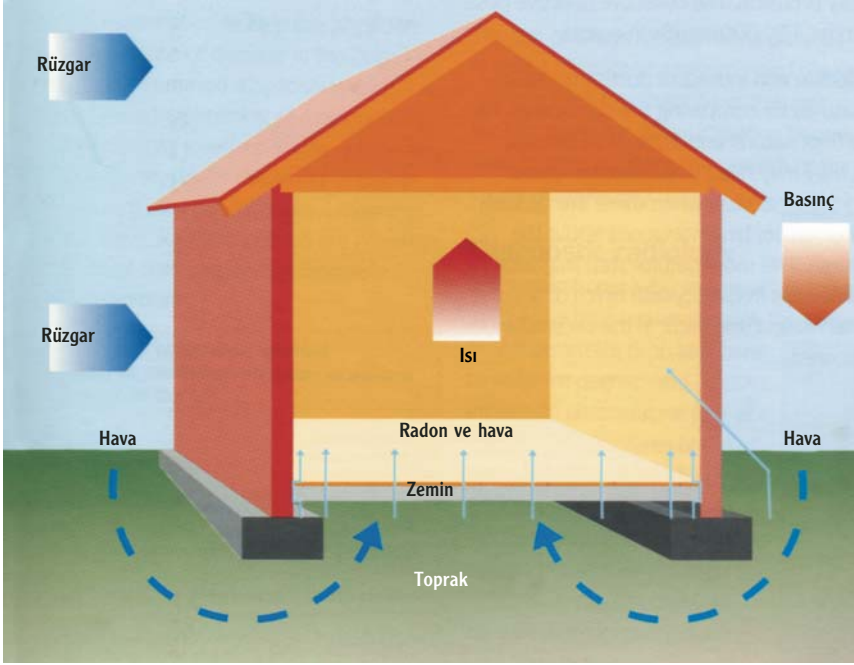


GÖRÜNMEYEN TEHLİKE RADON GAZI



Günlük yaşantımızda, sürekli biçimde radyasyona maruz kalırız. Maruz kalınan bu radyasyona en büyük katkırı radon gazı yapar. Toprakta ya da yapı malzemelerinden yayılan gaz oturma odalarımıza sızarak, bizimle yaşar. Radyoaktif radon gazı özellikle yalıtılmış evlerde, insan sağlığını tehdit edecek miktarlarda birikebilir. Yaptığı bozunum yüzünden bu gazın solunumu ciğerlere çekilmesi, akciğer kanseri olma riskini artırır. ABD'deki Ulusal

Güvenlik Kurumu'nun 1990 yılındaki raporunda, bir yılda yaklaşık 14.000 ölümün radon gazı yüzünden olabileceği, bu sayının koşullara bağlı olarak, 7.000 - 30.000 arasında değişebileceği bildirilmiş. Radon gazına ilişkin izleme, ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)'nce yapılmakta. 33 ilde tamamlanmış çalışmanın yansıtıldığı Türkiye radon haritası ilk kez dergimizde yayınlanıyor.

İlk canlı organizmanın oluşumundan beri tüm canlılar radyasyon etkisine maruz kalıyor. Yerkabuğunda bulunan uranyum, toryum gibi radyoaktif kaynaklar ve bunların bozunum ürünlerinden oluşan doğal radyoaktif maddelerle, uzaydan gelen kozmik ışınlar, söz konusu radyasyonun ana kaynakları. Kozmik ışınların şiddeti deniz seviyesinden yükseğe çıkıldıkça ve ekvattan kutuplara gildikçe artsa da, neden olduğu radyasyon dünyanın her yerinde, aşağı yukarı homojen bir dağılım göstermekte. Maruz kalınan bu tür radyasyon, insanın günlük yaşam biçimi ve alışkanlıklarıyla ilişkisiz. Başka bir deyişle, ne yaparsak yapalım bu ışınlardan etkilenmemiz kaçınılmaz. Doğal radyoaktif maddelerin toprak, ka-

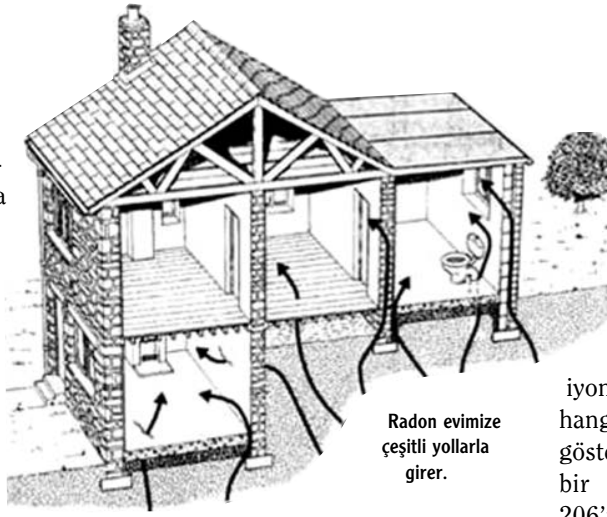
yalar, yapı malzemeleri, gıda maddeleri, su ve hava gibi ortamlardaki varlığına, düzgün bir dağılım göstermez. Yani, radyoaktif maddelerin yerkabuğundaki konsantrasyonları, bu maddelerin bulunduğu yerin jeolojik - kimyasal yapılarına koşut, geniş bir aralıkta değişim gösterir. Örneğin volkanik kayalar, tortul kayalara kıyasla, çok daha yüksek konsantrasyonlara sahip. İnsanlar, doğal kaynaklardan gelen radyasyonla iki biçimde etkileşirler: Birincisi, kozmik ışınlarla, yerkabuğunda, inşaat malzemelerinde ve havada bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayınlanan radyasyonun neden olduğu dış ışınlama. İkincisiyse, havada ve gıda maddelerinde bulunan doğal radyoaktif maddelerin solunum ya da sindirim sistemi yoluyla

vücuda girdikten sonra, vücut içinde sürdürdükleri iç ışınlamalar. Radon ve bozunma ürünlerinin ev içinde solunmasıyla alınan radyasyon, bina malzemelerinin içerdiği radyum izotoplarının miktarlarına, binanın tasarımına, havalandırma sistemine, yerden yüksekliğe ve zemin geçirgenliğine bağlı olarak bir evden diğerine değişir. Bu yüzden de doğal radyoaktif kaynaklardan maruz kalınan radyasyon, insanın günlük yaşam biçimi ve alışkanlıklarına koşut, büyük farklılıklar gösterir.

Radon Nasıl Oluşur?

Volkanik kayalar, fosfat kayalar, granit, kireçtaşı ve tortul kayalar gibi hemen her türlü kaya ve toprakta bu-

lunan uranyum-238'in zincirleme bozunumu, 14 elementin izotop çekirdeklerinin oluşmasına neden olur. Bu çekirdeklerden biri de radyum. Bozunma zincirinin devamı olarak, radyumun radyoaktif bozunması sonunda radon atomları oluşur. Radon atomu aslında bir gaz atomu; radon gazı bu atomların birikmesiyle oluşur; tümüyle doğal; renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Erime noktası -71°C, kaynama noktası -61,8°C olan radon gazı, 86 atom numarasıyla, periyodik cetvelin soygazlar sınıfında yer alır. Yalnızca 3,8 günlük bir yarılanma ömrü vardır.



Radon evimize çeşitli yollarla girer.

Oluştugu ilk anda bütün bozunma ürünlerinden yoksun olan radon, hızla, kısa yarıömürlü ürünlerin birikimiyle radyoaktivitesini artırır. Radonun bozunmasıyla alfa (helyum çekir-

deği) ve beta (elektron) parçacıkları yayınlayan, kısa yarıömürlü radon ürünleri (sırayla, polonyum-218, kurşun-214, bizmut-214, polonyum-214) oluşur. Bozunmadan oluşan ve alfa parçacığı yayınlayan polonyum-218 atomları iyonize halde olup, hava içindeki herhangi bir parçacığa yapışma eğilimi gösterir. Radon bozunumu, kararlı bir kurşun izotopu olan kurşun-206'nın oluşumuyla sona erer.

Evimizdeki Radon

Ana kaynağı oluşu yüzünden uranyumun bol bulunduğu topraklarda, radon gazı konsantrasyonu yüksek olur. Toprakta, bulunduğu ortamın boşluklarında yol alarak da atmosfere sızmayı başarır. Ortamdaki radon gazı konsantrasyonu, topraktaki radyumun miktarına, toprağın gözenekliliğine, geçirgenliğine ve nem içeriğine bağlı olarak değişir.

Radon gazı, toprak boyunca yükselir. Evler ya da binalar bu yükselişi durdurur; binanın altında hapseden radon gazı da bir basınç oluşturur. Oluşan bu basıncın etkisiyle radon gazı, bir eve ya da binaya, topraktan, binanın çevresinde ya da altındaki kayalardan, zemindeki çatlaklar, yapı bağlantı noktaları, duvar çatlakları, asma kat boşlukları, tesisat boşlukları, duvar arası boşlukları yoluyla girer. Ayrıca binanın yapımında kullanılan çimento, sıva gibi bazı malzemelerde, mutfakta ya da ısınma amacıyla kullanılan doğal gazda ve içme sularında bulunan radon da bina içindeki radon konsantrasyonunu artırır. Bir ev içindeki radon konsantrasyonunda, toprakla temas halindeki yapının yüzey alanı ve yalıtım niteliği, zemin yapısı, binadaki havalandırma kapasitesi, iklim koşulları, iç-dış hava sıcaklık ve basınç farkı ve ev halkının yaşam alışkanlıkları gibi etkenler belirleyici olur.

Radon, özellikle yeraltı suyu olmak üzere, suda da çözünür. Tipik olarak, musluktan akan su içindeki radonun 10.000'de biri havaya yayılır. Ev içinde su kullanımıyla gelen radonun miktarı, radonun sudaki miktarıyla doğrudan ilişkili. Ayrıca, suyun sıcaklığı arttıkça, ortama verilen ra-

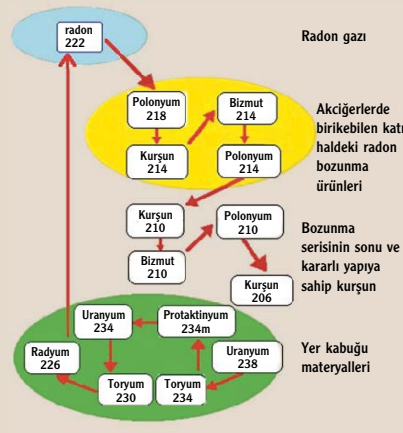
Sağlık Etkileri

Radon ve bozunma ürünlerinin solunması insan sağlığı için tehlikeli olabilir. Aslında solunan radonun reaktivitesinin düşük oluşu, dokulara kimyasal olarak bağlanmasını engelliyor; doku içindeki çözünürlüğü de çok düşük. Ancak, radon bozunumuyla ortaya çıkan polonyum, bizmut ve kurşunun radyoaktif izotopları, radon gibi gaz halinde olmadıklarından, toz ya da havadaki diğer parçacıklar yapışır ve solunma yoluyla vücuda alınırlar. Bu parçacıklar, solunma sonrasında akciğer içinde de bozunmalarını, kararlı hale gelinceye dek sürdürürler. Bozunma sürecinin her aşamasında salınan radyasyon, öncelikle akciğer dokusunda hasara, zamanla da akciğer kanserine neden olabilir. Solunum sistemindeki radyasyon dozu; solunmuş havadaki radon ve bozunma ürünleri içindeki konsantrasyonuna, toz içerisindeki parçacıkların büyüklüğüne ve vücudun fizyolojik özelliklerine bağlı olarak değişir.

Epidemiyolojik çalışmalar, radon ve bozunma ürünlerinin yaydığı radyasyona yüksek düzeyde maruz kalmış kişilerin akciğer kanserine yakalanma oranlarının yüksek olduğunu gösteriyor. İngiltere Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi (NRPB), İngiltere'de bir yılda, toplam 41.000 akciğer kanseri olgusundan en az 2.500'ünün; ABD'de bir yılda karşılaşılan akciğer hastaları

üzerinde bir araştırma yapan ABD Halk Sağlığı Servisi, sigara içmeyenler grubundan 5.000, sigara içenlerden de 15.000 radona bağlıyor. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP)'ye, toplam akciğer kanserlerinin %10'unu radonla açıklıyorlar. Ancak bu sonuçlar, yüksek dozda radona maruz kalan herkesin akciğer kanseri olacağı anlamına gelmiyor elbette. Radyasyona maruz kalınmayla, hastalığın ortaya çıkması arasında geçen süre, bazen yıllarca sürebiliyor.

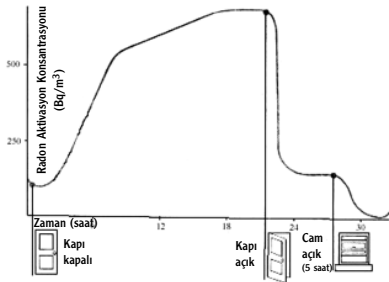
“Sigara, kanser riskini artırır” söylemi yeni bir bilgi değil; ama, hem sigara içip hem de yüksek dozda radon gazına maruz kalmış kişilerde kansere yakalanma riski olduğu da halk arasında pek bilinmez. Kapalı yerlerde, havadaki, çoğu kanserojen parçacıkların ana kaynağı sigara içimi. Amerika'daki maden işçileri arasında yapılan bir araştırmaya göre, sigara içen maden işçilerinin, içmeyenlerle oranla 10 kat daha çok kansere yakalandığı saptanmış. Bir başka araştırmaya göre, akciğer kanserine yakalanma olasılığı, günde 1-9 adet sigara içilmesiyle 4,6 kat, 10-19 adetle 7,5 kat, 20-39 adetle 13,1 kat ve 40 adet üzerinde bir tüketimdeyse 16,6 kat artmaktadır. Özetle, günde iki paket sigara içen biri, içmeyenin 16 katı oranında akciğer kanserine yakalanma olasılığıyla karşı karşıya. Günde 1-9 adet sigara içiminin sonucu kansere yakalanma riskinin, Japonya'da, atılan atom bombasına maruz kalanların %1'den daha azının almış olduğu 3 Sv'lik (sievert: maruz kalınan radyasyon dozu eşdeğeri birimi) bir dozun neden olacağı riske eşdeğer olduğu da belirtiliyor. 3 Sv'lik bir doz 10.000 göğüs röntgen filmi çekirilmesiyle alınabilen doza eşdeğer, çok yüksek bir doz değeridir. Günde iki paket sigara içen birinin akciğer kanserine yakalanma riskine eşdeğer risk oluşturan atom bombası dozuydu, doza maruz kalındığı anda öldürür. Sigaranın insan sağlığına zararını değerlendirirken, kimyasal zehirliliğinin yanısıra radyoaktif zehirliliğinin de dikkate alınması gerektiği araştırma sonuçlarından açıkça anlaşıyor. Çok yakın bir zamanda, radyoaktif madde işaretini sigara paketlerinin üzerinde görmek çok da şaşırtıcı olmayacak.





33 ile ait verileri içeren Türkiye radon haritası

don miktarı da artış gösterir. Evdeki bazı alışkanlıklar ya da kullanılan bazı araçlar; örneğin duş alma, çamaşır ve bulaşık makinesi gibi çalkalayarak ya da püskürterek su kullanan cihazlar, ortama sızan radon miktarının artmasına neden olur. Eve ulaşan su, özel kuyulardan geliyorsa risk daha da artar; çünkü yeraltı sularının radon konsantrasyonu yüzeysel sulara göre daha yüksektir.



Kapalı ortamlarda yapılan havalandırma radon oranını önemli ölçüde düşürür.

Isıtma ve yemek pişirirken kullanılan doğal gaz da ev içi radon seviyesini artırır. Ancak doğal gazın yanışı sırasında açığa çıkan yanma ürünleri havalandırma ile dışarı atılırsa, radon kaynağı olarak etkisizleştirilebilir.

Binalardaki radon düzeyini artırıcı unsurlardan biri de, inşaat yapı malzemelerinde bulunan eser miktardaki uranyumdur.

Doğal bir radyoaktif kaynak olan radon gazının, yukarıda sayılan çeşitli yollarla evlerde birikimi ve varlığı, aslında zamanlarının neredeyse tümünü kapalı mekanlarda geçiren in-

sanlar için büyük tehlike. Bu nedenle, kapalı ortamlarda biriken radon gazı konsantrasyonunun denetimi amacıyla hem yerel hem de uluslararası kuruluşlarca, konsantrasyon sınır değerleri belirlenmiş bulunuyor. Bu kuruluşlar, sınır değerlerinin aşılması durumunda, radon konsantrasyonunu düşürücü etkili önlemlerin alınmasını önerirler. Radon gazı için, Uluslararası Atom Enerji Ajansı Temel Güvenlik Standartları (IAEA-BSS)'nda önerilen düzeyler bir metreküp hacimde 200-600 Becquerel (1 Bq= saniyede 1 parçalanmaya karşılık gelen radyoaktivite birimi) olarak belirlenmiş. Ülkemizde izin verilebilir radon konsantrasyonu 400 Bq/m³'tür.

Aynı kuruluşlar, radon gazından kaynaklanacak riskleri azaltacak bazı önlemleri de şöyle sıralıyorlar: Yapı malzemelerinin radyoaktivite analizle-

ri ve doz değerlendirmeleri yapılmalı; değerlendirme sonuçları, önerilen radyoaktivite düzeylerinin üzerinde olan malzemeler bina yapımında kullanılmamalı. Binaların, özellikle de bodrum katlarının toprakla ayırıcı yalıtımı iyi yapılmalı; bodrum ve zemin katlarının tabanına şap, beton vb. dökmeli; toprağa değen yüzeyler, sızıntıyı engelleyecek biçimde yalıtılmalı. Radon düzeyine bağlı olarak, 20 yıldan başlayarak eski evlerde çatlakların kapatılması önemli. Bu yüzden yalıtım ve bakım sürekli yapılmalı. Yerden ve duvarlardan bina içine sızan radon gazı, bina dışına çıkacak bir yol bulamazsa konsantrasyonu artar; bu nedenle, kapalı ortamların sık havalandırılmasına özen gösterilmeli. Evlerin kapı ve pencerelerinde ısıyı koruma amacıyla yalıtım yapılmışsa, havalandırma süresi artırılmalı. Radon kanser riskini artırdığı göz önünde tutularak, kapalı ortamlarda sigara içilmemeli.

Ülkemizde Radon Ölçüm Çalışmaları

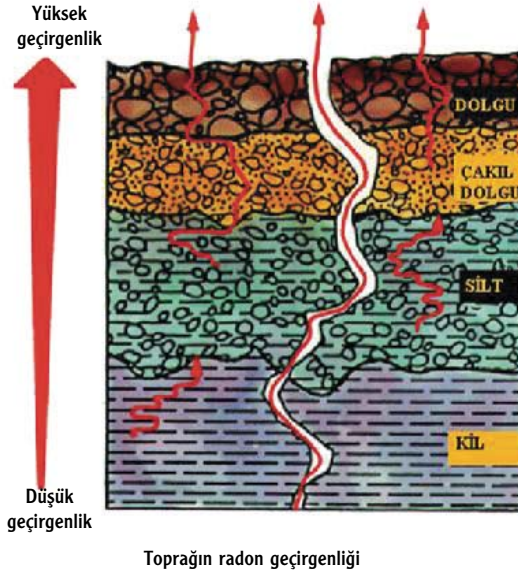
TAEK, tamamlanmış bir Türkiye radon haritasını toplumun hizmetine sunmak için kolları sıvamış. "Türkiye Evlerinde Radon Ölçümleri Projesi", TAEK-Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nce, E. Muhsin Köksal ve Dr. Nilgün Çelebi'nin önderliğinde yürütülüyor. 1984 yılında başlayan projeye, 1987-1990 yılları arasında ara ve



Prof. Dr. Mehmet Tomak

rilmiş. Bu tarihten sonra çalışmalar yaygınlaştırılarak sürdürülmüş. TAEK Başkanı Prof. Dr. Mehmet Tomak, ülkemizde doğal radyasyon ve radon haritalarının henüz tam anlamıyla oluşturulamadığını, referans olması bakımından, bunun büyük bir eksiklik olduğunu söylüyor. Ancak, radon çalışmalarının 33 ilde tamamlandığını; projenin 81 ili kapsayacak şekilde, en kısa zamanda tamamlanmasının da Kurumunun öncelikli hedefleri arasında yer aldığını belirtiyor. Projenin tamamlanmasını beklemeksizin kamuoyuyla paylaşılması gerektiği anlayışıyla, tamamlanmış çalışmaların çok yakın bir sürede TAEK yayını bir kitap olacağını da belirtiyor. Bu projenin tamamlanması için kesin bir tarih verilemiyorsa da, üniversitelerin ya da ilgili kuruluşların, Kurum'un desteğini alarak bu projeye katılmalarıyla, daha kısa zamanda bitmesi bekleniyor.

"Türkiye Evlerinde Radon Ölçümleri Projesi", diğer ülkelerde olduğu gibi, evlerde radondan dolayı maruz kalınan radyasyon dozunu hesaplamak, radon oranı yüksek bölgeleri saptamak yoluyla Türkiye radon haritasını çıkarmayı amaçlıyor. Pasif nükleer iz dedektörleri kullanılarak, Mer-



kez'ce geliştirilen radon difüzyon kapları, kalibrasyon odası, kimyasal iz kazıma yöntemi ve mikroskop sistemlerinin hazır olmasından sonra, evlere dağıtılan ölçüm cihazlarıyla, ölçümler önce İstanbul'da başlamış, sonraki yıllarda da öteki bazı illerde sürdürülmüş. Evlere, yatak ve oturma odasında ölçüm yapmak üzere, birer çift dedektör dağıtılmış; yanısıra da dedektörlerle birlikte evin cinsi (betonarme, ahşap, taş..), katı, adresi, yapım tarihi gibi bilgiler derlenmiş. İki dedektör ortalaması bir evi temsil edecek biçimde değerlendirilmiş. Genelde iller üzer

aylık periyotlarla yıllık olarak taranmaya çalışılmış; bazı şehirlerde 6 aylık sürelerle, yaz ve kış aylarını kapsayan ölçümler yapılmış, ilgili hesaplamalarla, veriler değerlendirilmiş.

Bugüne dek, 33 ilde 1685 evde radon konsantrasyon ölçümleri yapılmış. Son ölçümlerden sonra, Türkiye ev içi radon konsantrasyonunun aritmetik ortalaması yaklaşık 56 Bq/m³ olarak hesaplanmış. Türkiye evlerinde radon konsantrasyonunda bölgesel özelliklere bağlı artışlar da görülmüş; ama, TAEK'in önerdiği, izin verilen yıllık radon konsantrasyonu limiti olan 400 Bq/m³ değerinin aşıldığı da henüz gözlenmemiş.

Sonsöz

Ülkemizde yapılan ölçümlerin aritmetik ortalaması, radon için tehlike yaratacak sınırların çok altında görünüyor. Bu da, bazı kuruluşların, örneğin inşaat yapımını denetleyen belediyelerin, yapı malzemelerinin radon düzeylerine ilişkin bir denetleme yapmalarını gereksiz kılıyor. Radonla ilgili konuları da kapsayan tek yönetmelik, TAEK'ce hazırlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği. Bu yönetmeliğe uygunluk denetimi yine TAEK tarafından yapılmakta.

Radon düzeyinin özellikle de depremle içiçe yaşayan bizim gibi ülkelerde, değişkenlik gösterdiği hep anımsanmalı; alınacak küçük önlemlere özen gösterilmeli. Günlük yaşamda, bulunduğunuz yeri düzenli ve uzun sürelerle havalandırmak; sigaranızı, olabildiğince açık havada içmek ya da sigara içmekten vazgeçmek, hem kendinizin hem de yakınlarınızın daha sağlıklı bir ömür sürdürebilmesine katkı yapacaktır.

Serpil Yıldız

Deprem ve Radon

TAEK Başkanı Prof. Dr. Mehmet Tomak'a göre, depremden önce, radon oranlarında bir artış olduğu bilinmekle birlikte, bu artışın tek başına bir depremin habercisi olduğu, henüz kanıtlanmış ve tümüyle kabul görmüş değil. Ancak radon çıkışı deprem olasılığını gösteren önverilerden birisi.

Depremlerin önceden saptanması konusunda yapılan çalışmalarda, depremlerin istatistiksel analizleri ve jeofiziksel öncüller olarak bilinen iki temel öncü yöntem ortaya konmuş. Yeraltından radon salınımları jeofiziksel öncüller arasında yer alıyor. Rusya, Japonya ve Çin'de yapılan çalışmalar radon gazıyla sismik faaliyetler arasında doğrudan bir ilişki olduğunu saptamış. Radon sızıntısının, aktif faylar üzerinde daha fazla olduğu; atmosferik koşullara ve sismik faaliyetlere bağlı değişiklikler gösterdiği de bilinenler arasında. Yerkabuğundaki gerilmeler nedeniyle oluşacak genleşmeler, kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişinin artmasına; bu yüzden de, sismik faaliyet başlamadan önce, çevredeki kuyu ve kay-

nak sularındaki radon konsantrasyonunda bir artış gözlenmesine neden oluyor.

Deprem araştırmalarına yönelik çalışmaların özellikle çevredeki kuyu ve kaynak sularında yapılmasıyla çok daha doğru sonuçlar elde edilebilmekte. Çin'de ve 1966 Taşkent depreminde yapılan yeraltı sularındaki radon değişim gözlemleri, Japonya'nın yer altı sularında sürekli izleme sistemi geliştirilmesine öncülük etmiş; Tokyo Üniversitesi ve Japon Jeoloji Araştırma Birimi, depremi önceden seaptamayı hedefleyen bir izleme ağı kurmuşlar.

Eski SSCB'deki 1966 ve 1967 Taşkent depremlerinden çok önce başlayarak, radon konsantrasyonu yıllarca kararlı bir şekilde artış göstermiş, deprem öncesi bu artış hızlanmış 1966 da deprem sırasında da aniden düşmüş. Benzer değişiklikler, Çin depremi öncesinde izlenmiş. 1976 Songan-Pingwu depremlerinden 2-3 yıl önce radon konsantrasyonu artışı başlamış, depremin başladığı ana kadar sürmüştü. Japonya'da, 17 Ocak 1995 Kobe depreminden birkaç ay önce, yeraltı sularında yapılan ölçümlerle de, radon konsantrasyonunda artış olduğu; Ekim 1994'ten Aralık 1994'ün sonuna kadar 4 kat arttığı, depremden 9 gün önce başlangıç değerinin 10 katına çıkarak bir pik yaptığı, depremden sonra da başlangıç değerine indiği gözlenmiş.

Kaynaklar

- B. Yücel, İ. H. Arıkan, Binalarda Radon ve Sağlık Etkileri, <http://www.taek.gov.tr/taek>
- B. Yücel, İ. H. Arıkan, Doğal Radyasyon Kaynakları ve Radon, <http://www.taek.gov.tr/taek>
- İ. H. Arıkan, Günlük Hayatımızda Radyasyon (Radon Ve Sigara), <http://www.taek.gov.tr/taek>
- E. M. Köksal, N. Çelebi, Radon ve Türkiye Evlerinde Radon Ölçümleri, TAEK (basıma hazırlanıyor).
- <http://www.howstuffworks.com/radon.htm>
- <http://www.lungusa.org/air/envradon.html>
- <http://eetd.lbl.gov/IEP/high-radon/FAQ.htm>
- <http://www.discoverit.com/at/phi/article.html>