

# ÇERNOBİL'İN SAĞLIĞIMIZA ETKİSİ?



26 Nisan 1986'daki Çernobil kazasının üstünden 21 yıl geçti. Bu uzun sürede birçok ülkede ve IAEA<sup>1</sup>, UNSCEAR<sup>2</sup>, TAEK<sup>3</sup> gibi bilimsel araştırma ve inceleme kuruluşlarında sayısız çalışma, araştırma ve yayın yapıldı. Kazanın yıldönümlerinde birçok yerde çeşitli etkinlikler, toplantılar sürmekte ve bunları medya da yansıtmakta. Doğu Karadeniz Bölgesinde 'Çernobil nedeniyle kanserlilerin çoğaldığı' gibi haber ve yorumlar da zaman zaman medyada yer almakta, bununla ilgili tartışmalar yüzlerce internet sayfasını doldurmakta. Çok kez birbirine karşıt düşüncedeki uzman ve uzman olmayanların arasında kalan, üstelik radyoaktivite, Becquerel, radyasyon dozu, Mili-sievert gibi terim ve birimlere de yabancı olanlar, kime, neye inanacaklarını haklı olarak bilememekteler. Bilimsel ve teknik raporlar ise çok kimsenin anlayamayacağı birçok yazı, grafik, çizelge, formül ve sayılarla kaplı.

21 yıl sonra bile bugün Çernobilin sağlığımıza etkisi neden hala tartışılmakta? Bu uzun sürede yapılan yoğun bilimsel çalışmaların sonuçları neden herkese kolayca anlatılamıyor?

Bu yazı, Almanya ve Türkiyede Çernobil sonrası yapılan çalışmaları gözden geçirerek, bu konuda özellikle UNSCEAR'ın süregelen bilimsel araştırmalarının ve Almanyada kazanılan deneyimlerin ışığında bu çok tartışılan konuya bir miktar açıklık getirmeyi amaçlıyor<sup>4</sup>.

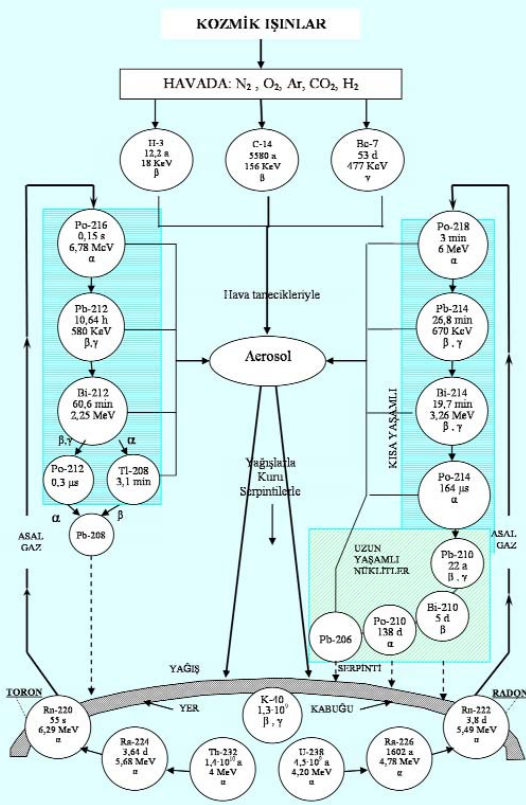
Vücudumuzda ve çevremizde bulunan, doğal radyoaktif maddelerle, bunların vücudumuzda oluşturduğu radyasyon dozlarını ve bunlardaki değişimleri gözönüne alarak Çernobilin 'bu taban' doğal radyasyon dozuna katkısını belirlemek gerekiyor.

## Doğal Radyasyon ve Vücutta Oluşturduğu Dozlar

Vücudumuzdaki ve çevremizdeki doğal radyoaktif maddeler, yer kabuğunda bulunan uranyum, toryum, potasyum gibi çok uzun ömürlü maddelerden, ve kozmik ışınların havadaki atom çekirdekleriyle çarpışarak oluşturduğu karbon 14 ve trityum (H 3) gibi maddelerden kaynaklanıyor (Şekil 1).

Radyoaktif maddelerin atom çekirdeklerinden alfa, beta ve gama ışınları saçı-

larak bunların başka maddelere dönüşüklerini (bozduklarını) özellikle Marie Curie'nin 1898'de başlayan çalışmalarından biliyoruz. Örneğin uranyum dizisinde, uranyum 238'den ardısıra bozuma sonucu radyum 226 ve ondan da radon 222 (asal gaz) oluşurken, toryum dizisinde, toryum 232'den birdizi bozumalar sonucu radon 220 ortaya çıkıyor. Bu çeşit doğal radyoaktif maddelerle bunlardan türeyen daha birçokları hava, su, besinler yollarıyla vücuda girip vücutta içten ışınladıkları gibi, bunların toprakta, yapı malzemesinde bulunmaları sonucu vücut ayrıca dıştan ışınlanmakta. Topraktan evlerin alt katlarına giren ve yükselen radon gazı da soluduğumuz havaya karışarak bizleri içten ışınıyor. Tüm bunlardan başka uzaydan gelen kozmik ışınlar da oturduğumuz yörenin yükseltisine göre bizi dıştan daha az ya da daha çok ışınlanmakta. Bu ışınlamalar sonucu vücutta bir 'taban radyasyon dozu' oluşuyor. Yüksek enerjili alfa, beta ve gamalar vücut hücrelerindeki atom ve moleküllere 'enerji aktarıyorlar.'Radyasyon Dozu' aslında iyonlayıcı radyasyonun vücutta oluşturabileceği etkinin bir ölçüsü (Vücut için 'Eşdeğer Doz Birimi: Sievert, Sv).Yazın deniz kıyısında güneşlendiğimizde güneş ışınlarının deriye aktardıkları enerji sonucu 'alınan dozla' derinin kızardığını biliyoruz. Radyoaktif maddelerden salınan yüksek enerjili, çok kısa dalga boylu radyasyonların çoğu sadece deri yüzeyindekilere değil, çok daha derinlerdeki hücrelere, bunlardaki atomların çekirdeklerine girerek hücrelerin çalışma işlevlerini bozabiliyorlar. Bunun belirlenebilmesi ise, ancak çok yüksek dozlarda olabiliyor. Alçak dozlarda, vücutta olabilecek ve başka etkenlerin perdelemesi sonucu görülemeyen, belirlenemeyen, etkiler için ise, çok yüksek dozlardaki etkilerden hareketle ve çeşitli yaklaşımlar kullanılarak kestirimler yapmak zorunlu olmaktadır (Bu konularla ilgili daha ayrıntılı bilgiler, birim ve kavramlar için Tübitak Bilim Teknik Dergisi Nisan 2006 Ekine bakılması).



Şekil 1 Doğal radyonüklitlerin oluşumu, radyoaktif bozunmaları ve yayılmaları. Kozmik ışınlar havadaki atom çekirdekleriyle çarpışarak radyoaktif H-3, C-14 ve Be-7 üretirken, yer kabuğundan yükselen radon ve toron gazları da havada radyoaktif bozunmayla bir dizi radyoizotoplar üretirler ve yeryüzüne inerek insanı etkiler. Şekilde, sırayla oluşan her bir nüklid yer almıyor.

Dünyanın herhangi bir yerinde yaşayan bir insanın vücudunda oluşan doğal radyasyon dozu, sadece yukarıda belirtilen doğal radyoaktif maddelerle, onlardan türeyenlerin, o yörede, az ya da çok bulunmasına bağlı değil. O kişinin yemek yeme alışkanlığına, yediği besinlerin, içeceklerin günlük miktarına ve bunların nereden kaynaklandığına, ekonomik durumuna da bağlı. Örneğin Ankara'da oturup Samsundan balık, Güney Amerikadan muz, Edirnedan Beyaz Peynir yemek gibi. Bunların her birindeki doğal radyoaktif maddelerin o kişinin ya-

şadığı yerdekilerden farklı olacağı açık.

Öte yandan kişinin yaşadığı yerin yükseltisi, evinin tabanının izolasyonu, duvar, kapı ve pencerelerinin ısı korumalı olup olmaması, yılda kaç gün evde kaldığı, uçaklarla yılda kaç saat iş ya da tatil gezisi yaptığı (artan kozmik ışın dozu!) ve daha birçok etken o kişinin vücudundaki doğal dozun oluşumunda önemli olabiliyor. Bu nedenlerle vücutta oluşan doğal radyasyon dozunun belirli bir yöredeki insanlar için dahi kişiden kişiye göre büyük değişim göstereceği, sabit bir değerde olamayacağı görülüyor.

Vücutta oluşan radyasyon dozları, Dünya ortalama değerleri olarak, büyük değişimleriyle birlikte, Çizelge 1'de veriliyor. Bu ortalama doz değerlerinin belirli bir bölge ya da yöre için doğrudan uygulanamayacağı da belirtilmeli (Çizelgenin sağ sütunundaki, Dünya ortalamalarındaki büyük 'değişim aralıklarına' bkz.).

Dünyanın çeşitli bölgelerinde, bu çizelgedeki değerlerin çok üstünde doğal dozlar da ortaya çıkabiliyor. Örneğin Brezilya, Hindistan ve Çinde yılda 24 mSv'lik dozun alındığı yerler var (çizelgedeki toplam değer 10 katı) ve oralarda yaşayanlar arasında belirgin bir hastalık olduğu da gözlenmemiş. Büyük bir topluluktaki (100 000 kişi ve daha çok), insanların %65'inin yılda 1 ile 3 mSv, %25 kadarının 1 mSv'in altında ve %10'unun da 3 mSv'in üstünde etkin doz alabileceği bekleniyor.

Öte yandan 2,4 mSv'lik yıllık ortalama 'toplam etkin doz değeri', bunu oluşturan katkılarla karşılaştırılırsa: Bunun yarısı, 1,2 mSv, solunum yoluyla vücuda giren radon gazının vücutta oluşturduğu dozdan kaynaklanmakta. Yerel gama ışınları ve kozmik ışınlarla dıştan ışınlama sonucu vücutta oluşan dozların toplamdaki payları sırasıyla %20 ve %17 ka-

dar. Sindirim yolunun payı ise daha az: % 12 dolayında.

Çernobil radyoaktivitesi sonucu alınan 'ek radyasyon dozu'nun değerlendirilmesinde taban değerleri oluşturan doğal radyasyon dozu için yukarıdaki açıklamalardan çıkarılabilecek sonuç, her bir bölge için o bölgeye özgü doğal radyasyon dozlarının birdizi ölçüm ve hesaplamalarla belirlenmesini, elde edilen değerlerin değişim aralıklarıyla birlikte gözönüne alınmasını gerektiriyor. Böylelikle o yörede insan vücudunda oluşan doğal radyasyon dozuna Çernobil radyoaktivitesinin ne miktarda bir katkıda bulunduğu ve bu 'ek dozun' sağlık riskinin ne olabileceği anlaşılabilir.

Almanya'da yıllık ortalama doğal radyasyon etkin dozu 2 mSv olup, değişim aralığı büyük: 1 ile 6 mSv. Çizelge 1'de bu doza ilgili kaynakların katkıları parantez içinde gösteriliyor. Bugün Almanya'da 11 000 ayrı noktada radyasyon dozhızı ölçümü yapılmakta ve 2500 yerden de toprak örneği alınarak radyokimyasal analizler yapıp çıkan sonuçlar yayımlanmakta. Burada, örneğin arazide yapılan dozhızı ölçümleri değerlerinin entegralinden bulunacak dozların, insan vücudunda oluşacak dıştan ışınlama dozlarıyla aynı olmayacağını vurgulamak yararlı olabilir. İnsan günde 24 saatini dışarda geçirmediğinden vücudun alacağı dıştan ışınlama dozunun daha düşük olacağı açık.

Almanya'dakilere benzer, Çernobilin katkısına taban oluşturacak, vücudun almakta olduğu 'doğal radyasyon dozlarıyla' ilgili ayrıntılı ölçüm ve hesaplamalar Türkiye'deki çeşitli bölge ve yaş grupları için ilgili bilimsel yayınlarda ve TAEK internet sayfalarındaki 7 Bölümlük Çernobil Dosyasında da bulunamadığından, bu konuda burada ayrıntılı bilgiler verilemiyor.

Doğal Radyasyon Kaynağı	Ortalama yıllık etkin doz (mSv)	Değişim aralığı (mSv)
<b>DIŞTAN IŞINLANMA</b>		
Kozmik ışınlar	0,4 (0,3)	0,3 – 1,0
Yerel gama ışınları	0,5 (0,4)	0,3 – 0,6
<b>İÇTEN IŞINLANMA</b>		
Solunum (çokçısı Radon)	1,2 (1,0)	0,2 – 10
Sindirim	0,3 (0,3)	0,2 – 0,8
<b>TOPLAM</b>	<b>2,4 (2,0)</b>	<b>1 - 10 (1-6)</b>

Çizelge 1 : Doğal radyasyon kaynaklarının vücutta oluşturduğu Dünya ortalama yıllık etkin radyasyon dozları, mSv olarak (UNSCEAR 2000 yılı Bilimsel Raporundan). Parantez içindekiler Almanya Ortalamaları ve bunların değişim aralıkları (yetişkinler için).

## Çernobil Radyoaktivitesiyle İlgili Çalışmalar ve Hesaplanan Dozlar

Çernobil kazasından hemen sonra birçok ülkede çok çeşitli ortamlarda, örneğin: toprakta, arazide, yağışlarda, sularla, besin maddelerinde ve insanda çeşitli ölçümler yapıldı (radyasyon dozhızı ve radyoaktivite, 'tüm vücut radyoaktivite yükü' ölçümleri gibi). Çernobil'den gelen radyoaktif maddelerin içinde insanı etkileyebilen en önemlileri: başta iyot-131 (süt yoluyla bebeklerin etkilenmesi),

sezyum-134 ve sezyum-137 idi. Ölçüm sonuçları ilgili diğer tüm etkenlerle birlikte gözönüne alınarak doz ve risk hesaplamaları yapıldı. Bu hesaplar sonucu çeşitli bölgelerdeki vücut dışından ve içinden ışınlama dozları belirlendi.

## Almanyadaki Çalışmalar ve Hesaplanan Dozlar

1986'daki Batı Almanyada, Radyasyondan Korunma Kurumu (SSK) ve Radyasyondan Korunma Dairesi (BfS) Federal Birimlerinin yanı sıra, her eyaletin yetkili dairelerinden başka gerek üniversitelerde ve gerekse örneğin Münih'teki özel araştırma merkezi olan (GSF) gibi toplamı 50'ye varan, radyasyon fiziğinin çeşitli dallarında ölçüm ve araştırmalar yapılan enstitü, laboratuvarla çok sayıda deneyimli personel bulunmaktaydı. Radyasyonun, hem ışınlanan vücuttaki somatik ve hem de sonraki kuşaklardaki genetik etkileri araştırılıyor, radyasyon hasarı gören organların, örneğin omuriliğin değiştirilmesi ya da transplantasyonu ile ilgili bilgi ve deneyimler kazanılıyordu..

Çernobil kazasından hemen sonra tüm yukarıda adı geçen kurum, enstitü ve laboratuvarlarda zaten yapılmakta olan ölçüm ve değerlendirmeler yoğunlaştı, bunlarla ilgili günlük, aylık ve yıllık bilimsel, teknik raporlar yayımlanmaya başladı. Radyoaktivitenin yüksek olduğu çocuk parkı gibi yerlerde girişler yasaklandı, bir dizi besin maddelerindeki radyoaktivite sınır değerler açıklandı, halkın büyük bir bölümü TV ve gazetelerde yayımlanan bu bilgilerden hareketle radyoaktivitesi oldukça yüksek av eti, mantar gibi yiyecekleri satın almadı, çocuklarına radyoaktif yüksek olan sütleri içmedi.

Doğal radyasyonla ilgili olarak açıklandığı gibi, Almanyada çeşitli büyük kent ve bölgelerde insanların yaş gruplarına göre Çernobil sonrası yapılan sistematik ölçüm ve değerlendirmeler gözönüne alınarak, buralarda yaşayan halkın, kazadan sonraki ilk yıl ve sonraki 50 yılda alabilecekleri dozlar ayrıntılı olarak hesaplanıp yayımlandı<sup>5</sup>. Bunlardan Almanya Etkin Doz ortalamaları o zamanki Batı Almanyanın kuzeyindeki halk için kaza sonrası ilk yılda : 0,2 mSv olurken güneyde : 0,6 mSv olmuş; kazadan sonraki 50 yılda alınacak toplam etkin dozlar ise aynı bölgeler için sırasıyla 0,6 ve 1,9 mSv kadar.

## Türkiyedeki Çalışmalar ve Hesaplanan Dozlar

Başka birçok ülke gibi Türkiye de Çernobil kazasına hazırlıksız yakalandı. TAEK'e bağlı araştırma merkezleri ve laboratuvarlarında görevli az sayıdaki radyasyon fizikçisi ve araştırmacısıyla, radyasyon alet sistemleriyle, o zamanki Batı Almanyanın üç katı büyüklüğündeki Türkiye topraklarına yayılmış olan Çernobil radyoaktivitesinin bölgesel ve sistematik olması gereken ölçümlerinin ve doz değerlendirmelerinin ancak sınırlı olarak yapılabildiği biliniyor (TAEK'in internet sayfasında yayımlanan Çernobil Dosyasındaki TBMM Araştırmasıyla ilgili yazılarda da bu konulara değiniliyor). 'Genel toplum' ve 'kritik grup' ayrımı yapılarak 'yetişkinler' ve 'bebekler' için açıklanan değerlerden önemlileri Çizelge 2'de bulunmakta. Ancak, kazadan 20 yıl sonra 'en son bilimsel veriler ışığında' yapıldığı belirtilen ve Marmara, Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz ve Diğer Bölgeler ayrımıyla, dozlar ayrıntılı olarak yeniden hesaplanıyor, gerek kazadan sonraki ilk yıl ve gerekse yaşam boyu için bulunan 1987'deki çok düşük doz değerleri TAEK Çernobil Dosyası 7.Bölüm'de düzeltilerek yayımlanıyor (Bkz.Çizelge 2 son sütun).

Burada açıkça görülen 2006'da hesaplanan etkin doz değerlerinin, 1987'de açıklananlardan çok daha fazla olduğu. Çernobil Dosyası Bölüm 1'deki yaşam boyu dozu olarak da belirtilen ilk yılki 'kritik grup dozu' olan 0,594 mSv'e karşılık yeni hesaplanan doz değerleri 3 ile 7 kat daha büyük. Kazadan sonraki 'ilk yıl' için ise gerek Doğu Karadeniz Bölgesindeki ve gerekse diğer bölgelerdeki kentlerde (genel toplumda, yetişkinler için) hesaplanan yeni doz değerleri 1987'de hesaplanan değerlerin kabaca iki katı kadar: Sırasıyla (1,1/0,6) ve (0,8/0,5).

Çernobil radyoaktivitesi gibi büyük halk topluluklarının etkilendiği durumlarda 'Doğu Karadeniz Bölgesinde' alınan 4,5 mSv'lik dozun bir akciğer tomografisinde alınabilen dozun sadece yarısı kadar olduğunun Çernobil Dosyasında vurgulanması ise yanıltıcı. Bunun nedeni organ dozunun riskiyle tüm vücut dozunun riskinin farklı olması ve ayrıca kişisel dozlarla halk kitleleri ışınlamalarındaki farklılığın gözönüne alınması gerçeği.

## Almanyada Çernobil radyasyon dozlarının oluşturabileceği sağlık riski

Kaza sonrası ilk yılda küçük çocukların Çernobil nedeniyle alabileceği ortalama değerlerden daha büyüğü olan 0,6 mSv, Almanyada yılda vücudun aldığı 2 mSv'lik ortalama doğal radyasyon dozunun %30'una eşdeğer. Almanyanın büyük bölümündeki halk için ise Çernobil'in katkısı nedeniyle ortalama doğal radyasyon dozundaki artış %30'un altında.

Çernobil radyoaktivitesinden kaynaklanan 'yaşamboyu ortalama doz' olan 1,9 mSv'lik değer ise, Almanyada sadece 1 yıl içinde vücudun doğal radyasyondan aldığı doz değeri kadar. 2 mSv'lik ortalama doğal radyasyon doz değerinin değişim aralığı ise epey büyük ve 1 ile 6 mSv arası. Doğal radyasyonun 70 yıllık ortalama yaşam süresince insanda oluşturabileceği toplam doz ise: 140 mSv. Buradan, yaşam boyu vücutta oluşan doğal radyasyon dozuna Çernobilin katkısı:  $1,9/2 \times 70 = \%1,5$  kadar ki bu da ortalama doğal radyasyon dozunun büyük değişim alanı içinde kaybolmakta. Buna rağmen, Almanyada Çernobil kazasından beri süregelen tıbbi gözlemler, özellikle mongolizm, bebek ölümleri, kankanseri, nöroblastom tümörleri ve özürürlü doğumlarla ilgili olarak yapıyor. Ancak bunların Çernobille bir ilişkisinin olabileceği bilimsel olarak kanıtlanamıyor. Bu konuda, Avrupa'da Çernobil dozunun daha çok ortaya çıktığı başka bölgelerde de bir ilişki bulunamıyor.

## Türkiyede Çernobil radyasyon dozlarının oluşturabileceği sağlık riski: Bir Yaklaşım

TAEK Çernobil Dosyası'nın 7.Bölümü'ndeki yeniden hesaplanan 'yaşamboyu ortalama doz' değerlerinden kırsal kesim için en yükseği olan 4,49 mSv, sağlık riski kestirimi için gözönüne alınabilir. Ancak 7.Bölümde (Syf.51): 'aynı bölge içerisinde birbirine çok yakın iki nokta arasında bile önemli farklılıklar görüldüğü' ve genel olarak da bilinen bu durum gözönüne alınarak vüğülden sonraki 2-3 basamaklı doz değerlerinin 'çok incelikli kesin sayılar' gibi ele alınmayıp risk hesapları için %30 kadar arttırılarak 6 mSv'e yükseltilmesi daha güvenceli olur. Öte yandan Türkiyedeki yıllık orta-



	1987 Hesapları	1987 Hesapları	2006 Hesapları
Türkiye	Bebekler için Etkin Doz (mSv) Kaza sonrası ilk yıl için: (Mayıs 86 / Nisan 87)	Yetişkinler için Etkin Doz (mSv) Kaza sonrası ilk yıl için: (Mayıs 86 / Nisan 87)	Yetişkinler için Etkin Doz (mSv) Kaza sonrası Yaşamboyu Değerleri
Kritik Grup	0,350	0,594 (= yaşamboyu dozu)	1,4- 4,5 Kırsal kesimde
Genel Toplum	0,147	0,500	1,3 - 3,7 Kentlerde (ilk yıl için: 0,8 - 1,1)

**Çizelge 2: Türkiye'de Çernobil kazasından sonra alınan etkin radyasyon dozlarından önemlileri/TAEK Çernobil Dosyası 1. ve 7.Bölüm'lerden/.**

lama doğal radyasyon dozunun Çernobil Dosyasının 1.Bölümünde 1 mSv olarak verilmesine rağmen, hesaplarda sadece radon gazından alınıyor olması gereken bu düşük doz yerine, Dünya ortalaması olan 2,4 mSv'in hesaplarda kullanılması da daha gerçekçi olur. Yetişkinler için yaşam boyu (ortalama 70 yıl) dozu olarak Doğu Karadeniz kırsal kesimi için geçerli olabilecek 6 mSv'lik değer, daha düşük dozların alındığı diğer bölgeleri de kapsadığı varsayılarak, Türkiye geneli için 'bu güvence eklemesiyle' birlikte, Çernobil radyoaktivitesinin Türkiye'deki insanların vücutlarında oluşabilecek yaşam boyu doğal radyasyon dozu:  $6/2,4 \times 70 = \% 4$  kadar yükseltebileceği beklenebilir. % 4'lük bu ek miktar ise bir yıllık ortalama doğal radyasyon dozunun değişim aralığında kalmakta (1-10 mSv) Bkz.Çizelge1.

## Çernobil'in sağlığımıza etkisini belirlemedeki sorunlar neler?

Çernobil radyoaktivitesinin sağlığımıza bir etkisinin olup olmadığını bilimsel yol ve yöntemlerle gösterebilmekteki iki ana sorundan ilki, herhangi bir kişinin aldığı 'radyasyon dozunun' ölçüm ve hesaplara dayanılarak belirlenebilmesindeki güçlük, diğeri ise yukarıda verilen ve 'düşük dozlar bölgesinde' bulunan Çernobil dozlarının 'vücutta bir etki yaratıp yaratmayacağıyla ilgili' olarak yapılan yoğun bilimsel epidemiyolojik<sup>6</sup> çalışmalara rağmen, elde bulguların olmayışı.

Sorunlar daha ayrıntılı olarak sıralanırsa:

1. Belirli bir bölge ve hatta yörede birbirinden 5-10 km uzaklıktaki yerlerdeki gerek toprak ve sulara ve gerekse burarlarda yetişen yiyeceklerde farklı miktarlarda radyoaktif madde bulunabiliyor ve bunların miktar ve cinsleri zamanla değişebiliyor. Farklı miktardaki radyoaktif

maddelerin, dıştan ya da içten etkimleri durumunda vücutta farklı dozlar oluşturacakları ise açık.

2. İnsanların yemek yeme alışkanlıkları değişik.Bazıları daha çok sebze, meyva tüketirken, diğeri et ya da hamur işleri yiyebiliyor, daha çok çay, süt içebiliyor.

3. Tüketilen yiyeceklerin bir bölümü insanların oturduğu yerlerden çok uzaklardaki bölge ve ülkelerden gelebiliyor (Örneğin İstanbulda tüketilen Edirne peyniri, sütü, Güney Amerika muzunu gibi)

4. İnsanların kırsal kesimde daha çok tarlalarda çalışmaları (Türkiye'de özellikle kadınların), kentlerdekilerin ise daha çok kapalı yerlerde bulunmaları sonucu vücut dışından alınan radyasyonun oluşturduğu dozun kişiden kişiye değişmesi.

Yukarıdaki tüm bu farklılıkların ve olası başkalarının sistematik ölçüm ve değerlendirmelerle tam olarak belirlenip herhangi bir bölge ve yörede yaşayan halk kitleleri içindeki kişilerden hangilerinin vücutlarında daha çok Çernobil dozunun oluştuğunu belirlemenin olanaklı olmadığı açık olsa gerekir. Kuşkusuz, sistematik, bölgesel ölçüm ve değerlendirmelerin makul ölçüde yapılması gerekir. Ancak bunlardan elde edilen sonuçlar o bölge ya da yöre için ortalama ya da kaba değerler olup bu değerlerin o halk kitlesi içindeki bazı kişilerin almış olabilecekleri daha yüksek ya da daha az dozları yansıtamayacağı açık.

Kişilerin gerçekte aldıkları dozları kestirebilmek bu kadar güçken, bir de düşük düzeydeki Çernobil dozlarının halk kitlesi içinde rastgele, belirli sayıda insanın sağlığını gelecekte kesinlikle etkileyebileceğini söylemek olası değil. Düşük düzeydeki dozların, ışınlanan insanın vücudunda belirgin bir etki yapmadığı biliniyor, ancak doz arttıkça ileride kanser gibi hastalığa yakalanma olasılığının artacağı öngörülüyor. Ama bu da alçak dozlar bölgesinde (200 mSv'den daha az) kesin değil.

Nedeni, kişilerin vücut hücrelerinde zamanla yavaş yavaş alınan dozla oluşabilen bozulmayı hücre mekanizmasının onarması ve bunun kişiye göre değişik olması. Japonyada bombaların patladığı merkezlerin biraz uzağındaki yerlerde bulunanlar ortalama 200 mSv'lik, üstelik 'ani dozlar' almışlar ama vücutlarında yaşamları boyunca belirgin bir hasar gözlenmemiş.

Özetle, doğal radyasyon nedeniyle, bir kişinin yaşam süresince aldığı doz 100-200 mSv arasında (Dünya ortalaması: 2,4 mSv/yıl x 70 yıl = 170 mSv kadar). Çernobil kaynaklı oldukça düşük düzeydeki 'ek bir doz', kanser gibi bir hastalığın oluşumu için 'tetikleyici bir doz', ya da 'bardağı taşıran' bir doz olarak algılanmamalı. Böyle bir 'ek doz', zaten sürekli olarak doğadan ve diğer kaynaklardan alınmakta olan dozun içinde yavaş yavaş, zamanla entegre olarak, onu bir miktar yükselten bir doz olarak görülmeli ve buna göre değerlendirilmeli. Burada yukarıda ayrıntılarıyla açıklanan doğal radyasyon dozunun oldukça büyük 'normal değişim aralığını' da gözardı etmemek gerekiyor. Çernobilden hava akımlarıyla gelen radyoaktif maddeler, insan vücuduna bir anda ulaşmamış, toprakta yetişen besin maddeleri, et ve sütleri yenilip içilen, hayvanlar yoluyla azar azar zamana yayılarak insan vücuduna, diğer doğal radyoaktif maddelerle birlikte girmiştir. Sürekli olarak vücudumuzda oluşan doğal radyasyon dozunun ve bundaki değişimlerin olası olumsuz etkisini hücreler yok edebilecek mekanizmayı bulmuş olmalı ki insanın normal yaşamı bundan etkilenmiyor. Hatta oldukça büyük sayılabilecek 200 mSv'lik dozun altındaki dozların vücutta iyi geldiğini ileri süren araştırmacılar da var. Bunlar, sözkonusu düşük dozlar için, 'Radyasyon Hormesis'in yani, 'organizmanın düşük dozlarda uyarılıp işlevini yapmaya başlamasının' geçerli olduğu düşüncesindedir. Öte yandan 'Adaptiv response' denilen 'Uyum tepkisi' sonucunda, önceden düşük dozlarda ışınlanmış olan hücrelerin yüksek dozlara karşı dirençli hale getirilmiş olduğunu da bazı araştırmacılar ileri sürüyorlar. Çernobil radyoaktivitesinin Türkiye genelindeki ortalama değeri ise, yukarıda belirtildiği gibi, ilk yılda 0,6 mSv ve yaşam boyunca da 6 mSv kadar, yani 200 mSv'in çok altında.

Çernobil radyoaktivitesi sağlığımızı etkiledi mi, etkileyecek mi? sorusuna yanıt

vermeye çalışmak, vücudun sürekli etkilenebilir olduğu doğal radyasyon dozundaki yukarıda açıklanan büyük değişimleri de gözönüne alarak, aynı soruya doğal radyasyon dozu için de yanıt vermeye çalışmaya eşdeğer. Bilim bilindiği gibi gözlem ve karşılaştırmalarla sonuçlar çıkarıyor. Bugüne kadar yapılan yoğun epidemiyolojik çalışmalara rağmen sağlığa etkileri gözlemlenememiş, kanıtlanamamış olan Çernobil'ininki gibi düşük radyasyon dozları konusunda yapılan 'kansere yapar, yapmaz' türünden tartışmalarda bilim tarafsız kalmak durumunda. Buna karşılık bazı çevrelerin ellerinde ilgili bilimsel çalışmalara dayalı kanıtlanabilecek bulgular olmaksızın kanser hastalıklarındaki artışı Çernobil radyoaktivitesine bağlamaları yanlış. Öte yandan birçok ülkede Çernobil kazasından önce tutulmayan tıp kayıtları, sonra tutulmaya başlandıktan, bu gibi yerlerde kanser hastalıklarının arttığı yönünde sonuçlar çıkarılmakta. Gerçekten de kanserli sayısında belirgin bir artış varsa, Çernobil radyoaktivitesinin etkileriyle ilgili araştırmaların yanı sıra, bunun, bu arada gelişen endüstrileşmenin getirmiş olduğu ve çevremizin toprak, su ve havasında giderek artmakta olan atıklardaki kimyasallardan mı, ya da sigara gibi çok daha başka etkenlerden mi kaynaklandığının iyice araştırılması gerekir ve bu artışı hemen Çernobil radyoaktivitesine bağlamamak doğru olur.

Öte yandan, Çernobil çevresinde yaşayan kanserlilerden bugüne kadar Çernobil radyoaktivitesiyle ilişkisi olduğu belirlenebilen çocuklarda gözlenen, sadece tiroit kanseridir (sütteki aşırı iyot-131 ne-

deniyle). Buralardaki 100 000 kadar çocuk 300 mSv'den çok tiroit dozu almış durumunda ve 1990'dan bu yana çocuklardaki tiroit kanserinin belirgin olarak arttığı izleniyor (1986-2002 arasında: 4950 tiroit kanserli belirlenmiş). Bunların ölümle sonuçlanma riski ise ICRP<sup>7</sup> kestrimlerine göre tüm vücut ışınlanması riskinden çok daha düşük ve sievert başına: %0,08. Kazadan sonra Çernobil'de çalışan birkaç yüz bin işçiden herbirinin 100 mSv'den daha çok doz almış olmasına rağmen bunlarla ilgili Çernobil radyoaktivitesine bağlanabilecek belirgin bulgular yok.

Çernobil çevresinde yaşayanların vücutlarında oluşan 100 mSv'den daha çok dozların bile kanser nedeni olup olmadığı, aradan geçen 21 yıla rağmen tiroit kanseri dışında, belirlenemezken, Almanya ve Türkiyede alınan ortalama 2-6 mSv'lik yaşamboyu dozlarının etkilerinin belirlenemeyeceği açık. Bu nedenle bu konuda hertürlü sav (iddia) ya da spekülasyon, yüzbinlerce kişinin incelendiği süregelen bilimsel araştırmaların desteğinden yoksun kalmak durumunda.

Çernobilden alınacak ders ise, önceden ilgili tüm önlemleri alarak hazırlıklı olmak ve kaza durumunda aşırı radyoaktiviteli bölgelerde gerekli ölçüm ve değerlendirmeleri yapıp, bunlara dayalı önlemlerle buralarda yaşayanların daha fazla radyasyon dozu almalarını önlemek olmalı. Alınabilecek radyasyon dozlarını ne abartılı, ne de önemsiz görmeli. İlgili ve yetkili tüm kurumlar, üniversiteler gerekli ölçüm ve bilimsel çalışmaları başlatmalı, birbirleriyle iletişim ve işbirliği halinde, yapılanları ve elde edilen bulguları ge-

ciktirmeden, sürekli olarak tam saydamlıkla halka açıklamalı.

## Öneriler

Türkiyedeki Çernobil sonrası yapılan çalışmalar, Almanyada ve uluslararası kurumlarda yapılan benzer çalışmaların ışığında gözden geçirildiğinde, Türkiye için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

1. İnsan vücudunda oluşan doğal radyasyon dozlarının bölgesel ve yörel olarak belirlenmesi ve böylelikle 'taban dozların' karşılaştırmalarda 'temel ölçü olarak' kullanılması. Yaşanan yere göre topraktan, sularından, havadan, evlerden, besinlerden ve kozmik ışınlardan (vücut dışından ve içinden) alınan doğal radyasyon dozlarının, ölçüm ve verilere dayanarak hesaplanması,

2. İnternet sayfalarında yayımlanan bazı doz değerlerinin, 'izin verilen limitler'in altında kaldığı gerekçesiyle sunulmak yerine, 'doğal dozlarla' karşılaştırılarak verilmesi. Çünkü doz limitin altında da olsa, kitlesel ışınlamalarda vücutta rastgele (stokastik) hasarların ortaya çıkabileceği ve bu nedenle 'limitin altında olan bir doz değerinin bir güvence sağlanmayacağı' biliniyor.

3. Türkiye gibi geniş bir ülkede her bölge ve yöreye TAEK'in ulaşamayacağı, bu nedenle bu konulardaki çalışmalara üniversitelerin, araştırma merkezlerinin, endüstrinin ve hatta 'büyük belediyelerin' katkıda bulunmaları ve bunların TAEK'in yanında yer almaları, ilgili birimleri ve laboratuvarları kurmaları önerilir. Ayrıca bunlarla ilgili yasa ve yönetmeliklerin çıkarılması da gereklidir.

Not: Bu yazının daha iyi anlaşılabilmesiyle ilgili düzeltme ve önerileri için Tübitak Bilim Teknik Dergisi Yayın Kurulu üyesi değerli Prof.Dr.Vural ALTIN'a burada teşekkür ederim.

Fizik Y.Müh.Dr. Yüksel Atakan  
Radyasyon Fizikçisi, Almanyaya  
ybatakan@gmail.com

## Çernobil Dozunu vücudun aldığı 'Doğal Radyasyon Dozlarıyla' karşılaştırmak neden 'üst sınır değerlerle' karşılaştırmaktan daha uygun?

Doğal yollarla aldığımız radyasyon dozuna Çernobilin yukarıda ayrıntılıyla açıkladığımız katkısı oldukça az. Bu nedenle, düşük dozların etkileriyle ilgili değerlendirmeler, elde daha tutarlı bilimsel başka bir ölçü olmadığından, ancak o bölgedeki doğal radyasyon dozlarıyla ve bunların değişimleriyle karşılaştırılıp yapılabilir ve topluluk ışınlanmalarında, topluluk dozu hesaplanarak bir sonuç çıkarılabilmekte. Ya da başka bir deyimle, bilimin eriştiği bugünkü düzeyde, çok düşük dozlar için 'ölçü', 'doğal radyasyon dozu' olmak durumunda. Çernobilin katkısı, vücutta alınan doğal radyasyon dozunun değişim aralığının içinde kalmakla beraber, yüksek radyoaktiviteli bazı bölgelerde daha çok

doz alanlar için bu katkı önemli olabilir. 'Müsaade edilen doz limitleri' ya da 'izin verilen sınır değerler' aslında ülke içindeki nükleer tesislerin planlama, işletme ve kaza durumlarında gerek personelin ve gerekse çevredeki halkın aşırı radyasyon dozu almalarını sınırlamak için konulmuş değerler olup bunların altında kaldığında 'alınan radyasyon dozunun sağlığa bir etkisi olmaz' sonucuna varılmamalı. Çünkü özellikle kitlesel ışınlanmalarda, doz için bir alt sınır yok, doz azaldıkça sadece ilerde ortaya çıkabilecek kanser gibi geç hasarların olasılığı azalıyor. Bu nedenle eğer radyoaktivitenin vücutta ulaşmasını sınırlamak için zaman ve olanak varsa, kuşkusuz sınır değerlere bakılmaksızın gerekli önlemler alınarak vücudun alacağı radyasyon dozları, Çernobil sonrasında bazı yerlerde yapılmış olduğu gibi, düşürülmeli. Bunun sonucunda sınır değerlerin altında kalınsa bile, olasılığı az da olsa, ilerde bu dozların vücutta geç hasar oluşturmayacağına bir garantisi yok. Bu nedenle, Çernobil dozunu üst sınır değerlerle değil, yaşam boyu alınan doğal radyasyon dozuyla karşılaştırmak daha uygun.

### Kaynaklar

- <sup>1</sup> IAEA: Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
- <sup>2</sup> UNSCEAR: Birleşmiş Milletlerin Atomik Radyasyonun Etkilerini İnceleyen Bilimsel Kurul
- <sup>3</sup> TAEK: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, www.taek.gov.tr (Bkz. Çernobil Dosyası) - 1 ve 7.
- <sup>4</sup> Tübitak Bilim Teknik Dergisi Nisan 2006 Eki ve Aralık 2005 (Dr.Göksu'nun 'Anılarla Çernobil') yazıları
- <sup>5</sup> SSK Band 7, 1987 ve SSK 20 Jahre nach Tschernobyl, www.ssk.de ve www.gsf.de
- <sup>6</sup> Epidemiyoloji : Büyük halk kitlelerinde kanser gibi hastalıkların sıklık ve dağılımını, nereden kaynaklandığını, etkenini; bunların yayılmasını ve şiddetini etkileyen koşullarla birlikte araştırıp inceleyen ve başka daha sağlıklı halk kitlelerindeki aynı cins olaylarla karşılaştırıp sonuçlar çıkararak bilim dalı.
- <sup>7</sup> ICRP: Uluslararası Radyasyondan Korunma Kurulu