

## Isparta/Yalvaç'ta Bina İçi Radon Konsantrasyonu Seviyeleri

Halim BÜYÜKUSLU<sup>1</sup>, Nermin KUTLU<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, Giresun, Türkiye

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Isparta, Türkiye

\*kutlugulnermin@gmail.com

### ÖZET

*Bu çalışmada; Yalvaç ilçesinde, CR-39 film detektörleri kullanılarak, kapalı ortam radon gazı konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. CR-39 film detektörleri, farklı mevkilerin binalarına yerleştirilmiş ve bir ay süresince muhafaza edilmiştir. Sonuçlar, dünyada ve ülkemizde radon konsantrasyonu için izin verilen limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. 31-91 Bq/m<sup>3</sup> aralığında elde edilen sonuçların, evler için belirlenen sınır değerinin altında olduğu saptanmıştır. Çalışmanın radon haritası oluşturulmasına ve ilgili literatüre katkı yapması beklenmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** <sup>222</sup>Rn, CR-39 film detektörü, doğal radyasyon, radon konsantrasyonu

## Indoor Radon Concentration levels in Isparta/Yalvaç

### ABSTRACT

*In this study; indoor radon gas concentration measurements have been carried out using CR-39 film detectors in Yalvaç county. CR-39 film detectors have been placed in the buildings of different areas and preserved during a month period. Results have been compared with the national and international valid limits in terms of radon concentrations. Besides, annual equivalent dose values have been calculated. It is determined that results which are measured at the range of 31-91 Bq/m<sup>3</sup> are lower than the limits for buildings. It is expected that study will contribute to the related literature and producing a radon gas map.*

**Keywords:** <sup>222</sup>Rn, CR-39 film detectors, natural radiation, radon concentrations

### 1. GİRİŞ

Yer kabuğunu oluşturan toprak katmanlarında, radyoaktif haldeki elementler bulunmaktadır. Doğadaki radyoaktif zincirin bir halkasından olan radyum, radon gazının ana elementidir. Toprakta bulunan radyum, enerji yayınlamak yoluyla (kütlesini azaltarak) <sup>222</sup>Rn gazına dönüşmektedir. Bu reaksiyon silsilesi, Şekil 1. 'de gösterildiği biçimde, yeni radyoaktif elementlerin oluşması ve ardından da bozunması süreciyle devam etmektedir.



Şekil 1. <sup>222</sup>Rn çekirdeğine ait bozunma süreci

<sup>222</sup>Rn, insanların maruz kaldığı doğal radyoaktiviteye en çok katkıda bulunan, radyoaktif bir izotopdur. Gaz halindeki bu izotop, çeşitli yollarla topraktan sızarak atmosfere katılmaktadır. Radon gazının topraktan atmosfere katılması birçok etkene bağlıdır. Bunlar; atmosfer basıncı, sıcaklık, nem, rüzgâr vb., meteorolojik etkilerin yanı sıra, gözenekli toprak yapısı, deprem toprak kayması vb., jeolojik etkilerdir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Ev, işyerleri maden ocakları, mağaralar gibi kapalı alanlarda birikebilecek radon gazının bu

ortamlardaki yoğunluğu ise bahsedilen etkenlerle birlikte havalandırma, binanın yapı malzemesi, kat yüksekliği gibi faktörlere de bağlıdır. Ayrıca, içme sularından da az bir miktar radon gazı, sıvıdan havaya geçiş yaparak, ortamdaki radon konsantrasyonuna katkı yapabilmektedir. Radon gazı havadan daha ağır olması sebebiyle daha çok evlerin zeminlerinde yoğunlaşmaktadır. Stabil halde kalamayan bu gaz ardı ardına gelen bozunma sürecine devam etmektedir.

Radon gazının solunum yolu ile vücut içerisine alınması durumunda, “radon ürünleri” olarak adlandırılan *Po*, *Bi* ve *Pb* radyoaktif çekirdekleri, akciğerde radyasyon yayarak bozunma işlemine devam etmektedir. Radon gazının vücuda nüfuz edebilme kabiliyeti olmamasına rağmen solunum yolu ile vücut içerisine alındığında, radon ürünlerinden kaynaklanan ciddi sağlık riski oluşabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Özellikle akciğer kanserine sebebiyet veren etmenler sıralandığında, radon gazının büyük bir katkısı söz konusudur (WHO, 2009; TAEK, 2012). Daha sağlıklı ve yaşanılabilir bir çevrenin sağlanması için yaşam alanlarındaki radon konsantrasyonu seviyesinin tespit edilmesini gereklidir. Tespit işleminden sonra ise limitlerin üzerinde radon konsantrasyonu belirlenen yerlerde, radon gazının uzaklaştırılmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Günümüzde büyük bir sağlık riski olarak kabul edilen radon gazına karşı yeterli koruma tedbirleri alınabilmektedir. Bunun için yapılacak en etkili yöntem ortamın doğru ve etkili bir şekilde havalandırılmasıdır. Ayrıca binaların yapımları aşamasında gaz sızıntısının engellenebilmesi için yalıtımının yapılması da radon gazına karşılık alınabilecek etkili bir tedbir olarak sayılabilir. Bina yapı malzemesinin seçimi de radon konsantrasyonu açısından önemli bir parametredir. Radyoaktif içeriği düşük malzeme seçilmelidir.

Kapalı yaşam alanlarında önemli sağlık risklerinden biri olan radon gazının tespiti için ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi kurumu ve akademisyenler tarafından birçok ölçüm çalışması yapılmıştır (Karakılıç ve ark., 2009; Kürkçüoğlu ve Tozun, 2015; Çelik ve ark., 2008; Kumbur ve Zeren, 1997; Damla ve Aldemir, 2014; Uzbey ve Çelebi, 2009) Aktif ve pasif yöntemlerle yapılan bu ölçümlerdeki amaç; riskin derecesinin belirlenmesi, radon haritaları ve veri tabanları oluşturulması olabileceği gibi radon gazı-deprem ilişkisini belirlenmesi de hedeflenmektedir (Saç ve ark., 2011). Kapalı alan ölçümleri, yaşam konutları ve iş yerleri gibi bina içeriğini kapsamakla birlikte mağara ve madenlerde de yapılmaktadır (Çevik ve ark., 2011; Uzbey ve ark., 2013; Haner ve ark., 2010).

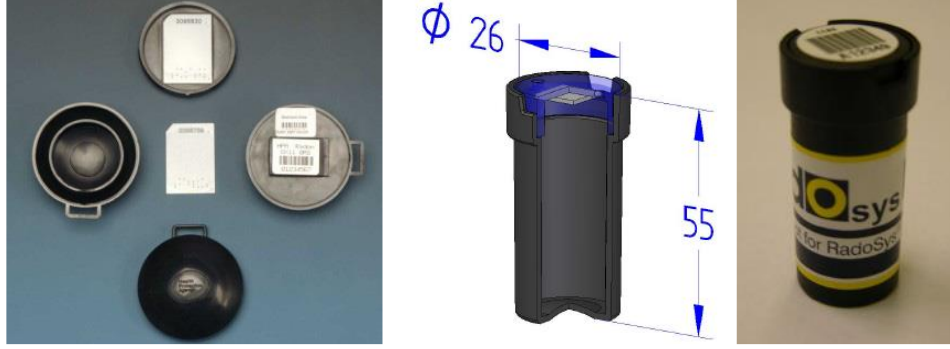
Bu çalışmada, Isparta'nın Yalvaç ilçesinde bulunan evlerdeki radon konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler CR-39 radon dedektörleri ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen radon konsantrasyonu değerleri ile yıllık maruz kalınan etkin doz miktarı hesaplanmıştır. Ulusal ve uluslararası kuruluşlarca kabul görülen limit değer ile karşılaştırılmış ve ölçtüğümüz değerlerin limit değerlerin altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Ölçüm

Radon konsantrasyonu ölçümleri, aktif ve pasif yöntem olarak adlandırılan çeşitli metot ve cihazlar ile yapılabilmektedir. Bu çalışmada nükleer iz kazıma ile alfa sayımı sistemine dayanan CR-39 pasif radon dedektörleri kullanılmıştır. Bu yöntem, kapalı ortam da bulunan radon gazının radyoaktif bozunması sonucu yayınlanan alfa parçacıklarının, difüzyon kabı içerisindeki film dedektörde oluşturduğu izlerin sayımı esasına dayanmaktadır. Dedektörde oluşan izlerin kimyasal metotlarla tespiti sonucunda, kabın içerisinde bulunduğu kapalı

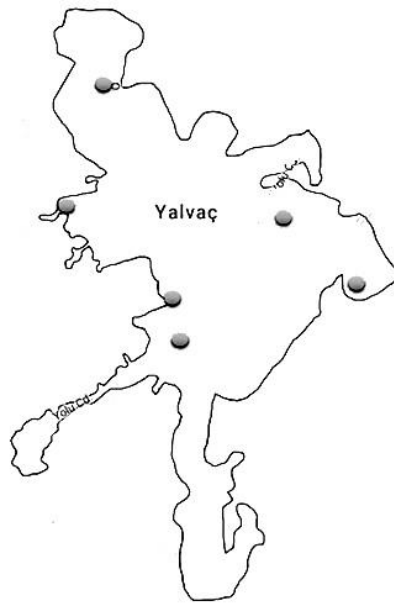
hacmin radon konsantrasyonu hakkında veri elde etmek mümkün olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan dedektörlerin temini ve dedektörlerin analiz işlemleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) tarafından yapılmıştır. Ölçüm tekniği ve dedektörlerin teknik özellikleri için (RADOSYS, 2013; Haner ve ark., 2010) kaynaklarından yararlanılabilir. CR-39 dedektörünün görseli ve kesit ayrıntısı Şekil 2. 'de verilmiştir.



Şekil 2. CR-39 dedektörüne ait kesit ve görseller (RADOSYS, 2013)

## 2.2. Çalışma alanı

Ölçümler, Isparta ilinin Yalvaç ilçesinde belirlenen 6 mesken de yapılmıştır (Şekil 3.). İlçe, kuzeyden Çay ve Sultandağı, batıdan Senirkent, güneyden Şarkikaraağaç ve Gelendost, doğudan Akşehir ilçeleri ile çevrilidir. İlçe merkezinin toplam alanı 34.75 km<sup>2</sup>'dir. Yalvaç'ın enlemi 38° 20' kuzey enlemi, boylamı ise 31° 10' doğu boylamıdır. İlçe, kuzeyden ve doğudan Sultan Dağları ile çevrilidir. Sultan Dağları, genel olarak Ordovisiyen-Permian yaşlı metamorfik kayalar ile karbonatlı kayalardan (Triyas-Kretase) oluşur. Yörede geniş yayılım gösteren Neojen istifli kil, marn ve kireçtaşları ile temsil edilmiştir. Alüvyon malzemeye ise, vadilerde ve dere yataklarında rastlanır. Yalvaç, Akdeniz iklimi ile İç Anadolu iklimlerinin geçiş bölgesindedir. Kurak ve az nemli, birinci dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan ve denizsel şartlara yakın iklim tipi gösterir.



Şekil 3. CR-39 dedektörlerin Yalvaç ilçesindeki dağılımı

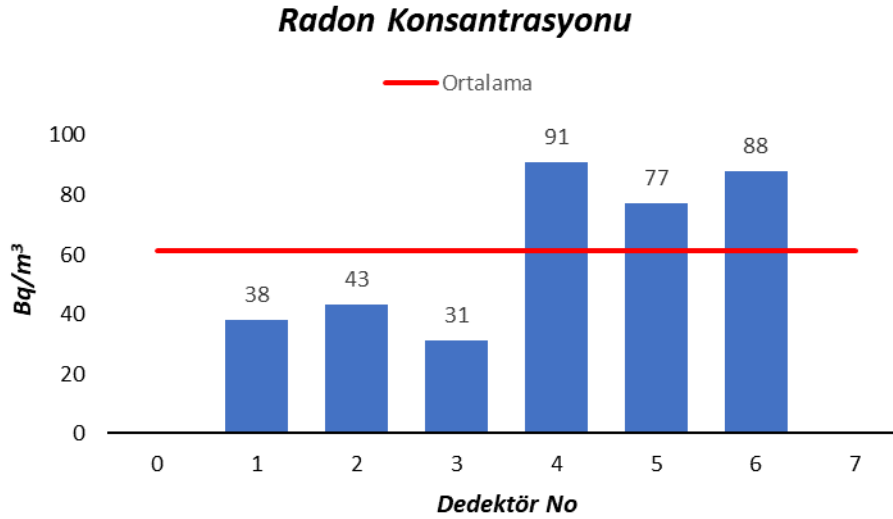
CR-39 dedektörleri birbirinden uzak mesafelerde seçilen binalara eş zamanlı olarak yerleştirilmişlerdir. Buldukları zeminden 1,5 metre yükseklikte olmak üzere, evlerin çeşitli odalarına yerleştirilen dedektörler, bina içi radon konsantrasyonu seviyesini tespit etmek amacıyla yaklaşık bir ay süresince muhafaza edilmişlerdir.

### 3. BULGULAR

Yaklaşık bir ay süreyle 6 evin bina içerisine yerleştirilen dedektörlerin tespit etmiş olduğu radon konsantrasyonu değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Şekil 4, bu veriler vasıtası ile elde edilmiş radon konsantrasyonu grafiğini göstermektedir. Ölçüm değerleri 31 Bq/m<sup>3</sup> ile 91 Bq/m<sup>3</sup> aralığındadır. Veriler incelendiğinde en yüksek ölçümün 91 Bq/m<sup>3</sup> ile 4 nolu detektörden alındığı görülmektedir. Daha sonra ise 88 Bq/m<sup>3</sup> ile 6 nolu detektör gelmektedir. Alınan ölçümlerde en düşük değer 31 Bq/m<sup>3</sup> olup 3 nolu detektöre aittir. 6 ölçüm değerlerinin aritmetik ortalaması alındığında, ulaşılan değer 61,3 Bq/m<sup>3</sup> olmaktadır.

Tablo 1. Radon konsantrasyonu değerleri

<i>Dedektör No</i>	<i>Gün</i>	<i>Bq/m<sup>3</sup></i>
1	31	38
2	29	43
3	32	31
4	31	91
5	31	77
6	31	88



Şekil 4. Her bir dedektör için elde edilen sonuçlar ve ortalama radon konsantrasyonu değeri

Evlerde yaşayan kişilerin radondan dolayı maruz kaldıkları yıllık ortalama etkin doz miktarı

$$E = C_{Rn} Ftd \quad (3.1)$$

ifadesi ile verilmektedir. Burada,  $E$  =etkin doz (nSv/y),  $C_{Rn}$  ;Bq/m<sup>3</sup> cinsinden havadaki radon konsantrasyonu,  $F=0.4$ ; radon ile bozunma ürünleri arasındaki denge faktörü,  $t\sim 7000$ ; saat (h) ortalama olarak kişilerin evlerinde bir yılda geçirdikleri süre ve  $d=(9 \text{ nSvm}^3)/(\text{Bq/h)m}$  ise doz çevirme katsayısıdır (Uzbek ve ark., 2013). Buna göre ölçüm yapılan binada yaşayan kişilerin, bir yılda radondan dolayı maruz kaldıkları ortalama yıllık etkin doz değerleri, Denklem (3.1)'den elde edilerek, Tablo 2'de verilmiştir. Bu durumda, radon konsantrasyonuna benzer şekilde, en yüksek yıllık etkin doz miktarı 2,3 mSv/yıl ve en düşük yıllık etkin doz değeri de 0,78 mSv/yıl'dır.

Tablo 2. Yıllık etkin doz değerleri

<i>Dedektör No</i>	<i>mSv/yıl</i>
1	0,96
2	1,08
3	0,78
4	2,30
5	1,94
6	2,22
<b>ORT</b>	<b>1,55</b>

Sağlıklı yaşam şartlarının sağlanması ve radon gazının etkilerinden insanların korunabilmesi amacıyla ulusal ve uluslararası kurumlarca alınabilecek en yüksek radyasyon dozları için limit değerler belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen limitler (Kürkçüoğlu ve Tozun, 2015)

<i>Organizasyon</i>	<i>Tavsiye edilen limitler (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	
	<i>Ev</i>	<i>İşYeri</i>
ICRP	≤ 300	≤ 1000
WHO	100	
AB	≤ 300	≤ 1000
TAEK	≤ 400	≤ 1000

Ölçümlerde elde ettiğimiz sonuçlar ile radon konsantrasyonu için ulusal ve uluslararası kuruluşların koymuş olduğu limit değerler karşılaştırıldığında, Tablo 1.'deki sonuçların oldukça düşük seviyede olduğunu söyleyebiliriz. En yüksek değer olan 91 Bq/m<sup>3</sup> ve ortalama değer olan 61,3 Bq/m<sup>3</sup> değerlerini ele aldığımızda, bu değerlerin, ICRP ve TAEK'in limit değerlerinin çok altında olduğu görülmektedir. Ayrıca TAEK tarafından 2012 yılında yapılan çalışma sonucu, Isparta ili için ortalama radon konsantrasyonu aralığı 106,7-180 Bq/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (TAEK, 2012). Elde edilen ölçümler bu aralığın da çok altında bulunmaktadır. Diğer taraftan, ICRP (ICRP, 1993) yıllık etkin doz için müdahale sınırını 3-10 mSv/y belirlemiştir. Bu limit değerini de göz önünde bulundurduğumuzda, Tablo 2.'de ki hesaplanan yıllık etkin doz değerlerinin hepsinin 3 mSv/yıl değerinin altında olduğu sonucuna ulaşırız.

#### 4. YORUM

Bu çalışmada, Isparta'nın Yalvaç ilçesinde, bina içinde radon konsantrasyonu ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Ölçüm noktalarından elde edilen sonuçlar, TAEK'in (ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin) evler için izin verdiği 400 Bq/m<sup>3</sup>

değerinin altında olduğu görülmüştür. Her ne kadar daha çok dedektör ve daha uzun süre yapılan ölçümlerle daha kesin sonuçlar elde edilebilse de mevcut ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde büyük bir radon riskinin olmadığı kanaatine varılabilmektedir. Alınan bu ölçümlerin kış mevsimi içinde geçerli olduğunu söylemek pek mümkün değildir. Özellikle sıcak mevsimlerde evlerin havalandırılmasının daha çok yapılmasına karşın, kış aylarında ısı yalıtımı için daha az havalandırma yapılmaktadır. Bu durumda kış mevsiminde radon yoğunluğunun da değişmesi söz konusudur. İnsanların hayatının yaklaşık %80'nini geçirdiği evlerin mümkün ise her durumda havalandırılması daha doğru bir seçenektir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların ilgili literatüre katkı yapmasını, gelecekte yapılacak ölçümlere karşılaştırma yapabilme imkânı vermesini ve radon haritalarının oluşturulmasına katkı yapmasını umuyoruz.

## KAYNAKLAR

- Çelik N., Çevik U., Çelik A., Küçükömeroğlu B. (2008). Determination of indoor radon and soil radioactivity levels in Giresun, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 1349–1354
- Çevik U., Kara A., Çelik N., Karabidak M., Çelik A. (2011). Radon Survey and Exposure Assessment in Karaca and Çal Caves, Turkey. *Water Air Soil Pollut*, 214, 461–469
- Damla N. ve Aldemir K. (2014). Radon survey and soil gamma doses in primary schools of Batman, Turkey. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50 (2), 226–234
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. (1997). Radon Kirliliği. Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 47, Ankara.
- Haner B., Yılmaz A., Kürkçüoğlu M.E., Karadem A. (2010). Mencilis (Bulak) Mağarasında Radon Seviyesi Ölçümleri. *SDU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14 (3), 218-224
- International Commission on Radiological Protection (ICRP) (1993). Protection Against Radon 222 at Home and at Work. *Annals of the ICRP*, ICRP Publication, No.65, Pergamon
- Karakılıç V., Bayraktar G., Kürkçüoğlu M.E., Haner B., Yılmaz A. (2009). Radon Measurements at S.D.U. Information Center. *SDU Journal of Natural and Applied Sciences*, 13 (3), 201-207
- Kumbur H. ve Zeren O. (1997). İçel'de evlerde radon düzeylerinin araştırılması. *Ekoloji*, 7 (25), 25-31
- Kürkçüoğlu M.E. ve Tozun F. (2015). Isparta İl Merkezindeki İş Yerlerinde Atmosferik Radon Ölçümleri. *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 10 (1), 62-74
- RADOSYS (2013). User Manual. 187
- Saç M.M., Harmanşah C., Camzğöz B., Sözbilir H. (2011). Radon Monitoring as the Earthquake Precursor in Fault Line in Western Turkey. *Ekoloji*, 20 (79), 93-98
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) (2012). Kapalı ortamlarda radon gazı. TAEK Teknik Rapor, 18, Ankara
- Uzbeý S. ve Çelebi N. (2009). Çorum ilinde radon gazı ölçümü. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim 2009, Muğla, 235-244
- Uzbeý S. Tel E., Aytekin H., Albayrak N. (2013). Çorum İli Yeraltı Kömür Ocaklarında Radon Yoğunluğu Ölçümü. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (1), 1-5
- World Health Organization (WHO) (2009). Handbook on indoor radon: a public health perspective, edited by Hajo Zeeb and Ferid Shannoun