



Solda halen çalışmakta olan reaktörün binası, sağda kazaya uğrayan reaktörün lahiti.

# ANILARLA ÇERNOBİL KAZASI SONRASI - İZLERİ

Üzerinde yaşadığımız yer kabuğu, kozmik ışınlar, günlük hayatımızda tükettiğimiz yiyecekler, hatta bu dünyada yaşayan her birey bir radyasyon kaynağıdır. İlk canlının yer yüzünde oluşumundan bu yana geçen zaman içinde, üzerinde yaşadığımız kayaların aktivitesi giderek azalırken (yaklaşık 10 misli) içimizde radyasyon korkusu son 50 yıl içinde tarihsel, politik, ekonomik nedenlerle gerçek boyutlarını aştı. Öyleki, maden sularının (şifalı suların) üstünde Piko Curie (1 piko curie=38 mBq) olarak verilen aktivite değeri bile şişelerin üzerinden silindi. Bu yazıyı özellikle Çernobil kazasından sonra Türkiye’de 1986 çaylarının tüketimiyle ortaya çıkan endişeyi, çaylardan aldığımız radyasyon dozunu, doğal çevreden, yiyeceklerimizden, kozmik ışınlardan aldıklarımızla karşılaştırarak daha gerçekçi bir düzeye indirmek için ele aldım.

1989-2003 yılları arasında Çernobil kazasının radyoaktif yağış izleri boyunca, Avrupa Topluluğu’nun desteklediği, uluslararası ölçüm kampanyasında görev aldım. Çalışmalarımız Çernobil reaktörünün 2,5 km uzağında bulunan, kazadan önce 50.000 reaktör personeli ve hizmetlilerinin yaşadığı, kazadan 48 saat sonra boşaltılan Pripyat kentinde başladı. Daha sonraki yıllarda çalışmalarımız, giderek daha uzak mesafelerdeki yerleşime izin verilen bölgelerde devam etti. 1990 yılında bir kolhozun bakkalında Türkiye’den ithal edilmiş çayların dizilmiş olduğu

nu gördüğümde doğrusu hiç de şaşırmadım. Ruslar bizim kirli (!) çaylarımızı tereddütsüz tüketiyordu. Türkiye’deyse, politik ve medyatik nedenlerle, hatta uluslararası ekonomik baskılar sonunda, tonlarca çay, tehlikeli derecede radyoaktivite içerdiği gerekçesiyle yok edilmişti. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nun (TAEK) ve uzmanların tüm çabalarına rağmen yaratılan paniğin ve endişenin önü alınmadı. Benzer durumu Almanya’da da yaşadık. Konunun uzmanlarıyla yapılan konuşmalar televizyonda gecenin ilerlemiş saatlerinde yayınlanırken, hiç bir kontrolden geçmemiş veya bu ölçümler için yeterli olmayan aletlerle yapılan gösteriler, akşamın erken saatlerinde kamuya sunuldu. Duygu sömürüsü yapan, bilimsel ölçümleri anlamakta güçlük çeken demagoglarla aynı platformda panele çıkan bilim adamları kendi çalışmalarını anlatmakta güçlük çektiler ve gülünç durumlarda bırakıldılar. Bu olaylar, bilim insanlarının kullandıkları dil yüzünden çalışmalarını halka iletmekte çektikleri zorluğun sonucuydu. Bu yazıyla amacım en azından radyasyon konusunda elimden geldiğince okuyucuyla bir iletişim sağlayabilmektir.

Almanya’nın güney bölgeleri, yani en fazla yağmur alan Alp dağlarının kuzey eyaletleri, en az Trakya ve Karadeniz Bölgeleri kadar Çernobil kazasından etkilenmişti. Karadeniz Bölgesi’nin 1986 ürünü çaylarında, kuru çayın

kilosu başına 80.000 Bq kadar bir aktivite değeri kaydedildi. Her ne kadar kuru çayda gözlenen sezyumdan kaynaklanan aktivite değeri (Aktivitenin birimi Bq olup bir saniyedeki parçalanmaları ifade eder) ilk bakışta çok yüksek görünse de, insan sağlığı üzerindeki etkilerin hesaplanması açısından tek başına bir anlamı olmaz.

Her hangi bir radyoaktif maddenin sağlığa etkisi konu olduğu zaman, ölçülen aktivitenin, radyasyonun etkinliğini tanımlayabilecek başka büyüklüklere çevrilmesi gerekir; bu büyüklüklere de genelde radyasyon dozu adı verilir. Bu çevrilme işlemi ayrı bir uzmanlık dalı olup, bir radyoaktif maddenin ölçülen aktivitesi (Bq olarak ifade edilen değeri), Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesinin (ICRP) önerileri göz önüne alınarak, belirli normlar ve modeller kullanılarak yapılır. Bu arada, aktivitenin kaynağı olan radyoaktif maddenin özellikleri, türü, hangi enerjide foton veya parçacık yaydığı, organizmada hangi yolları izlediği, fiziksel ve biyolojik yarı ömrü, o toplumun bu ürünü hangi oranda tükettiği, depolandığı organ varsa o organın radyasyona duyarlılığı gibi bir çok faktör göz önüne alınmalıdır. Bunun sonunda elde edilen büyüklüğe ‘etkin doz’ adı verilir; birimi Sievert (Sv) olup, J/kg’a denktir; yani birim kütle başına depolanan enerjidir. Örneğin, çaylarda kirlenmeye neden olan sezyumun laboratuvarında ölçülen akti-

vitesinden, etkin doz hesaplarına geçerken onun parçalanma rejimi, yani saldığı foton ve elektronların enerjileri, sindirim yoluyla alındığı için biyolojik yarı ömrü, yani vücuttan atılmasının yarılanma süresi gibi aşağıda biraz daha fazla açıklayacağım faktörlerin göz önüne alınması gerekir. Çernobil yağışından dolayı 1986 ürünü çaylarımızda iki tip sezyum vardı: Cs-134 ve Cs-137. Cs-137 bunlardan uzun ömürlü olanı olup, fiziksel yarı ömrü 30 yıldır; yani 30 yıl sonra başlangıçtaki radyoaktif atomların sayısı yarıya düşmüş olur. Oysa biyolojik yarı ömrü erkeklerde 100, kadınlarda 90 gündür. Bunun ötesinde radyoaktif sezyumun insan vücudunda izlediği yol ve biriktiği organ radyoaktif stronsiyumunkinden farklıdır. Bu nedenle, herhangi bir yerde bulunan sezyumun tüketilebilmesine izin verilebilir miktarlar için konulan sınır, özellikle kemik gibi dokular da biriken radyoaktif stronsiyumunkinden farklıdır. Bu nedenle, her radyoaktif eleman için ayrı bir model ayrı bir sınır değeri belirlenir. Genelde,

Çernobil kazası gibi olağanüstü durumda radyoaktif madde içeren yiyecek maddelerinin tüketilebileceği miktarlar, yukarıda saydığım parametrelerin en üst sınırları kullanılarak yapılır. Nitekim TAEK da bu en üst sınırların bile üstünde bir yaklaşımla kilogram başına 12.500 Bq'den fazla sezyum içeren çayları yok etme yolunu seçti. Türkiye'de yetişen 1986 ürünü çaylar, daha sonra pek çok yerli ve yabancı yayına konu oldu.

1986 ürünü Türk çaylarındaki aktiviteyi, Almanya'da bu amaçla dünya standartlarına göre kalibre edilmiş olan laboratuvarımızda 1987 Temmuz ayında biz de ölçtük. Bize gönderilen kuru çaylardaki kilogram başına toplam aktivitenin 2.000 ile 10.000 Bq arasında değiştini saptadık. En yüksek aktiviteyi gösteren kuru çayın 10 gramını kullanarak değişik sürelerde bir litre su içinde demledik. Kuru çaydaki aktivitenin % 80 inin 15 dakikada demli çaya geçtiğini ve demli çayın bir litresinde toplam aktivitenin 80 Bq olduğunu saptadık.

Her gün üç bardak ( 0,3l) çay tükettikten sonra birer aylık aralıklarla 'tümevücut sayaçları' olarak bilinen ölçüm aletleri içinde yarım saat bekletildikten sonra vücudumuzdaki toplam radyoaktivite değeri kaydedildi. Benim dışımda bu araştırmaya katılan pek çok meslektaşım da Almanya'da kullanılan yiyeceklerin etkisini inceliyorlardı. Ölçümler, 1990 yılına kadar sürdü. Bu ölçümler sırasında günlük tüketim alışkanlıklarımız, vücut ağırlığımız, spor, yürüyüş gibi fiziksel etkinliklerimiz de not ediliyordu. Bu ölçümlere paralel olarak sezyumun dışında vücudumuzda bulunan potasyum gibi radyoaktif doğal maddelerin de aktivitesi ölçülüyordu. Çernobil kazası nedeniyle Almanya'da sütün dışında özellikle domuz ve geyik gibi av hayvanlarının etlerinde, mantar ve böğürtlen gibi orman ürünlerinde yüksek aktivite gözlenmişti. Ben Türkiye'den gelen çayların dışında Almanya'da yetişen ürünleri de tüketiyordum. Benim vücudumda ölçülen en yüksek sezyum aktivitesi, çayları içmeye başladıktan yaklaşık üç ay sonra, eylül, ekim ayında görülmeye başladı; 1000 Bq'e ulaştı. Bu değeri giderek azaldı ve 90'lı yıllarda ölçülebilecek değeri altına düştü. Oysa benim vücudumda, sezyumun dışında, doğal olarak bulunan potasyumdan (K-40) kaynaklanan toplam aktivite 3.200 ile 3.500 Bq arasında sabit kaldı. Günlük tükettiğimiz her madde içinde doğal olarak bulunan K-40, her insanın kas/yağ oranına bağlı olarak vücudunda oldukça sabit bir de-



Çernobil nükleer reaktörüne en yakın yerleşim yeri olan 50 bin kişinin yaşadığı Pripyat şehri, resimde de görüldüğü gibi yerleşim reaktörden 2,5 km uzaklıkta olup kazadan 48 saat sonra tamamen boşaltılmıştı.





Bir Kolhoz'un bakkalında satılan Türk çayları, yıl 1989

ğerdedir. Kadınlarda ortalama 4.000 Bq, (ben biraz ortalamadan küçük bir insanım), erkeklerde bu değer 5.000 Bq kadar çıkabilir. İnsan vücudundaki potasyum, fazla şişmanlanmadığı sürece, yani kas/yağ oranı değişmedikçe sabit kalır. Bunun dışında bir de vücudumuzun bütün organ ve dokusunda bulunan karbondan ve onunla beraber bulunan radyoaktif karbondan (C-14) dolayı ortalama 4.000 Bq'lık bir aktivite daha vardır. Ancak C-14 ün saldırdığı beta parçacıklarının enerjisi düşük olduğu için vücudun aldığı etkin doza katkısı çok azdır. Yani bir insanın kendisi, Çernobil kazası olmadan önce de, yaklaşık 8.000 Bq'lık bir radyoaktif kaynaktır. Radyasyondan korkuyorsanız kimsenin yanına yaklaşmayın!..

Sonuç olarak, gerek kirli çayları gerekse de Almanya'nın yerel ürünlerini tüketerek, vücudumda oluşan toplam aktivite, şu anda ölçülen aktivitenin üçte birinden bile azdı. Bende ölçülen toplam sezyum değerleri, Alman meslektaşlarımla aynı değerler arasında değişti ve yapılan modellemelerle uyum içindeydi. Nitekim, Türk halkının yılda bir kilogram çay tükettiği göz önüne alınarak yapılan hesap ve deneyler sonunda en yüksek etkin dozun 1 mSv'i geçmediği ve bunun uluslararası radyasyondan koruma komitesinin en son tavsiyelerine göre, halk için izin verilebilir radyasyon doz sınırları içinde olduğu ortaya çıkmaktadır.

Piyasaya sürülen çaylara konulan sınır, Almanya'da sütlere bile konulan sınır değerinin altındaydı. Almanya, Çernobil sonrası satılan sütlere çok tutucu bir yaklaşımla litre başına toplam sezyum aktivitesi için 600 Bq bir sınır koydu. Oysa piyasaya sürülen çaylardaki aktivite değeri, Türk usulü demlenmiş çaylara, aktivitenin %100 geçtiği kabul edilerek hesaplanmış ve litre başına 370 Bq'ın altında bırakılmıştı.

Çernobil kazası, nükleer enerjinin kullanıldığı çağımızda gözlenen veya gözlenebilecek kazaların en korku yaratıcı oldu. Dünyada hiç bir kaza, Çernobil kadar incelenmedi ve araştırma

konusu yapılmadı.

2005 yılının Eylül ayında Viyana'da 700'e yakın bilimadamı ve sağlık uzmanından oluşan uluslararası bir ekip yaklaşık 20 yıl önce Çernobil nükleer santralinde meydana gelen kazadan kaynaklanan radyasyon yağışından etkilenen alanlarda yaptıkları çalışmaların özetini 600 sayfalık bir rapor halinde sundular. Oysa her bir özet sayfasının arkasında, yine o kadar yayınlanmamış ölçüm ve araştırma malzemesi bulunmaktadır. IAEA'nin sonuç raporunda da belirtildiği gibi Çernobil kazası, kazanın ilk günlerinde yüksek radyasyon dozuna maruz kalan 200.000 acil kurtarma işçisi ve reaktörün 100 km çevresindeki bazı yüksek yağış almış yerlerde yerel sütleri tüketen çocuklarda büyük sağlık problemlerine yol açtı. Ancak raporda bunun dışındaki alanlarda genelde insan sağlığını tehdit edici yaygın bir kirlenmeye neden olmadığı çok ayrıntılı araştırmalar ve onlara koşut olarak sürdürülen epidemiyolojik nüfus araştırmaları sonunda ortaya konulmuştu. Sunulan bilgiler yıllardır mevcut olmasına karşın uzmanlara duyulan güvensizlik ne yazık ki dünyanın hiçbir yerinde daha kırılamadı. Bunun en tipik örneği de, basında her gün izlediğimiz Karadeniz Bölgesi'nde gözlenen kanser patlamasının Çernobil kazasına bağlanmasıdır. Karadeniz Bölgesi'nde arttığı iddia edilen kanser vakalarının nedenini radyasyon yağışının dışında kalan başka faktörlerde aramamız gerekir.

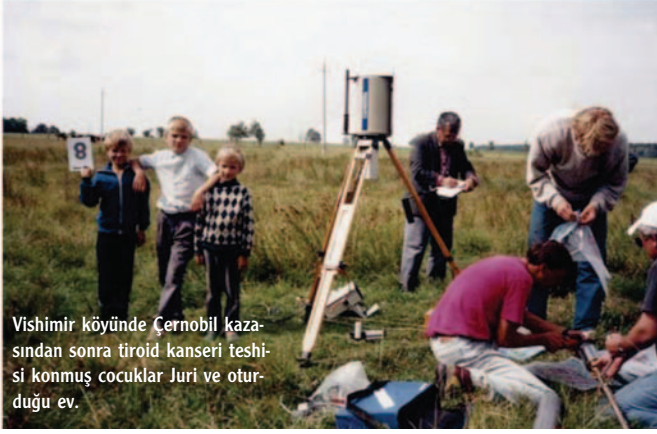
Her hangi bir bölgede gözlenen kanser sayısı, o bölge halkının refah durumuna, sağlık hizmetlerinin teknik düzeyine ve kullanılma yaygınlığına, halkın gıda tüketim alışkanlıklarına, hatta kişinin cinsiyetine ve etnik kökenine bile bağlıdır. Kanser vakalarında bir artış gözlendiğini söyleyebilmek için de daha önceki yıllarda gözlenen kanser vakalarının hasta yaşına/cinsine ve yıllara göre dağılımının iyi bilinmiş olması gerekmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde diğer bölgelere nazaran daha fazla artış olduğunu söyleyebil-

mek için bu bölge halkında gözlenen kanser vakalarıyla aynı ekonomik düzeyde olan fakat radyoaktif yağış almamış, aynı etnik kökenli ve eşdeğer doğal radyasyon seviyesinde yaşayan bir kontrol grubuyla bir karşılaştırma gerekir. Bu veriler olmadan bir bölgede kanser vakalarının artışından bahsedilemez. Bu türlü bir nüfus araştırması, kendi başına bir bilim dalı olup ciddi analizleri ve yıllarca süren gözlemleri gerektiren bir konudur.

Radyasyonun kansere neden olduğunu ve nesiller sonra bile mutasyonlar yaratabileceğini hemen herkes biliyor. Ancak, diğer kanserojen maddelerle karşılaştırıldığında daha fazla etkin olmadığını, kullanılan birimlerin büyüklüğünü ve boyutunu kavramak zor olduğundan, halka anlatmakta zorluk çekiyoruz. Radyasyonun kanser oluşturma mekanizmasını, bir çok diğer kanserojen maddeden daha iyi biliyoruz. Kanser oluşumunda etkin bir radyoaktif atomdan çıkan tek bir fotonu ölçme olanağımız olduğu gibi, tek bir fotonun hangi olasılıkla kansere neden olabileceğini de hesap edebiliyoruz. Oysa diğer kanserojen atom veya moleküllerin bu boyuttaki değerlerini gelişmiş spektroskopik yöntemlerle bile saptamak olanak dışı. (1g Cs-137'nin aktivitesi  $3,34 \cdot 10^{12}$  parçalanma/s dir. Yani 80.000 Bq aktivitesi olan bir kilogram çaydaki Cs-137 miktarı 0,02 µg dir.

Tüm dünyada gözlenen kanser vakalarının artışının tek nedeni radyasyon değildir. Bunun en bilinen örneği en az ölümlü sonuçlanan kanser vakalarının gözlendiği ABD'deki Utah kentinde yaşayanlardır. Burada yaşayan halk, bölgenin doğal jeolojik yapısı ve denizden yüksekliği nedeniyle ABD ortalamasının üç buçuk misli daha yüksek bir radyasyona maruz kalırlar. ABD'de en az endüstri kirliliğine maruz kalmış olan bu bölgede genelde kahve, çay, sigara gibi zararlı alışkanlıkları olmayan Mormonlar yaşamaktadır.

Gelişmiş ülkelerde, yani sağlık sistemlerinin oldukça yaygınlaşmış ve ortalama ölüm yaşlarının Türkiye'den çok daha yüksek olduğu ülkelerde bile, bir insana hayatı boyunca kanser tanısı konulması olasılığı yaklaşık % 40'tır. Yani 10 kişiden 4 kişiye yaşamının bir safhasında kanser tanısı konu-



Vishimir köyünde Çernobil kazasından sonra tiroid kanseri teşhisi konmuş çocuklar Juri ve oturduğu ev.



lacaktır. Her kanser ölümle sonuçlanmayabilir. Örneğin, tiroid kanserinin erken tanındığında % 99 tedavi şansı vardır. Genelde tüm ölümlerin % 25'i de kanserden olmaktadır. En son çalışmalara göre, 1 Sv'lik, yani Çernobil çayları nedeniyle aldığımız radyasyon dozundan bin misli daha yüksek bir etkin doz alan insanın, yaşamının bir safhasında kanser olma riski kadınlarda % 13 erkeklerde % 9'dur.

Karadeniz Bölgesi'nde 10 milyon insan yaşadığına göre, doğal nedenlerle hayatının bir safhasında kanser tanısı konacak 4 milyon insan var demektir. Bu gün Karadeniz Bölgesi'nde 4 milyon insana henüz kanser teşhisi konulmadıysa, sağlık sistemi en modern teknolojisini kullanarak halka erişememiş demektir. (Bu saptama Türkiye'de ömür beklentisi 71 yıl var sayılarak yapılmıştır). Oysa, 1 mSv'lik bir dozdan yani bir kg çay tüketiminden alınan doz yüzünden kanser olabilecek insanların sayısı 400, yaşadıkları doğal çevreden dolayı 1.000 - 1.600 (yıllık ortalama doğal doz hızı 2,5 - 4 mSv) kişi olacaktır. Yani, hali hazırda gözlenen tüm kanser vakalarının onbinde biri kadar bir artışa neden olacaktır. Oysa Hiroshima ve Nagasaki'ye atılan bombalardan etkilenen 70.000 kişiyi kapsayan, 50 yıldır sürdürülmekte olan çalışmalarda, istatistiksel açıdan çok da anlamlı olmasa da 10 - 40 mSv civarında radyasyona maruz kalan grupta, kanser riskinin azaldığı da gözlenmiştir.

## Doğal Çevreden Alınan Radyasyon Miktarı

Yukarıda saydığım nedenlerden dolayı bu yazıda kanser vakalarındaki artış üzerinde tartışmak yerine, Çernobil kazası nedeniyle tüketilen çaydan alınan radyasyon dozunun boyutlarını biraz daha anlatabilmek için yer yüzünde yaşamakta olduğumuzdan dolayı aldığımız radyasyon dozu miktarını özetlemeye çalışacağım.

## Çevre ve Kozmik ışınlar

Türkiye'nin her hangi bir bölgesindeki insanlar, yılda yaklaşık ortalama 2,5 - 4 mSv'lik bir etkin doz altında yaşarlar. Bunun yaklaşık 1 mSv kadarı çevreden gelen fotonlardan ve kozmik ışınlardan kaynaklanır. Türkiye'de insanların yaşadığı bölgenin jeolojik yapısına ve kullanılan bina malzemelerinin cinsine bağlı olarak çevreden gelen fotonların bıraktığı etkin doz 1 ile 3 mSv arasında değişir. Dünyada bu ortalama değerleri çok aşan yerler vardır. Örneğin, Brezilya'da monazit kumlarının üstünde kurulmuş kentlerde, Hindistan'da Kerela'da ölçülen yıllık doz miktarı 30 mSv'in üstündedir. İsviçre'nin Ruscade dağları civarında yaşayanlar bir nükleer reaktörün etrafında mücadele edilebilen dozların üstünde bir radyasyona maruz kalırlar.

Kozmik ışınlardan aldığımız yıllık etkin radyasyon dozuysa, yaşadığımız kentin denizden yüksekliğine bağlıdır. Yaklaşık 1.500 m yükseklikte kozmik ışınlardan aldığımız radyasyon etkin dozu, deniz seviyesine göre üç misli yüksektir. 12.000 m'de uçan bir yolcu, deniz seviyesinde alacağı etkin dozun 50 katına maruz kalır.

## Sindirim ve Solunum Yoluyla Alınan Radyasyon

Bir yılda aldığımız toplam etkin dozun geri kalan 1,5 mSv'i vücudumuzda bulunan, günlük tükettiğimiz yiyecek, içeceklerimizle alınan radyokatif maddelerdir. Bunlar kemiklerimizde bulunan uranyum U-238, toryum Th-232, kaslarımızda toplanan potasyum K-40 gibi maddeler olduğu gibi bütün vücudumuzda bulunan C-14 tür. Bunun dışında bir de solunum yoluyla alınan renyum Rn-222 vardır. Rn-222, bütün kayaların yapısında bulunan U-238'in parçalanmasından çıkan radyoaktif bir madde olup, yeraltı sularında da çözülmüş olarak bulunur; parçalan-

dığında alfa parçacığı (helyum çekirdeği) yayar. Alfa parçacığının doku içindeki erimi çok kısa olmasına karşın, iyonize edebilme gücü çok yüksek olduğu için etkin doz hesaplarında kullanılan ağırlık faktörü de o derecede yüksektir. Dünyada Finlandiya ve İsveç gibi ülkelerde bunun doğal yıllık etkin dozu, solunum yollarında 8 mSv'e yaklaşır. Türkiye'nin bazı bölgelerinde de oldukça yüksek değerlerde Radon vardır. Radon gazı, üstünde yaşadığımız kayaların hareketi yüzünden toprak üstüne çıkabilmesi için depremlerin daha önceden belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Yeraltı sularında da eriyik halde bulunduğu için, her gün yıkanan bir insanın günde aldığı doz oldukça yüksektir.

Yukarıda da bahsettiğim gibi günlük tükettiğimiz sebze, meyve ve kuruyemiş gibi maddelerde bol miktarda sağlığa faydası olduğu bilinen potasyum vardır. Radyokatif K-40, radyoaktif olmayan K ile beraber bütün yiyeceklerimizde mevcuttur; genelde kaslarda toplanır ve kimyasal özellikleri de çaylarda ölçülen sezyumunkine çok benzer. Günlük yiyeceklerimizin hemen hepsinde var olan K-40, her insanın vücudunda bir dengede olup o insanın kas miktarına bağlıdır. Çocuklardaysa yağ/kas kas oranı daha düşük olduğu için, bir çocuğun vücudunda kilogram başına çok daha fazla radyoaktif madde vardır. Yediğimiz patates, havuçta, yani sağlıklı olduğuna inandığımız her maddede değişen miktarlarda K-40 mevcuttur. Bir insanın günde aldığı ortalama K-40 miktarı havuç, patates gibi maddelerden 100 Bq, fındık, fıstık, kestane gibi maddelerden ise çok daha yüksektir.

## Tıbbi Nedenlerle Alınan Radyasyon Dozları

Özellikle sağlık hizmetlerinin oldukça gelişmiş olduğu ülkelerde bir insanın tıbbi nedenlerle maruz kaldığı radyasyon dozu, tüm diğer kaynaklar

dan çok daha fazladır. Geçen yüzyılın ortalarında yaygın bir şekilde sürdürülen verem taramalarından alınan dozlar, günümüzde almandan çok daha yüksekti. Her röntgen çekilişinde aldığımız etkin doz yaklaşık 0,2 mSv kadardı. Bu gün bu değer 0,1 mSv'e kadar indirildi. Bir akciğer tomografisinde alınan radyasyon dozuysa 10 mSv'dir. Bu arada anjiyo gibi girişimsel teshis yöntemleri ve kanser tedavilerinde kullanılan dozlarınsa çok yüksek olduğunu unutmamakta yarar var.

Tiroid kanserinde verilen radyoaktif iyot miktarı 500 - 600 MBq olup bunun büyük bir kısmı tiroid bezinde toplanmış olsa da, diğer organlar da bundan yeterli derecede paylarını alırlar. Tiroid bezinin büyüklüğüne bağlı olarak verilen etkin dozsa 5 - 6 Sv civarındadır. Tedavide de kullanılan radyasyonun boyutları hakkında bir fikir vermek için size bir Çernobil araştırma gezim sırasında yaşadığım bir olayı anlatmaya çalışacağım: 1994 yılında Beyaz Rusya ve Ukrayna'da teşhis edilen tiroid kanserli çocukların köylerinden örnek toplamaya ve ölçüm yapmaya gitmiştik. Beyaz Rusya'da Vischimir adlı bir köyde üç çocuğa tiroid kanseri tanısı konulmuştu. İlk iki çocuğun oturduğu evlerden ve ineklerini besledikleri tarlalardan örneklerimizi toplayıp üçüncü çocuğun evine vardığımızda evine bahçesinin değişik köşelerinde ve evde buz dolabı etrafında hiç bir yerde karşılaşmadığımız düzeylerde radyasyon doz hızları ölçmeğe başladık. Üstelik bu doz hızı da zaman zaman artıp azalıyordu. İlk aklımıza gelen yine bir yerlerde nükleer kaza olduğuydu. Ancak o sırada elimde olan aletle radyasyonun cinsini ölçmek olanaksızdı; yalnızca doz hızını okuyabiliyorduk. Radyoaktif maddenin cinsini anlamak için tarlada sürdürdüğümüz ölçümleri yarıda kesip spektrometreyi bahçede kurmaya başlarken, Yuri adlı çocuğun yanıma zaman zaman yaklaştığını ve her yaklaştığında doz hızının saatte 10  $\mu$ Sv'e ulaştığını görünce, radyasyonun kaynağının çocuğun kendisi olduğunu anladık. Bir hafta evvel ziyaret ettiğimiz kazaya uğrayan Çernobil reaktörünün lahitinin etrafındaki doz hızı 6  $\mu$ Sv'ydü. Yuri, iki hafta önce tedavi için gönderildiği Almanya'dan dönmüştü. Çocuğun bahçenin çeşitli köşelerini tuvalet gibi kullandığını,

buz dolabı etrafında da çok dolaştığını böylece öğrenmiş olduk. Meslek hayatımın en acı olaylarından birisi olması nedeniyle bunu sizlerle paylaşmak istedim. Tedavide verilen dozların ne kadar yüksek olduğunu unutmuştuk.

Bu vesileyle çoğu zaman unutulmuş bir faktörden bahsetmek istiyorum: Karadeniz Bölgesi'nde tiroid hastalıkları yaygındır. Karalahana tüketiminden kaynaklandığını gösteren Türk bilimadamlarının çalışmaları mevcuttur. Bilindiği gibi bazı yiyecekler, organizma için gerekli bazı eser maddelerin bünyeye alınmasını engeller. Örneğin, aşırı derecede domates tüketildiğinde, bünyenin ihtiyacı olan demirin yeterli derecede alınması engellenir. Bunun gibi karalahananın da tiroid bezi için gerekli iyotun alınmasını engellediği gösterilmiştir. Bir tiroid bezi fonksiyonunun incelenmesi için kullanılan radyasyonun etkin dozu, yaklaşık 700 mGy'dir; yani Çernobil çaylarının tüketimiyle Türk halkının aldığı dozun 700 katıdır. Karadeniz Bölgesi'nde kanserin çoğalması söz konusuysa önce buna neden olabilecek artışlara bakmak gerekir. Nitekim Çernobil kazasından sonra yapılan çok kapsamlı nüfus çalışmalarından sonra, Ukrayna, Beyaz Rusya ve Rusya'da yapılan tiroid bezi tarama çalışmalarından dolayı doğal kanser oluşum hızının arttığı gözlenmiştir.

Bütün bunları halkımızı radyolojik incelemelerden korkutmak için anlatmıyorum. Amacım Çernobil yağışının Türkiye'deki boyutlarını duyurabilmektir. Çernobil yağışından dolayı aldığımız dozların kanser yapma riskleri pek çok diğer faktörlerden onbinlerce defa daha azdır. Ancak, tedavide kullanılan dozlar, tanıda kullanılan dozlardan da milyonlarca defa fazla olup bu

## Önemli Not

Herhangi bir radyoaktif maddenin bir yılda alınmasına müsaade edilebilir dozları saptarkan radyasyon dozunun riskinin lineer olarak arttığı varsayılır. Ancak hücrelerimizin kendilerini yenileme mekanizması doğal radyasyonu tamir edebilecek şekilde evrime uğramış olsa bile çok yüksek dozlarda bu kendini tamir etme mekanizması tamamen yok olabilir. Ancak bunlar çok yüksek doz değerleri için geçerlidir; bir kaç Sv'in üstündekiler yok olabilir değerlerdir. Belli bir sınıran altında radyasyon riski olmadığını söylemek istemiyorum. Amacım yalnızca bu riskin diğer tüm riskler yanında ne kadar önemsiz olduğunu yeniden vurgulamaktır.

değerlerde hem deterministik hem de somatik etkileri gözlenebilir büyüklüklere erişir.

Hayriye Yeter Göksu  
GSF-National Research Center for Environment and Health Institute of Radiation Protection, D-85764 Neuherberg, Almanya

- Kaynaklar**
- Stoneham, D., Bailiff, I.K., Brodski, L., Göksu, H.Y., Haskel, E., Hütt, G., Jungner, H., Nagatomo, T., 1993. TL Accident Dosimetry Measurements on Samples from the Town of Pripyat. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 21, 195-200.
- Stoneham, D., Bailiff, I.K., Boettger-Jensen, L., Göksu, H.Y., Jungner, H., Petrov, S., 1996. Retrospective Dosimetry. The development of an experimental methodology using luminescence techniques, Proceeding of the First International Conference of the European Commission, Belarus, Russian Federation and Ukraine on the Radiological Consequences of the Chernobyl Accident. ISSN 1018-5593, EUR 16544EN, 1037-1040.
- Bailiff, I.K., Steanenko, V.F., Göksu, H.Y., et al. 2004. Comparison of retrospective luminescence dosimetry with computational modeling in two highly contaminated settlements downwind of the Chernobyl NPP, Health Physics 86, 25-41.
- Bailiff, I.K., Stepanenko, V.F., Göksu, H.Y., Boettger-Jensen, L., Jungner, H., Correcher V., Delgado, A., Jungner, H., Khamidova, L. G., Kollizhenkov, T.V., Meckbach, R., Petin, D.V., Orlov, M.Yul., Petrov, S.A. (2005) Retrospective Luminescence Dosimetry: Development of Approaches to Application in Populated Areas Downwind of the Chernobyl. Health Physics 89, 233-246.
- Ozemer A.Y. (2004) Çernobil komplosu, Bilgi yayınları Ed. Keşer Turkey, Bilgi Yayıncılık / İstanbul / Türkiye
- GSF- 1986 Umweltraumradioaktivität und Strahlenexposition in Südbayern durch den Tschernobyl-Unfall. Bericht des Instituts für Strahlenschutz GSF-Bericht 18/86.
- Wirth E., (1987) Assessment of radiation dose commitment in Europe due to Chernobyl Accident : Report on a WHO meeting , Bilthoven June 1986.
- Yesin T., and Çakır (Kececi) N. (1989) Cesium-137 and Cesium-134 in soil in a Tea Plantation in Turkey after Chernobyl Accident " Appl Radiat. Isot. Vol. 40, No. 3, pp 209-211, Int.J. Radiat. Appl. Instrum. Part.
- Gökmen I.G., Birgül O., Kence, A. and Gökmen A. (1995) Chernobyl radioactivity in Turkish tea and its possible health consequences . Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 198/2.
- Gedikoglu A., Sipahi B.L. (1989) Chernobyl radioactivity in Turkish tea. Health Phys. 56(1): 97-101.
- Hayball, M.P., Dendy, P.P., Palmer K.E., Szaaz, K.F. Webster M.J. and Whittaker M.V. (1989) Chernobyl Radioactivity in Turkish tea drinker , Health Physics 57(6) 1017-9.
- Yule L., Taylor D.M. ( 1989 ) Chernobyl radioactivity in Turkish tea: a response Health Phys. 1989 57(3): 495.
- Unlu M.Y., Topcuoglu, S. Kucukcezzar R., Varinlioglu A., Güngör, N. Bulut, A.M., Güngör E., (1995) Natural effective life time of 137 Cs in tea plants , Health Physics 68/ 1, 94-99.
- ICRP ( 1979) International Commission on Radiological Protection. Limits of intakes of radionuclides by workers (1979) Oxford: Pergamon press; ICRP Publication 30, Supplement to part 1; 3(1-4).
- ICRP (1996). International Commission on Radiological Protection. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRP Publication 74. Annals of the ICRP, Vol 26, No. 3/4.
- ICRP (1997). International Commission on Radiological Protection. Individual monitoring for internal exposure of workers. Replacement of ICRP Publication 54. ICRP Publication 78. Annals of the ICRP, Vol 27, No. 3/4.
- NCRP (1998). National Council on Radiation Protection and Measurements. Evaluating the Reliability of Biokinetic and Dosimetric Models and Parameters Used to Assess Individual Doses for Risk Assessment Purposes. NCRP Commentary No. 15. (National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda).
- Berg D, Koller W.E., Krieger H. (1987) Ganzkörpermessungen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl an Kindern und Erwachsenen aus dem Raum München. Nuclearmedizin 10: 87-92.
- Jacob, P., Müller H., Pröhl G., Voigt G., Berg D., Paratzke, Regulla D. ( 1993) Environmental behavior of radionuclides deposited after the reactor accident of Chernobyl and related exposures. Radiation and Environmental Biophysics 32: 193- 207.
- ICRP (1990) International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations ; ICRP Publication 60,
- IAEA/WHO/UNDP / EC Report; Chernobyl : True scale of the accident. Viena / Austria 2005.
- Zvonova, I. A., Balonov, M.I. and Bratilova, A.A. (1998). "Thyroid Dose Reconstruction for Population of Russia Suffered after the Chernobyl Accident," Radiat. Prot. Dosim. 79, 175-178.
- Zvonova, I.A. and Balonov, M.I. (1993). "Radioiodine dosimetry and prediction of thyroid effects on inhabitants of Russia following the Chernobyl accident." In: The Chernobyl Papers. V.I: Doses to the Soviet Population and Early Health Effects Studies, Ed. by S.E. Merwin and M.I. Balonov, Research Enterprises, Richland, pp. 71-126.
- Ilyin, L.A. (1995) Chernobyl: Myth and Reality Moscow
- IARC (International Agency for Research on Cancer) Edited by DM Parkin, SL Whelan, J Ferlay, L. Teppo and DB Thomas 2003 Cancer Incidence in Five Continents, Vol. 1 to VIII) Scientific Publication 155, IARC Lyon.
- Lukey T.D. ( 1991) Radiation Hormesis CRC press, London
- Karam A. (1999) The Evolution of the Earth's Background Radiation Field over the Past Four Billion years SSI news, 7/1: 3-5
- J.H. Fremlin 1989 Power Production What are the risks ? Adam Hilger, London.
- UNSCEAR (2001). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Hereditary effects of Radiation, Report to General Assembly with Scientific Annex.
- NCRP (1997). "Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, NCRP Report No. 93.
- NRC (1982) Diet, Nutrition, and Cancer Committee on Diet, Nutrition and Cancer , Assembly of Life Sciences , National Research Center , National Academy Press Washington D.C.
- Koloğlu S, Koloğlu LB. Doğu Karadeniz Bölgesi guatr endemisindeki tabii guatröjenlerin rolü üzerinde inceleme. A Ü Tıp Fak Mec 1968; 21(2):421.