

## İğdır Yöresinde Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ<sup>1</sup>, Volkan GÖKSU<sup>2</sup>, Hüseyin ERTAP<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada İğdır yöresine ait toprak ve sudaki radyoaktivite incelenmiştir. Bu amaçla İğdır ilinin değişik noktalarından alınan toprak ve su örneklerinin radyoaktif çekirdek konsantrasyonları ve ev içi radon konsantrasyonları belirlendi. İğdır ili sınırları içerisinde 11 farklı noktadan alınan toprak örneklerinin gamma spektrometrik analizi Canberra marka HPGe dedektörü kullanılarak yapılmıştır. İlgilenilen alanlarda topraktaki ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla, <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K için 15.7, 18.3 ve 332.6 Bq kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bunlara ek olarak, fisyon ürünü olan <sup>137</sup>Cs konsantrasyonu 17.7 Bq kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Aras nehrinden alınan su örnekleri, Berthold LB770 marka düşük doğal fonlu bir alfa/beta sayım sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları için belirtilmiş olduğu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmüştür. İğdır ili ev içi ortalama radon konsantrasyonu ise pasif CR-39 nükleer iz dedektörleri kullanılarak 105.62 Bq m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Alfa, beta, İğdır, radon, su, toprak

## Determination of Environmental Radioactivity in the Iğdır Region

**ABSTRACT:** In this study, radioactivity existing in soil and water is analyzed in the region of Iğdır. For this purpose, the radioactivity concentrations of soil and water samples collected from different points along the Armenia boundary of Iğdır and indoor radon concentrations were determined. Gamma spectrometric analysis of soil samples collected from different points of Iğdır was performed by using the Canberra and an HPGe detector. The radionuclide activity concentrations in 11 soil samples collected from the study area were measured through gamma-ray spectrometry. The average activity concentration of soil samples in the investigated area were determined as 15.7, 18.3 and 332.6 Bq kg<sup>-1</sup> for the natural radionuclides <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K, respectively. In addition to these, the fission product of <sup>137</sup>Cs concentration was determined 17.7 Bq kg<sup>-1</sup>. The radioactivity levels of 12 water samples taken from Aras River were analyzed. The gross-alpha and gross-beta activities were determined using a Berthold LB770 an alpha/beta counter of low background multiple detector type system. According to the data collected, it is found that maximum levels which are determined by the World Health Organization not achieved. In this study, track etch film (CR-39) was used to determine the distribution of radon levels in dwellings. The average indoor radon concentration was obtained as 105. 62 Bq m<sup>-3</sup>.

**Keywords:** Alpha, beta, Iğdır, radon, soil, water

<sup>1</sup> Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kars, Türkiye

<sup>2</sup> Kafkas Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği, Kars, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gülçin BİLGİCİ CENGİZ, gulcincengiz@kafkas.edu.tr

## GİRİŞ

İnsanlar ve diğer canlılar yaşamları süresince uzaydan gelen ve yeryüzünden yayınlanan radyasyonlar nedeniyle iyonlaştırıcı bir radyasyon ortamı içinde yaşamaktadırlar. İçinde yaşadığımız dünyada her şey az miktarda da olsa radyoaktif atomlar içermektedir; yer kabuğu, solunan hava, gıdalar ve güneş sistemi doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Çevresel doğal radyoaktivite dünyanın yapısında bulunan ve çok uzun yarı ömürlü radyoaktif çekirdeklerden (Uranyum, Toryum ve Radyum gibi) meydana gelir veya kozmik radyasyonların etkileşimi sonucunda oluşur.

Dünya, daima dış uzaydan gelen kozmik radyasyonların etkisindedir. Diğer taraftan, insanlar yapay radyoaktif maddelerin endüstriyel ya da tıbbi amaçlı uygulamalarından dolayı radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bunun yanında nükleer denemeler ve nükleer reaktör kazaları sonucunda atmosfere yayılan radyoaktif maddeler kuru serpinti ve yağışlarla toprağa, suya ve bitki örtüsüne bulaşmaktadır. Toprak, su ve bitkilerde biriken radyoaktif maddeler yerel ve bölgesel radyoaktiviteyi önemli oranda etkilemektedir.

Çevresel ışımalara maruz kalma bölgeden bölgeye değişebilmekte, birbirlerine yakın yerler arasında da farklılıklar gösterebilmektedir. Sulardaki radyoaktivite iki şekilde meydana gelmektedir. Birincisi, suların geçtikleri bölgelerdeki kaya veya toprak ile temasıyla bunlarda bulunan radyoizotopları çözerek bünyelerine almaları veya yağmur suları tarafından çözülerek içme sularına taşınmasıdır.

İkincisi ise, atıklar veya kazalar sonucunda radyoizotopların suya karışmasıdır. Yer altı suları alt tabakalarda fazlaca bulunan volkanik ve granit kayalarla etkileşimleri sebebiyle yüzey sularına nazaran daha fazla aktiftirler (Gelir, 2001). Radon; eser miktarda uranyum içeren toprak, kum, kaya veya bunlardan yapılan yapı malzemeleri

ve yapay gübreler gibi daha birçok maddeden yayınlanan, doğal bir radyoaktif gaz olup çok küçük konsantrasyonlarda olmak üzere hemen her yerde bulunmaktadır. Bu nedenle radon ve radonun bozunma ürünleri olan radyoaktif katı taneciklerin solunması, insanların maruz kaldıkları iç radyasyon dozlarının başlıca kaynağını oluşturmaktadır (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR, 1982).

UNSCEAR 2000 raporunda dünya insanların maksimum alacakları ortalama yıllık ev içi gamma ışınlamaları 1.2 mSv olarak belirtilmiştir (UNSCEAR, 2000).

Alınan radyasyon dozu arttıkça kanser olma riskinin de arttığı bilinmektedir. Kanser riskinin azaltılması veya kontrol altında tutulabilmesi için insanların maruz kaldıkları radyasyonun sınırlandırılması ve dozun tespit edilmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada Iğdır ili çevresel radyoaktivite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Iğdır ilinin coğrafi konumu ve sınır komşusunda bulunan METSAMOR Nükleer Santralinin varlığı, bu çalışmanın yapılmasında önemli bir faktördür.

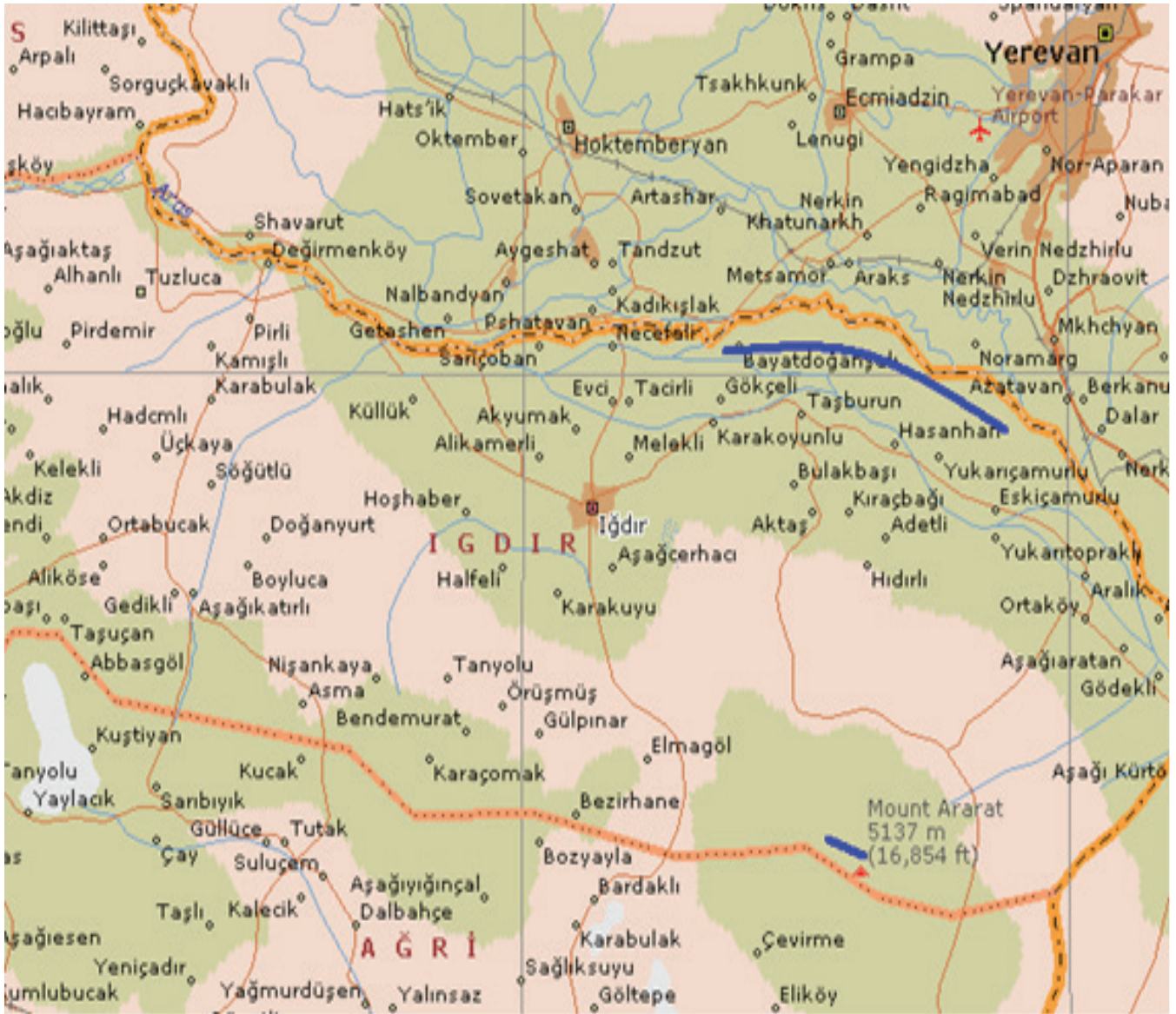
Ayrıca bu çalışmada, Iğdır ili toprak numunelerinin içerdiği radyoaktif çekirdeklerin konsantrasyonları ve Aras nehrinden alınan su örneklerinin toplam alfa ve beta radyoaktivitesi belirlenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanı

Bu çalışmada ölçüm sahası olarak seçilen Iğdır ili sınırları içinde bulunan Aras nehri kıyısı boyunca çeşitli noktalardan alınan toprak ve su örneklerinin içerdiği radyoaktif çekirdek konsantrasyonları ve ev içi radon konsantrasyonları belirlenmiştir.

Örneklerin toplandığı bölge Şekil 1’de Iğdır ili haritası üzerinde mavi çizgi ile gösterilen bölgedir.



Şekil 1. İğdir ili su ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

### Topraktaki Doğal Radyoaktivitenin Ölçümü

Toprak örneklerinin içermiş olduğu doğal radyoaktif çekirdek konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla, 11 değişik noktadan toprak örnekleri alınarak gamma spektrometrik analizleri yapılmıştır. Toprak örneği alınırken yüzeyde bulunan taş, ot, çimen, çöp gibi yabancı maddelerden temizlenmiş ve numune toplama amacıyla 25 cm çaplı ve 5 cm yükseklikli bir numune toplama kabı ile 1 m<sup>2</sup>'lik çalışma alanının dört köşesinden örnekler alınıp poşetlere konularak numaralandırılmışlardır. Toplanan örnekler laboratuvar ortamında kâğıt altlıklar üzerine serilerek yaklaşık 1 hafta süresince

oda şartlarında kurutulup karıştırıcı yardımı ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Öğütülmüş örnekler homojenliğin sağlanması amacıyla 10 mesh'lik elekten geçirilerek ve darası alınmış numune kaplarına doldurularak tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir.

Örnekleri gamma spektrometrik ölçme işlemine hazır hale getirilebilmek için kapak kısımları parafilm ile kapatılarak sızdırmazlığı sağlanmıştır. Daha sonra sızdırmazlığı sağlanmış bu numuneler 45 gün süreyle bekletilmişlerdir. Böylece hazırlanan örneklerin içlerinde bulunan radyoaktif çekirdeklerin kendi bozunum ürünleriyle dengeye gelmeleri

sağlanmıştır. Bu süre sonunda her bir örnek gamma spektrometre cihazına konularak 50.000 s sayılmıştır. Bu çalışmadaki gamma spektrometrik ölçümlerinde Canberre marka HPGe dedektörü kullanılmıştır. Topraktaki radyoaktivite değerlerinin belirlenmesi süresince kullanılan gama spektrometrik analiz sistemi; etrafı kurşunla zırhlanmış yüksek ayırma gücündeki germanyum dedektör, ön yükseltici, yüksek voltaj filtresine sahip güç kaynağı, yükseltici, analog dijital dönüştürücü, çok kanallı analizör ve bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.

HPGe dikey eksenli, 30 litrelik sıvı azot kabına monte edilmiş, dedektör etrafına 1 litrelik marinelli kaplarının sığabileceği ve 40 cm iç boşluk bırakılmış şekilde kurşun zırhlama yapılmıştır. Bilgisayar hafızasında toplanan spektrumların Accuspec yazılımı ile analiz edilebilmesi için önceden dedektörün önüne konulan enerjileri bilinen çekirdeklerden oluşmuş Cs-137 ve Co-60 radyoaktif standart kaynakları (IAEA-375) ile 0-2000 keV enerji spektrumu aralığında enerji kalibrasyonu yapılmıştır. Yapılan bu enerji kalibrasyonu sayesinde numunenin gamma spektrumunda bulunan radyoaktif çekirdek türleri enerjilerine bakılarak belirlenmiştir.

### Sudaki Doğal Radyoaktivitenin Ölçümü

Su örnekleri hazırlanırken 20 ile 500 ml arasında numune alınmıştır. Alınan numune bir behere aktarılır ve 50-60 °C'lik ısıda buharlaştırılmaya bırakılmıştır. Buharlaştırma işlemine numunenin % 10' u kalıncaya kadar devam edilmiştir. Buharlaşma esnasında beherin duvarlarına yapışan maddeleri önlemek için beherin içine birkaç damla %1'lik HCl veya HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir.

Buharlaşma işlemi, beherde kalan su önceden darası ve boş sayımı alınmış planşet içine taşmayacak şekilde azar azar aktararak kuruluk kalacak şekilde devam edilmiştir (bu işlem düşük ısıda sıcak plaka üzerinde yapılır). Buharlaşma bittikten sonra planşet içinde kalan tortu (kalıntı) tartıldıktan sonra 105 °C'deki etüv içerisine konularak iyice kurutulmuştur. Böylece numune sayıma hazır bir duruma gelmiştir. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken husus planşet içindeki tortunun homojen bir şekilde dağıtılmış olmasıdır.

### Ev İçi Radon Ölçümü

Bu çalışma süresince Iğdır yöresindeki evlerde <sup>222</sup>Rn konsantrasyonlarını ölçmek için, Türkiye Atom Enerjisi Kurumun (TAEK)'dan temin edilen CR-39 dedektörleri kullanıldı. Bu dedektörler, camın optik özellikleri ile mekanik ve fiziksel özellikleri birleştirilerek yapılmış ve ısı altında sertleştirilmiş bir tür plastik kullanılarak üretilmiştir.

CR-39 plastiği, (20x20x0.25) mm boyutlarında kesilerek 50-100 cm<sup>3</sup>'lük plastik kapların içine yerleştirilmiştir. Radon ve bozunma ürünlerinin yayınladıkları alfa tanecikleri, difüzyon kaplarının içine girerek dedektörle etkileşmekte ve dedektör yüzeyinde gözle görülemeyecek büyüklüklerde izler oluşturmaktadır. 223 günlük bekleme sürecinin sonunda toplanan dedektör üzerindeki alfa izlerinin görülebilir hale getirilebilmesi için kimyasal iz kazıma işlemine başvurulmuştur. Bu işlem esnasında dedektör %30'luk NaOH çözeltisinde, 70 °C sıcaklıkta, bir etüv içinde 17 saat tutulmuştur. Daha sonra saf su ile iyice temizlenen dedektör üzerinde alfa izleri, 500 büyütmeli bir mikroskopla rahatça gözlenerek TAEK'te sayılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Toprakta Radyoaktivite

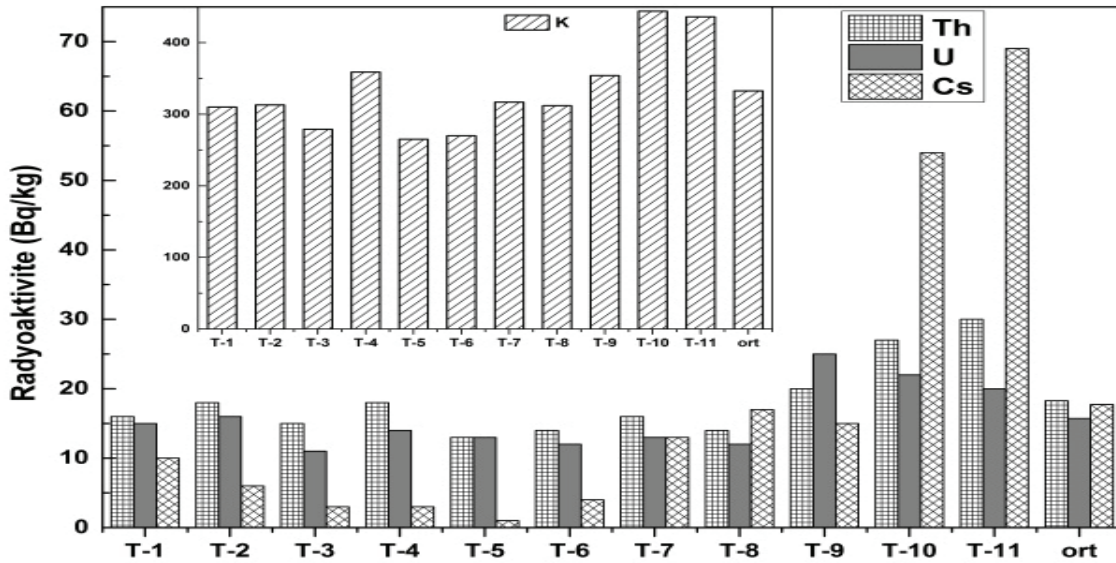
Toprak örneklerinin analizinde <sup>238</sup>U aktivitesi için; <sup>214</sup>Pb'nin 295 keV'lik fotopiki, <sup>214</sup>Pb'nin 352 keV'lik fotopiki ve <sup>214</sup>Bi'nin 609.3 keV'lik fotopiki kullanılmıştır. <sup>232</sup>Th aktivitesi için; <sup>208</sup>Tl'in 583 keV'lik fotopiki ve <sup>228</sup>Ac'nin 911 keV'lik fotopiki, <sup>40</sup>K aktivitesi için 1461 keV'lik fotopik ve <sup>137</sup>Cs aktivitesi için 662 keV'lik fotopik kullanılmıştır.

Iğdır ili toprak örneklerinde tespit edilen radyoizotopların aktivite konsantrasyon değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. T-9, T-10 ve T-11 istasyonları Ağrı dağında bulunan Meteor çukuru ve etrafından alınan toprak örnekleri bu bölgedeki volkanik yapılardan oluşmaktadır. Bundan dolayı, bu istasyonlara ait olan toprak örneklerinin <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs doğal radyoaktivite konsantrasyonları diğer istasyonlara oranla daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 1. İğdır ili toprak örneklerindeki radyoaktif çekirdeklerin aktivite konsantrasyonları (Bq kg<sup>-1</sup>)

Örnek Adı	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
T-1	15±3	16±2	310±29	10±4
T-2	16±4	18±3	313±32	6±3
T-3	11±2	15±4	279±28	3±2
T-4	14±3	18±3	359±35	3±1
T-5	13±4	13±4	265±28	1±1
T-6	12±4	14±3	270±29	4±2
T-7	13±3	16±2	317±33	13±3
T-8	12±4	14±2	312±32	17±3
T-9	25±5	20±4	354±31	15±4
T-10	22±3	27±5	444±46	54±8
T-11	20±4	30±6	436±45	69±9

Şekil 2’de alınan toprak örneklerindeki <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs radyoizotoplarının dağılımı gösterilmiştir.

Şekil 2. İğdır toprak örneklerindeki <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs radyoizotoplarının dağılımı

Dünyanın değişik yerlerinde yapılan ölçümlerde toprakta doğal olarak bulunan <sup>40</sup>K’in aktivite konsantrasyonu, <sup>238</sup>U ve <sup>232</sup>Th aktivite konsantrasyonlarından önemli ölçüde yüksek olarak elde edilmiştir (UNSCEAR, 2000). İğdır ili toprak örneklerinden de görülebileceği gibi, <sup>40</sup>K’in aktivite konsantrasyonu diğer radyoizotop

konsantrasyonlarından oldukça yüksektir. <sup>40</sup>K için, UNSCEAR 1982 ve 2000 raporlarında sırasıyla 370 ve 400 Bq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen <sup>40</sup>K’in ortalama aktivite konsantrasyonu 333 Bq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir ve bu değer buradaki raporlarda verilen değerlerin altındadır. <sup>232</sup>Th ve <sup>238</sup>U radyoizotoplarının bulunan aktivite konsantrasyonları ise, UNSCEAR

2000 raporunda verilen dünya ortalamalarının altında bulunmuştur.  $^{137}\text{Cs}$  nükleer denemeler veya nükleer santrallerde meydana gelen kazalar sonucu atmosfere atılmaktadır. Havadan gelen radyoaktivitenin önemli bir kısmının toprakta biriktiği bilinmektedir (OECD Nuclear Energy, 1979). Bilindiği gibi 1986 yılında Rusya'nın Çernobil yerleşim bölgesinde meydana gelen reaktör kazası nedeniyle, birçok ülke gibi, Türkiye de Çernobil'den yayılan radyoaktif maddelerin meydana getirdiği kirlilikten etkilenmiştir.

Kestanbol toprak örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  ortalama değeri  $18 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{40}\text{K}$  ortalama değeri  $1207 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{238}\text{U}$  ortalama değeri  $107 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ortalama değeri

$153 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ortalama değeri  $192 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Merdanoğlu, 2004).

Tekirdağ toprak örneklerindeki  $^{137}\text{Cs}$  ortalama değeri  $4.54 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{40}\text{K}$  ortalama değeri  $579 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{238}\text{U}$  ortalama değeri  $25 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ortalama değeri  $36 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ortalama değeri  $39 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Kam v.d, 2004). Amerika'daki toprak örneklerindeki  $^{238}\text{U}$  ortalama değeri  $37 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ortalama değeri  $41 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ortalama değeri  $37 \text{ Bq kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Myrick v.d, 1983). Dünyanın değişik bölgelerinde incelenen toprak örneklerinden elde edilen gamma spektrometrik analiz sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmektedir.

**Çizelge 2.** Dünyanın değişik bölgelerinde ölçülen topraktaki radyonüklid içerikleri (UNSCEAR, 2000)

Ülke Adı	Topraktaki Konsantrasyon ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )			
	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$
U.S.A	370	35	40	35
Cin	440	33	32	41
Japonya	310	29	33	28
Kazakistan	300	37	35	60
Ermenistan	360	46	51	30
İran	640		28	22
Almanya	40-1340	11-330	5-200	7-134
İngiltere			37	
Bulgaristan	400	40	45	30
Rusya Fed.	520	19	27	30
Kıbrıs	140		17	
Yunanistan	360	25	25	21
Portekiz	840	49	44	51
İspanya	470		32	33
<b>Ortalama Değer</b>	400	35	35	30
<b>İğdır İli</b>	333	16	19	18

### Sudaki Radyoaktivite Değeri

Canlıların doğal ihtiyacı olan su, hayatın devamı için ne kadar gerekli ise sağlık açısından da sulardaki radyasyon miktarını ölçmek, radyasyon seviyesini belirlemek ve bir standart getirmek de o kadar

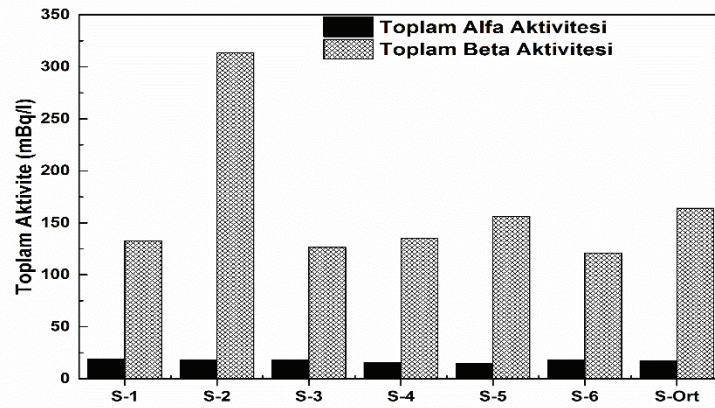
önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Korunma Ajansı (EPA) tarafından tavsiye edilen içme suları için radyoaktivite sınırları, toplam alfa için  $0.1 \text{ Bq l}^{-1}$  ve toplam beta için  $1 \text{ Bq l}^{-1}$  olarak kabul edilmiştir. İçme suları için WHO ve EPA'nın bu tavsiyeleri Türk Standartlar Enstitüsü (TSE)'nin 1984

yılında yayınladığı TS-226 nolu raporunda ve İSKİ'nin 1984 yılında yayınladığı içme suyu standardına da uygun bulunmuş ve içme suyu için tavsiye edilen radyoaktivite sınırları belirlenmiştir. WHO'nun içme suları için tavsiye ettiği sınır değerler suyun, ömür boyu tüketilmesi durumunda insanın alacağı radyasyon

dozunun sağlık yönünden herhangi bir hasarın oluşturmayacağı fikrinden hareketle tespit edilmiştir. İğdir ili Aras Nehri sularından alınmış numunelerin sayım sonuçları Çizelge 3'te verilmiş ve Aras Nehri sularına ait toplam alfa ve beta aktiviteleri Şekil 3'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** İğdir ili Aras nehri sularının toplam alfa ve beta radyoaktivite konsantrasyonları

Örnek Adı	Toplam Alfa Aktivitesi (Bq l <sup>-1</sup> )	Toplam Beta Aktivitesi (Bq l <sup>-1</sup> )
S-1	0.0190±0.0023	0.1328±0.0038
S-2	0.0180±0.0027	0.3135±0.0049
S-3	0.0181±0.0035	0.1263±0.0048
S-4	0.0155±0.0024	0.1349±0.0047
S-5	0.0151±0.0023	0.1564±0.0043
S-6	0.0179±0.0034	0.1206±0.0044



**Şekil 3.** Aras Nehri sularına ait toplam alfa ve beta aktiviteleri.

Toplam alfa aktifliğinin 0.0151±0.0023 Bq l<sup>-1</sup> ile 0.0190±0.0023 Bq l<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve ortalama alfa aktifliği 0.0173±0.0028 Bq l<sup>-1</sup> değerini aldığı bulunmuştur. Toplam beta aktifliği değeri ise 0.1206±0.0044 Bq l<sup>-1</sup> ile 0.3135±0.0049 Bq l<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve ortalama beta aktifliği değeri de 0.1641±0.0045 Bq l<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Fırtına deresinde yapılan çalışmada toplanan su örneklerinin toplam alfa ve beta aktiviteleri sırasıyla 0.0124 ile 0.0662 Bq l<sup>-1</sup> ve 0.0279 ve 0.1333 Bq l<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmüştür (Keser, 2004). Malatya ve ilçelerinin içme sularında yapılan bir çalışmada, toplam alfa ve beta aktiviteleri sırası ile 0.1185±0.0100 Bq l<sup>-1</sup> ve 0.2078±0.0122 Bq l<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır

(Yalçın, 2002). Tekirdağ ili içme sularında yapılan bir çalışmada toplam alfa aktivitesi 0.0037±0.0025 Bq l<sup>-1</sup> ile 0.1392±0.0059 Bq l<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Toplam beta aktivitesi ise 0.0218±0.0032 Bq l<sup>-1</sup> ile 0.2174±0.0040 Bq l<sup>-1</sup> arasında değişmektedir (Kam v.d, 2004). Batı Anadolu'daki Emendere termal kaplıcalarında yapılan çalışmada, ortalama toplam alfa aktifliği 0.168 Bq l<sup>-1</sup>, ortalama toplam beta aktifliği ise 0.144 Bq l<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Topçuoğlu v.d, 2003). Elde ettiğimiz sonuçların Fırtına deresinin sonuçları ile yaklaşık olarak örtüştüğü fakat Malatya içme sularına ait değerlerden fazla olduğu görülmektedir. Aras nehrinin toplam alfa ve beta değerlerinin içme sularının olması gereken standartların altındadır.

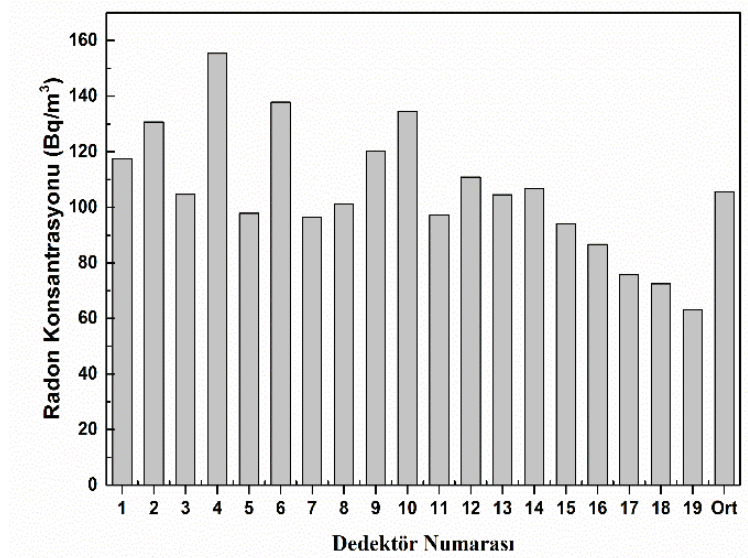
### Ev İçi Radon Konsantrasyonu

İnsanların doğal radyasyon kaynaklarından aldığı eşdeğer doza en büyük katkıyı radon solunumu yapmaktadır.  $^{222}\text{Rn}$ 'nin asıl kaynağı uranyum olduğu için, radon konsantrasyonu yer kabuğu üzerinde bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Kalibrasyon için 30 tane dedektör hazırlanmıştır. Hazırlanan bu dedektörler ikili gruplar halinde 1 ile 5 gün süreler ile radon kalibrasyon odasına konulup ışlandıktan sonra alınarak kimyasal iz kazıma işlemine maruz bırakılmıştır. Bu işlemler sonucunda,

CR-39 dedektörlerindeki iz sayılarına karşı gelen radon konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılacak olan kalibrasyon faktörü  $4 \text{ kBq m}^{-3} \text{ izsayısı}^{-1}$  saat olarak bulunmuştur. Evlere dağıtılan toplam 30 dedektörden 11 tanesi, hasar görmeleri ya da iade edilmemeleri nedeniyle değerlendirilememiştir. Hasarsız olarak elde edilen ve iz sayıları belirlenen 19 dedektörün iz sayılarına karşı gelen radon konsantrasyonu, kalibrasyon faktörü kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Ayrıca Iğdır ili ev içi radon konsantrasyon dağılımı Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Iğdır İli Ev içi Radon Konsantrasyonları ( $\text{Bq m}^{-3}$ ).

Dedektör Numarası	Radon Konsantrasyonu	Dedektör Numarası	Radon Konsantrasyonu
1	117.35	11	97.11
2	130.70	12	110.90
3	104.60	13	104.50
4	155.30	14	106.80
5	97.80	15	93.97
6	137.80	16	86.65
7	96.30	17	75.67
8	101.20	18	72.46
9	120.2	19	63.10
10	134.46		



Şekil 4. Iğdır ili evlerinde ölçülen radon konsantrasyonları



Türkiye’de evlerde gerçekleştirilen radon ölçümlerine ait bazı ortalama değerler İstanbul için 73 Bq m<sup>-3</sup> (Köksal v.d, 1993), Şanlıurfa için 73 Bq m<sup>-3</sup>, Erzurum için 85 Bq m<sup>-3</sup> (Özçınar v.d, 1996), Kestanbol, Çanakkale için 160 Bq m<sup>-3</sup> (Çelebi ve Alkan, 1997), Antalya için 29 Bq m<sup>-3</sup> (Çelebi v.d, 2000) olarak elde edilmiştir. UNSCEAR 2000 raporunda ev içi radon konsantrasyonunun tüm dünya aritmetik ortalaması 275 Bq m<sup>-3</sup> olarak verilmiştir. İğdır ili ev içi radon konsantrasyon ölçüm sonuçları 63-155 Bq m<sup>-3</sup> aralığında elde edilmiş ve ev içi ortalama radon konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması ise 105.62 Bq m<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır. Evlerin yapıldığı arazide bulunan doğal uranyum miktarı ve uranyum serisinin bir bozunma ürünü olan radonun, ev tabanında bulunan aralıklardan eve sızması ve evdeki yapı malzemesinden kaynaklanan radonun havaya karışması ev içi radon konsantrasyonunun artmasının önemli etkenlerindedir. Ev içi gamma radyasyonunun önemli bir kısmı, bina yapısında kullanılan malzemeden kaynaklanmaktadır. Birçok ülkede, iç ve dış doğal radyasyon etkilerini en aza indirmek amacıyla birtakım çalışmalar yapılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Gelir, A, 2001. İçme suyundaki radyoaktivitenin belirlenmesi ve yıllık doz eşdeğerinin hesaplanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR, 1982. Report to the General Assembly, 88-90p.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR, 2000. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I: Sources, United Nations, New York, 110-280p.
- OECD Nuclear Energy, Report of a Group of Expert 1979. No: 48761, .35-36p.
- Myrick TE, Berven BA, Haywood FF, 1983. Determination of concentrations of selected radionuclides in surface soil in the U.S. Healthy Physics, 45: 631 642.
- Kam E, Yarar Y, Karahan G, Çelebi N, 2004. Tekirdağ ili ve çevresinin doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi. 22.Ulusal Fizik Kongresi, BODRUM.
- Keser R, 2004. Fırtına vadisinin Çamlıhemşin’den yukarı kısmının doğal radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

## SONUÇLAR

Dünyanın genelinde yapılan ölçümlerde toprakta doğal olarak bulunan <sup>40</sup>K’in aktivite konsantrasyonu, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>238</sup>U aktivite konsantrasyonlarından önemli ölçüde yüksek olarak elde edilmiştir ve İğdır ili toprak örneklerinde bulunan değerler UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalamalarının altında olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada <sup>137</sup>Cs’nin ortalama aktivite değeri 18±4 Bq kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur ve daha önceki çalışmalarla uyumludur. Daha önceki çalışmalarda <sup>137</sup>Cs’nin değeri Kestanbol’da 18 Bq kg<sup>-1</sup> (Merdanoğlu, 2004) ve Tekirdağ’da 4.54 Bq kg<sup>-1</sup> (Kam v.d, 2004) olarak bulunmuştur. Ayrıca, Aras nehrinden alınan su örneklerinin toplam alfa ve beta değerleri WHO’nun ve TSE’nin kabul ettiği toplam aktivite standartlarının altında olduğu belirlenmiştir. İğdır ili ev içi radon konsantrasyon ölçümlerinden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasının ICRP, Avrupa Birliği ve WHO tarafından belirlenen referans değerleri ile kıyaslandığında, İğdır ilinde herhangi bir bireyin çevredeki doğal radyoaktivite açısından fazladan bir riske maruz kalmadığı anlaşılmaktadır.

- Yalçın M, 2002. Malatya şehir merkezi ile ilçe merkezlerinin içme sularının toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyelerinin tayini. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Topçuoğlu S, Karahan G, Güngör N, ve Kırbaşoğlu Ç, 2003. Natural and artificial radioactivity in Emendere thermal spring area in Western Anatolia. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 256: 395 398.
- Köksal M, Çelebi N, Özçınar B, 1993. Indoor radon concentration in İstanbul houses. Healthy Physics, 65: 87-88.
- Özçınar B, Köksal EM, Akar B, Kopuz G, Büyükkasap E, Çetin A, Küçükönder A, Ünlü Y, 1996. Erzurum ve Şanlıurfa illerinde radon gazı radyoaktivite konsantrasyonları. 7. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknoloji Kongresi, 538 543.
- Çelebi N, Alkan H, 1997. Evaluation of natural radiation in the Kestanbol spa region. Radiation Protection Dosimetry, Volume: 69, No: 3, 227 230.
- Çelebi N, Taşdelen M, Kopuz G, Uluğ A, 2000. Antalya evlerinde radon konsantrasyon ölçümleri. GAP-Çevre Kongresi, 2: 1053 1058.
- Merdanoğlu B, 2004. Kestanbol civarındaki su, toprak ve granit örneklerinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.