

## Kahramanmaraş Onikişubat İlçesindeki Bazı Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Erdal KÜÇÜKÖNDER<sup>1\*</sup>, Serdar GÜMBÜR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9661-1583>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6213-1004>

\*Sorumlu yazar: ekucukonder@ksu.edu.tr

### Araştırma Makalesi

### ÖZ

**Makale Tarihi:**  
Geliş tarihi: 18.05.2023  
Kabul tarihi: 01.09.2023  
Online Yayınlanma: 22.01.2024

**Anahtar Kelimeler:**  
Kahramanmaraş  
Radon  
Yıllık efektif doz eşdeğeri  
Yaşam boyu kanser riski

Bu çalışmada; Kahramanmaraş ili merkez ilçelerinden birisi olan Onikişubat' ta bazı evlerin oturma ve yatak odalarında radon gazı aktivite konsantrasyonlarının ölçümleri Durridge Rad7 dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Bu odalarda ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak evlerin içerisindeki radon aktivite değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama radon aktivite konsantrasyon değerlerinin  $4,14 \pm 1,34$  Bq/m<sup>3</sup> ile  $25,54 \pm 9,14$  Bq/m<sup>3</sup> arasında değiştiği saptanmıştır. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise;  $16,81 \pm 6,08$  Bq/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamındaki hesaplanan değerler kapalı mekânlar için ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen seviyelerle karşılaştırıldığında önerilen sınır değerlerin çok altında olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, ölçüm yapılan evlerde yaşayan insanların maruz kaldıkları radon gazından dolayı yıllık efektif doz eşdeğerlerinin (YEDE),  $0,10 \pm 0,03$  mSv/y ile  $0,64 \pm 0,27$  mSv/y arasında değiştiği hesaplanmıştır. Yaşam süresi 70 yıl düşünülerek hesaplanan yaşam boyu kanser risklerinin (YBKR)  $0,37 \pm 0,12 \times 10^{-3}$  ile  $2,26 \pm 0,95 \times 10^{-3}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir.

## Determination of Radon Activity Concentration in Some Houses in Kahramanmaraş Onikişubat District

### Research Article

### ABSTRACT

**Article History:**  
Received: 18.05.2023  
Accepted: 01.08.2023  
Published online: 22.01.2024

**Keywords:**  
Kahramanmaraş  
Radon  
Annual effect dose equivalent  
Excessive lifetime cancer risk

In this study, measurements of radon gas activity concentrations in the living and bedroom rooms of some houses in Onikişubat, one of the central districts of Kahramanmaraş province, were made using the Durridge Rad7 detector. The radon activity values inside the houses were calculated by taking the average of the values measured in these rooms. The values of the calculated mean radon activity concentrations ranged from  $4,14 \pm 1,34$  Bq/m<sup>3</sup> to  $25,54 \pm 9,14$  Bq/m<sup>3</sup>. The arithmetic mean of these values was calculated as  $16,81 \pm 6,08$  Bq/m<sup>3</sup>. The calculated values within the scope of the study were compared with the levels determined by national and international organizations for indoor spaces and it was understood that they were far below the recommended limit values. In addition, it has been calculated that the annual effective dose equivalents (YEDE) of people living in the houses where the measurement is made vary between  $0,10 \pm 0,03$  mSv/y and  $0,64 \pm 0,27$  mSv/y due to the radon gas exposure. It was determined that the calculated lifetime cancer risks (YBKR) ranged from  $0,37 \pm 0,12 \times 10^{-3}$  to  $2,26 \pm 0,95 \times 10^{-3}$ .

**To Cite:** Küçükönder E., Gümbür S. Kahramanmaraş Onikişubat İlçesindeki Bazı Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonunun Belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(1): 190-199.

## 1. Giriş

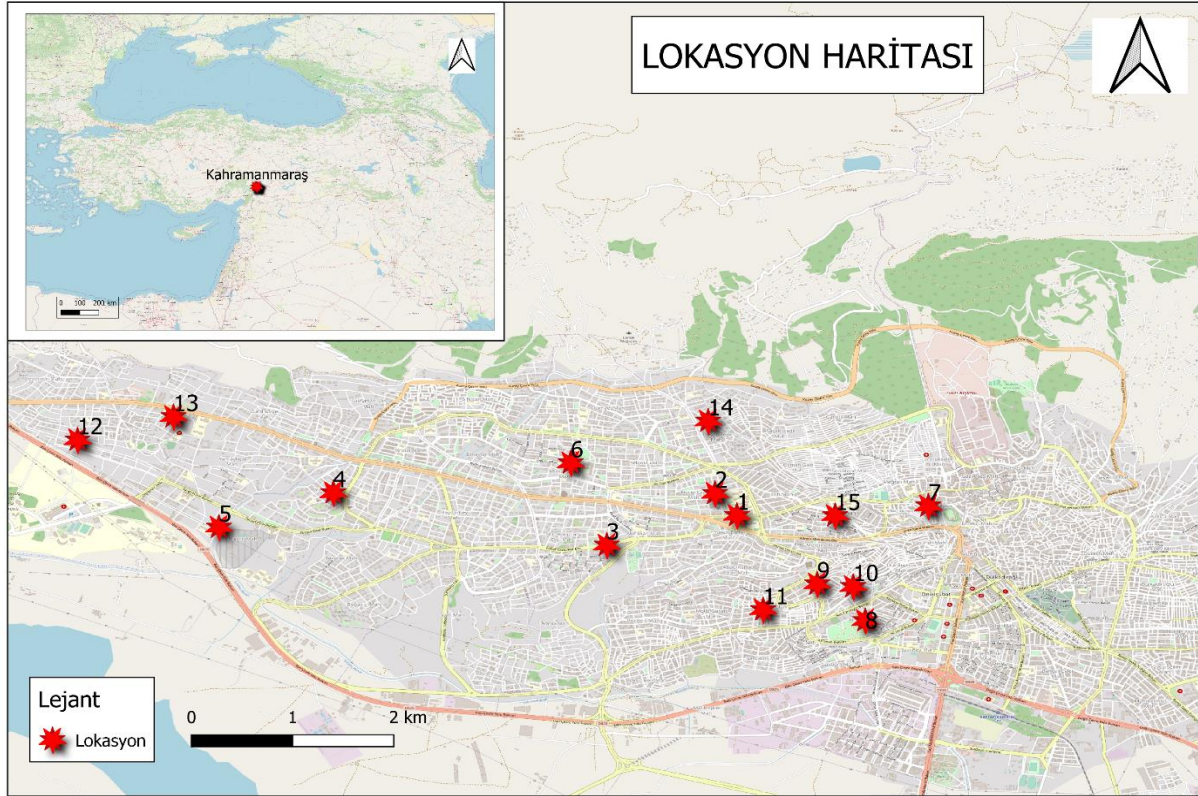
İnsanoğlunun radyasyona doğal ve yapay olmak üzere iki şekilde maruz kaldığı bilinmektedir. Maruz kalınan radyasyonun yaklaşık olarak %85'lik kısmının doğal geriye kalan %15'lik kısmının ise yapay olduğu düşünülmektedir (UNSCEAR, 2000). Doğal olarak maruz kalınan radyasyonunda neredeyse yarısının radon gazı sebebiyle olduğu değerlendirilmektedir (Küçükönder, 2021). Radon gazı;  $^{238}\text{U}$  serisinin bozunum ürünü olan ve atom numarası 86 olan periyodik cetvelin soy gazlar sınıfında yer alan radyoaktif bir elementtir. Söz konusu bu gazın yarılanma süresi 3,8 gündür (UNSCEAR, 2000). Bu elementin insanlar tarafından vücuda alımı; havadaki radonun solunmasıyla ya da su ve gıdadaki radonun yutulması şeklinde gerçekleşmektedir. Vücuda alınan radon gazı radyoaktif olması sebebiyle kararlı hale gelinceye kadar bozunmaya devam ederek katı haldeki kız çekirdekleri meydana getirmekte ve böylece bu çekirdeklerin özellikle akciğerlerde birikmesi sonucunda yayılan radyasyon sebebiyle akciğer kanserine yol açabilmektedir (Council, 1999; UNSCEAR, 2000). Bu nedenle; insanların yüksek aktivitede radona maruz kalması sağlıkları açısından son derece riskli sonuçlar doğurabilmektedir (WHO, 2009). Amerikan çevre koruma ajansı (EPA) ülkelerinde akciğer kanserinin en büyük sebebi olarak sigaradan sonra radon gazını göstermektedir (USEPA, 2012).

Bina içerisinde maruz kalınan radonun başlıca kaynakları; bina yapımında kullanılan malzemeler, binanın zeminindeki toprak ve kayaçlar, içme ve temizlik ihtiyaçları için kullanılan sular ve ısınma için kullanılan doğal gazdır (Çelebi ve ark., 2015). Dünya Sağlık Örgütü; konutlarda radona maruz kalmanın sağlık üzerindeki etkilerine ilk kez 1979 yılında, bina içerisindeki hava kalitesi üzerine bir Avrupa çalışma grubu aracılığıyla dikkat çekmiştir (WHO, 2009). O dönemden sonra da, birçok ülkede meskenlerde radonun solunmasından kaynaklanan dozları değerlendirmek için ulusal veya bölgesel radon araştırmaları başlatılmıştır. Ülkemizde konutlardaki radon aktivitelerinin ülke çapında ölçümleri 1984 ile 2013 yılları arasında planlı olarak yapılan bir dizi çalışma ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ilk radon konsantrasyonu ölçümleri İstanbul evlerinde yapılmıştır (Koksal ve ark., 1993). Daha sonra çalışma tüm Türkiye'ye yayılmıştır (Çelebi ve ark., 2015).

İnsanların sağlığı açısından son derece önemli olan radon gazı hakkında Kahramanmaraş'ta yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'ndeki binalarda (Küçükönder, 2021, 2022), insanların kullandıkları içme sularında (Küçükönder ve Gumbür 2022, 2023), toprakta (Küçükönder ve ark., 2023), sebze ve meyve örneklerindedir (Küçükönder ve ark., 2022). Bununla birlikte, aynı bölgede, radon gazının devamlı olarak fay hattı üzerlerinde izlenmesi ve ölçülen radon gazlarındaki anomaliler durumunda yaşanabilecek depremin önceden tahmin edilmesini temel alan başka bir çalışma daha bulunmaktadır (Gumbür, 2022). Mevcut çalışma bu nedenle ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü bölgede yaşanan son deprem felaketinden sonra radon gazı salınımı periyodik olarak ölçülmesi önem kazanmıştır. Ayrıca; Kahramanmaraş'taki Onikişubat ilçesinde yakın tarihte bazı evlerde radon aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi, radondan kaynaklı yıllık efektif doz oranlarının ve yaşam boyu kanser risklerinin hesaplanması ile ilgili benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Kahramanmaraş Türkiye'nin güneyinde yer alan bir il olup büyükşehir statüsündedir ve iki adet merkez ilçesi bulunmaktadır. Bunlar; Onikişubat ve Dulkadiroğlu'dur. Mevcut çalışma Onikişubat ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 13 farklı mahallede 15 betonarme tarzlı yüksek katlı binaların çeşitli katlarında yer alan evlerde 15/08/2022 ile 15/09/2022 tarihleri arasında radon aktivite konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan binaların lokasyon haritası Şekil 1 de verilmektedir.



Şekil 1. Bina içi ölçüm alınan yerlerin lokasyon haritası

Ölçüm yapılan binaların bulunduğu lokasyonlara ait jeolojik formasyonlar incelendiğinde; 8 numaralı Hacı Bayram Veli Mahallesinin jeolojik formasyonu Kuvaterner yaşlı ayrılmamış kuvaterner iken diğer binaların bulunduğu lokasyonların jeolojik formasyonu Miyosen yaşlı Kırıntılılar ve karbonatlardan oluşmaktadır (MTA, 2002).

Radonu ölçmek için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bunlar aktif ve pasif yöntemler olarak ayrılmaktadır. Pasif zaman entegrasyon yöntemi; havadaki radon konsantrasyonunun ölçülmesi tekniklerinden biridir. Bu teknikte, LR-115, CR-39 ve Makrofol gibi katı hal nükleer iz dedektörleri, radon ölçümleri için yaygın olarak kullanılmaktadır (IAEA, 2013). Aktif radon ölçüm tekniklerinde ise Durrige Rad7 ve AlphaGuard gibi cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile havada, suda, toprakta ve yapı malzemelerinde anlık radon aktivite konsantrasyonu tespit edilebilmektedir.

Mevcut çalışmada; insanların evlerinde en fazla zaman geçirdikleri yerlerin oturma ve yatak odaları olduğu düşünülerek radon aktivite konsantrasyon ölçümleri bu iki odada gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 4,3 kg ağırlığındaki taşınabilir Durrige Rad7 dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Dedektör radon ölçümünün temelini oluşturan yerleşik hava pompası, şarj edilebilir piller ve çıkarılabilir yazıcı ile birlikte çalışan çok yönlü bir araç olup farklı modda farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu cihaz, alfa radyasyonunu direkt olarak elektrik sinyaline dönüştüren katı hal alfa dedektörü kullanmaktadır. Sağlık ve her bir alfa parçacığının elektronik olarak sinyallerini belirleme yeteneği dedektörün avantajları arasındadır. Bu dedektör ile %10 standart sapma ve 4 pCi/L EPA eylem seviyesini iki saatin altında sürekli radon ölçülebilmektedir. Radon ölçüm aralığı 0,1 – 20.000 pCi/L (4,0 – 750.000 Bq/m<sup>3</sup>)'dür. Dedektörün bataryası herhangi bir güç kaynağı olmadan sniff modunda 24 saat, izleme modunda 72 saat ölçüm yapılmasına imkan sağlamaktadır. Aynı zamanda, ölçümlerin sonuçlarını rapor olarak LCD ekranında ve tüm döngüler tamamlandıktan sonra yazıcıdan çıktı olarak yeni (Bq/m<sup>3</sup>) ve eski (pCi/L) birim sistemlerinde verebilen bir cihazdır (Durrige, 2023).

Cihazın kalibrasyonu üretici firma tarafından yapılmıştır. Ölçümler için dedektör koklama moduna ayarlanmıştır. Her biri 15 dakika olacak şekilde yerden 1 metre yükseklikte toplam 3 periyottan oluşan ölçümler alınmıştır. Sonuç olarak 3 periyotta alınan ölçümlerin ortalaması dedektör tarafından verilmiştir. Böylelikle, bina içindeki ortalama radon aktivite konsantrasyonları oturma ve yatak odalarında ölçülen değerler üzerinden belirlenmiştir. Radon ve bozunum ürünlerinden dolayı insanların maruz kalabileceği yıllık efektif doz eşdeğeri belirlenen radon aktivite konsantrasyon değerleri kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$YEDE = C \times DF \times MF \times F \times 24 \times 365 \times 10^{-6} \quad (1)$$

Burada; YEDE, yıllık efektif doz eşdeğerini (mSv/y); C, radon aktivite konsantrasyon değerini (Bq/m<sup>3</sup>); DF, doz dönüşüm faktörünü (9 nSv<sup>-1</sup>/Bqm<sup>3</sup>); MF, meşguliyet faktörünü (0,8); ve F, denge faktörünü (0,4) temsil etmektedir (Çelebi ve ark., 2014; UNSCEAR, 2000, 2009).

Yaşam boyu kanser riski hesaplamalarında da yıllık efektif doz oranları kullanılarak eşitlik 2 kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$YBKR = YEDE \times YS \times RF \quad (2)$$

Burada; YBKR, yaşam boyu kanser riskini; YS, yaşam süresini (70 yıl); ve RF, risk faktörünü (0,05) temsil etmektedir (ICRP, 2007).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Mevcut çalışmada, 13 farklı mahallede 15 farklı binadaki çeşitli katlarda ölçülen bina içi radon aktivite konsantrasyonları, radon ve bozunum ürünlerinden dolayı insanların maruz kalacakları yıllık efektif doz eşdeğerleri (YEDE) ve yaşam boyu kanser riskleri (YBKR) Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1.**Binalarda ölçülen radon aktivite miktarları, YEDE ve YBKR

No	Lokasyon	<sup>222</sup> Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	YEDE (mSv/y)	YBKR*10 <sup>-3</sup>	Kat Yüksekliği
1	Necip Fazıl Mah.	4,14±1,34	0,10±0,03	0,37±0,12	8
2	Necip Fazıl Mah.	17,67±5,41	0,45±0,14	1,56±0,48	4
3	Şehit Abdullah Çavuş Mah.	6,97 ± 2,44	0,18±0,06	0,62±0,22	7
4	Yirmi iki Gün Mah.	10,37±5,17	0,26±0,13	0,92±0,46	6
5	Maarif Mah.	5,27±3,36	0,13±0,08	0,47±0,30	8
6	Mimar Sinan Mah.	18,18±6,15	0,46±0,16	1,61±0,54	4
7	Şehit Evliya Mah.	22,88±10,78	0,58±0,27	2,02±0,95	1
8	Hacı Bayram Veli Mah.	25,54±9,14	0,64±0,23	2,26±0,81	2
9	Mevlana Mah.	23,61±10,14	0,60±0,26	2,08±0,90	1
10	Ertuğrul Gazi Mah.	19,72 ± 6,11	0,50±0,15	1,74±0,54	3
11	Karacaoğlan	22,19±7,18	0,56±0,18	1,96±0,63	2
12	Üngüt Mah.	21,14±5,64	0,53±0,14	1,87±0,50	2
13	Üngüt Mah.	24,12±9,56	0,61±0,24	2,13±0,84	1
14	Tavşan Tepe Mah.	14,12±3,40	0,36±0,09	1,25±0,30	5
15	Karamanlı Mah.	16,17±5,41	0,41±0,14	1,43±0,48	5
En Düşük	1 Necip Fazıl Mah.	4,14±1,34	0,10±0,03	0,37±0,12	8
En Yüksek	8 Hacı Bayram Veli Mah.	25,54±9,14	0,64±0,27	2,26±0,95	2
Ortalama		16,81±6,08	0,42±0,15	1,48±0,54	

Tablo 1'e bakıldığında binalarda ölçülen radon aktivite konsantrasyonlarının 4,14±1,34 Bq/m<sup>3</sup> ile 25,54±9,14 Bq/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Bu ölçümlerden hesaplanan ortalama radon aktivite konsantrasyon değeri ise 16,81±6,08 Bq/m<sup>3</sup>'dür. En yüksek radon aktivite konsantrasyonu 8 numaralı Hacı Bayram Veli Mahallesiindeki 2. kattaki evde ölçülmüştür. En düşük radon aktivite konsantrasyonu ise, 1 numaralı Necip Fazıl Mahallesiindeki 8. kattaki evde ölçülmüştür. Binaların bulunduğu zeminlerin jeolojik formasyonları incelendiğinde; Hacı Bayram Veli Mahallesi'nin jeolojik formasyonu Kuvaterner yaşlı ayrılmamış kuvaterner iken diğer binaların bulunduğu lokasyonların jeolojik formasyonu Miyosen yaşlı Kırıntılılar ve karbonatlardan oluştuğu anlaşılmaktadır (MTA, 2002). Burada ölçülen radon aktivite miktarlarını jeolojik formasyonlarındaki farklılıklarından kaynaklanabilir. Tablo 1' de, ölçülen radon aktivite değerleri ile kat yükseklikleri arasındaki ilişki incelendiğinde; yüksek katlara çıkıldıkça ölçülen radon aktivite konsantrasyon değerlerinin düştüğü görülmektedir. Çünkü radon gazı konsantrasyonu zemine yakın mesafelerde daha yüksektir (Söğüt ve Avşar, 2016; Küçükönder, 2022).

Tablo 1' de radondan kaynaklı yıllık efektif doz eşdeğeri ve yaşam boyu kanser riskleri de verilmektedir. Buna göre, yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) 0,10±0,03 mSv/y ile 0,64±0,27 mSv/y arasında değişmektedir. Ortalama yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) ise 0,42±0,15 mSv/y olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, küresel ortalama değer olan 1,094 mSv/y değerinin altındadır (Thorne, 2003). Yaşam boyu kanser riskleri (YBKR) ise, 0,37±0,12×10<sup>-3</sup> ile 2,26±0,95×10<sup>-3</sup> arasında değişmektedir. Ortalama yaşam boyu kanser riski (YBKR) ise 1,48±0,54×10<sup>-3</sup> olarak hesaplanmıştır. En yüksek yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) ve yaşam boyu kanser riskleri (YBKR) 8 numaralı Hacı

Bayram Veli Mahallesiindeki 2. kattaki evde hesaplanır iken, en düşük yıllık efektif doz eşdeğeri ve yaşam boyu kanser riskleri 1 numaralı Necip Fazıl Mahallesiindeki 8.kattaki evde hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Ulusal Ve uluslararası kuruluşlar tarafından ev ve iş yerleri için önerilen sınır değerler

Ev <sup>222</sup> Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	İş Yeri <sup>222</sup> Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Kuruluşlar
≤400	≤1000	TAEK
≤300	≤1000	ICRP
≤300	≤1000	AB
≤100	-	WHO

TAEK: Türkiye Atom Enerji Kurumu, ICRP: Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi, AB: Avrupa Birliği, WHO: Dünya Sağlık Örgütü

Tablo 2’de ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından ev ve işyerlerinde önerilen radon aktivite konsantrasyon değerleri verilmektedir. Buna göre, mevcut çalışmadaki radon aktivite konsantrasyon değerleri ulusal (TAEK) ve uluslararası (ICRP, AB ve WHO) kuruluşlar tarafından evlerde önerilen sınır değerlerin çok altındadır. Bu durumda, çalışma kapsamında radon aktivite konsantrasyonu ölçülen evlerde yaşayanların, radon ve bozunum ürünlerinden dolayı maruz kalacakları radyasyon miktarının sağlıkları açısından herhangi sakınca teşkil etmeyeceği söylenebilir.

Tablo 3’ de mevcut çalışma ile yapılan benzer çalışmaların karşılaştırılması verilmektedir.

**Tablo 3.** Literatürdeki benzer çalışmalar

Ülke	Çalışma Alanı	<sup>222</sup> Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Kaynak
Türkiye/Kahramanmaraş	Üniversite	4,74 ile 21,54 arasında Ortalama 11,82	(Küçükönder, 2021)
Türkiye/Kahramanmaraş	Ana okullar	24 ile 136 arasında Ortalama 52,25	(Söğüt ve Aşar, 2016)
Türkiye/Isparta	Üniversite	Ortalama 260	(Kürkçüoğlu ve Bayraktar 2012)
Türkiye/İstanbul	Hastane	19 ile 53 arasında Ortalama 32,05	(Günay ve ark., 2018)
Türkiye/Zonguldak	Üniversite	24 ile 417,2 arasında Ortalama 67,1 Bqm <sup>-3</sup>	(Kürkçüoğlu ve ark.,2009)
(Tufaner 2018)Türkiye/Edime	Evler	2 ile 125 arasında Ortalama 27,58	(Tufaner, 2018)
Türkiye/İstanbul	Evler	31,88 ile 125,48 arasında Ortalama 75,01	(Otansev, 2021)
Türkiye	81 ildeki 153 yerleşim yerinden, toplam 7293 konuttan	1 ila 1400 Ortalama 81	(Çelebi ve ark., 2014)
Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti	5 ilde 42 yerleşim bölgesinde kapalı radon konsantrasyonları	Ortalama 35	(Çelebi ve ark., 2007)
Türkiye/Kahramanmaraş	1994 yılında merkezdeki 45 evde	9 ila 45 arasında Ortalama 25	(Çelebi ve ark., 2014)
Saudi Arabia/ Aljouf,	Üniversite	3 ila 31 arasında Ortalama 10	(Alenezzy, 2014)

		40,67 ile 190,00 arasında	
Irak/Bağdat	Evlerde	Ortalama 113,66	(Karim ve ark., 2016)
		5,43 ile 59,6 arasında	
Irak /Bağdat	Üniversite	Ortalama 16,07	(Salim ve Ebrahiem, 2019)
Dünya	Evler	Ortalama 40	UNSCEAR (2009)
Türkiye	Evler	4,14 ile 25,54 arasında Ortalama 16,81	Mevcut Çalışma

Bu çalışmadaki ölçülen radon aktivite değerlerini literatürdeki benzer çalışmalardaki radon aktivitelerinin verildiği Tablo 3'deki değerler ile karşılaştırdığında; Isparta'da üniversite de (Kürkçüoğlu ve Bayraktar, 2012) ve Bağdat'ta evlerde (Karim ve ark., 2016) tarafından yapılan çalışmalardaki değerler mevcut çalışmadaki değerlerden oldukça yüksektir. Ayrıca, Kahramanmaraş'ta anaokullarda (Söğüt ve Avşar, 2016), İstanbul'da bir hastanede (Günay ve ark., 2018), Zonguldak'ta üniversitede (Kürkçüoğlu ve ark., 2009), İstanbul'da evlerde (Otansev, 2021) yapılan çalışmalar ise mevcut çalışmadan biraz daha yüksektir. İlaveten, mevcut çalışmadaki değerler, 81 ildeki 153 yerleşim yerinde, toplam 7293 konutta yapılan ve ortalama olarak  $81 \text{ Bq/m}^3$  olarak hesaplanan değerden (Çelebi ve ark., 2014), Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde 5 ilde 42 yerleşim bölgesinde yapılan çalışmada ortalama olarak bulunan  $35 \text{ Bq/m}^3$ 'den (Çelebi ve ark., 2007) ve UNSCEAR (2009) tarafından evlerde ortalama radon aktivite miktarı olarak duyurulan  $40 \text{ Bq/m}^3$  değerinden düşüktür. Bununla birlikte, mevcut çalışmadaki değerler, Kahramanmaraş merkezdeki 45 evde 1994 yılında (Çelebi ve ark., 2014) tarafından yapılan çalışma, Kahramanmaraş'ta Üniversite'de (Küçükönder, 2021), Suudi Arabistan'daki Aljouf Üniversitesi'nin ana kampüsü içindeki (Alenezy, 2014) ve Bağdat İbnü'l-Haitham Üniversitesi'ndeki binalarda (Salim ve Ebrahiem, 2019) tarafından yapılan çalışmalardaki değerler ile hemen hemen uyum içerisindedir. Çalışmalarda ölçülen radon aktivite konsantrasyon farklılıklarının sebebi; binaların zeminlerinin jeolojik formasyonları ve toprak yapısı, binaların yapı tarzları ahşap yada betonarme olması, binaların yapı yaşları, ölçüm alınan yerlerin yüksekliği, binaların yapımında kullanılan malzemeler, ölçümleri yapıldığı yerlerdeki sıcaklık yada nem farklılıkları, konutların içlerinde ölçüm yapılan odalardaki havalandırma farklılıkları olabilir. İç mekân radon konsantrasyonunu düşürmede havalandırmanın önemi tüm ICRP ve UNSCEAR raporlarında vurgulanmıştır. Kapalı mekânların uzun süre havalandırılmadan durması da iç mekândaki radon aktivite miktarının son derece yükselmesine sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla kapalı mekânlardaki radon aktivite miktarlarının azaltmanın en pratik yöntemlerinden biri havalandırmadır (Çelebi ve ark., 2014).

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Kahramanmaraş Onikişubat ilçesinde bazı evlerde radon aktivite konsantrasyon değerleri ölçülmüş ve radon gazından kaynaklı yıllık efektif doz eşdeğerleri ve yaşam boyu kanser

riski hesaplanmıştır. Mevcut çalışmada ölçülen radon aktivite konsantrasyon değerleri ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen sınır değerlerin altındadır. Sonuç olarak çalışma kapsamındaki evlerde yaşayan insanlar açısından herhangi bir sağlık riski görülmemektedir. Bununla birlikte, çalışmanın kapsamı genişletilerek tüm Kahramanmaraş'ı kapsayacak ölçümler yapılması önerilmektedir.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### **Kaynakça**

- Alenezzy MD. Radon concentrations measurement in Aljouf, Saudi Arabia using active detecting method. *Natural Science* 2014; 6(11): 886-896.
- Çelebi N., Ataksor B., Taşkın H. Konutlarda radon ölçümleri, 2014.
- Çelebi N., Ataksor B., Taşkın H., Bingöldağ NA. Indoor radon measurements in Turkey dwellings. *Radiation Protection Dosimetry* 2015; 167: 626–632.
- Çelebi N., Aybar H., Taşdelen M., Ataksor B., Taşkın H., Aybar Ş. Indoor radon (222Rn) concentration measurements in North Cyprus. In 6th International Balkan Physical Conference. 989. American Institute of Physics; 1 Edition, 2007.
- Council NR. Health effects of exposure to radon: BEIR VI, 1999.
- Durrige. Rad7 electronic radon detector user manual. Revision 2023–03–27,2023. <https://durrige.com/documentation/RAD7%20Manual.pdf> (Erişim tarihi: 15 Temmuz 2023).
- Gümbür S. Gölbaşı-Türkoğlu fay segmenti üzerinde radon gazı değişimlerinin deprem ile ilişkisi. Efe Akademi Yayınları, 2022.
- Günay O., Aközcan S., Kulalı F. Bina içi radon konsantrasyonlarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2018; 91–97.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. National and Regional Suveys of Radon Concentration in Dwellings., 2013: 1.
- Karim MS., Daroysh HH., Mohammed AN. Assessment of indoor radon concentrations in dwellings for Baghdad Governorate by using RAD-7 detector. *Detection* 2016; 4(2): 40-44.
- Köksal EM., Çelebi N., Özçınar B. Indoor 222Rn concentrations in Istanbul houses. *Health Physics* 1993; 65: 87–88.
- Küçükönder E. Kahramanmaraş ilinde bina içi mevsimsel radon gazı aktivitesi ölçümü. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2021;10: 891–901.



- Küçükönder E. Change of indoor radon gas concentration according to floor height Kahramanmaraş province in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences* 2022;15: 606.
- Küçükönder E., Gümbür S. Radon gas measurement in water samples in Kahramanmaraş province of Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution* 2022; 233: 175.
- Küçükönder E., Gümbür S. Health risk assessment, and seasonal radon-thoron concentrations of water samples in Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Turkey. *MAPAN* 2023: 1-10.
- Küçükönder E., Gümbür S., Alıç H. Radon gas measurement in vegetable and fruit samples taken from Kahramanmaraş province of Turkey. *Environment, Development and Sustainability* 2022: 1–15.
- Küçükönder E., Gümbür S., Alıç H. Radon gas measurement in soil samples taken from Kahramanmaraş province of Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2023; 20: 7477-7486.
- Kürkçüoğlu M., Bayraktar G. Süleyman Demirel Üniversitesi'nde bina içi radon konsantrasyonlarının nükleer iz dedektörleri kullanılarak belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2012; 16: 167–183.
- Kürkçüoğlu M., Haner B., Yılmaz A., Toroğlu İ. Karaelmas yerleşkesi merkez kütüphanesi radon ölçümleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 2009; 4: 177–188.
- MTA. Maden Araştırma ve Arama Genel Müdürlüğü. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Hatay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Editör: Mustafa ŞENEL, 2002. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/HATAY.pdf> - (Erişim tarihi 16 Mayıs 2023).
- Otansev P. Ev içi radon aktivite konsantrasyonu ve kanser riski. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2021;10: 683–691.
- Salim DA., Ebrahiem SA. Measurement of radon concentration in college of education, Ibn Al-Haitham buildings using Rad-7 and CR-39 detector. *Energy Procedia* 2019; 157: 918-925.
- Söğüt Ö., Avşar Y. Measurement of indoor air radon gas concentrations in some primary schools and kindergartens in Kahramanmaraş city centre, Turkey. *Journal of Qafqaz University* 2016; 4: 121–130.
- Thorne MC. Background radiation: natural and man-made. *Journal of Radiological Protection* 2003; 23: 29.
- Tufaner F. Edirne il merkezinde ev içi radon konsantrasyonu ölçümleri. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2018; 19: 1–8.
- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Effects of Ionizing Radiation*. United Nations, New York, 2000: 453–487.

- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Effects of Atomic Radiation. Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. UNSCEAR 2006 Report, Annex E, United Nations, New York, 2009.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. Report to Congress: Radon in Drinking Water, 2012.
- WHO. World Health Organization. Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, 2009.