasser Gölü hariç diğerlerinden düşük bulunmuştur. Bunların yanında, göl suyu örneklerinde belirlenen ortalama ⁴⁰K konsantrasyonları ise Qarun Gölü hariç diğerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

4. Sonuç

Ovit Dağbaşı Gölünden alınan 15 adet su numunesinde trityum (3H) konsantrasyonları Sıvı Sintilasyon Sayacı (Perkin Elmer) ile ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K konsantrasyonları ise Yüksek Safılıkta Germanyum Dedektörü (ORTEC) kullanılarak belirlendi. Su örneklerinde belirlenen trityum konsantrasyonları T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından önerilen limitlerden oldukça düşük bulunmuştur. ²²⁶Ra ve ²³²Th konsantrasyonları ise Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen limitler içerisinde bulunmuştur. Sonuç olarak, incelenen göl sularının insan sağlığı açısından herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir. Bunun yanında, elde edilen sonuçların çevresel radyoaktivite veritabanına katkı sağlayacağı muhtemeldir.

Author's ORCID ID

Selim Sarı, 0000-0003-4914-3339

Referanslar

- Amin, R.M. (2013). Radioactivity levels in some sediments and water samples from Qarun Lake by low-level gamma spectrometry. *International Journal of Science and Research*, 2319-7064.
- ASTM D4107-08 (2006). Standard Test Method for Tritium in Drinking Water. ASTM International, West Conshohocken, <http://dx.doi.org/10.1520/D4107-08>.
- Currie, L.A. (1968). Limits for qualitative detection and quantitative determination. *Analytical Chemistry*, 40, 586-593.
- Dizman, S., Kağanoğlu, Ç.F., İpek, N., Keser, R. (2018). Assessments of tritium concentration in the some water samples around Rize. *Turkish Journal of Materials*, 3(1), 53-57.
- Dizman, S., Görür, F.K., Keser, R., Görür, O. (2019). The assessment of radioactivity and radiological hazards in soils of Bolu province, Turkey. *Environmental Forensics*, 20, 211-218.
- Dizman, S., Mukhtarli, O. (2021). Tritium concentrations and consequent doses in bottled natural and mineral waters sold in Turkey and Azerbaijan. *Chemosphere*, 267, 128721.
- EC, (1998). Council Directive 98/83/EC of November 3 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, L330/32-330/54.
- Grigorescu, E.L., Cristina Razdolescu, A., Sahagia, M., Luca, A., Ivan, C., Tanase, G. (2002). Standardization of Eu-152. *Applied Radiation and Isotopes*, 56, 435-439.
- Imam, N., El-Sayed, S.M., El-Sherif Goher, M. (2020). Risk assessments and spatial distributions of natural radioactivity and heavy metals in Nasser Lake, Egypt. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 25475-25493.
- Kavun, Y., Boztosun, İ., Dapo, H., Maraş, İ., Segebade, C. (2018). Determination of the

- Sr/Ca ratio of tooth samples by photoactivation analysis in Southern Turkey. *Radiochimica Acta*, 106(9), 759-768.
- Kim, S.B., Rowan, D., Chen, J., Rodgers, C.M.C., Rennie, M.D. (2018). Tritium in fish from remote lakes in northwestern Ontario, Canada. *Journal of Environmental Radioactivity*, 195, 104-108.
- Lickly, T.D., Blanchard, F.A., Takahashi, I.T. (1983). Survey of tritium radioactivity in Lake Huron surface water. *Environment International*, 9, 221-224.
- Ononugbo, C.P., Nwaka, B.U. (2017). Natural Radioactivity and Radiological Risk Estimation of Drinking Water from Okposi and Uburu Salt Lake Area, Ebonyi State, Nigeria. *Physical Science International Journal*, 15(3), 1-15.
- Otansev, P., Taşkın, H., Başsarı, A., Varinlioğlu, A. (2016). Distribution and environmental impacts of heavy metals and radioactivity in sediment and seawater samples of the Marmara Sea. *Chemosphere*, 154, 266–275.
- Palomo, M., Penalver, A., Aguilar, C., Borrull, F. (2007). Tritium activity levels in environmental water samples from different origins. *Applied Radiation and Isotopes*, 65, 1048–1056.
- TCSB, (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Official Journal 25730, Turkey.
- UNSCEAR, (1993). Exposure from Natural Sources of Radiation of Radiation. Report to the General Assembly. United Nations, 1993.
- URL-1, (2020). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/rize/gezilecekyer/ovit-dagbasi-golu>, 02 Şubat 2021.
- WHO, (2004). Guidelines for drinking water quality. First Addendum to the 3rd edn., vol 1 recommendations, 491–493.
- WHO, (2011). Library Cataloguing in Publication Data NLM classification: WA 675.