



KONUTLARDA YERKABUĞU KAYNAKLI RADYASYON RADON GAZI

Ahmet AYDOĞMUŞ¹

Radyasyon ortamda taşınan enerji olarak tanımlanabilir. Elektromanyetik dalgalar ve parçacıklar yoluyla taşınır. Taşınan enerjinin etkilediği atomdan elektron koparması iyonlaşma nedenidir. İyonlaşmaya neden olan radyasyona da iyonlaştırıcı radyasyon denir. Gama ve X ışınları elektromanyetik radyasyon; alfa parçacığı, beta parçacığı ve nötronlar da parçacık radyasyon kaynaklarıdır. Bunların tamamı iyonlaştırıcıdır. İyonlaştırıcı radyasyon sağlık yönünden risklidir (1).

Konumuz olan doğal radyasyon uzay kaynaklı ve büyük ölçüde de üzerinde yaşadığımız yerkabuğu kaynaklıdır. Soluduğumuz hava, tükettiğimiz besinler, içtiğimiz su ve temas ettiğimiz toprak-kayaç yolu ile iyonlaştırıcı radyasyon almaktayız (4). Yerkabuğu kaynaklı doğal iyonlaştırıcı radyasyonun kaynağı uranyumdur. Kararsız uranyumun bozunumu ile zincirleme farklı ürünler ortaya çıkar, sonuçta kararlı ve radyoaktif olmayan kurşun oluşur.

Yarı ömrü, atom sayısının yarıya inmesi için geçen süresi 1600 yıl olan Radyum-Ra226'nın bozunumu sonucu radon gazı ortaya çıkar. Yarı ömrü 3.8 gün olan radyoaktif radon gazı, (222Rn) alfa ve beta parçacıkları yayarak bozunur (4). Bu çalışmanın konusu radon gazı ve etkileridir.

Radon Gazı – 222Rn

(Herkes, her gün radon solumaktadır. Ernest Rutherford, 1907)

Radyumun bozunmasıyla ortaya çıkan renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. Havadan 7.5 kez ağırdır. Yarı ömrü 3.8 gün olan radon gazı alfa ve beta parçacıklara yayarak yarı ömrü 3 dakika olan Polonyum 218'e dönüşür (6).

¹Emekli Coğrafya Öğretmeni



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunum ürünleridir. Radon, uranyumun bulunduğu kayalardan ve topraktan gelmekte, gaz olması nedeniyle de bulunduğu ortamın boşluklarında ilerleyerek atmosfere kaçma eğilimi göstermektedir (5).

Gaz formunda olduğu için oluştuğu yer kabuğu gözeneklerinde hareket ederek konutlara ulaşır, havadan ağır olduğu için bodrum katlarda ve zeminde birikme eğilimindedir. Konutların radyasyon değeri yer kabuğunun jeolojik yapısına, binaların özelliğine, insanın yaşama biçimine göre değişkenlik gösterir. Radon gazının bozunum ürünleri solunum yolu ve akciğer kanseri riski taşımaktadır (7).

Kayaç ve toprak özelliğine bağlı olarak ortama yayılan radon gazı iki komşu konutta bile farklı değerlerde olabilmektedir. Radon gazının biriktiği yerler maden ocakları, tüneller, metro istasyonları, mağaralar, kaplıcalar, yer altı otoparkları, binaların bodrum katları, fabrikalar ve alışveriş merkezleri gibi kapalı alanlardır. Radon gazının atmosferdeki konsantrasyonu genellikle düşük değerdedir (7).

Radon ve bozunum ürünlerinden alınan yıllık ortalama etkin doz, toplam etkin dozun % 55 kadarına karşılık geldiği tahmin edilmektedir (4).

Radon Gazı Kaynakları

Radon gazı yer kabuğunda oluşur. Yer kabuğunu oluşturan kayalar, kayalardan oluşan toprak, yer kabuğundan alınan yapı malzemeleri taş, kum, çimento ile yer kabuğu içinden geçerek gelen sular radon gazı bulundurabilen katı ve sıvı ortamlardır.

Kayaçlar ve Toprak: Kayaçlar uranyum ve toryum içeriği açısından ele alındığında silisyum dioksit-SiO₂ içeriği %66'dan yüksek olan granit ve volkanik kayalar ile bunların başkalaşimleri radon gazı riski taşımaktadır. Radyasyon açısından bir başka riskli kayaç türü de fosfat içerikli olanlar ve bunlardan oluşan topraklardır (4).

Yer kabuğunun radyoaktif mineral dağılımı homojen olmadığı için yakın ve uzak mesafelerde değişken değerler söz konusudur.

Sular: Özellikle yer altı sularında, bunların yeryüzüne ulaşan kaynaklarında, jeotermal sularda ve kuyu sularında radon gazı bulunabilmektedir. Yeraltında kayalara temas eden suya radon gazı geçmektedir. Yer altı suları yüzey sularına göre daha yüksek değerlerde radon gazı içerir. Kullanılan kuyu ve kaynak sularının radon gazı içeriği mutlaka belirlenmelidir (4).



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

Kapalı alanlardaki radon gazının yaklaşık % 0.2'si yüzey sularından, yaklaşık % 20'sinin yer altı sularından kaynaklandığı belirlenmiştir. Suyun kullanımı sırasında radon gazı ev ortamına geçmektedir. Suyun sıcaklığı arttıkça, duş alırken su püskürtüldüğünde ve su çalkalandığında radon gazı salınması artmaktadır (4).

Yüzey sularındaki radon gazı hava ortamına geçtiği için daha düşük değerlerde radon gazı bulundurulur. Suyun içilmesinden daha çok ortama salınan radon gazının solunması sağlık açısından risk taşımaktadır (7).

Kaplıca ve içmece suları yerkabuğunun derinlerinden geldiği için yüksek oranda radon gazı içerebilmektedir. Kaplıcalarda suya temas ile deriden, nefesle akciğerlerden ve içilerek mide-barsak yoluyla radon gazı alınır.

Radonlu kaplıca suyunun eklem ağrılarını giderdiği, kasları gevşettiği, gözlerdeki yanmayı azalttığı ileri sürülüyor. Kaplıcalara sağlık amaçlı gidenler ile kaplıca personelinin radyasyondan korunması için doktorların yanında radyasyon fizikçilerinin de alınan radyasyon dozları hakkında belirleyici olması önemlidir. Radon gazı gençleştiren gaz olarak reklam edilmektedir (8).

Yapı Malzemeleri: Yerkabuğundan yapı malzemesi olarak taş, kum, kalker, çimento, briket, tuğla, yer ve duvar kaplama malzemesi elde etmekteyiz. Yerkabuğu kimyasal ve mineral özelliklerine göre değişen oranlarda uranyum, toryum, potasyum içerir. Granit kayalarda uranyum 5 ppm, toryum 15 ppm, potasyum %4 değerinde bulunmaktadır. Kumtaşında bu değerler 0.45 ppm-1.7ppm-%1'dir. Çimento hammaddesi kalker 2.2 ppm uranyum, 1.7 ppm toryum ve % 0.25 potasyum içeriyor. Bu içerikler nedeniyle kapalı ortama yapı malzemelerinden radon gazı salımı söz konusudur (4).

Konuta sızan radon gazı havadan ağır olduğundan içeride kalır ve zeminde birikir. Yeterince havalandırma yapılırsa birikmiş olan gaz etkisi azalır. Günümüzde yaygınlaşan konut yalıtım teknikleri ev içi ortamını dış ortamdan tamamen ayırmıştır. İzolasyonlu konutlarda havalandırma süresi daha uzun olmalıdır. Yapı malzemesi nedeniyle salınan radon gazı değeri yapılar eskidikçe azalmaktadır (6).

Doğal Gaz ve Kömür: Yurdumuzda ısınma amaçlı kullanılan enerji kaynağı genellikle kömür ve doğal gaz olmuştur. Kırsal bölgelerde kömür yaygın iken kentsel bölgelerde doğal gaz daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal gazın radon içeriği üretim, dağıtım ve depolama esnasında azalmaktadır. Isıtma ve pişirme amaçlı doğal gaz kullanıldığında bir miktar radon



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

gazı konut ortamına geçebilmektedir. Yeterli havalandırma ile radon etkisi ihmal edilecek kadar düşük değerlere iner (4).

Tortul kayaç olan kömürde uranyum içeriği yüksek olabiliyor. Türkiye kömürlerinin uranyum içeriği 0.32 mg/kg ile 140 mg/kg arasında değişmektedir. Ortalama değer olarak 6.9 mg/kg olarak ifade edilmektedir (4).

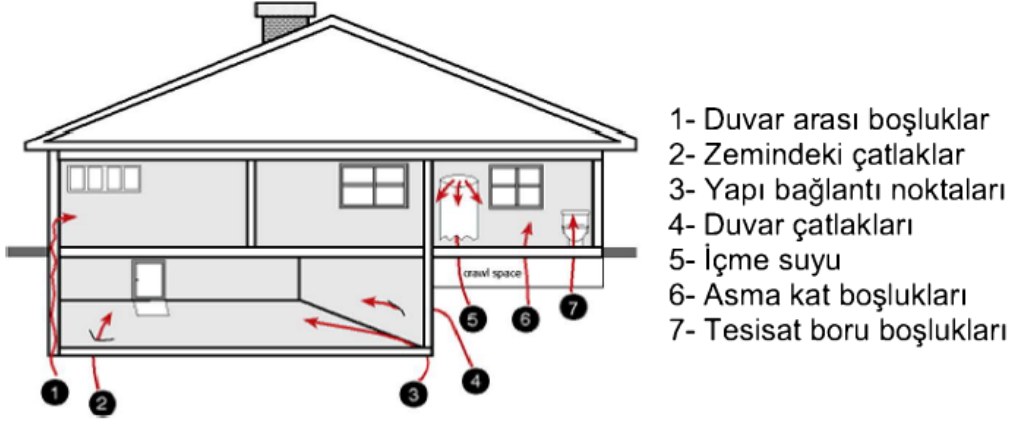
Kömürün üretim, taşıma, depolama ve yakma sırasında önemli bir radon gazı kaynağı olduğu bilinmektedir. Tüketilen yerli ve ithal kömürler radyoaktivite açısından değerlendirilmelidir. Zonguldak taşkömürü havzasında ölçülen radon gazı değerleri 253-1470 Bq/m³ olarak saptanmıştır (4).

Konutlara Radon Gazı Girişi

Radon gazı konut ortamına zeminden girer. Bina yapılırken zemin bu açıdan dikkate alınmalı ve kullanılan yapı malzemelerinde de seçici olunmalıdır (3). Avrupa Birliği ülkelerinde konut inşaatından önce radon gazı riskinin değerlendirilmesi istenmektedir (4).

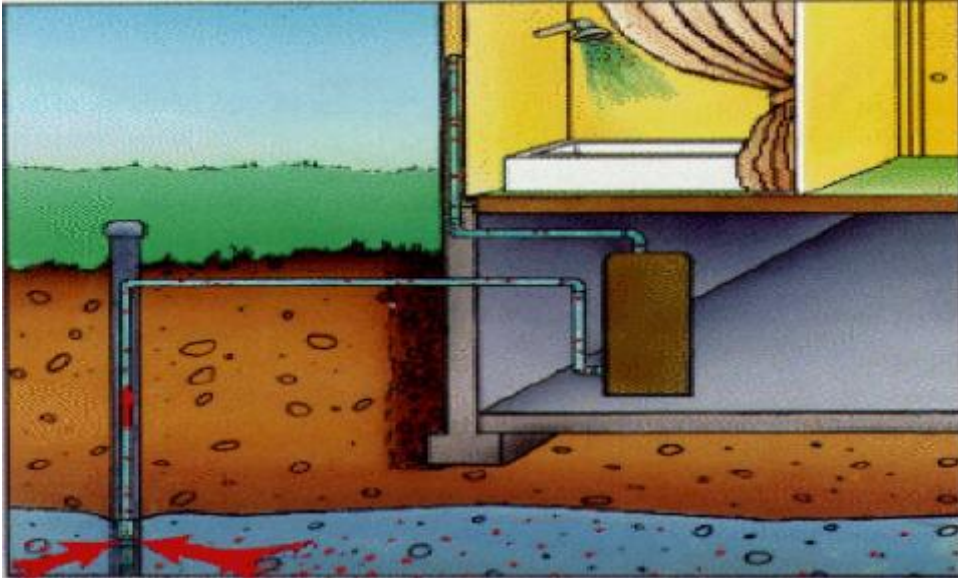
Konutlar ve kapalı mekânlar günlük hayatın çok uzun bir süresini geçirdiğimiz ortamlardır. Konutlar yanında işyerleri, okullar, alışveriş merkezleri gibi kapalı alanlar da radon gazı açısından risk taşıyabilmektedir. Başta granit kayaçlar olmak üzere kapalı alanların yer ve duvar kaplamalarında seçici olmak gerekmektedir (5).

Radon gazının binalara girişi Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir ve topraktan, binanın altındaki kayaçlardan, yapıda kullanılan malzemelerden, kullanılan sulardan, doğal gaz ve kömür yoluyla olmaktadır (5).



Şekil 1. Radonun ev ortamına giriş yolları (Kaynak: TAEK TR-2014-2, 11)

Konutlarda radon gazı konsantrasyonunu azaltmak için: 1.Yapıda kullanılacak malzemelerde seçici olmak. 2.Granit gibi malzemelerden kaçınmak.. 3.Bodrum katlarının zemin izolasyonunu uygun şekilde yapmak. 4.Yaşlı binalarda oluşabilecek çatlakları, su ve kanalizasyon borularının geçtiği açıklıkları kapatmak. 5. Kapalı ortamların havlandırılmasında pencereleri üstten değil aşağı seviyeden yapmak. 6.Kömür kullanılan konutların kömürlükleri ve bina zeminlerini iyi havalandırmak. 7. Radon gazı kanser riskini artırdığı için kapalı ortamlarda sigara içmemek gerekir (4).



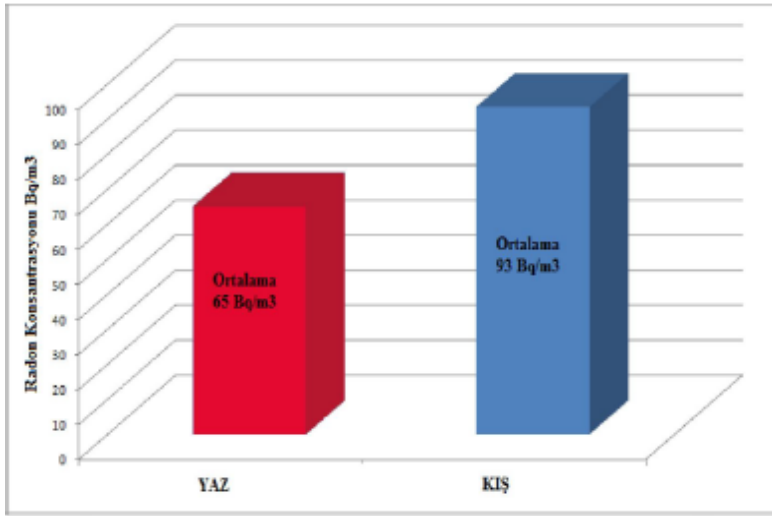
Şekil 2. Evlere sulardan radon girişi



Radon gazı konsantrasyonunun yüksek olduğu kırsal kesimlerde toprak zeminli konutlarının tabanını plastik örtüyle kapatıp üzerine çimento dökülmesi önerilmektedir (6). Yeni yerleşim merkezlerinin oluşturulmasında radon gazı risk haritalarından yararlanmak gerekir (5).

Konutlarda Radon Gazı Ölçümleri

Türkiye konutlarında radon gazı ölçüm çalışmalarına 1984’de Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından başlatılır. Bu çalışmalar Sağlık Bakanlığında devam ettirilmiştir. Dünyada en yüksek ev içi radon gazı değeri 85.000 Bq/m³ ile İsveç’te, ikinci olarak da 55.000 Bq/m³ ile Norveç’te ölçülmüştür. Bazı ülkelerde ev içi radon gazı değerleri önemseniyor ve konut satış reklamlarında “radon testi yapılmıştır” ibaresine rastlanıyor (4). Şekil 3’te Türkiye’de evlerde radon konsantrasyon değerlerinin yaz ve kış ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 3. Türkiye evleri radon konsantrasyon değerlerinin yaz ve kış ortalama değerleri (Kaynak: TAEK TR-2014-2, 50)

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP)’ne göre ev içinde bulunabilecek maksimum radon gazı değeri 2007 yılında 200 Bq/m³-300 Bq/m³ olarak sınırlandırmıştır. Türkiye için TAEK’in belirlediği yıllık ortalama değer 400 Bq/m³ olarak belirlenmiştir (4).



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

Türkiye'nin 81 ilinin 153 yerleşim birimindeki toplam 7293 konutta radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Mevsimlik olarak yapılan ölçümlerde yatak odası ve oturma odasına iki ayrı sensör yerleştirilir. Türkiye geneli için aritmetik ortalama 81 Bq/m^3 olarak hesaplanan radon gazı değeri dünya geneli için tespit edilmiş olan ortalama 40 Bq/m^3 değerden yüksektir. Çanakkale Kestanel 167 Bq/m^3 ve Çanakkale Ayvacık'ın 190 Bq/m^3 değerleri uranyum ve toryum içerikli kayaçların varlığı ile açıklanmış. Aktif fay ilişkisi nedeniyle Isparta'da 164 Bq/m^3 , volkanik araziler nedeniyle Nevşehir'de 174 Bq/m^3 radon gazı değerleri belirlenmiştir. Kesme taş yapıların yaygın olduğu Mardin'de 208 Bq/m^3 değer ölçülmüştür. Giresun Şebinkarahisar'da ölçülmüş olan en yüksek değerin 312 Bq/m^3 olması fay hatları yakınında olması yanı sıra uranyum yataklarıyla da ilgilidir (7).

İstanbul evlerinde üst katlarda ölçülen radon konsantrasyonu 20-50 Bq/m^3 , bodrum katlarında ise 50-200 Bq/m^3 arasında değişiklik göstermiştir. Zemin altında olan bodrum katları ve zeminden itibaren ilk katlar radon gazı riskinin yüksek olduğu yerlerdir (7).

Türkiye geneli iç mekân radon konsantrasyonu dağılımında Kilis 1 Bq/m^3 ile en düşük, Yozgat 1406 Bq/m^3 ile en yüksek değerli illerimiz olmuşlardır (4).

Konut içi radon konsantrasyonları yöre toprağının cinsine, alttaki kayaç türüne, kullanılan yapı malzemesi türüne, konutta kullanılan su kaynağına, yaşam alışkanlıklarına, konut içi-dış ortam sıcaklık ve basınç farkına bağlı olarak oluşmaktadır. Yaz aylarında daha düşük ve kış aylarında daha yüksek olması yaz mevsiminde kapı ve pencerelerin açılıp ev içi ortamın havalandırılmasıyla ilgilidir. Mersin ilinde yaz aylarında daha yüksek radon gazı değerleri de yaz mevsiminde ölçüm yapılan evlerin kapatılıp yaylaya çıkılması ve havalandırma yapılmaması ile açıklanmıştır (7).

Sonuç olarak 30 Bq/m^3 -39 Bq/m^3 aralık değerine sahip konutlar en büyük orana sahiptir. Konutların % 99'unun (7218 konut), TAEK Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde izin verilen 400 Bq/m^3 'ün altında, konutların % 1'inde ise limit değerin üzerinde olduğu belirlenmiştir (7).

Radon Gazı ve Sağlık

1900'lü yıllarda radonlu sularla banyo yapmak sağlık açısından yararlı görölmekteydi. Radyumlu çikolata, şekerleme, ekmek, diş macunu gibi birçok ürün pazarlanmaktaydı. 1953 Yılına kadar radyumlu gebelik önleyici jelin pazarlanması devam etmiştir (6). Günümüzde de radonlu kaplıcalardan sağlık amaçlı yararlanılmaktadır.



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

Radon gazı sigaradan sonra ikinci kanser etkenidir. Nefesle alınan radon bozunum ürünlerinden alfa parçacıkları akciğer hücrelerini etkileyebilir. İleri dönemlerde akciğer kanser riski oluşturur. Radon gazına maruz kalan herkeste hastalık oluşturacağı anlamına da gelmemektedir (2).

Sigara ve radonun birlikte etkisi her birinin yaptığı etkiden 10 kat fazla etkili olmaktadır.(6) Radon bozunum ürünlerinden 3 dakika yarı ömre sahip polonyum 218, DNA sarmalını etkiler, bir kısmı da havada var olan partiküller yoluyla akciğere girerek bronşlara tutunmaktadır. Radon gazı baş ağrısı, öksürük, solunum yetmezliği gibi akut sorunlara neden olmaz (4)

Nefesle alınan radon 3.8 günlük yarı ömrünü tamamlayamadan tekrar dışarı atılır. Kimyasal olarak dokularda çözünürlüğü çok düşükse de bir miktar radon vücut sıvılarından kana geçer. İç organlar üzerinde ışıması önemsizdir. Yüksek dozda bozunum ürünleri hava yoluyla bronşlara taşınırsa kanserleşmeye neden olabilir (4)

Radon gazından etkilenme doz miktarına, bireyin yaşına(çocuklar üzerinde yıkıcı etkisi daha fazladır), genetik yatkınlığa, sigara kullanımına, beslenme alışkanlığına bağlıdır (4).

ABD’de bir araştırmaya göre bir yılda, akciğer kanseri sigara içmeyen 5000 kişiyi etkilerken sigara içen 15.000 kişiyi etkilemektedir. Kanser ölümlerinde konut radon gazının payı %10-12 düzeyindedir (4). Tütünden alınan radyasyon tütünde var olan potasyum, uranyum, toryum ve polonyum210 nedeniyle olmaktadır. Polonyum 210’dan arındırılmış tütün kullanımı ve sigara paketlerinin üzerine sağlığa zararlıdır ibaresi yanında radyoaktif madde işaretinin konulması da önerilmektedir (5).

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICPR), toplam akciğer kanserinin %10’unu kapalı alan radon ve bunun bozunum ürünleriyle ilişkilendirmektedir (5).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise akciğer kanser vakalarının % 3-%14’ünü radon konsantrasyonu ile ilişkilendirir (4).

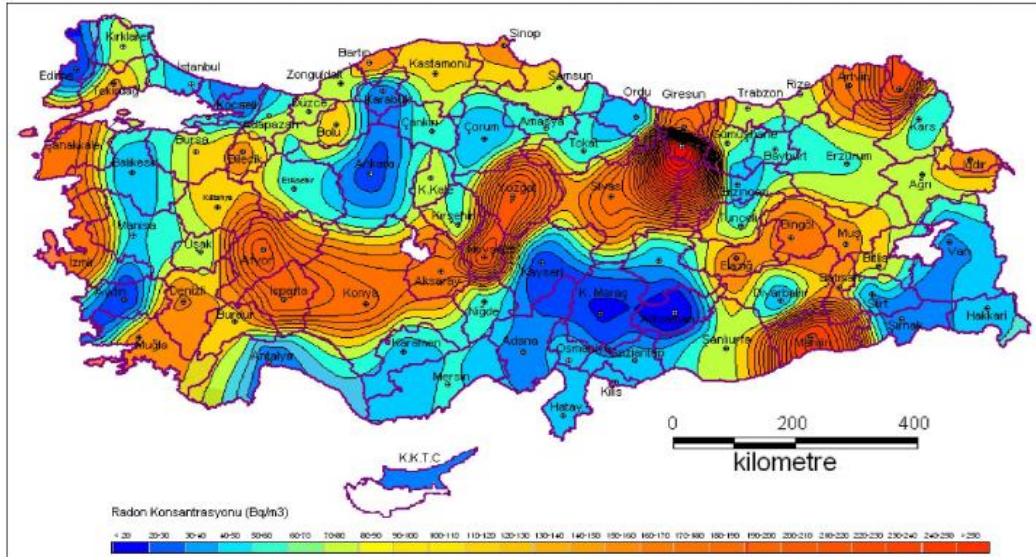
Radon bozunum ürünü, hücrelerde iyonlaşma ve uyarılmalar meydana getirir. DNA zinciri kırılır. Kırılma sonrası onarım süreci başlar. Hasar büyük değilse organizma DNA kırıklarını onarılabilir. Ancak onarım esnasında da hatalar oluşup yanlış şifre bilgileri içeren kromozomlar meydana gelebilir. DNA sürekli hasar görürse kontrol dışına çıkan hücreler çoğalarak tümör oluşumuna yol açar. Bozulma üreme hücrelerinde ortaya çıkarsa fetüste kalıtsal etkilere neden olabilir (5).

Radon Gazı – Deprem İlişkisi

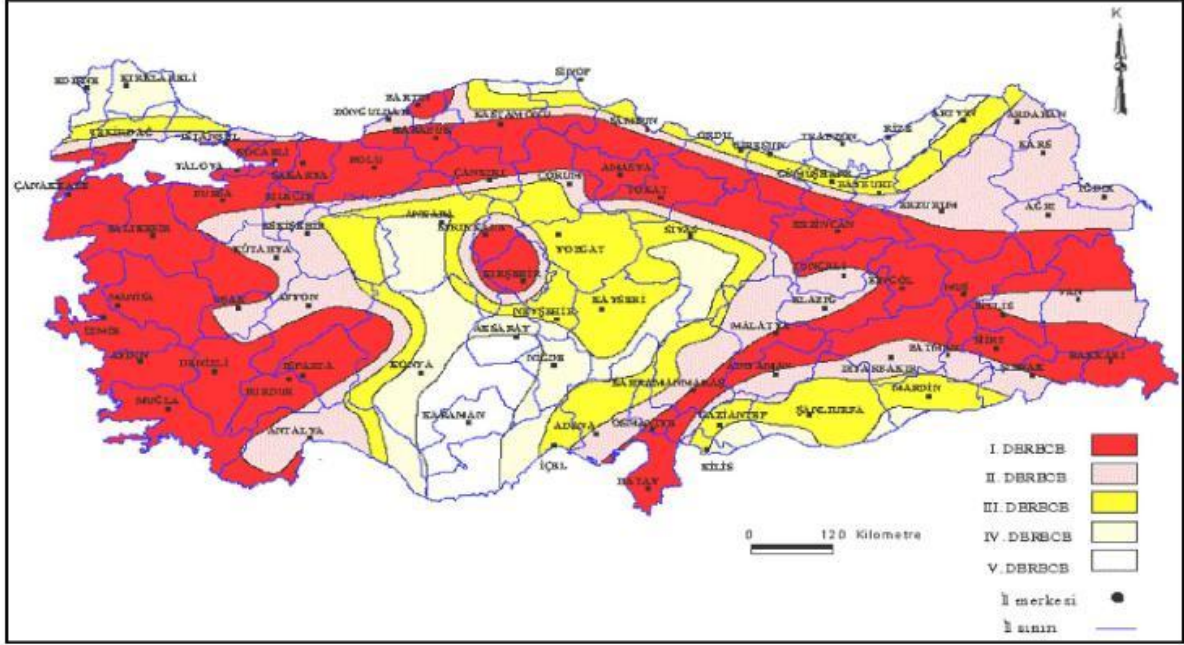
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Ana Bilim Dalı Başkanı A.Mete Işıkkara zamanında Kuzey Anadolu Fayında deprem tahmini için proje hazırlanır. 1987-1988 Yıllarında İznik-Mekece arasındaki beş farklı bölgede 70 cm derine radon detektörleri yerleştirilir. Bu süre içinde radon konsantrasyonunda değişim gözlenmemiştir (9).

18.07.2001 ve 23.01.2003 tarihleri arasında Gemlik Belediyesi ile birlikte deprem araştırmalarına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Aylık dönemlerle, 20 detektör Gemlik'te Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde açılan kuyulara yerleştirilmiş ve radon değişimleri takip edilmiş, radon konsantrasyonlarında önemli değişiklikler kaydedilmemiştir (9).

Yeraltından radon salımı jeofiziksel öncüler arasında yer almaktadır. Rusya, Japonya ve Çin'de yapılan çalışmalar radon gazı ile sismik aktiviteler arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Radon sızıntısının, aktif faylar üzerinde daha fazla olduğu, atmosferik koşullara ve sismik faaliyetlere bağlı değişiklikler gösterdiği bilinmektedir. Yerkabuğundaki gerilmeler nedeniyle meydana gelecek genleşmeler sonucu, kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişi artmaktadır. Bunun sonucu olarak sismik faaliyetin başlamasından önce çevredeki kuyu ve kaynak sularındaki radon konsantrasyonunda bir artış gözlenmektedir. Radon gazındaki artışlar deprem öncesinde maksimuma ulaşır, depremle birlikte doğal durumuna dönmektedir. Deprem sırasında ve sonrasında ortaya çıkan artçı sarsıntılarda da ortama radon gazı salınmaktadır (9).



Şekil 4. Türkiye Radon Konsantrasyon Dağılımı Haritası (Kaynak: TAEK TR-2014-2,48)



Şekil 19: Türkiye Deprem Haritası

Şekil 5. Türkiye Deprem Haritası (Kaynak: TAEK TR-2014-2, 49)

Türkiye radon konsantrasyonu haritası (bkz. Şekil 4 ve Şekil 5) ile Türkiye fay hatları ve deprem bölgeleri haritası tam olarak çakışmamaktadır. Radon, fay hatları yanında toprak ve kayaç yapısı tarafından da denetlenmektedir (9).

Kaynaklar:

1. Radyasyon Nedir?, afad.gov.tr.
2. Evinizdeki Radon Gazı Tehlikesinden Korunun, Memorial Ataşehir Hastanesi, Sağlık Rehberi
3. Küçükusta, Rasim., Evinizde Radon Gazı Var mı? 2013, Ölümcül Tehlike Radon Gazı 2014, Deprem Akciğer Kanseri Riskini Artırıyor 2010.
4. Örgün, Yüksel. ve Çelebi, Nilgün., Radyasyon, Radon (rn) ve Toplum Sağlığı, Haber Bülteni, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası.



Herkes İçin Coğrafya

SAYI: 4

5. <https://taek.gov.tr/ogrenci/bolum4.html>, Günlük Hayatımızda Radyasyon(radon ve sigara), Radyasyon Yaşamımızın bir Parçasıdır, Radyasyon ve Biz
6. Güler, Çağatay ve Çobanoğlu, Zakir., Radon Kirliliği, T.C.Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No.44 1997.
7. Konutlarda Radon Ölçümleri, Teknik Rapor, TAEK TR-2014-2, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
(İzin almaksızın çoğaltılabilir, Referans verilerek kullanılabilir)
8. Atakan, Yüksel., Radon Kaplıcalarında Alınan Radyasyon Dozları ve Kanseri Riski, Bilim ve Teknik, Mayıs 2007.
9. TAEK 2014 Teknik Raporu