

İÇME SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE VE SAĞLIĞIMIZ?

Yaşamın sulara başlayıp oluştuğunu ve susuz yaşayamayacağımızı çocukluğumuzdan beri biliyoruz. İki hidrojen ve bir oksijen atomlarının birleşmesinden oluşan suya, çeşitli minerallerin ya da kimyasal maddelerin katkıda bulunduğunu, bunların suya tad vermelerinin yanısıra, vücudumuza yararlı olduklarını da biliyoruz. Magnezyum, kalsiyum, sodyum, potasyum gibi daha bir dizi kimyasal maddelerin yanı sıra, sulara uranyum, radyum, radon, toryum ve potasyum gibi doğal radyoaktif maddeler de olduğunu daha sonraları öğrendik. Örneğin Afyonkarahisar maden suyu şişelerinin arkalarında 50'li yıllardan beri şişedeki suda ne kadar radyoaktivite bulunduğunu ve picocurie değerinin yazılı olduğunu birçoğumuz bilir.

İçip kullandığımız damacana ve musluk sularında radyoaktif maddeler ne kadar var? Bunlar nereden kaynaklanıyor ve bunlardan sağlığımız etkileniyor mu? Bu yazıda, içme ve kullanma sularındaki radyoaktif madde derişimleri, bunlarla ilgili AB, ABD ve Türkiye'de uygulanan 'yönlendirici sınır değerler', bunların dayandığı temeller açıklanıyor. Almanya'da içme sularında sistematik olarak yapılan radyoaktif madde ölçümleri, bunlardan vücutta oluşan radyasyon dozları, Türkiye'deki benzer çalışmalarla karşılaştırılmak için sunuluyor.

Ayrıca, Türkiye'de çeşitli bölge ve yörelerde halkın içip kullandığı musluk sularıyla evlere dağıtılan damacana ve şişe sularında, sistematik radyoaktif madde ölçümlerinin yapılması, aşırı radyoaktivite gösteren kaynak sularının çevredekilerde oluşturabileceği radyasyon dozlarının hesaplanarak, gerekiyorsa ilgili önlemlerin alınması öneriliyor.

Bu konuda daha ayrıntılı bilgiler için Tübitak Bilim Teknik dergisinin internet sayfasına bakılması: www.biltek.tubitak.gov.tr

İçme sularındaki radyoaktif maddeler nereden kaynaklanıyor?

Yer kabuğundaki çeşitli jeolojik yapı taşlarında, özellikle yerin derinliklerindeki uranyumu zengin granit, kristalin kaya katmanlarında doğal radyoaktif maddeler çok bulunabiliyor. Bunlardan özellikle uranyum ve toryum radyoaktif dizilerinin çeşitli radyoizotoplarıyla, bu dizilerin dışındaki potasyum 40, suya doygun yeraltı katmanlarından

(akiferlerden) yeraltısularına geçiyor¹. Yeraltısularının yerleşim yerlerine içme ve kullanma suyu olarak dağıtılması yoluyla, sulardaki radyoaktif maddeler, doğrudan ya da sudan havaya bulaşarak dolaylı yoldan, insan vücuduna giriyorlar. Daha çok, yağmur ve sel sularıyla beslenen göl ve ırmaqlarda ise genellikle doğal radyoizotoplar çok daha az bulunuyor. Bu gibi sular evlere dağıtılıyorsa, bunlarda çok az bulunan radyoaktif maddelerin insan vücuduna etkilerinin de çok az olacağı açık.

İçme sularında hangi radyoizotoplar var?

Özellikle insana etkisi yönünden radyum 226 ve ondan türeyen radon 222 önemli olanlar. Uranyum 238 ve toryum 232 ile radon 222'den radyoaktif bozunmayla oluşan polonyum 210 ve kurşun 210 radyoizotopları da yeraltısularında bulunan diğer önemli radyoizotoplar.

Sulardaki Radon

Sularda erimiş olarak bulunan radon vücuda içilen suyla ve aşırı uçuculuğu nedeniyle havaya karışıp ayrıca solunum yoluyla giriyor. Çabucak kana karışıp vücu-

AB ülkelerinde yeraltı sularındaki radon radyoaktivitesinin değişim aralıkları Bq/l (=kBq/ m³) olarak:
(1 Bequerel (Bq): Saniyede 1 adet atom çekirdeği bozunması):
Yüzeysel sular ve Sediment kaya akiferlerde :1-50
Toprakta kazılmış 5-25 m derinliğindeki geniş (bostan) kuyularda: 100-300
150 m derinliğe varan, kristalin kayalar içindeki (dar çaplı) kuyularda: 100-50 000

dun tüm hücrelerine yayılıyor. Asal bir gaz olan radon, hücrelerdeki maddelerle kimyasal olarak etkileşmemesine karşılık, atom çekirdeklerinin yaydığı (2 proton ve 2 nötrondan oluşan) alfa ışınları yoluyla ve bozunarak ürettiği ağır metallere vücutta etkiliyor.

İçme suları yeraltı sularından kaynaklanıyorsa musluk suyundaki radon radyoaktivitesi, kaynağın radon derişimine (konsantrasyonuna) ve evlere ulaşmadan önceki arıtma durumuna bağlı olmaktadır. Su, önceden örneğin karbonlu filtrelerden geçirilmişse sudaki radon azalıyor. Filtre ayrıca uranyum ve radyumlu parçacıkları da tutarak, bunlardan suda radyoaktif bozunmayla yeni radon çekirdeklerinin oluşması önlenmiş oluyor. Öte yandan büyük depo ya da havuzlarda su bir süre bekletildikten sonra yerleşim yerine pompalanıyorsa, bu sürede radonun büyük bölümü uçacağından ve ayrıca evlere ulaşana kadar da radyoaktif bozunmayla azalacağından, musluk suyu daha az radon bulunacak.

Musluk suları evlerde kullanılırken (temizlik, duş, çamaşır yıkama ve yemek pişirme gibi), sudaki radon havaya karışıyor. Yapılan bilimsel çalışmalar, havaya geçen miktarın, sudakinin onbinde biri kadar olduğunu göstermekte. Örneğin sudaki radon derişimi 1000 Bq/l ise, havaya geçeni 0,1 Bq/l (0,1 kBq/ m³ =100 Bq/m³).

İçme sularındaki radon üst sınır değerleri

Çeşitli ülkeler halk sağlığına olumsuz olabilecek etkilerini azaltmak amacıyla radonun sularındaki derişimlerine üst sınır değerler koymaktalar ki bunlara 'yönlendirici sınır değerler' ya da 'göstergeler' deniyor. Sulardaki radon derişimi bu değerleri bir miktar aşmış ise, izlenecek yol bu suların halka ulaşmasının durdurulması olmayıp, gerekli araştırmaların başlatılarak gerçekten insan vücudunda oluşan radyasyon dozunun kestrimi ve gerekiyorsa buna göre

önlemlerin alınması olmalı. Bunun için ise bu suların evlerde ne ölçüde kullanıldığının ve yılda ne kadar içildiğinin öğrenilmesi, su pompalama merkezlerinde ve evlerde kullanılan sulara, evlerin havasında radon ölçümleri yapıp önlemlerin gerekip gerekmediğiyle ilgili karar verilmesi uygun oluyor.

ABD-Çevre Koruma Kurumu sulardaki radon derişimi için yönlendirici sınır değer olarak 11 Bq/l'yi öngörürken, AB ülkelerinin ilgili yönetmeliği 100-1000 Bq/l arasını öngörmekte. Sınır değerlerdeki farklılık, AB'de bu suların yılda 60 litre, ABD'de ise yılda 730 litre içildiğinin öngörülmesinden ve farklı doz sınırlamalarının uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

Burada bir kişinin yılda aldığı ortalama doğal radyasyon dozunun 2,4 mSv ol-



duğunu ve halk için kişi başına buna ek radyasyon dozu üst sınırınınsa 1 mSv olduğunu belirtmek gerekiyor. (1 Sievert: Vücutta soğurulan 1 Joule/kg'lık radyasyon enerjisi olup bu enerji hücrelere aktarıldığında hücrede bozulmalara yol açabiliyor. Bu nedenle üst sınır değerler bunun binde biri olan milisivert (mSv) dolayında. Sievert hem 'eşdeğer doz' ve hem de 'etkin doz' birimi olarak kullanılmakta-Ayrıntılar için Tübitak BT Nisan 2006-Ekine bkz.)

Sular yoluyla, sadece radondan değil sularda bulunabilecek tüm radyoizotoplardan insan vücudunda oluşabilecek radyasyon dozunun üst sınırı olarak 1 mSv'in ondabiri olan 0,1 mSv 'Toplam Göstergesiz Dozu' uluslararası kurumlarca ve Türkiye'de benimseniyor. Yılda içilen su miktarı ve ilgili radyoizotopun doz katsayısı gözönüne alınarak sudaki radyoizotop derişiminin üst sınırı 'yönlendirici sınır değer' olarak belirleniyor². (Doz katsayısı: Bq başına vücutta oluşabilecek doz).

Yapılan ölçüm ve hesaplamalar 10 Bq/l derişimli musluk sularından yılda 60 litre içilmesiyle (sindirim yolu) vücutta oluşacak dozun yılda sadece 0,002 mSv kadar az olacağını, buna karşılık aynı suyun evlerde kullanılması sırasında havaya karışan radonun solunması yoluyla yılda alınabilecek dozun bundan 12 kat kadar daha büyük (0,025 mSv) olacağını göstermekte.

Almanya Radyasyondan Korunma Kurulu (SSK) içme suyundaki radon derişiminin 100 Bq/l olması durumunda tüm yaş grupları için yıllık, kişi başına düşen ortalama dozun 0,4 mSv olabileceğini, bunun %88'inin sudan havaya geçen radonun solunumu, %12'nin de suyun içilmesi sonucu oluşabileceğini hesaplıyor (sırasıyla : 0,35 mSv ve 0,05 mSv).

İçme sularındaki radonun sağlığa etkileri nasıl azaltılabilir?

İçme sularındaki radonun sağlığa etkileri nasıl azaltılabilir?

Özellikle yeraltı sularının, yerleşim yerlerine dağıtıldığı, pompalandığı merkezlerde ve kuyu çıkışı suyundaki radon derişimi, sistematik ölçümlerle belirlenmeli. Sulardaki radonun 100-1000 Bq/l arasında olması durumunda, suları kullananların buldukları yapılarındaki durum incelenerek (binaların havalandırması gibi) hava ve su yoluyla vücutta oluşabilecek radyasyon dozları hesaplanmalı ve gerekiyorsa bunları azaltıcı önlemlerin binalarda ya da su dağıtım merkezinde alınması gerekiyor. 1000 Bq/l radon değeri aşıyorsa daha kapsamlı sınırlayıcı önlemler gerekebilir.

İçme sularındaki diğer radyoizotoplar ve bunlarla ilgili sınır değerler²

İçme sularında önemli ölçüde bir radyoaktivite bulunup bulunmadığını ortaya koyabilmek için ilk olarak 'suları tarama da denilen' 'toplam alfa' ve 'toplam beta' ölçümlerinin yapılması gereki-

Kaynak sularının doğrudan içme suları olarak kullanılabilmesi durumunda insanda oluşabilecek doz:

Ankara Beypazarı veya Nevşehir Kozaklı içmeleri³ gibi radon derişimi 3000 Bq/l kadar yüksek olabilen kaynak suları, evlere musluk suları olarak doğrudan verilecek olursa evlerin havasındaki radonun solunumu yoluyla yılda alınacak doz 7,5 mSv'e çıkıyor ve bu suların günde 2 litre içilmesi sonucu yılda 7,3 mSv'lik bir doz oluşabiliyor. Bu değerler, yukardaki 10 Bq/l derişimli musluk suları değerleriyle karşılaştırılırsa:

Kaynak sularından radonun evlerin havasına karışması sonucu solunum yoluyla alınacak doz:

Musluk sularındaki 0,025 mSv'lik değerın 300 katına çıkıyor: (= 7,5 / 0,025)

Kaynak sularından günde 2 litre içilmesi yoluyla alınacak doz ise:

Musluk sularındaki 0,002 mSv'lik değerın 3650 katına çıkıyor: (= 7,3 / 0,002)

yor. İçme suları damacana ve şişelerden sağlanıyorsa, bunlar doldurulup boşaltılırken uçuculuğu nedeniyle, radon damacana ve şişe sularında pek bulunmuyor. Ancak radonun bozunma ürünlerinden polonyum 210 ve kurşun 210 su da kalacağı için bunları hesaba katmak gerekiyor. Sular da ayrıca Ra 226, Ra 228 gibi daha bir dizi radyoizotop bulunabileceğinden bunlarla ilgili ölçümlerin yapılması gerekebilir.

Sınır değerler:

Toplam Alfa: Ölçülen su örneğinde bulunan radyoizotopların saldıkları alfa ışınların oluşturduğu toplam alfa radyoaktivitesi: (Ra 226, Ra 224, Ra 223, Po 210 ve başka alfa yayanlar)

Toplam Alfa sınır değeri: 0,5 Bq/l (Yönlendirici AB sınır değeri). **Türkiye'de: 0,1 Bq/l**

Toplam Beta: Ölçülen su örneğinde bulunan radyoizotopların saldıkları beta ışınların oluşturduğu toplam beta radyoaktivitesi: Ra 228 (5,75 yıl) ve Pb 210 (22 yıl) bunların bozunma ürünlerinin ölçümüyle belirleniyor. Aktinyum: Ac 228 (6 h) ve Bi 210(5 gün) / Parantez içindekiler radyoizotopların radyoaktif bozunmayla yarıya inene kadar geçen süreleri: yarılanma süreleri.

Toplam Beta sınır değeri: 1 Bq/l (Yönlendirici AB sınır değeri). **Türkiye'de de: 1 Bq/l**

Radon uçucu olduğundan ölçülen örnekte yok (ayrıca ölçülmeli).

Potasyum her yerde bol bulunduğu için, ayrıca ölçülüp ölçü sonucundan düşülüyor.

Ayrıca: Trityum için sınır değeri:

100 Bq/l (Trityumun doz katsayısı çok küçük olduğundan, sınır değeri çok da ha büyük)

Örnek No	İçme Suyu Markası	Bu suların içilmesinden oluşacak radyasyon dozları (µSv/yıl)					
		(D...: Yaş grupları)					
		D ₀	D ₁	D ₂	D ₇	D ₁₂	D _E
		0-1 yaş	1-2 yaş	2-7 yaş	7-12 yaş	12-17 yaş	>17 yaş
0046	Baldus Mineral Suyu	487	56	34	59	117	31
0416	Basinus Florian Kaynağı	106	12	7	13	25	6
0137	Basinus Aktiv Bonaris	10	1	1	2	4	1
0033	Basinus Sinuskaynağı	73	8	5	9	17	4
0192	Bell Air	36	7	4	5	7	8
0188	Berg Kaynağı	2	0	0	0	1	0
0419	Bernadett Çeşmesi	286	32	20	35	68	17

Çizelge 2: Çeşitli marka içme sularından vücutta oluşacak radyasyon dozları listelerinden bir bölüm (BfS-Almanya)

Almanya'da içme sularındaki radyoaktivite ölçümleri ve hesaplanan radyasyon dozları⁴

Almanya'da içme sularında doğal radyoizotopların ölçümü 70'li yıllardan beri yapılıyor (Bkz.Çizelge 1 - Örnek).

Almanya'da kişi başına yılda ortalama 130 litre şişe sularına ek olarak, 35 litre de bu sularla hazırlanmış limonata benzeri içecekler tüketiliyor. Kayıtlı su çeşitleri (markaları) ise 650 dolayında.

İçme sularının tüketimi sonucu vücutta sindirim yoluyla oluşan radyasyon dozları çeşitli yaş gruplarındaki çocuklar ve yetişkinler için hesaplanıp yayımlanıyor. Bebekler için 'hazır mamaların' hazırlanmasında genellikle bu çeşit sular kullanıldığından, 1 yaşından küçük bebekler bu yolla en çok radyasyon dozu alan grubu oluşturmuş oluyorlar.

Almanya'da içme sularındaki radyoizotopların vücutta oluşturduğu radyasyon dozlarıyla ilgili değerleri içeren listelerden bir bölüm Çizelge 2'de.

Radyo-izotop	Örnek Sayısı	mBq/l Minimum	mBq/l Maksimum
Pb-210	46	1,14	621
Po-210	67	0,05	113
Ra-226	1734	0,37	260
Ra-228	30	4,50	130
Th-228	36	0,18	22,3
Th-230	36	0,10	9,10
Th-232	36	0,10	4,30
U-234	53	0,83	386
U-235	53	0,10	27,6
U-238	87	0,05	440

Çizelge 1: Almanya'da içme sularında ölçülen doğal radyoizotop derişimleri (örnek) (mBq/litre=Bq/m³), BfS, 2006

Bu çizelgede görüldüğü gibi içme sularından oluşan radyasyon dozları oldukça büyük değişim gösteriyor: örneğin 0188 numaralı sudan oluşan radyasyon dozu, 0046'ya göre çok daha az. Bu listelerdeki değerlerin karşılaştırılmasıyla daha az doz oluşturan suları, halk daha uygun içme suları olarak seçebiliyor.

Türkiye'de içme sularındaki radyoaktivite ölçümleriyle ilgili durum

Türkiye'de içme sularıyla ilgili TS 266, TS 9130 ve TS EN ISO 3696 standartları ve Sağlık Bakanlığınının 01.12.2004 günlü 25657 ve 17.02.2005 günlü 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve bunda bazı değişiklikler içeren 25885 ile 26290 sayılılı yönetmelikleri var. Bu standart ve yönetmelikler, sular da bulunabilecek çok çeşitli maddelerin yanı sıra radyoaktif maddelerle ilgili sınırlamalar da getirmekte. Bu yönetmeliklerdeki sınırlamalar sadece toplam alfa ve toplam beta ile trityum ölçümlerini kapsamakta, bunlarla ilgili üst sınırlar aşıldığında daha incelikli tek tek izotop analizleri ve gerektiğinde ilgili önlemler konusunda izlenmesi zorunlu olacak herhangi bir yol, yöntem içermemekte. Gerek İnsani Tüketim Amaçlı önceden dezenfekte edilmiş içme ve kullanma sularındaki (musluk, şişe ve damacana suları), gerekse önceden dezenfekte edilmiş doğal mineralli kaynak sularındaki radyoaktivite analizleri yetkisi Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğüne 15.03.2005 günlü ve 3745 sayılı genelgeyle Türkiye Atom Enerjisi kurumuna ve DSİ İzotop laboratuvarlarına verilmiş. Ancak Türkiye

genelinde çok çeşitli içme ve kullanma sularında bu yönetmeliğe göre yapılması gereken radyoaktivite analizlerinin bir program çerçevesinde uygulamalarıyla ve elde edilen sonuçlarla ilgili yayımlanmış herhangi bir yayın yok. Ayrıca analiz sonuçlarının sınır değerleri geçmesi durumunda yapılması gereken daha ayrıntılı radyoizotop analizlerinin ve gerekiyorsa alınacak önlemlerin hangi kurumların yetkisinde olduğu belirlenmemiş. TAEK internet sayfalarında ise sulardaki radyoaktivite ölçümleriyle ilgili sadece genel bilgiler var⁵. Türkiye genelinde bir program çerçevesinde ölçüm ve değerlendirmelerse bu sayfalarda yer almıyor.

Öte yandan DSI'ce bir proje çerçevesinde⁶, DSI'nin sorumlu olduğu 25 bölgedeki içme suyu depolarından toplatılan sulara, toplam alfa ve toplam beta ölçümleri yapılmış ve bu suların çoğunda sınır değerlerin altında kaldığı görülmüş. Sınır değerleri aşan az sayıdaki içme suyu örneğinde, Ra 226, Pb 210 gibi radyoizotopların ayrı ayrı ölçümüyle ilgili gereken analizler ise proje kapsamına girmediğinden yapılamamış.

- Türkiye'de çeşitli bilimsel araştırma çalışmaları çerçevesinde, belirli yörelerde 'içme sularında' radyoizotop ölçümleri yapılıyor. Ancak genellikle toplam alfa ve toplam beta ölçümlerini içeren bu gibi tekil araştırmalarda sınır değerler aşıldığında daha kapsamlı çalışmalar, ilgili projelerin dışında kaldığından yapılmıyor. Çizelge 1'deki gibi ayrıntılı radyoizotop analizleri çok az sayıdaki bilimsel araştırma dışında yapılmamış. Çizelge 2'dekine benzer, çevredeki insanlarda, çeşitli yaş gruplarına ve içilen su miktarına göre oluşabilecek dozlar da hesaplanmamış.

- Türkiye'de içme suları olarak kullanılan bazı 'yeraltı sularında' radyoaktivite düzeylerinin yüksek olduğu bazı araştırma projelerinde ortaya konuyor⁷. Ancak yeraltısuyunda ölçülen radyoaktivitenin çevredeki insanlara etkisiyle ilgili bilimsel araştırmalar ve hesaplar için yeni projeler gerekiyor.

İçme ve kullanma sularındaki radyoaktif maddelerin sağlığını etkisi?

Sağlığınıza etki, sulardaki radyoaktif madde cins ve miktarına (derişimine) bağlı olduğundan herşeyden önce bunla-

rın ölçülmesi gereği açık. Türkiye genelindeki içme ve kullanma sularında, sistematik ölçüm ve değerlendirmeler, doz hesapları bulunmadığından genel olarak şunlar söylenebilir:

- İçme ve kullanma suları göl ve ırmaqlar gibi yüzeysel sulardan sağlanıyorsa, bunlarda genellikle çok az radyoaktif madde bulunduğundan, sağlığımızın etkilenmesi beklenmemeli.

- İçme ve kullanma suları derin yeraltı sularından ya da kaynaklardan (içmelerden) sağlanıyorsa ancak radyoizotop ölçümleri sonuçlarına ve bu suların içilme ve evlerde kullanılma miktarlarına göre etkilenip etkilenmediğimiz, önlemlerin gerekip gerekmediği kestirilebilir.

- Yönlendirici sınır değerlerin aşılması durumunda bile yılda 0,1 mSv'lik radyasyon dozunun altında kalmıyorsa, sağ-



lığımızın büyük bir olasılıkla etkilenmeyeceği söylenebilir. Burada ölçüt, yılda aldığımız ortalama 2,4 mSv'lik doğal radyasyon dozu olup 0,1 mSv'lik doz, bunun sadece % 4'ü kadardır ki bu da doğal radyasyon dozunun değişim aralığında olduğundan sağlığımıza doğal radyasyon dozunun üstünde 'ek bir etki' beklenmemeli.

- Buna rağmen, alçak dozların hücrelere etkisiyle ilgili belirsizlik sürdüğünden, durumu bilmek ve gerektiğinde önlem alabilmek için içme ve kullanma sularındaki radyoaktif maddelerin ölçümü ve değerlendirilmesi gelişmiş ülkelerde yapıldığı gibi Türkiye'de de yapılmalı.

Öneriler

- Türkiye'de illerde halkın hangi suları ne kadar içip kullandığı ve bunların kaynakları belirlenmeli (örneğin daha

çok baraj gölünden gelen musluk suları ya da derin kuyulardan pompalanan damacana suları gibi)

- Türkiye'de içme suları olarak kullanılan herçeşit sulara (yerüstü, yeraltı sularından kaynaklanan musluk sularında, damacana ve şişe sularında) genel bir program çerçevesinde yetki ve sorumluluklar belirlenerek sistematik radyoaktivite tarama ölçümleri yapılmalı. Bu ölçümler kuyu çıkış sularında, su dağıtım merkezlerinde, musluk, damacana ve şişe sularında, ay ve yıllara göre olmalı. Önce toplam alfa ve toplam beta'lar ölçülmeli, yönlendirici sınır değerlerin aşıldığı durumlarda ise Ra 226, Ra 228, Po 210 ve Pb 210 gibi insan sağlığı yönünden önemli olabilen radyoizotoplar ölçülmeli (Çizelge 1'deki gibi). Rn 222 ve K 40 ayrıca ölçülmeli. Tüm bu izotoplardan vücutta oluşabilecek radyasyon dozları çeşitli yaş gruplarına göre hesaplanmalı (Bkz. Almanya örneği-Çizelge 2).

-İçilen sularla ilgili yukardaki ölçüm ve hesaplamaların yanı sıra evlerde kullanılan musluk sularından havaya karışan radonun solunum yoluyla vücutta oluşturacağı radyasyon dozunu hesaplamak için musluk sularında ve evlerin havasında sistematik radon ölçümleri yapılmalı

- Türkiye'de tüm içme sularındaki radyoaktivite değerleri ve radyasyon dozları, batı ülkelerinde olduğu gibi, internet sayfalarında, sürekli güncellenerek halka açıklanmalı

- Yukardaki tüm çalışmalara üniversitelerin, Sağlık Bakanlığı ve İl Sağlık Müdürlüklerinin, TAEK, DSI ve MTA'nın yanı sıra ilgili kuruluşların ve belediyelerin, 'çalışma grupları' oluşturularak katkıda bulunmaları önerilir.

Yüksel Atakan
Fizik Y.Müh., Dr. - Almanya,
ybatakan@gmail.com

Kaynaklar/Notlar:

- 1 Radionuclide concentrations in food and environment (book edited by M-Pöschl and Leo M.L.Nollet, Taylor & Francis), 2007
- 2 Ayrıntılar için www.biltek.tubitak.gov.tr sayfasına bkz.
- 3 Radon kaplıcalarında alınan radyasyon dozları ve kanser riski: Tubitak Bilim Teknik Dergisi Mayıs 2007
- 4 Almanya SSK, BfS ve BMU Kurumları yayınları (www.ssk.de ; www.bfs.de ; www.bmu.de)
- 5 TAEK: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (www.taek.gov.tr)
- 6 Alime Dilaver ve arkadaşları, Türkiye'deki içme suları radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi-DSİ-Yayın No:İZ-977, Ankara-2005
- 7 Tıbbi Jeoloji Sempozyum kitabı, 6-9 Şubat 2008, Syf.79 C.Şimşek; Syf.154 G.Yüce ve M.M.Sac, M.N.Kumru İzmir ili içme ve kullanma sularında Radon 222 ve Ra 226 (1994 Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enst.); Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl.