

TOPRAK ÖRNEKLERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTE (^{226}Ra , ^{232}Th VE ^{40}K) VE RADYASYON TEHLİKELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Serpil AKÖZCAN

Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kırklareli/TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada Türkiye’de Edirne ve Kırklareli arasından toplanan toprak örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları HPGe gama spektrometre sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma alanında ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklid konsantrasyonları sırası ile $10,5\pm 1,0$ ile $33,3\pm 2,7$, $17,4\pm 0,7$ ile $56,0\pm 1,9$ ve $102,1\pm 14,5$ ile $1126,9\pm 15,8$ Bqkg⁻¹ arasında değişmektedir. Bu doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca havada soğurulan gama doz oranı, yıllık etkin doz oranı ve radyum eşdeğer aktivitesi de (R_{aeq}) insanlar için radyasyon tehlikesini belirlemek amacıyla değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: gama, radyonüklid, Kırklareli, Edirne, radyasyon

THE ASSESSMENT OF NATURAL RADIOACTIVITY (^{226}Ra , ^{232}Th AND ^{40}K) and RADIATION HAZARDS IN SOIL SAMPLES

Abstract

In this study, the activity concentration of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K has been measured in the soil samples collected from Edirne between Kırklareli of Turkey using HPGe gamma spectrometer system. The concentration of three radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K) in the studied area has been varied from 10.5 ± 1.0 to 33.3 ± 2.7 , 17.4 ± 0.7 to 56.0 ± 1.9 and 102.1 ± 14.5 to 1126.9 ± 15.8 Bqkg⁻¹, respectively. The activity concentrations of these natural radionuclides were compared with the reported data for other studies. The absorbed dose rate in air, the annual effective dose rate and the radium equivalent activity (R_{aeq}) were evaluated to assess the radiation hazard for people.

Key Words: gamma, radionuclide, Kırklareli, Edirne, radiation

1. Giriş

Doğal radyoaktivite evrenin oluşumundan beri var olan uzun yarı ömürlü doğal radyonüklidler sebebi ile hayatımızın içindedir [1]. ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra ve ^{40}K gibi bu radyonüklidler toprak, sediment, kaya, sahil kumu, hava, bitki, nehir ve okyanus gibi tüm jeolojik oluşumlarda, hatta inşaat malzemelerimizde ve evlerimizde bulunabilirler [2]. Ortamda bulunan doğal radyasyonun ana bileşenden ilki dünyanın oluşumundan bu yana var olan büyük ölçüde uranyum, toryum serilerindeki radyonüklidler ve ^{40}K 'tan ileri gelen çevresel kaynaklı radyasyon, bir diğeri ise kozmik radyasyondur [3].

Bir yerin doğal radyoaktivite seviyesi, bölgenin coğrafik konumu ve jeolojik yapısı gibi birçok etmene bağlı olarak değişiklik gösterebilir [4].

Radyonüklidlerin dağılımı ve ortamdaki radyasyon seviyelerinin bilgisi, hem karasal hem de dünya dışı kaynaklardan ortaya çıkan radyasyon maruziyetinin etkilerini değerlendirmek için önemlidir. İnsanlar sürekli doğadaki iyonlaştırıcı radyasyonların doğal kaynaklarına maruz kalır [5]. Radyasyon doz hesaplarında bölgeye ait doğal kaynaklar ve bu kaynakları oluşturan radyonüklidlerin çevredeki konsantrasyonlarının ve radyasyonun özellikle insanda olmak üzere, biyolojik sistemler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla dünyada ve Türkiye'de birçok çalışma yapılmaktadır [6-9].

Bu çalışmada, Edirne ve Kırklareli illeri arasındaki otoyol boyunca toplanan toprak örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K doğal radyonüklid konsantrasyonları gama spektrometresi ile ölçülmüştür. Ayrıca gama doz oranı, yıllık etkin doz eşdeğeri, radyum eşdeğer aktivitesi gibi radyolojik açıdan önem arz eden parametreler hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

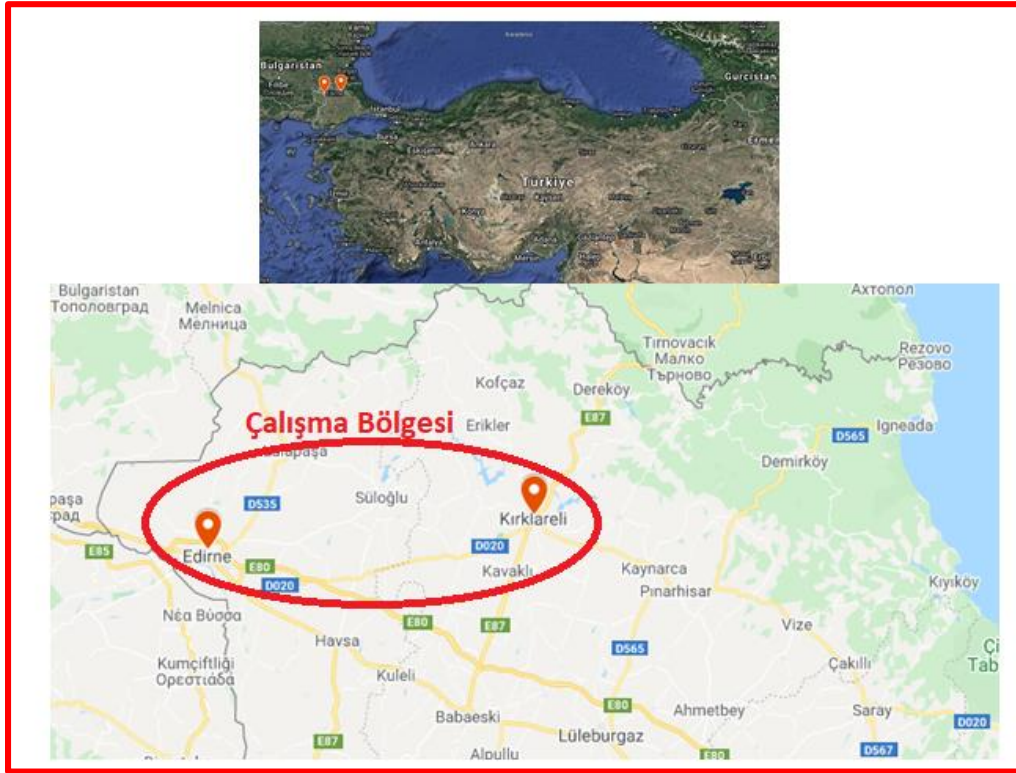
2.1. Örneklerin alınması ve sayıma hazır hale getirilmesi

Bu çalışmada toprak örnekleri Edirne ve Kırklareli arasında bulunan otoyol üzerinde 20 farklı noktadan toplanmıştır. Çalışma bölgesi, Şekil 1'de gösterilmiştir. Daha önceden belirlenen koordinatlarda bulunan noktalardan yaklaşık 1 kg alınan toprak örnekleri, naylon poşetlere konularak numaralandırılmış ve laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvara götürülen örneklerin her birinin ağzı açılarak havalandırılmış ve sonrasında $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ etüvde 1 gün süresince kurutulmuştur.

Kurutulan toprak örnekleri öğütülmüş ve sonrasında 2 mm gözenekli elekten geçirilmiştir. Tüm bu işlemler sonrasında toprak örnekleri, hava geçirmeyen polietilen kaplara konularak içindeki radyonüklidlerin radyoaktif dengeye gelmeleri için 4-5 hafta süreyle bekletilmiştir. Bu süre sonunda, radyonüklid konsantrasyonlarının belirlenmesi için her bir örnek yüksek saflıkta germanyum dedektöründe (HPGe) eşit sürede (86400 s) sayılmıştır.

2.2. Gamma Spektrometre Sistemi

Çalışmada toprak örneklerindeki radyonüklidlerin analizleri Kırklareli Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi'nde bulunan % 70 relatif verime sahip Ortec GEM 70P4-95 model HPGe koaksiyel detektörlü gama spektrometre sistemi kullanılarak yapılmıştır [10].



Şekil 1: Çalışma Alanı

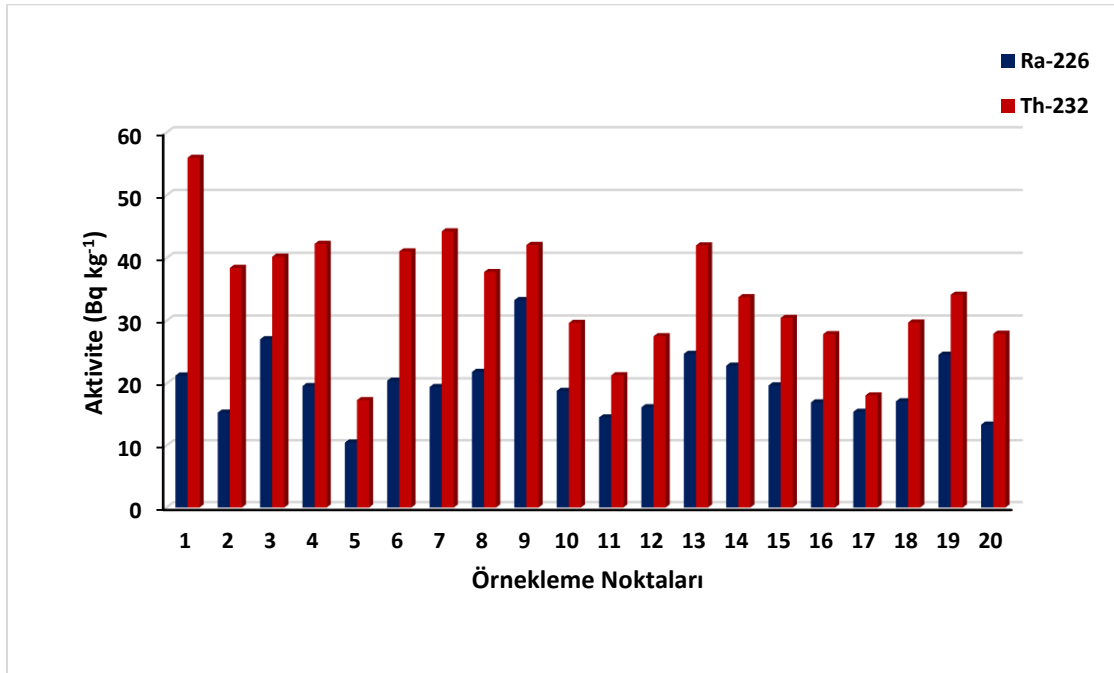
3. Sonuçlar

3.1. Toprak Örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K Radyonüklid Konsantrasyonları

Çalışmada toprak örneklerinde doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları ^{226}Ra için 10,53 ile 33,3 Bqkg⁻¹ arasında, ^{232}Th için 17,4 ile 56,0 Bqkg⁻¹ arasında, ^{40}K için 102,1 ile 1126,9 Bqkg⁻¹ arasında bulunmuştur. 20 farklı noktadan toplanan toprak örneklerinde elde edilen ^{226}Ra ve ^{232}Th konsantrasyonlarının değişimi Şekil 2, ^{40}K konsantrasyonlarının değişimi ise Şekil 3'de gösterilmiştir.

UNSCEAR verilerine göre toprakta dünya ortalaması ^{226}Ra için 35 Bqkg⁻¹, ^{232}Th konsantrasyonu 30 Bqkg⁻¹ ve ^{40}K konsantrasyonu 400 Bq kg⁻¹ olarak verilmektedir [11].

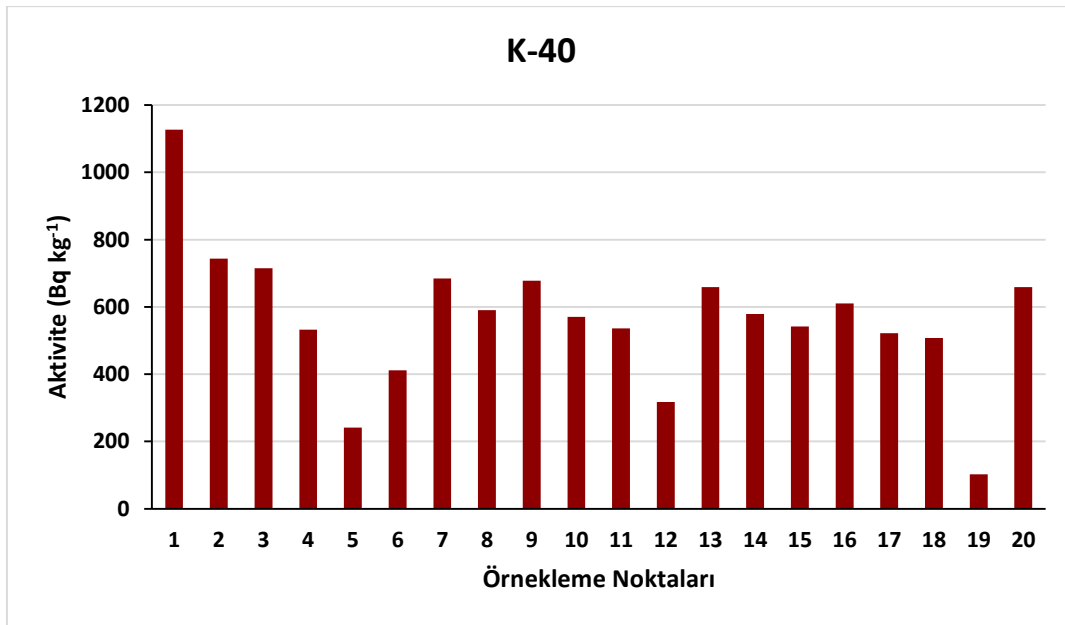
Bu çalışmada, ^{226}Ra için 19,7 Bqkg⁻¹ olarak hesaplanan ortalama aktivite konsantrasyon değerleri dünya ortalamasından düşük, ancak ^{232}Th (ortalama değer 34,1 Bqkg⁻¹) ve ^{40}K (ortalama değer 566,3 Bqkg⁻¹) için hesaplanan ortalama aktivite konsantrasyon değerleri ise dünya ortalamasından yüksek bulunmuştur.



Şekil 2: Toprak örneklerinde ^{226}Ra ve ^{232}Th konsantrasyonlarının değişimi

Çalışmada bulunan doğal radyonüklid konsantrasyonları literatürde yapılan başka çalışmalarla karşılaştırıldığında yakın değerler çıktığı görülmüştür. Yarar ve Kam tarafından Tekirdağ'da

yapılmış bir çalışmada topraktaki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları ortalama olarak sırası ile 36,29; 40,19 ve 578,52 Bqkg^{-1} olarak bulunmuş olup çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile uyum içerisinde [12]. Kırklareli’nde yapılan bir diğer çalışmada ise toprakta ortalama ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları sırası ile 37, 40 ve 667 Bqkg^{-1} olarak bulunduğu görülmüştür [13]. Toprakta doğal radyonüklid konsantrasyonları bölgenin jeolojik yapısı ve kullanılan gübre ve benzeri kimyasallar için de değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Günay ve arkadaşları tarafından Ganos fay hattında yapılan bir çalışmada ise ortalama ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları sırası ile 17, 27 ve 445 Bqkg^{-1} olarak bulunmuş olup çalışmamızla uyum içerisinde [14].



Şekil 3: Toprak örneklerinde ^{40}K konsantrasyonlarının değişimi

3.2. Radyolojik Tehlike İndeksleri

3.2.1. Soğurulan Gama Doz Hızı (D)

Çevrede bulunan radyoaktif kaynaklardan meydana gelen gama radyasyonunun sağlık üzerinde oluşturduğu etki toprak yüzeyinden 1 m yükseklikteki soğurulan gama radyasyon doz hızı (D) ile ifade edilir [8]. UNSCEAR raporuna göre, dönüşüm katsayıları ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için sırasıyla, 0,462, 0,604 ve 0,0417 olarak alınır [11]. Bu katsayılar kullanılarak havada soğurulan doz oranı (D, nGyh^{-1}) aşağıdaki formül olarak hesaplanabilir:

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = 0,462 A_{\text{Ra}} + 0,604 A_{\text{Th}} + 0,0417 A_{\text{K}} \quad (1)$$

Burada A_{Ra} , A_{Th} , A_K sırası ile topraklarda ölçülen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarıdır ve birimi $Bq\ kg^{-1}$ dir [11].

Bu çalışmada toprak örneklerinde ölçülen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları kullanılarak tayin edilen gama radyasyon doz hızı değerleri 19,6 ile 96,2 $nGy\ h^{-1}$ arasında değişmektedir. Çalışmada ortalama soğurulan gama radyasyon doz hızı 53,3 $nGy\ h^{-1}$ olarak hesaplanmış olup, ortalama soğurulan gama radyasyon doz hızının Dünya ortalamasından (59 $nGy\ h^{-1}$) daha düşük olduğu görülmüştür [11].

3.2.2. Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (AEDE)

Yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE) insanların farklı radyasyon kaynaklarına dış ışınlanmaları sebebi ile 1 yıl süresince maruz oldukları radyasyon dozu olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik (2) ile hesaplanır;

$$AEDE (\mu Sv\ y^{-1}) = [D(nGy\ h^{-1}) \times 0,7\ Sv\ Gy^{-1} \times 8760\ h/y \times 0,2] \times 10^{-3} \quad (2)$$

Burada kullanılan meşguliyet faktörü insanın bir günde vaktinin ne kadarını iç ya da dış mekanlarda geçirdiğini belirtmektedir ve dönüşüm katsayısı olarak $0,7\ SvGy^{-1}$, dış mekan kullanımı katsayısı ise 0,2 olarak alınmaktadır [11].

Çalışmada AEDE değerlerinin 24,04 ile 118,00 $\mu Sv\ y^{-1}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Dış gama radyasyonundan kaynaklanan yıllık etkin doz eşdeğer için dünya ortalaması 70 $\mu Sv\ y^{-1}$ olarak verilmiştir [11]. Buna göre çalışmada elde edilen ortalama yıllık etkin doz değeri ($65,40\ \mu Sv\ y^{-1}$) dünya ortalama değerinin altında bulunmuştur.

3.2.3. Radyum Eşdeğer Aktivitesi (Ra_{eq})

Toprakta ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K dağılımı eşit değildir ve bu sebeple birleşik radyolojik etkilerinin karşılaştırılması için, radyum eşdeğeri aktivite (Ra_{eq}) adı verilen ortak bir indeks kullanılmıştır [15]. Radyum eşdeğer aktivitesi (Ra_{eq}) aşağıdaki ifade ile hesaplanır:

$$Ra_{eq} (Bq\ kg^{-1}) = A_{Ra} + 1,43\ A_{Th} + 0,07\ A_K \quad (3)$$

Burada, A_{Ra} , A_{Th} ve A_K sırası ile topraklarda ölçülen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarıdır ve birimi $Bqkg^{-1}$ 'dir.

Çalışmada toprak örneklerinde hesaplanmış ortalama Ra_{eq} değeri $108,14 Bg kg^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dünya' da radyum eşdeğer aktivitesi için müsaade edilen maksimum değer $370 Bgkg^{-1}$ olarak belirlenmiş olup çalışmada elde edilen sonuçların bu değer altında olduğu görülmüştür [11].

3.2.4. Yaşam Boyu Kanser Riski (ELRC)

Yaşam boyu kanser riski aşağıdaki formül ile hesaplanır [16]:

$$ELRC = AEDE \times DL \times RF \quad (4)$$

Burada AEDE, DL ve RF sırasıyla yıllık etkin doz eşdeğeri, yaşam süresi (70 yıl) ve risk faktörü (Sv^{-1}) dür. Stokastik etkilerde risk faktörü değeri toplum için önerilen değeri 0,05' dir [17].

Çalışmada yaşam boyu kanser riski ortalama değeri $0,23 \times 10^{-3}$ ($0,08 \times 10^{-3}$ ile $0,41 \times 10^{-3}$) olarak bulunmuş olup, dünya ortalaması olan $0,29 \times 10^{-3}$ değerinin altındadır.

4. Tartışma

Bu çalışmada Türkiye Trakya bölgesinde bulunan Edirne ve Kırklareli illeri arasında otoyol kenarından toplanan topraklarda doğal radyonüklid (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) konsantrasyonları HPGe dedektörlü gama ışın spektroskopi tekniği kullanılarak ölçülmüştür. ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'un ortalama konsantrasyonları sırası ile $19,69$, $34,13$ ve $566,14 Bqkg^{-1}$ olarak tayin edilmiştir. Ayrıca radyolojik açıdan tehlike indekslerinden havada soğurulan doz oranı (D), yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE), radyum eşdeğer aktivitesi (Ra_{eq}) için ortalama değerler sırası ile $53,33 nGyh^{-1}$, $65,40 \mu Svy^{-1}$, $108,14 Bgkg^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Çalışmada toprakta ölçülen doğal radyonüklid konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan tüm radyolojik tehlike indekslerinin dünya için belirlenen müsaade edilen sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların, doğal olarak oluşan radyonüklidlerin etkisine ilişkin gelecekteki tahminler ve çalışmalar için değerli bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Kırklareli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen KLÜBAP177 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Mavi, B., Akkurt, I., Natural radioactivity and radiation hazards in some building materials used in Isparta, Turkey. *Radiat. Phys. Chem.*, 79, 933–937, 2010.
- [2] Wang, O., Song, J., Li, X., Yuan, H., Li, N., Cao, L., Environmental radionuclides in a coastal wetland of the Southern Laizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 97, 506-511, 2015.
- [3] Akkaya, G., Bursa ili Toprak Numunelerinde Radyonüklid Dağılımının incelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-108, 2011.
- [4] Dizman, S., Rize ili ve ilçelerindeki doğal gamma radyoaktivite düzeyinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [5] Monica, S., Visnu Prasad, A.K., Soniya, S.R., Jojo, P.J., Comparison of Gamma Dose Levels Assessed by Various Methods. *Materials Today: Proceedings*, 16, 776–783, 2019.
- [6] Aközcan, S., Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Küçük Menderes Basin, Turkey, *Environ Earth Sci.*, 71, 4611–4614, 2014.
- [7] Chandrasekaran, A., Rajalakshmi, A., Ravisankar, R., Vijayagopal, P., Venkatraman, B., Measurements of Natural Gamma Radiations and Effects of Physico-Chemical Properties in Soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu India with Statistical Approach. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 531 – 538, 2015.
- [8] Günay, O., İstanbul-Beykoz'daki Bazı Toprak Örneklerinde Doğal Radyoaktivite ve Radyolojik Parametre Tayini. *European Journal of Science and Technology*, 12, 9-14, 2018.
- [9] Celik, İ. C., Kosal, M., Assessment of Environmental Radioactivity and Health Hazard in Soil, Water, and Stone Samples in Siverek Town of Sanliurfa Province in Southeastern Turkey. *Procedia Computer Science*, 158, 125–134, 2019.
- [10] Öztürk, M. B., Dereköy, Hamzabeyli Ve Pazarkule Sınır Kapılarından Alınan Topraklarda Radyonüklid Miktarının Ölçülmesi Ve Doz Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-37, 2016.



- [11] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Sources and effects of ionizing radiation, Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, United Nations, New York, 2000.
- [12] Yazar, Y., Kam, E., Environmental radioactivity concentrations of Tekirdag. Int Congr Ser 1276, 387–389, 2005.
- [13] Taskin, H., Karavus, M., Ay, P., Topuzoglu, A., Hidiroglu, S., Karahan, G., Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. J Environ Radioact 100, 49–53, 2009.
- [14] Günay, O., Saç, M.M., İçhedef, M., Taşköprü, C., Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF). International Journal of Environmental Science and Technology, 16, 5055–5058, 2019.
- [15] Mehra, R. Sinhg, M., Estimation of radiological risk due to concentration of ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soils of different geological origins in northern India. Turk J Phys., 36, 289 – 297, 2012.
- [16] Başaran, H., Nevşehir İlinde Kanser Yoğunluğu Gözlenen Yerleşim Birimlerinin Yüze Y Topraklarının Radyolojik Açıdan İncelenerek Yıllık Etkin Doz Eşdeğerlerinin Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [17] ICRP, Recommendations of the ICRP: Annals of the ICRP (International Commission on Radiological Protection) , Volume 37, 2-4, 2007.