

ÇERNOBİL NÜKLEER KAZASI ve ÜLKEMİZ AÇISINDAN ÖNEMİ

Dr. Gönül Buyan

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

26 Nisan 1986 tarihinde meydana gelen Çernobil nükleer santral kazası, dünyada bugüne kadar meydana gelmiş en büyük nükleer kazadır. Kazadan en çok etkilenen ülkeler; Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'dır. Bu üç ülke dışında, meteorolojik koşullar ve kaza yerine uzaklık başta olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak, Avrupa ülkelerinin hemen hepsi değişik düzeylerde etkilenmiştir. Türkiye de kazadan etkilenen ülkelerden biridir.

Yeryüzünde biriken radyoaktif kirlilik hemen tüm kuzey yarım küre ülkelerinde görülmüştür. Kazadan sonraki ilk bir hafta içerisinde, topraktaki birikimin önemli bir kısmı, kısa yarılanma ömürlü radyonüklitlerden oluşmuştur. Radyolojik yönden ¹³¹I bunlar arasındaki en önemli radyonüklittir. Yerdeki radyoaktif birikimin büyüklüğünü karakterize etmek için ölçüm kolaylığı ve uzun yarılanma ömrü nedeni ile ¹³⁷Cs radyonükliti esas alınmıştır. ¹³¹I radyonüklitinin radyoaktif bozunumundan sonra toplum dozuna en fazla katkı ¹³⁷Cs izotopu nedeniyle olmuştur.

Kirlenmenin en fazla olduğu bölgeler; ¹³⁷Cs toprak birikimlerinin 1480 kBq/m²'yi geçtiği, çoğunlukla reaktörü çevreleyen 30 kilometre yarıçap alan içinde yer almaktadır. Uzak mesafelerde, ¹³⁷Cs'nin neden olduğu kirlenmenin en yüksek olduğu bölgeler, o bölge üzerinden bulutun geçişi sırasında yağış alan yerlerdir.

ÇERNOBİL KAZASININ ETKİLERİ

Radyonüklitlerin Davranışı

Radyonüklitlerin çevresel davranışı; radyoaktif yağışın oluşumuna, radyonüklitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, yer yüzeyindeki birikimin ıslak veya kuru oluşuna, parçacıkların boyutu ve biçimi ile çevresel özelliklere bağlıdır.

Kısa yarılanma ömürlü radyonüklitlerden insanların doza maruz kalması; birkaç gün içerisinde tüketilen yapraklı bitkiler yada radyoaktif kirlenmenin olduğu meralarda otlanan inek ve keçi sütlerinin tüketilmesi sonucunda meydana gelir. Örneğin, 131I'nın yarılanma ömrünün 8 gün olması nedeni ile uzun vadeli etkilenme söz konusu değildir.

Yerleşim bölgelerindeki park, sokak, meydan, çatı, duvar ve yollar gibi açık alanlar radyonüklitler ile en çok kirlenmiş alanlardır. Evlerin çevresindeki 137Cs kirliliği artışının en önemli nedeninin çatılardan yağış nedeni ile taşınan radyoaktif maddeler olduğu görülmüştür.

Çevresel kirliliğin çok yüksek olduğu bölgelerdeki insanların tahliyesi ile rüzgar, yağmur, yolların yıkanması, yüzeylerin temizlenmesi gibi insan aktiviteleri sonucunda radyasyon düzeylerinde önemli azalma sağlanmıştır. Ancak, bu önlemler kanalizasyon sisteminde radyoaktivite artışına neden olmuştur.

Toprakta biriken radyonüklitler zamanla toprağın alt katmanlarına doğru geçiş yapmakta ve toprağın alt kısmına doğru sızarak, bitkilerin köklerine kadar ulaşmakta ve bitkilerin gelişimi sırasında, bitkilere transferi söz konusu olmaktadır. Bu durum, özellikle 137Cs ve 90Sr gibi uzun yarılanma ömürlü radyonüklitlerde dikkate alınmalıdır. Radyonüklitlerin topraktaki hareket yönü ve hızı; toprağın yapısı, içeriği, bitkinin cinsi, sulama koşulları, hava durumu gibi pek çok doğal süreçten özellikle de birikimin olduğu dönemdeki şartlara bağlıdır.

Su kütleleri üzerine çöken radyoaktif maddeler çok büyük su hacmi içerisinde seyredtiğinden, 137Cs ve 90Sr'ın gıda yoluyla alınmasında su yolu ile geçiş genellikle çok az olmaktadır. Ancak, İskandinav ülkeleri ve Rusya'nın bazı bölgelerinde göllerde, su yolu ile etkilenme nispeten daha fazla önem taşımaktadır. Dağların alçak kısımlarında radyoaktif kirlenmenin tekrar arttığı gözlenebilmektedir. Örneğin; Fransız Alplerinin Güney kısımlarında toprak numunelerinde 1992 yılındaki 137Cs kirliliği 1760 Bq/kg'dır. Bazı belirli küçük bölgelerde (metrekarenin kesri kadar) sıcak noktalar; 1992 yılında 55800 Bq/kg, 1995 yılında 314000 Bq/kg ve 2000 yılında 500000 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Bu sıcak noktalar, dağın üst kısımlarında 1986 yılındaki kirlenmeden sonra yağın karın erimesi ve kar suyunun aşağılara inmesi sonucunda oluşmuştur. Bu noktalar ormanın alt kısımlarındaki küçük havzalar veya karın biriktiği karaçamlarda bulunmaktadır. Ancak, küçük yüzeyli (cm² den m²'ye) bu sıcak noktalar yürüyüş yolu üzerinde yer almamakta, dağa tırmananlar için çok az radyasyon riski taşımaktadır. Örneğin, bir dağcı bu gibi sıcak bir noktanın bulunduğu bir çevrede 4 saatliğine vereceği bir mola ile yaklaşık olarak 0.001 mSv doz alacaktır.

Tüm Vücut Dozları

Çernobil kazası sonrasında, halkın dış ışınlaması esas olarak gama yayan ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I , ^{132}Te , ^{132}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La radyonüklitlerinden kaynaklanmıştır. Kirlenmiş bölgelerde yaygın olarak ^{137}Cs ölçümleri yapıldığı için diğer radyonüklitlerin yoğunluğu ^{137}Cs ile ilişkilendirilmiştir.

Kazadan sonraki ilk yıllarda, yerel olarak üretilen süt tüketimi insanların sezyum alımının temel nedeni olmuştur.

Çernobil kazası nedeniyle halkın aldığı doz, kazanın ilk zamanlarında ^{131}I başta olmak üzere kısa yarılanma ömürlü radyonüklitler daha sonra ^{134}Cs , ^{137}Cs nedeni ile dış ışınlama ve radyoaktiviteyle kirlenmiş gıdaların tüketilmesi sonucunda iç ışınlama yolu ile olmuştur.

Çalışanların Aldığı Dozlar

26 Nisan 1986 akşamında Çernobil nükleer güç santrali alanında bulunan yaklaşık 400 işçi solunum ve dış ışınlama yolu ile radyasyona maruz kalmıştır. İşçilerin kullandığı dozimetrelerin tümünün aşırı ışınlanmış olması nedeni ile doz tahminlerinde kişisel dozimetre değerleri kullanılamamıştır. Bununla birlikte başlangıçta Akut Radyasyon Sendromu (ARS) teşhisi konularak hastaneye kaldırılan 237 kişinin aldığı dozlar hakkında bilgiler mevcuttur. Biyolojik dozimetre kullanılarak yapılan ölçümlerde bu hastaların;

41'inin dış ışınlanmadan kaynaklanan tüm vücut dozunun 1 -2 Sv aralığında,

50'sinin 2-4 Sv aralığında,

22'sinin 4-6 Sv aralığında,

Geriye kalan 21'inin 6-16 Sv aralığında doz aldıkları görülmüştür. Bu ölçüm sonuçlarına göre daha önce 237 olarak bildirilen ARS sayısının 134 kişi olduğu görülmüştür.

İyileştirme personeli tarafından alınan doz, kazadan sonraki ilk 4 yıl için 500 mSv'e kadar ulaşmıştır. Ortalama doz 100 mSv civarındadır.

Eski Sovyetler Birliği'nde Tahliye Edilen Halkın Aldığı Doz

Kazadan sonraki ilk birkaç hafta içerisinde, Ukrayna ve Beyaz Rusya'da en çok kirlenmiş alanlarda, özellikle reaktörün 30 km çevresinde yaşayan halktan, 100000'den fazla kişi, kazayı takip eden ilk günlerde tahliye edilmiştir. Tahliyeden önce bu bireyler, bulutlardan yayılan radyoaktif maddelerin solunum yoluyla alınmasıyla iç ışınlamaya, bulutlarla taşınan ve toprağa yayılan radyoaktif maddelerden de dış ışınlamaya maruz kalmıştır.

Ukrayna'da tahliye edilenlerin etkin doz değerleri, 0.1-380 mSv arasında, ortalama 17 mSv düzeyindedir. Beyaz Rusya'da ortalama dozun 31 mSv civarında olduğu en yüksek değerlerin gözlemlendiği iki köyde ise ortalama doz değerinin 300 mSv olduğu hesaplanmıştır.

Eski Sovyetler Birliği'nde Kirlenmiş Bölgede Yaşayan Halkın Aldığı Doz

Eski Sovyetler Birliği'nde ^{137}Cs kirliliğinin 37 kBq/m^2 'den büyük olduğu, kirlenmiş alanlarda yaşayan tahliye edilmemiş yaklaşık 5 milyon kişi için de doz değerlendirmeleri yapılmıştır. Bunlar arasından "Sıkı kontrol bölgeleri" olarak adlandırılan, 555 kBq/m^2 'den daha yüksek ^{137}Cs aktiviteye sahip birikim bölgelerinde, yaklaşık 400000 kişi yaşamaktadır. Bu bölgede gıda ürünlerinin tüketiminin kontrolü de dahil olmak üzere, yoğun koruma önlemleri uygulanmıştır.

Son 20 yılda kirlenmiş bölgelerde yaşayan halkın aldığı ortalama etkin doz, bölgeden bölgeye 10-20 mSv arasında değişiklik göstermektedir. Bazı yerlerde birkaç yüz mSv'e ulaştığı bazı yerlerde ise daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir.

Eski Sovyetler Birliği Dışında Genel Halkın Aldığı Doz

Çernobil kazası sırasında salınan radyoaktif maddeler, esas olarak Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'yı etkilemiş olmakla birlikte atmosferde yayılmış ve öncelikli öneme sahip uçucu radyonüklitler kuzey yarım küre ülkelerine dağılmıştır.

Tiroit Dozu Değerlendirmeleri

Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da kirlenmiş bölgelerde yaşayan halkın, radyoaktif iyot ile kirlenmiş gıdaların tüketimi nedeni ile aldığı tiroit dozları; insanların yaşına ve yeryüzündeki kirlenmeye bağlı olarak çok büyük değişiklikler göstermiştir. Ortalama tiroit dozları, yaşanan bölgenin kirlenme seviyesi ve olay sırasındaki yaşa bağlı olarak ortalama 0.03–0.3 Gy arasında olup bazı Rus köylerinde ortalama tiroit dozu 1 Gy'i ve kişisel tiroit dozları 10 Gy'i aşmıştır. 50 Gy'e kadar çıkan değerler tespit edilmiştir.

Kırsal kesimdeki tiroit dozlarının kent bölgelerinden yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür. Doğrudan tiroit ölçümleri kullanılarak, yerleşim bilgileri, beslenme alışkanlıkları ve diğer gerekli bilgiler dikkate alınarak Beyaz Rusya ve Ukrayna'da 25000 kişi üzerinde yapılan ayrıntılı çalışmaların sonuçlarına göre, tiroit dozu için orta değer (medyan) 0.3 Gy, önemli sayıda da 1 Gy üzeri doz değerleri görülmüştür.

En yüksek doza, Beyaz Rusya'da Gomel bölgesinde bulunan çocuklar maruz kalmıştır. Beyaz Rusya'da 0-7 yaşlarındaki çocuklar için ortalama tiroit dozu 1000 mGy civarında bulunmuştur.

Akut Radyasyon Sendromları

Reaktör çalışanları ve acil durum müdahale ekipleri dış ışınlama nedeni ile 1-20 Gy arasında yüksek dış ışınlama dozuna maruz kalmıştır. Akut Radyasyon Sendromu (ARS) tespit edilenlerin sayısı 134'dür. Bunlardan 28 kişi ilk 4 ay içerisinde radyasyon ve yanıklar nedeni ile ölmüştür. Diğer 19 kişi 2004 yılına kadar olan süreçte çeşitli nedenler ile yaşamını kaybetmiştir. ARS ve diğer nedenlerle ölen acil durum çalışanlarının toplamı 50 kişidir. Gelecek yıllarda, ARS teşhisi konulan kişilerden de ölümler beklenmektedir.

Çernobil'den etkilenen genel toplum üyeleri arasında ARS nedeni ile ölüm görülmemiştir.

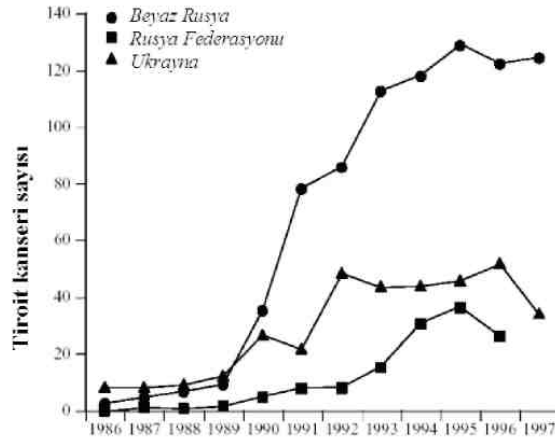
Çernobil kazası nedeni ile ölen veya gelecekte ölmesi beklenen insan sayısının abartılmış yaklaşım ve rakamlar ile 4000 civarında olacağı tahmin edilmektedir. Bu, 4000 kişinin kesinlikle radyasyon kökenli kanser nedeniyle öleceği anlamını taşımamaktadır.

Pek çok ülkenin uzmanları tarafından, acil durum çalışanları ve iyileştirme personeli ile Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da en fazla kirlenmiş alanda yaşayan halk üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda; (çocuk ve yetişkinlerdeki tiroit kanserine bağlı 9 ölüm dışında) lösemi, diğer kanserler veya kanser dışı nedenlerden dolayı olağan ölüm hızında herhangi bir artış olmadığı saptanmıştır.

Tiroit Kanseri

Tiroit kanseri vakalarından büyük bir çoğunluğunun yüksek tiroit dozu alan kişilerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Çocuklarda tiroit bezi, kemik iliği ile birlikte radyasyon hassasiyeti en yüksek olan organ ve dokulardandır. Işınlama sırasındaki kişilerin yaşı, risk konusunda en belirleyici faktördür. Çeşitli çalışmalarda riskin ilerleyen yaş ile azaldığı belirlenmiştir. Atom bombasından hayatta kalanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, tiroit kanseri vakalarının, ışınlama sırasında 10 yaş ve altındakilerde olduğu ve en yüksek riskin ışınlanmadan 15-29 yıl sonra görüldüğü, 40 yıl sonrasına kadar bile riskin yükselebileceği bilinmektedir.

Kazadan önceki dönemlerde yapılan çalışma sonuçlarına dayanılarak, tiroit kanseri kuluçka döneminin ışınlanmadan 10 yıl sonra ortaya çıkması beklenirken, Çernobil kazası sonrasında tiroit kanseri artışı kazadan en fazla etkilenen Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da ilk 5 yıl içerisinde görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Çernobil kazası sırasında 14 yaşından küçük olan çocuklarda teşhis edilen tiroit kanseri sayısının yıllara göre değişimi

1992-2000 yıllarında, Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da kaza tarihinde, 0-18 yaşında olan çocuklar arasında ortaya çıkan 4000 tiroit kanseri vakasından 3000'i kaza tarihinde 0-14 yaşında olan çocuklardır. 1986-2002 arasında Beyaz Rusya'da, çocuklarda 1152 tiroit kanseri teşhis ve tedavi edilmiştir. Bunlardan %98.8'i hayatta kalmış, 8 kişi tiroit kanseri nedeni ile 6 kişi de diğer nedenlerden dolayı yaşamını kaybetmiştir. Tiroit kanseri nedeni ile Rusya'da 1 kişi hayatını kaybetmiştir.

Rusya Federasyonu'nda Bryansk bölgesinde yaşayan 184919 kız ve 188908 erkek çocukta 1991-2001 yılları arasında tiroit kanseri konusunda yapılan çalışma sonuçlarına göre tiroit kanseri vakalarının 2050 yılına kadar görülebileceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle, Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da yapılan detaylı çalışma sonuçlarına göre, tiroit kanseri için izleme programların sistematik olarak devam edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Lösemi ve Diğer Kanseller

150 mGy'in üzerinde doz alan acil durum çalışanları ile iyileştirme personeli arasında 1986-1996 döneminde lösemi vakalarında 2 katlık bir artış gözlenmiştir. Lösemi vakalarındaki artış konusunda çalışmalar devam etmektedir. Ancak, ışınlamanın üzerinden geçen süre nedeni ile radyasyon kökenli lösemi riski azaldığından, zamanla lösemiden ölüm veya hastalık oranları da gittikçe önemini kaybedecektir.

Epidemiyolojik çalışmalar lösemi riskinin radyasyon ile yükseldiğini açıkça göstermiştir. Ancak, Çernobil kazası nedeni ile ciddi olarak kirlenmiş eski Sovyetler Birliği ve diğer bölgelerde; çocuklarda ve genel halkta bugüne kadar iyonlaştırıcı radyasyona bağlı olarak lösemi riskinde artış görülmemiştir.

Uzun dönemli epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; radyasyon nedenli lösemi dışındaki kanserlerin ortaya çıkma süreci 10 yıllık kuluçka döneminden sonra başlamaktadır. Bu nedenle, yüksek dozda ışınlanan kişilerin tıbbi takibi için yıllık kontrollerin yapılmasına devam edilmelidir.

Doğum Anomalileri ve Genetik Etkiler

Çernobil'den etkilenen bölgelerde yaşayanlar üzerinde yapılan çalışma sonuçlarına göre, kadın ve erkeklerde üreme fonksiyonları açısından radyasyona ilişkilendirilebilecek herhangi bir azalma gözlenmemiştir. Doğum anomalileri, düşük, erken doğum gibi vakaların meydana gelmesi olası görülmektedir.

Çernobil'den etkilenen bölgelerde çocuk sahibi olma kaygılarından dolayı doğum hızında azalma görülebilmektedir. Beyaz Rusya'da, düşük ve yüksek kirlenme bölgelerinde yapılan çalışmalarda, doğumsal anomalilerde, çok düşük düzeyde ancak kararlı bir artış görülmektedir. Bu artışın kayıt sistemindeki gelişmeler sonucunda ortaya çıktığı, radyasyon ile ilişkili olmadığı düşünülmektedir.

Genetik etkilerle ilgili olarak önceki yıllardaki raporlarda da belirtildiği gibi herhangi bir artış beklenmemektedir.

Diğer Hastalıklar ve Sağlık Sorunları

Son zamanlarda, bazı çalışma grupları içerisinde, yüksek dozda radyasyonla ilişkilendirilebilecek kardiyovasküler hastalıklarda artışa işaret eden bulgular gözlenmiştir.

Rus acil durum çalışanları ve iyileştirme personeline, son zamanlarda dolaşım sistemi rahatsızlıklarından dolayı ölüm ve hastalıklarında bir miktar artış görülmektedir. Dolaşım sistemi hastalıklarının ortaya çıkması; stres ve sağlıksız yaşam koşulları gibi diğer etken faktörlere de bağlı olabileceğinden dikkatle incelenmelidir.

Çernobil kazasından sonra, çocuklar, acil durum çalışanları, iyileştirme personelinin gözlerinde yapılan incelemeler radyasyon nedeni ile katarakt gelişimini açıkça ortaya koymuştur. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, 250 mGy üzerindeki dozların katarakt oluşumuna neden olabileceği tespit edilmiştir.

Bazı araştırmacılar, sindirim, sinir, iskelet, kas ve dolaşım sistemlerinde yüksek oranda kronik etkiler rapor etmiştir. Ancak, pek çok araştırmacı bu bulguları, yaş dağılımında değişim, yaşam kalitesinin kötüleşmesi ve kaza sonrası yeniden yerleştirme gibi önlemlere bağlamaktadır.

Son on yılda, Çernobil kazasından kaynaklanan radyasyon nedeni ile bağışıklık sisteminde etkilenmeler konusunda pek çok yayın hazırlanmıştır. Ancak, özellikle enfeksiyonlar ve beslenme düzeni gibi tüm sonuçları değiştirecek diğer faktörlerin dikkate alınmasındaki belirsizlikler nedeni ile sonuçları yorumlamak zordur.

TÜRKİYE İÇİN DOZ DEĞERLENDİRMELERİ

Atmosferik dağılımın Türkiye üzerindeki etkileri 1 Mayıs 1986 tarihinden itibaren görülmeye başlanmış ve radyoaktif bulut hareketi ile yağış miktarlarına bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılıklar göstermiştir. Türkiye genelinde Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki alanlarda ölçüm yapılan bölgelerin toprağındaki ^{137}Cs kirlilik düzeyi 1986 yılı için ortalama olarak 6 kBq/m^2 civarında bulunmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Pazar-Hopa arasındaki kıyı şeridinde yer alan, bulutun geçişi sırasında yoğun yağış alan yerlerde aktivitenin 181 kBq/m^2 'ye ulaştığı sıcak noktalar tespit edilmiştir.

Bir kaza sonrası çevrenin radyoaktif kirlenmesi sonucu kısa dönemde alınan radyasyon dozu en çok atmosferde bulunan ve yeryüzünde biriken radyonüklitlerin neden olduğu dış ışınlanmadan, havanın solunmasından ve doğrudan kirlenmiş gıdaların tüketilmesinden ileri gelir. Uzun dönemde ise yeryüzünde biriken radyonüklitler gıda zinciri yoluyla insana ulaşarak alınan dozlara katkıda bulunur. Radyoaktif olarak kirlenmiş havanın solunması veya yiyecek ve içeceklerin tüketilmesi ile vücuda alınan radyonüklitler vücut içinde bir süre kalarak iç ışınlanmaya sebep olur. Belli bir süreç içinde çeşitli yollarla alınan radyasyon dozunun hesabında zaman içinde doz hızındaki azalmanın belirlenmesi gerekir. Bu azalmanın başlıca sebebi ortamda bulunan çeşitli radyonüklitlerin farklı biçim ve sürelerde uğradığı radyoaktif bozunmadır. Bunun dışında biyolojik ve ekolojik faktörler de doz hızında azalmaya neden olur.

Radyoaktif iyotlar radyolojik açıdan ve özellikle tiroit dozunun belirlenmesinde çok önemli olmakla birlikte, kazadan hemen sonra yaşanan belirsizlik ve ^{131}I 'in kısa yarılanma süresi nedeniyle çok az ölçüm alınabilmiştir. Takip eden yıllarda uzun yarılanma ömrü nedeniyle ^{137}Cs , radyolojik açıdan en önemli izotop olmuştur ve önümüzdeki yıllarda da önemini koruyacaktır.

Kara ve su yüzeylerine çöken radyonüklitlerin miktarı, radyonüklitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kuru veya yaş çökme biçimine ve topografik ve meteorolojik çevre koşullarına bağlı olarak değişir.

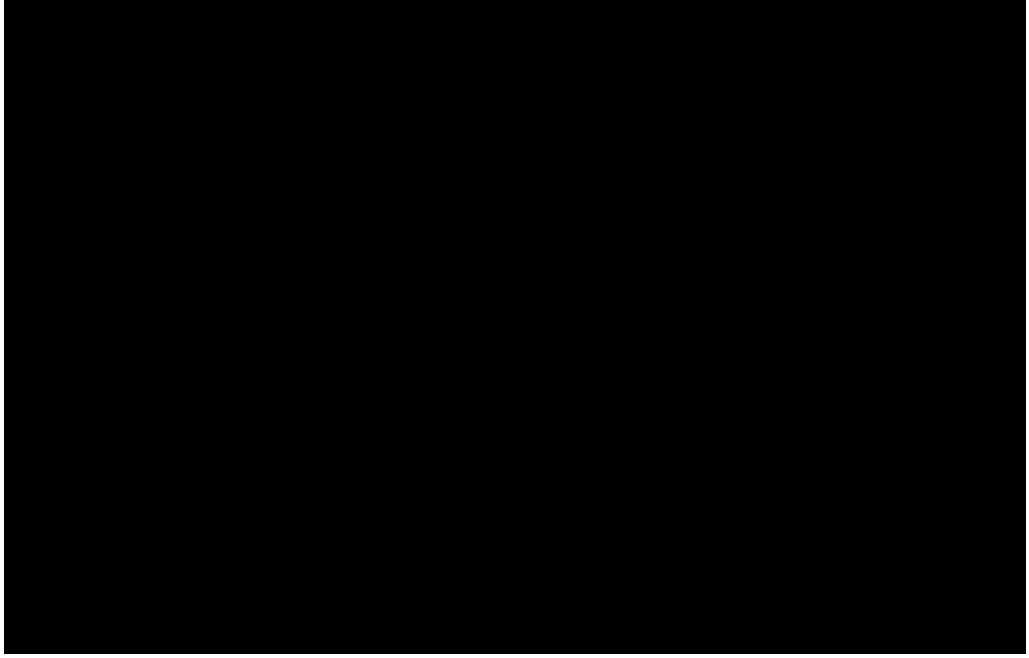
ANAEM ve ÇNAEM'de bu ölçüm programı uyarınca günlük olarak ölçülen havadaki radyoaktivite değerlerinde 29-30 Nisan 1986 ölçümlerindeki artışlarla radyoaktif serpentinin ülkemize gelişi gözlenmiştir. Bu tarihten itibaren ANAEM ve ÇNAEM'de toplanan hava örneklerinde giderek artan radyonüklit derişimleri ölçülmüştür.

1990 yılında Karadeniz, 1992 yılında Trakya ve 1995 yılında Ege-Akdeniz bölgelerinden derinliğe bağlı olarak alınan toprak örnekleri

ölçümlerinden (Bq/kg) 1986 yılı için birim alan başına yansıtılmış değerler (Bq/m²) hesaplanmıştır.

İzotopların işlenmemiş toprak içinde aşağıya doğru ilerleyiş hızları, jeolojik, demografik ve meteorolojik koşulların ortalamalardan farklılık gösterdiği bölgelerde birbirine çok yakın yerlerde dahi büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Yerden dış ışınlanmaya bağlı olarak bölge ortalamalarından hesaplanan 20 yıl boyunca alınan doz değerleri Şekil-2’te verilmiştir.

(mSv)



Şekil-2. Topraktaki toplam sezyumdan 20 yıllık dış ışınlanma dozlarının bölgelere göre dağılımı (mSv)

Havada ve çeşitli gıdalarda bulunan radyonüklitlerin solunum ve gıda tüketimi yolu ile vücuda alınması nedeniyle organ ve dokuların aldıkları iç ışınlanma dozları, radyonüklitin vücutta kaldığı süre boyunca çocuklar için 70 yıl, yetişkinler için 50 yıl üzerinden hesaplanır.

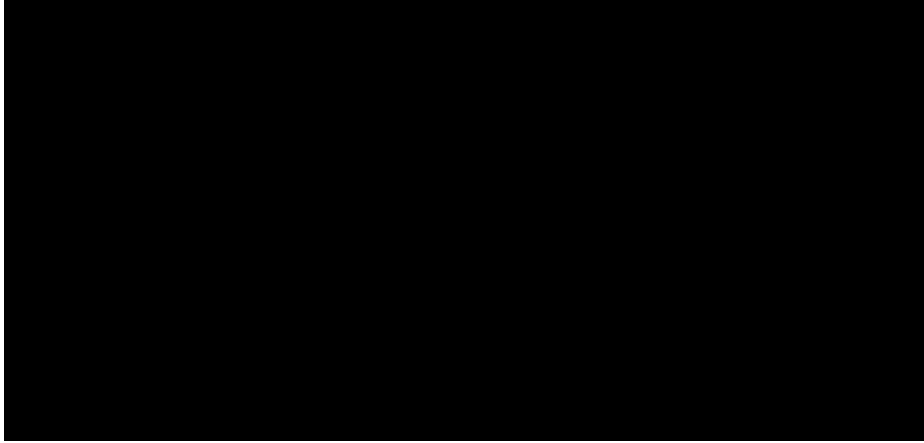
Vücuda solunum yoluyla alınan izotoplar nedeniyle kişilerin yaşam boyu aldıkları etkin dozlar, yapılan hava ölçümlerine göre 1986 yılı Haziran ayı ortalarına kadar havada asılı kalan ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonlarından hesaplanmıştır.

Radyoaktif olarak kirlenmiş gıda maddelerinin tüketimi en önemli ışınlanma yollarından biridir. Kaza sonrası ortaya çıkan fisyon ürünlerinden ilk aşamada etkilenen gıda maddeleri yapraklı sebzeler ve süttür. Radyonüklitler, bitkilerin üzerine doğrudan çökebilir veya farklı

çevresel yolları izleyerek gıda maddelerinin kirlenmesine yol açabilir. Bu çevresel transfer dinamikleri, radyonüklitlerin fiziksel, kimyasal, çevresel davranışlarına olduğu kadar toprak özelliklerine ile söz konusu gıda maddesinin mevsimsel ve tarımsal özelliklerine de bağlıdır. Radyoaktivitenin tarım alanları üzerine çökmesini takiben bölgedeki yeme-içme alışkanlıkları, gıda üretim miktarı ve bölgenin tarımsal özellikleri radyoaktivitenin insana ulaşmasını belirleyen faktörlerdir. Ayrıca, gıdalarda yer alan radyonüklitlerin aktivite miktarı; radyonüklitin cinsine bağlı olarak ürün cinsi ile gıda hazırlama süresi ve işlemine göre azalma gösterir.

Günümüze kadar çeşitli gıda maddeleri ve içme sularında ölçülen yıllık ortalama aktivite konsantrasyonları ile yaş gruplarına göre ülkemizdeki ortalama gıda tüketimi miktarlarından yaşam boyu alınan ortalama etkin dozlar kaza sırasında yetişkin olanlar için 0.884 mSv, 2-7 yaş grubu çocuklar için 0.766 mSv olarak hesaplanmıştır.

Şekil-3'te bölgelere göre hesaplanan ortalama etkin doz dağılımları verilmiştir. Ülke genelinde 4 bölge için yapılan hesaplamalarda, sadece 2 merkezde yapılan hava ölçümlerinin ülke geneline ortalama ve gıdalarda ölçülen radyoaktivite değerleri ve tüketim alışkanlıklarının ülke ortalamaları için seçilmesi nedeniyle bölgeler arasındaki toplam etkin doz farkı esas olarak yerden dış ışınlamadan gelmektedir.



Şekil-3: Yetişkinler için ömür boyu Kişisel Etkin Dozların Bölgelere Göre Dağılımı (mSv)

Çernobil kazasından sonra, 131I'nin vücuda alınmasından kaynaklanan yüksek tiroit dozu alan kişilerde tiroit kanseri artışı beklenenden önce izlenmiştir. Kazadan sonra havada bulunan radyonüklitlerin solunması ve çeşitli gıda ve su tüketimi ile vücuda alınan radyonüklitlerden kaynaklanan ortalama tiroit eşdeğer dozları kaza

sırasında yetişkin olanlar için 4.2 mSv, 2-7 yaş grubu çocuklar için 14.9 mSv olarak bulunmuştur.

Tiroit dozuna neden olan ışınlanma yollarından en önemlisi radyoaktif iyot içeren sütlerin tüketilmesidir. 131I miktarı, tüketim miktarının yüksek olması nedeniyle özellikle taze inek sütünde önem kazanmaktadır. Özellikle çocuklarda tiroit hacminin daha küçük olması ve yüksek miktarda süt tüketilmesi nedeniyle yetişkinlere göre tiroit dozu daha yüksek bulunmaktadır. Örneğin 1 yaş civarı bebeklerde toplam tiroit dozunun %81'ini süt tüketiminden alınan doz oluşturmaktadır. Ayrıca bu yaş grubunda tiroidin aldığı doz, yetişkinlerin aldığı dozdan yaklaşık 9 kat fazla bulunmuştur.

Sütlerde yapılan ölçümlere göre, 131I aktivite derişiminin en yüksek olduğu bölgelerden biri Edirne ili civarındır. Buna göre 1986 Mayıs ayında Edirne ili civarından toplanan süt örneklerinin ortalama 131I aktivite konsantrasyonu 2826.5 Bq/l, en yüksek değerlerin saptandığı Eskikadın'da 5044 Bq/l olarak ölçülmüştür. Edirne ili için tiroit dozları 3 aylık bebeklerde 70.59, 1-4 yaş bebeklerde 320.52, 5 yaş çocuklarda 93.45, 10 yaş çocuklarda 27.98, 15 yaş çocuklarda 17.55 ve yetişkinlerde 10.35 mSv olarak hesaplanmıştır. Ancak, sütlerin toplatılması, hayvanların ağıla çekilmesi, radyoaktivite içermeyen yem ile beslenmesi gibi önlemler sonucunda tiroit dozu önemli ölçüde azaltılmıştır.

Kazadan yirmi yıl sonra, en son bilimsel veriler ışığında, Türkiye geneli için yapılan hesap ve değerlendirmelerden;

Yaşam boyu ortalama etkin doz değerleri; kentlerde yaşayan yetişkinlerde bölgelere göre ortalama olarak 1.28 mSv ile 3.65 mSv, kırsalda yaşayan yetişkinlerde 1.37 mSv ile 4.49 mSv arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerler 3 aylık bebekler için 0.94 mSv ile 2.66 mSv, 1 yaş için 2.31 mSv ile 4.03 mSv arasında değişmektedir.

Türkiye genelinde yaşam boyu ortalama tiroit dozu değerleri; 3 aylık bebekler için 10.71 mSv, 1 yaş için 37.22 mSv, 5 yaş çocuklar için 14.96 mSv, 10 yaş çocuklar için 7.86 mSv, 15 yaş için 5.89 mSv, yetişkinlerde 4.21 mSv olarak bulunmuştur.

Türkiye genelinde değerlendirildiğinde, radyoaktif bulutun geçişi sırasında yoğun yağış alması nedeniyle Trakya'da Edirne-Eskikadın, İsmailce, Kapıkule ve Büyükdoğanca bölgeleri ile Doğu Karadeniz'de Hopa-Pazar arasındaki kıyı bölgesi en fazla etkilenen yerler olmuştur.

Kişisel etkin doz değerleri, Doğu Karadeniz bölgesinde Fındıklı, Hopa, Arhavi, Pazar, Rize ve Of civarlarında diğer bölgelere göre daha yüksektir. Ancak, bu bölge içerisinde birbirine çok yakın 2 nokta dozları arasında bile önemli farklılıklar görülebilmektedir. Edirne bölgesinde, kazayı takiben alınan önlemler ile bölge halkının aldığı dozun, Türkiye'nin diğer bölgelerinin doz düzeyine düşürülmesi sağlanmıştır.

Türkiye genelinde yetişkinlerin yaşam boyu alacakları en yüksek doz değeri ortalaması olarak hesaplanan 4.49 mSv değeri, tek bir akciğer tomografisinden alınan dozun yarısı civarındadır ve ICRP ile IAEA tarafından saptanan ve birçok ulusal yetkili kuruluşlarca benimsenen normal koşullarda halk için izin verilen sınırların altındadır.

Kazadan sonra 1 yıl içinde alınan ilave toplam doz ise pek çok bölgede doğal radyasyon nedeniyle alınan doz düzeyinden daha düşük kalmaktadır.

Ülkemiz genelinde alınan ortalama tiroit dozu değerleri, kazadan en çok etkilenen ülkelerdeki değerler ile karşılaştırıldığında çok düşük düzeyde kalmaktadır. Ancak, Trakya ve Doğu Karadeniz’de yerel olarak üretilen hayvansal gıdaları daha çok tüketen ve özellikle kaza sırasında bebek veya çocukluk çağlarında olan kişilerin dozlarının, ülke ortalamalarına göre daha yüksek olabileceği değerlendirilmiştir.

Bu nedenle, kazanın sağlık etkileri ile ilgili gerçekçi verilere ulaşmak üzere, kazadan en fazla etkilendiği tespit edilen Edirne- Eskikadın, Fındıklı, Pazar ve Ardeşen’de SB Kanser Savaş Dairesi Başkanlığı tarafından hane halkı taraması çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca Doğu Karadeniz bölgesinde yaşayanlardan alınan kan örneklerinde biyolojik doz tayini yapılmıştır.

KARADENİZ BÖLGESİ KANSER HASTALARINDA VE HASTA YAKINLARINDA SİTOGENETİK TEKNİKLERLE BİYOLOJİK DOZ ÇALIŞMASI

Biyolojik doz tayinleri için rutin olarak kullanılan en güvenilir yöntem, insanların dolaşan kan lenfosit hücrelerinde yapılan Kromozom Aberasyon Analizidir (CA). Yöntem iyonlaştırıcı radyasyonlara maruz kalma sonucunda insan vücudunun absorbe ettiği biyolojik doz ile kromozomlarda radyasyon etkisi ile oluşan kromozom hasarları arasındaki kantitatif ilişkinin değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır.

İyonlaştırıcı radyasyonlar yanı sıra kimyasal ajanların da oluşturduğu toplam kromozom hasarlarını değerlendirmek için Mikronukleus (MN) Tekniği kullanılmaktadır.

Retrospektif-geçmişe dönük çalışmalarda ise en çok tercih edilen yöntem ise Fluorescence in situ Hybridization (FISH) tekniğidir. FISH yöntemi geçmişteki ışınlanmaların oluşturduğu kromozom hasarlarını gösterir.

TAEK, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde bulunan Biyolojik Dozimetri Laboratuvarı dünyada kabul görmüş 12 laboratuardan biri ve ülkemizdeki tek laboratuardır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde tanısı konmuş ancak tedaviye başlanmamış kanser hastaları ve yakınlarının kan örneklerinde

biyolojik doz tayini yapılmıştır. Bu amaçla kromozom hasarları 3 ayrı sitogenetik yöntemle (Disentrik kromozom aberasyon, Mikronukleus ve FISH) incelenmiştir. Bu çalışma ile;

Bölge insanında son 2–3 yıldan bu yana radyasyona maruz kalma sonucu oluşan kromozom hasarları var mıdır?

Geçmişte radyasyona maruz kalma sonucu oluşmuş hasarlar var mıdır?

Bölge insanının kromozom hasarlarında Çernobil'den etkilenmemiş kontrol bölgelerdekinden farklılık söz konusu mudur?

Kanser hastalarında aileye ve/veya bölgeye özel kromozom hasarları saptanabilir mi?

Radyasyon dışında kromozom kırıklarına neden olabilen, bölgeye has fiziksel veya kimyasal etkenlerin (zehirli kimyasal maddeler vs.) varlığı ortaya konabilir mi?

Sorularına açıklık getirilmesi amaçlanmıştır.

Trabzon Numune Hastanesinden ilk kan örnekleri 29.09.2005 tarihinde alınmıştır. Bugüne kadar Karadeniz Bölgesinden 58 kişinin kan örneğinde Kromozom Aberasyon (CA) analizi ve Mikronukleus (MN) analizi için kültür yapılmıştır. Kromozom analizi mümkün olabilen 23 kişinin 9'unda (5 kişinin dozu 100 mGy altında) disentrik aberasyona rastlanmıştır. Bu hastaların hemen hepsi beyanlarında teşhis amacı ile iyonizan radyasyona maruz kaldıklarını belirtmiştir.

Mikronukleus analizi yapılan 8 kişinin kan örneklerinde MN sıklığı yüksek gözlenmiştir. Bu sonuçlar iyonlaştırıcı radyasyonlardan çok daha fazla çevresel faktörlerden, yani kimyasal kökenli ajanlardan etkilenmeyi ortaya koymaktadır. Son yıllarda toplum genelinde MN sıklığında bir artış olduğu gözlenmektedir.

Bunun nedeninin toplumumuzda giderek artan hazır gıda tüketimi, sigara kullanımı, tıbbi ışınlamalar, ilaç kullanımı, çevre kirliliği, petrol ve türevlerinin kullanımı gibi faktörlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın kontrolü olarak Isparta İli seçilmiş ve 15.06.2006 tarihinden itibaren gönderilen 31 kan örneğinde CA ve MN kültürleri yapılmış, 35 kişinin MN slaytları değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; şu ana kadar elde edilen veriler ışığında son 2–3 yıl içinde tıbbi amaçlı olanlar dışında, kromozom hasarlarında radyasyona maruz kalınma etkisine rastlanmamıştır.

