

KONUTLARDA RADON KONSANTRASYON DEĞERLERİNİN YAPI BİYOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Nilgün ÇELEBİ

ÖZET

Yerkabuğunda bulunan çok uzun yarı ömürlü doğal radyoaktif kaynakların ve bunların bozunma ürünlerinin toprak, kayalar, yapı malzemeleri, gıda maddeleri, su ve hava gibi çevresel ortamlardaki varlığı, insanların maruz kaldığı radyasyon ışınlanmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu radyoaktif kaynakların çevresel ortamlardaki varlığı düzgün bir dağılım göstermediği gibi, iç ve dış ışınlanmalar sonucu alınan dozlar da yaşam alışkanlıklarına bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Radon, uranyumun bozunumu sonucu oluşan radyumdan gelen ve doğada bulunan tek radyoaktif gazdır. Radon binalara; toprak, binanın civarı veya altındaki kayalar, inşaat malzemeleri, su kaynakları, doğal gaz ve dışarıdaki hava gibi farklı kaynaklardan girer. Radon ve bozunma ürünlerinin ev içerisinde solunumundan alınan dozlar, bina malzemelerinin içerdiği radyum miktarına, bina tasarımına, havalandırma sistemine, yerden yüksekliğe ve zemin geçirgenliğine bağlı olarak bir evden diğerine büyük değişiklikler göstermektedir.

Bu çalışmada, sigaradan sonra ikinci kanserojen madde olarak adlandırılan radondan gelecek sağlık risklerini azaltmak için gereken yaşam alışkanlıkları, bina ve çevresi arasındaki ilişkiler incelenmiş, yaşamı etkileyecek olumsuzlukların giderilmesi için yapılması gerekenler tartışılmıştır.

1. GİRİŞ

İnsanlar doğal radyasyon kaynakları içeren bir dünya içinde yaşamaktadırlar. Uranyum-238, Toryum-232 serileri ve Potasyum-40 milyarlarca yıl yarı ömürleri ile yaşadığımız topraklarda, içtiğimiz sularda, soluduğumuz havada bulunmakta, içten ve dıştan radyasyonlara maruz kalmamıza neden olmaktadır [1]. Şekilde gösterildiği gibi radon, uranyum serisi elemanlarından olan Ra-226'nın bozunması ile oluşur. ^{226}Ra , 1600 yıl yarı ömrüyle bir radon üretici görevi görür. Bozunma serisinde bulunan ^{210}Pb ise uzun yarı ömrüyle bu zinciri etkin bir şekilde korur. Yarı ömrü 3.8 gün olan radon, kimyaca pasif radyoaktif bir asal gaz olmasına rağmen, radonun bozunması ile ortaya çıkan alfa ve beta yayınlayan, kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi ve ^{214}Po kimyaca aktif katı elementlerdir ve genellikle radon, kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri ile denge halinde bulunur. Radon gazı bozunduğu zaman oluşan ^{218}Po atomları, iyonize halde, hava içindeki herhangi bir parçacığa yapışma eğilimindedir. ^{214}Pb , ^{214}Bi ve ^{214}Po atomlarının pek çoğu oluştuklarında bir parçacığa yapışmış haldedirler. Dış radyasyon tehlikesi oluşturmayan radonun uzun süre solunması ve yutulması, önemli bir sağlık riski oluşturabilmektedir. Radonun bozunma ürünlerinin, genellikle akciğer mukozasına yerleşerek akciğer kanseri riskini artırdığı bilinmektedir [2].

Adalar ve Kutup Bölgesi gibi radon çıkışını sağlayan toprağın azaldığı yerleşim bölgelerinde, radon konsantrasyonu düşüktür [6].

Tablo 1. Çeşitli kayalardaki ortalama uranyum konsantrasyonu [2]

Kaya Tipleri	Uranyum Konsantrasyonu (ppm)
Volkanik kayalar	3.0
Fosfat kayaları (Florida)	120.0
Fosfat kayaları (Kuzey Afrika)	20-30
Granit	4.0
Kireçtaşı	1.3
Tortul kayalar	1.2

2.2. İnşaat malzemelerinden gelen radon

İnşaat malzemeleri, dış radyasyon kaynaklarına karşı bir koruyucu olmasına rağmen, ev içlerinde bir radyasyon kaynağı gibi davranırlar. İnşaat malzemelerinde doğal olarak bulunan ^{226}Ra 'un varlığı, bina içlerinde gama radyasyon dozlarının ve radon konsantrasyonunun artmasının en büyük nedenidir. Özellikle fosfat kayaların, inşaat malzemesi olarak kullanılması, gama radyasyon dozlarını arttırmaktadır. Ev içi ışınlanmalar, dış havadaki ışınlanmalar ile karşılaştırıldığında inşaat malzemelerinin etkisinin doz oranlarını %40 - %50 artırdığı görülmüştür [2].

Aşağıdaki tabloda bazı inşaat malzemeleri için radyum konsantrasyonları ve radon çıkış hızları verilmektedir. Beton ve tuğla, en yaygın kullanılan inşaat malzemesidir. Betondaki ^{226}Ra konsantrasyonu, tuğlaya göre daha az, ^{222}Rn çıkış oranı ise betonda tuğladan daha yüksektir.

Tablo 2. İnşaat malzemeleri içindeki ^{226}Ra ve ^{222}Rn değerleri [2]

İnşaat malzemesi	^{226}Ra konsantrasyonu (Bq kg ⁻¹)	^{222}Rn çıkış oranı (μBq kg ⁻¹ sn ⁻¹)
Tahta	-	0.2
Beton	9-32	2.5-20
Tuğla	45	1.0
Alçı taşı	12	6.3
Fosfattan elde edilen alçı taşı	580-740	0.13-0.20
Çimento	50	1.0
Kum	10	3.0

2.3. Sulardan gelen Radon

Sularda bulunan radon ev içlerine, sular kullanıldığı zaman girer. Sulardan gelen radonun miktarı, sudaki miktarına bağlıdır. Suyun sıcaklığı arttıkça, ortama verilen radon miktarı da artar.[7].

Suda ölçülen radon, sadece suyun içerisinde bulunan radyumdan kaynaklanmamakta, aynı zamanda suyun geçtiği yerlerdeki toprak ve kayalarda bulunan radyumdan da ileri gelmektedir.

Evdeki alışkanlıklar ve uygulamalar; duş, çamaşır ve bulaşık makinesi gibi suyun püskürtülmesi veya çalkalanması büyük miktar radonun salınmasına neden olur. Sudaki radon seviyesi, ev içi radon seviyesini önemli derecede etkileyebilecek kadar yüksektir. Bazı bölgelerde evlere ulaşan sular özel kuyulardan gelir. Yeraltı sularındaki radon konsantrasyonu, yüzeysel sulardan daha yüksektir. İnşaat malzemesinden gelen ışınlanmalara, yüzeysel sulardan katkı % 0.2, yeraltı sularından ise % 20'dir [2].

Ev içi havasına, musluk suyundan radon transferi çalışmalarında bir günde kişi başına ortalama $0.2-0.4 \text{ m}^3$ su kullanıldığı varsayılarak, bu miktarın transfer veriminin $0.5-0.6$ olduğu rapor edilmiştir [8].

Sudaki en yüksek konsantrasyonlar Kanada'da 14 MBqm^{-3} , Finlandiya'da 77 MBqm^{-3} , ABD'de 20 MBqm^{-3} bulunmuştur. Yapılan çalışmalar 370 BqL^{-1} radon konsantrasyonuna sahip bir suyun, ev içi radon konsantrasyonuna katkısının 37 mBqL^{-1} olduğunu ortaya koymuştur [2].

2.4. Doğal Gazdan Gelen Radon

Doğalgazın önemli bir ev içi radon kaynağı olduğu bilinmektedir. Doğalgazın üretim kuyularındaki radon konsantrasyonu, detekte edilemeyen seviyelerden, 50 kBqm^{-3} seviyesine kadar değişik değerler göstermektedir. Doğalgazın endüstriyel işlemleri, saflaştırma ve hidrokarbonlardan ayrıştırma işlemlerini içerir. Bu hidrokarbonların bazıları yakıt olarak kullanılırken, bazıları sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) olarak, basınç altında şişelenerek satılmaktadır. Doğalgaz, evlerde ısıtma ve yemek pişirmede kullanıldığında radon gazı ortaya çıkarak ev içi radon konsantrasyon seviyesini artırır. Yanma ürünleri havalandırmayla dışarı atılırsa, radon kaynağı ihmal edilir. [2].

3. RADON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Radon ve ürünlerini ölçmek için iki temel yöntem geliştirilmiştir: aktif ölçüm yöntemi ve pasif ölçüm yöntemi [9].

Aktif ölçüm yöntemi, elektronik sistemler, pompalar, güç kaynakları gibi cihazlar gerektirir. Aktif sistemde iyon odaları, sintilasyon hücreleri veya spektroskopik sayım cihazları kullanılır.

Pasif ölçüm yönteminde termoluminesans detektörler ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ veya LiF gibi), veya katı hal nükleer iz detektörleri; selüloz nitrat (LR-115) veya allil diglikol karbonat (CR-39) kullanılır. Pasif alfa detektörü kullanılarak yapılan radon dozimetreleri 3 farklı yolla oluşturulabilir:

1. Detektörün önünde bulunan bir filtre üzerinde radon ürünlerinin toplandığı gaz akışlı aktif cihazlar.
2. Gaz akışı olmayan ağız kapaklı odacıklar; Radon oda içine difüzlenerak, oda hacmi içinde ürünlerini de oluşturarak, radon ve ürünlerinden gelen alfa parçacık izlerini bu odacık içine yerleştirilmiş bir alfa detektörü üzerinde bırakır.
3. Açık bir detektör üzerinde, havadaki radon ve ürünlerinden gelen alfa parçacıklarının kaydedildiği pasif aygıtlar.

4. RADONLA İLGİLİ RADYASYON KORUNMASI STANDARTLARI

Uranyum madenlerindeki radon ve bozunma ürünlerinin solunumu üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar, uranyum madencilerinin en yüksek kanser riskine maruz meslek grubu olduğunu ortaya çıkarmıştır [2,7,10]. Özellikle akciğer kanser vakalarının %20 kadarı havadaki radyoaktif ^{222}Rn gazı ve bunun bozunma ürünlerinin solunumu sonucu akciğer bronşlarının aldığı doza bağlanmaktadır [10,11,12].

İnsanların özellikle büyük toplum gruplarının, küçük olsa dahi sürekli olarak radyasyona maruz kalmasının toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği görüşü, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi tarafından yayınlanan UNSCEAR raporları ile desteklenmiştir [2,7,11].

Uluslararası Radyasyon Korunması Komitesi (ICRP), radona maruz kalmayı sınırlandırarak limit değerler tavsiye etmiş ve yıllık doz için bir eylem seviyesi tespit etmiştir. Eylem seviyesinin, 3-10 mSv arasında sınırlandırılması tavsiye edilmiştir. Bu doz değerlerine karşılık gelen radon konsantrasyonu evler için 200-600 Bqm⁻³, iş yerlerinde ise 500-1500 Bqm⁻³ arasında olacak şekilde bir değer tespit edilmesi önerilmiştir [13].

Radonun asıl kaynağının uranyum olması nedeniyle radon konsantrasyonu yerkabuğu üzerinde bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle radon konsantrasyonunda izin verilen limit değerlerde ülkeler arasında değişiklikler göstermektedir. İngiltere’de bu değer 200 Bqm⁻³, Avrupa ülkelerinde 400 Bqm⁻³, yeni inşa edilecek binalarda 200 Bqm⁻³, Kanada’da ise 800 Bqm⁻³ olarak kabul edilmiştir [14]. Türkiye’de ise bu değer Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği’nde 400 Bqm⁻³ olarak belirlenmiştir [15].

SONUÇ

Doğal radyasyonlarla iç içe yaşamının kaçınılmaz olmasına rağmen maruz kalınacak radyasyon dozlarını minimum düzeyde tutmak olasıdır. Radon evlerimiz için görünmez bir tehlike olabilir fakat alınacak bazı önlemlerle ev içlerine radon girişi azaltılabilir.

Radon konsantrasyonunu azaltmada havalandırmanın önemi, tüm ICRP ve UNSCEAR raporlarında kuvvetle vurgulanmaktadır [2,7,11,12,13]. Havalandırmanın daha az yapıldığı kış aylarında, radon konsantrasyonu yaz aylarına göre çok daha yüksektir. Evlerde, kapı ve pencerelerde izolasyon yapılmışsa havalandırma süresini arttırmak gerekir.

Konut inşa edilecek alanların radon haritası çıkarılmalıdır. Yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri ve doz değerlendirmeleri yapılmalı, tavsiye edilen radyoaktivite düzeylerinin üzerinde olan malzemeler bina yapımında kullanılmamalıdır. Binaların özellikle bodrum katlarının toprakla izolasyonu iyi yapılmalı, bodrum katların ve zemin katların tabanına şap, beton vb. dökülmeli, toprakla temas eden yüzeyler sızıntıya imkan vermeyecek şekilde izole edilmelidir. Radon düzeyi yüksek olabileceğinden eski evlerde çatlaklar kapatılmalı, izolasyon yapılmalıdır. Yerden ve duvarlardan bina içine sızan radon gazının bina içindeki birikimini önlemek için binanın havalandırılmasına özen gösterilmelidir.

Kapalı ortamlarda sigara içilmemelidir. Sigarada bulunan ²¹⁰Po radyonükliti, radonun uzun yarı ömürlü bozunma ürünlerinden biridir ve alfa toksik özellik göstermektedir. Sigaradaki alfa parçacığı aktivitesinin %75’inin havaya karışması nedeniyle odada bulunan kişilerin akciğerlerinin alfa ışınmasına maruz kalacağı ortaya konmuştur [10,11,12,13].

KAYNAKLAR

- [1] EISENBUD, M., Environmental Radioactivity, Academic Press, Inc., 1987
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation, 1988.
- [3] National Council on Radiation Protection And Measurements, Environmental Radiation Measurement NCRP Report 50, 1977.
- [4] MARTINELLI, G., Radon Geochemistry and Geophysics in Deep Fluids, Second Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection Environmental and/or Earth Sciences, 1991.
- [5] GARASH I,G.,SAEKI,N.,TAKAHATA, K., et al, Ground-Water Radon Anomaly Before the Kobe Earthquake in Japan. Science, 269, 60-64,1995.
- [6] IAKOVLEVA, V.S., RYZHAKOVA, N.K., Spatial and Temporal Variations of Radon Concentration in Soil Air, Radio. Measur. 36, 385-388, 2003,

- [7] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation, 1993.
- [8] GESELL, T. F., PRICHARD, H. M., The Contribution of Radon in Tap Waters to Indoor Radon Concentrations. Natural Radiation Environmental III, CONF-780422, 1347-1363, 1980.
- [9] URBAN, M., and PIESCH, E. Low-Level Environmental Radon Dosimetry with a Passive Track Etch Detector Device. Radiation Protection Dosimetry, 1, 97-109, 1981.
- [10] Natl.Res.Council, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR-V), Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, Natl.Acad.P., 1990.
- [11] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation, 2000.
- [12] International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the Commission, ICRP Publication, No.60, Pergamon, 1990.
- [13] International Commission on Radiological Protection, Protection Against Radon 222 at Home and at Work. Annals of the ICRP, ICRP Publication, No.65, Pergamon, 1993.
- [14] AYOTTE, P., et.al. Indoor Exposure to ²²²Rn: A Public Health Perspective, Health Physics, 75, 297-302, 1998.
- [15] TAEK, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, 24.03.2000, Sayı: 23999, Madde 37.

ÖZGEÇMİŞ

Nilgün ÇELEBİ

1977 yılında Hacettepe Üniversitesi Fizik Yüksek Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Master tezini "CO₂ laser yapımı" üzerine yaptı. 1977-1978 öğretim yılında Kadıköy Anadolu Lisesinde fizik öğretmenliği yaptı. Ağustos-1978 tarihinde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) Fizik Bölümünde göreve başladı. İlk olarak He-Ne ve CO₂ gaz laserlerinin yapımı üzerinde çalıştı. 1985 yılında "Laserler, Atom ve Molekül Fiziği" konusunda İtalya'da Uluslararası Teorik Fizik Merkezinde (ICTP) 2 ay kış okuluna katıldı. Kurum bünyesinden laser projelerinin kaldırılmasından sonra 1985 yılında ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümünde görev aldı. 1990 yılında IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) bursiyeri olarak "Radyonüklitlerin Standardizasyonu ve Kalibrasyonu, Dozimetreler, Sayım sistemleri" konusunda Almanya Heidelberg Ruprecht Üniversitesi ve KFK Karlsruhe Araştırma Merkezi'nde 4 ay süre ile eğitim gördü. 1992 yılında "Radyasyon Korunması" konusunda, ICTP-İtalya'da 2 ay Medikal Fizik kursuna katıldı. 1995 yılında İ.Ü. Fizik Bölümünde "Çevresel Örneklerde Uranyum, Radyum, Radon Ölçüm Tekniklerinin Geliştirilmesi" konusunda yaptığı çalışma ile Doktor ünvanı aldı. 2001-2006 yılları arasında Sağlık Fiziği Bölüm Başkanlığı görevini yürüttü. Halen Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Koordinatörü olarak görev yapmaktayım.