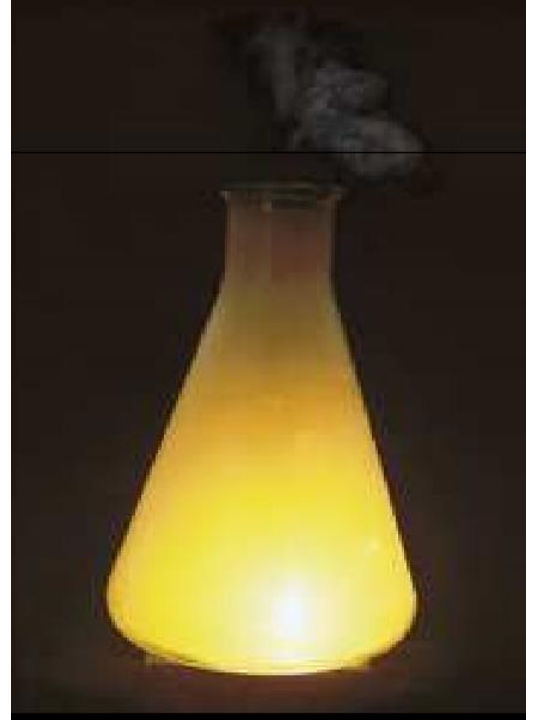


TEMEL KİMYA DERSİ-8

ÖĞR.GÖR.HATİCE KAR
KİMYA YÜKSEK MÜHENDİSİ
A SINIFI İŞ GÜVENLİĞİ UZMANI



RADYOAKTIF MADDELER

Radyoaktivitenin ne anlama geldiğini bilmek, onu çevremizdeki diğer maddelerden ayırmamıza yardımcı olacaktır. Böylece çevremizde radyoaktif maddelerden kaynaklanan olaylar daha iyi anlaşılacaktır. Radyoaktivite sınıflandırıldığında elementlerin sadece kendiliğinden radyoaktif olmadığı, dışarıdan yapılan müdahaleler sonucunda da radyoaktif özellik kazandıklarını görmekteyiz.

Radyoaktif maddeler tarafından dışarıya verilen enerji (radyasyon) çeşitli kaynaklar aracılığıyla çevreye ulaşmaktadır. Bu kaynakların bir kısmı günlük hayatta birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden radyasyonun canlılar üzerindeki zararlarını en aza indirmek için bir takım korunma yolları bulunmaktadır.

RADYOAKTİVİTE

Çekirdeğindeki proton sayısı nötron sayısına eşit olan (proton sayısı/nötron sayısı \approx 1) atomlar kararlı olup ışınım yapmazlar yani tanecikler ya da ışık yayarak kendiliğinden parçalanmazlar. Atom numarası 83'ten büyük olan elementler kararsızdırlar ve daha kararlı atomlara dönüşmek için ışınım yaparlar. Kararsız çekirdeğe sahip atomların yaptığı bu ışınımalar *radyoaktiflik (radyoaktivite ya da ışınnetkinlik)* olarak adlandırılır. Bu olay ilk kez 1896 yılında Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından ortaya çıkarılmıştır. İlk radyoaktiflik terimi ise Polonya asıllı kimyager ve fizikçi Marie Curie tarafından kullanılmıştır.

Radyoaktiflik iki farklı şekilde meydana gelebilir. Doğadaki kararsız elementlerin, dışarıdan hiçbir müdahale olmadan kararlı hâle geçmek için yaptıkları ışımaya *doğal radyoaktiflik* denir. Doğada kararlı olan elementler yapay yollarla (çekirdeklerine yeni tanecikler eklenerek) kararsız hâle getirilebilirler. Bu şekilde radyoaktif hâle getirilen çekirdeklerin parçalanması sonucu meydana gelen ışımaya ise *yapay radyoaktiflik* olarak isimlendirilir.

Doğal radyoaktiflik kararlı bir çekirdek oluşana kadar radyoaktif bir izotopun diğerine parçalanarak dönüşmesi şeklinde devam eder. Böylece radyoaktif bozunma serileri oluşur. Bu seriler üç grupta incelenebilir.

- **Uranyum(U) Serisi:** ^{238}U Uranyum (Kütle numarası =238) elementi ile başlar. Çekirdek parçalanmalarından sonra grubun en son üyesi kararlı bir element olan ^{206}Pb Kurşun (Kütle numarası =206) oluşur.
- **Aktinyum (Ac) Serisi:** ^{235}U Uranyum (Kütle numarası =235) elementi ile başlar, çekirdek parçalanmalarından sonra kararlı bir element olan ^{207}Pb Kurşun (Kütle numarası =207)'ye dönüşür.
- **Toryum (Th) Serisi:** ^{232}Th Toryum (Kütle numarası =232) elementi ile başlar, çekirdek parçalanmalarından sonra kararlı bir element olan ^{208}Pb Kurşun (Kütle numarası =208)'e dönüşür.

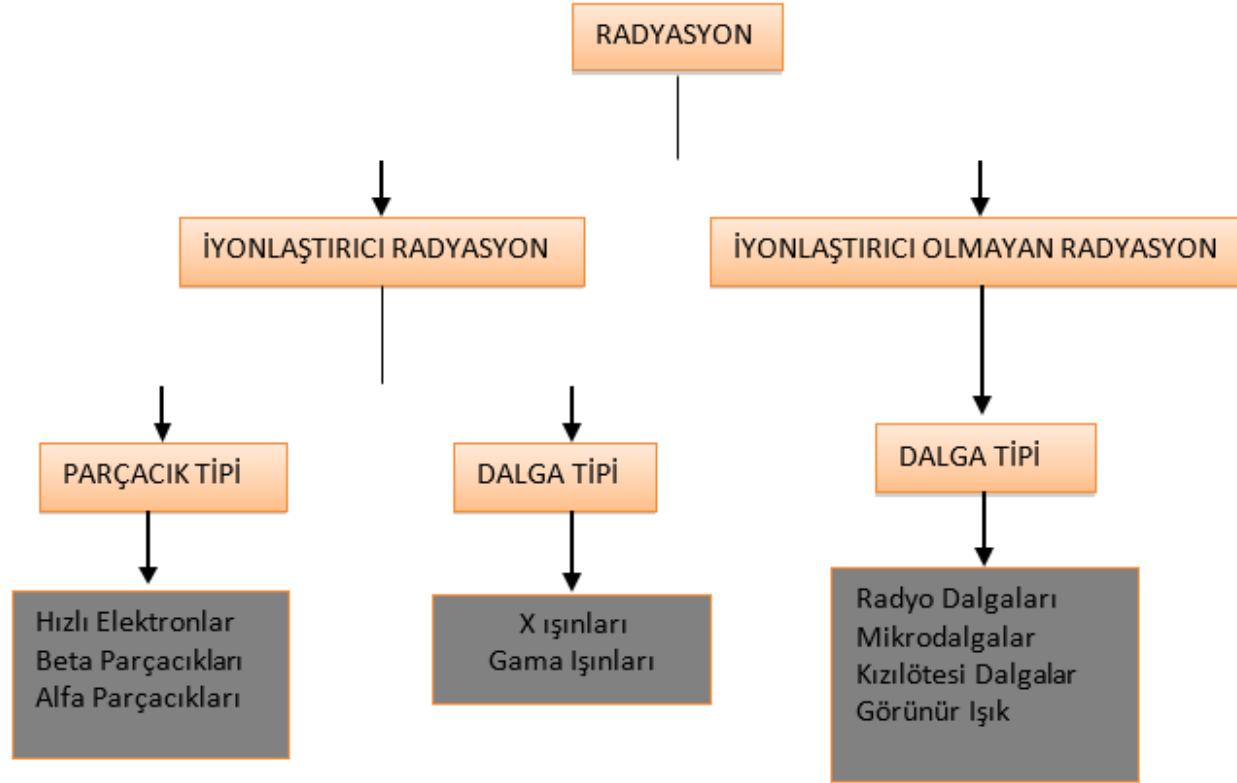
Radyoaktif bir çekirdeğin kararlı bir izotopuna bozunma hızı, radyoaktif elementten kararlı elemente dönüşen atom sayısı ile doğru orantılı olup bu değer yarılanma süresi ile ilgilidir. Bir radyoaktif atomun başlangıç miktarının yarıya inmesi için geçen süreye *yarılanma süresi (yarı ömür)* denir ve $t_{1/2}$ sembolü ile gösterilebilir. Bu süreler birkaç saniye olabileceği gibi yıllar da alabilir. Bazı radyoaktif elementler için yarılanma süreleri Tablo 7.1.'de verilmiştir.

Tablo 7.1. Bazı radyoaktif çekirdeklerin yarılanma süreleri

Element	Sembolü	Yarılanma Süresi
Uranyum	^{238}U	$4,51 \times 10^9$ yıl
Radyum	^{226}Ra	$1,60 \times 10^3$ yıl
Toryum	^{234}Th	24,1 gün
Polonyum	^{214}Po	$1,64 \times 10^{-4}$ saniye

Radyasyon Çeşitleri

Doğal ya da yapay radyoaktif çekirdekler kararlı yapıya geçebilmek için dışarıya hızlı parçacıklar veya elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerji salarlar. Bu tanecikler ya da enerji *radyasyon (ışınım)* olarak adlandırılır. Radyasyon aşağıda görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 7.1. Radyasyon çeşitleri

İyonlaştırıcı radyasyon, çarpıştığı maddede iyon olarak adlandırılan yüklü parçacıklar oluşturabilen radyasyondur. İyonlaştırıcı radyasyonlar sadece maddeler üzerinde değil, önlem alınmadığı takdirde canlılar üzerinde de büyük zararlar oluşturabilir.

Bir maddenin ya da canlı dokunun belli bir süre aldığı iyonlaştırıcı radyasyon miktarına *radyasyon dozu* denir. Radyasyonun dozu, canlı vücudunda belirlenen sınır değerleri aştığında zarara neden olmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Radyasyon dozunun alınan ortam üzerindeki etkisi radyasyonun çeşidine, doz hızına ve bu doza maruz kalış süresine bağlıdır. Bu nedenle iyonlaştırıcı radyasyonlarla yapılan çalışmaları sonuçlandırabilmek ve zararlı biyolojik etkileri belirlemek için radyasyon dozunun bilinmesi gerekir. Bu amaçla radyasyon dozunu ölçmek için bazı birimlerin tanımlanması gerekmektedir. Radyasyon çalışmalarında kullanılan kavramlar *aktivite, ışınlama dozu, soğurulma dozu ve doz eşdeğeri*dir. Bu birimlerin eski ve yeni isimleri ile birbirlerine dönüşümleri Tablo 7.2.'de verilmiştir.

Tablo 7.2. Radyasyon kavramları, özel birimleri ve bu birimler arasındaki ilişkiler
(<http://www.taek.gov.tr/ogrenci>)

KAVRAM	BİRİMİ		BİRİM
	Eski	Yeni	DÖNÜŞÜMÜ
Aktivite	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Ci=3,7x10 ¹⁰ Bq
Işınlama Dozu	Röntgen (R)	Coulomb/kilogram (C/kg)	1R=2,58x10 ⁻⁴ C/kg
Soğurulma Dozu	Radiation oz (rad)	Gray (Gy)	1rad=0,01 Gy
Doz Eşdeğeri	Röntgen equivalent man (rem)	Sievert (Sv)	1rem=0,01Sv

Radyasyon Seviyeleri

Bir defaya mahsus olarak vücuda alınan *10000 mSv'lik* radyasyon dozu hastalanmaya ve ardından birkaç hafta içinde ölüme neden olur.

Vücuda bir defada *1000 mSv'lik* radyasyon dozu alındığında mide bulantısına neden olur; fakat anında ölüm olayı görünmez. Işınlanmadan uzun yıllar sonra her 100 kişiden 1'inde kansere neden olabilir.

100 mSv'lik dozun bir defa alınması durumunda gözlenebilen etkisi olmaz.

Radyasyon kaynakları ile çalışmayan toplumdan bir kişinin yılda (ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv'i geçmemek şartıyla) almasına izin verilen doz *5 mSv'tir*.

Doğal kaynaklardan yayılan deniz seviyesindeki normal ve dñnyadaki tñm insanlar tarafından alınan minimum doz *1 mSv'tir*. Işınlanmadan uzun yıllar sonra kanser olma olasılığı 100.000 kişide 1 kişidir.

Nñkleer santralin hemen yanında yaşıayan kişilerin alabileceği doz *0,05mSv'tir*.

Radyasyonun duyu organlarımızla tespit edilmesi mñmkñn değildir. Bu yñzden radyasyona hassas cihazlar kullanılmaktadır. Fakat bu cihazlar radyasyonun sadece madde ile etkileşen kısmını ölçmektedir. Ölçñm için kullanılan cihazlar şunlardır:

İyon Odası Dedektörü: Yüksek doz şiddetlerini ölçmede kullanılır. Radyasyonları ayırt etme özelliği yoktur.

Geiger-Müller Dedektörü: Az iyonlaşan yüklü parçacıklar ve düşük enerjili Gama ve X ışınları ölçülür. Parçacık enerjisinin ölçülmesi ve parçacık türlerinin ayırt edilmesi söz konusu değildir.

Orantılı Sayaçlar: Düşük enerjili X ve Gama ışınları ve alfa parçacıklarının ölçümü yapılır.

Sintilasyon Dedektörleri (Pırıldama): Alfa parçacıklarını, beta parçacıklarını ve düşük enerjili X ve gama ışınlarını ölçmek için kullanılır.

Yarı İletken Dedektörler: Genellikle radyasyonun enerjisini ölçmek için kullanılırlar.

Nötron Dedektörleri: İkincil iyonlayıcı ışınlar ölçülür.

RADYASYON KAYNAKLARI

İnsanlar dünyada yaşadıkları süre içerisinde sürekli olarak radyasyonla iç içedir. Dünyanın oluşumuyla birlikte var olan milyarlarca yıl gibi çok uzun ömürlü radyoaktif elementler yaşanan çevrede doğal bir radyasyon seviyesi oluşturmuşlardır. Yaşadığımız yer, bu yerin toprak yapısı, oturulan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları maruz kaldığımız doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen nedenlerden bazılarıdır.

Radyasyon kaynakları *doğal* ve *yapay* olmak üzere iki kısma ayrılabilir. *Doğal radyasyon kaynakları*: Doğal radyasyon kaynakları,

- Uzaydan gelen kozmik ışınlar,
- Doğadaki kısa yarı ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gama ışınları,
- Vücudumuzdaki (özellikle potasyum-40) radyoaktif elementler (dahili radyasyon),
- Yiyecekler-içecekler ve soluduğumuz havadan aldığımız radyoaktif maddeler
- Radyumun bozunması sonucunda oluşan radon gazı şeklinde sınıflandırılabilir.

Doğal radyasyon kaynaklarından dolayı maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalamalarına bakıldığında; kozmik ışıklardan $0,39 \text{ mSv/ yıl}$, dahili radyasyondan $0,23 \text{ mSv/yıl}$, yiyecek-içecek ve solunan havadan alınan $0,25 \text{ mSv/yıl}$, radon gazından dolayı alınan $1,3 \text{ mSv/yıl'dır}$.

Gerek topraktan gerekse yağışlar yoluyla havadan alınan radyoaktif maddeler gıdaların yapısında doğal radyoaktivitenin oluşmasına neden olur. Bazı gıdalarda bulunan radyum-226 ve potasyum-40 (^{226}Ra ve ^{40}K)'ın aktivite miktarları Tablo 7.3.'te verilmiştir.

Tablo 7.3. Gıdalardaki doğal radyoaktivite (Çevresel Radyoaktivite Ders Notları)

Gıda Adı	²²⁶ Ra (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
Muz	-	129
Havuç	-	126
Patates	-	126
Kırmızı et	-	111
Brezilya fıındığı	37-259	207

Kaynak: Aytekin, H. Çevresel Radyoaktivite Ders Notları.

International Commission on Radiological Protection (ICRP) verilerine göre, 70 kg ağırlığında yetişkin bir insanda bulunan radyoaktif maddeler Tablo 7.4'te verilmiştir.

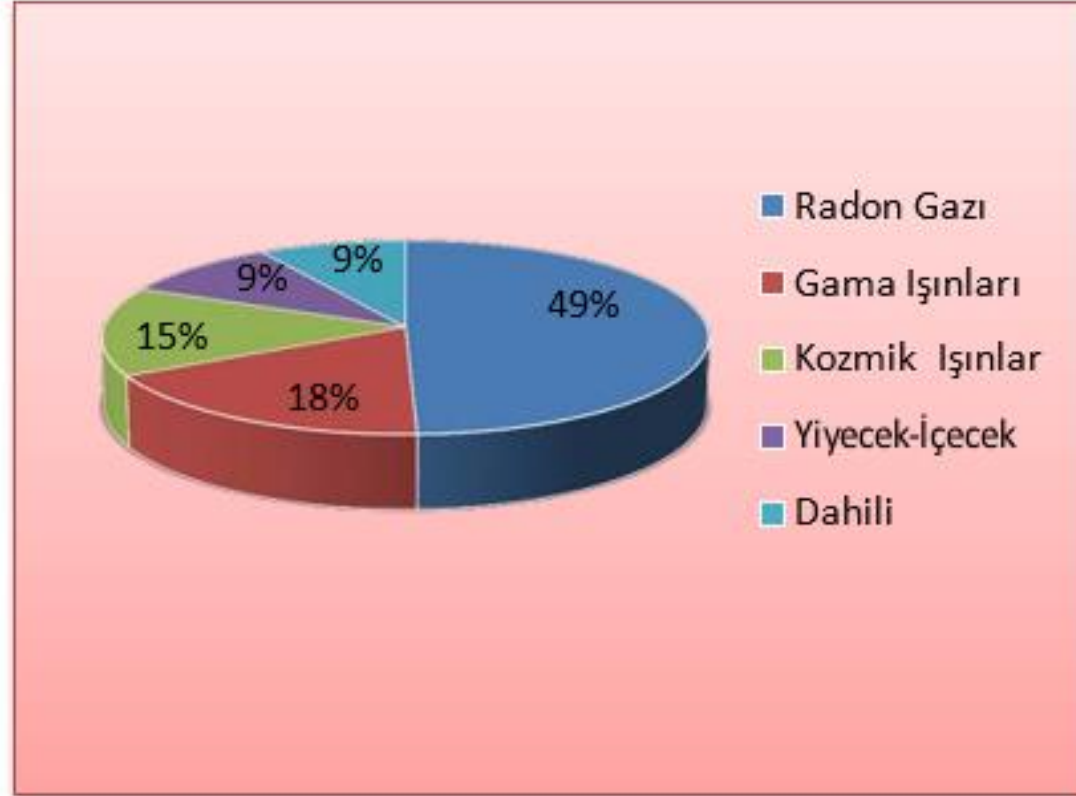
⊕ **Tablo 7.4.** Dahili radyasyon miktarları (Çevresel Radyoaktivite Ders Notları)

Radyoaktif madde	Vücuttaki toplam kütle	Vücuttaki toplam aktivitesi	Günlük alınma miktarı
Uranyum	90 µg	1,1 Bq	1,9 µg
Toryum	30 µg	0,11 Bq	3 µg
Potasyum-40	17 µg	4,4 kBq	0,39 mg
Radyum	31 µg	1,1 Bq	2,3 pg
Karbon-14	22 µg	3,7 kBq	1,8 ng
Tritiyum	0,06 µg	23 Bq	0,003 pg

Kaynak: Aytekin, H. Çevresel Radyoaktivite Ders Notları.

Radon gazı hariç doğal radyasyonun sağlık üzerinde zararlı bir etkisi görülmez. Tablo 7.5.'te doğal radyasyon kaynaklarının doğal radyasyon seviyesine katkıları oransal olarak ve Tablo 7.6.'da ise değişik bölgelerde ölçülen doğal radyasyon seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 7.5. Doğal radyasyon kaynaklarından alınan radyasyon dozlarının dağılımı
(<http://www.taek.gov.tr/ogrenci>)

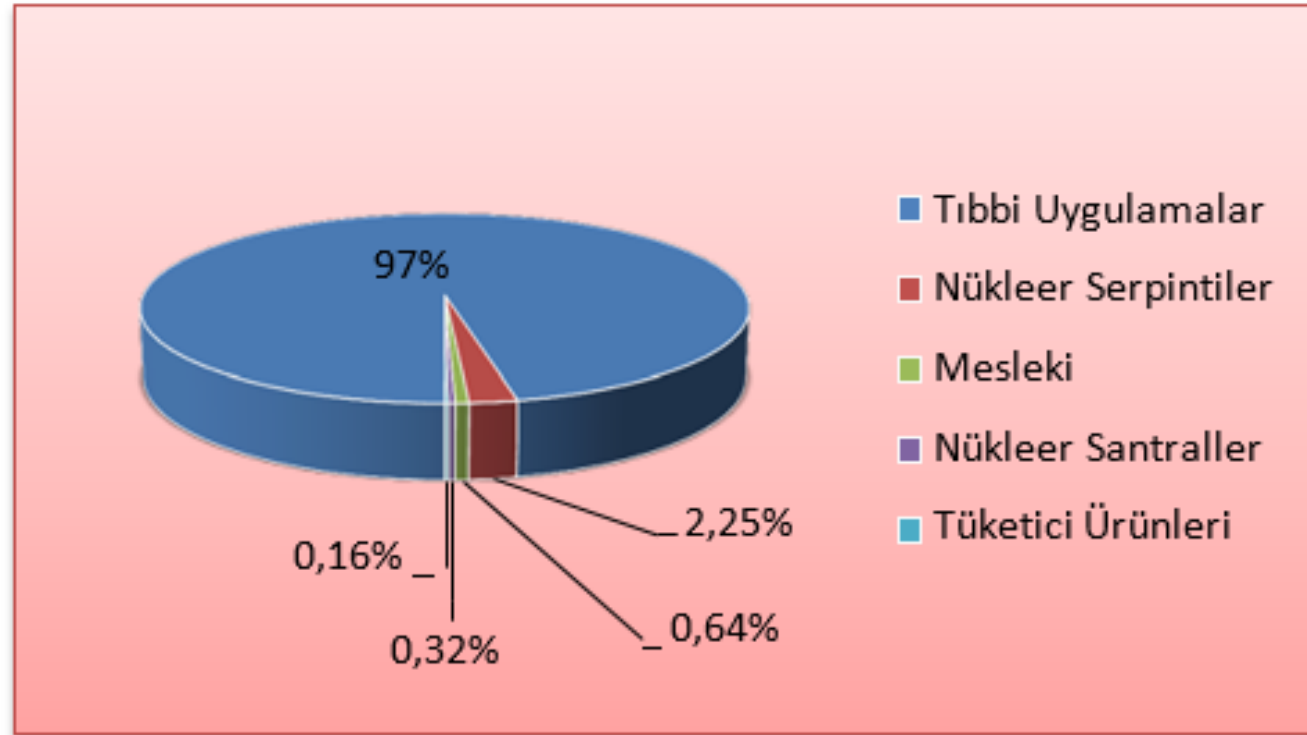


Tablo 7.6. Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri
(<http://www.taek.gov.tr/ogrenci>)

Bölge	Doğal Radyasyon Seviyesi
Mersin (Akkuyu)	0,53 mSv/yıl
Ankara	0,44 mSv/yıl
Iğdır (Alican)	0,88 mSv/yıl
Çanakkale	1,23 mSv/yıl
Kars (Digor)	1,58 mSv/yıl
Hindistan (Kerela)	15,80 mSv/yıl
İran(Ramsar)	148,92 mSv/yıl
Brezilya (Guarapari kumsalları)	788,40 mSv/yıl

Yapay Radyasyon Kaynakları: Teknolojinin gelişmesinden dolayı birçok işin daha kolay, iyi ve çabuk yapılmasına imkân sağladığı için bazı radyasyon kaynaklarının yapay yollarla üretilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu kaynaklardan dolayı da belli miktarlarda radyasyon alınmaktadır. Fakat bu kaynaklardan alınan dozlar, doğal kaynaklara göre hem daha düşük hem de kontrol altında tutulması mümkündür. Tıp, ziraat ve endüstride kullanılan X ışınları, yapay radyoaktif maddeler ve nükleer bomba denemelerinde oluşan nükleer serpintiler, bazı tüketici ürünleri kullanılan radyoaktif maddeler yapay radyasyon kaynakları sınıfında yer almaktadırlar. Yapay radyasyon kaynaklarının maruz kalınan radyasyon dozuna katkıları Tablo 7.7.'de verilmiştir.

Tablo 7.7. Yapay radyasyon kaynaklarından alınan radyasyon dozlarının dağılımı
(<http://www.taek.gov.tr/ogrenci>)



Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalaması $2,7 \text{ mSv/yıl}$ 'dır. Bu değerin %88'ini doğal radyasyon kaynakları, %12'sini ise yapay radyasyon kaynakları oluşturur.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

Radyasyon hayatımızda tıbbi, endüstriyel, araştırma, eğitim, güvenlik amaçlı uygulamalar ve tüketici ürünleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

- **Tıbbi Uygulamalar:** Radyasyon tıpta, görüntü elde edebilme ve hücre ve tümörleri yok edebilme özelliklerinden dolayı hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli rol oynar. Radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi (ışın tedavisi) tıpta radyasyonun kullanıldığı alanlardır. Tıbbi uygulamalarda kullanılan radyasyondan dolayı maruz kalınan yıllık ortalama radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,3 mSv'tir.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

- Endüstriyel Uygulamalar: Boru, buhar kazanı vb. makine parçalarında herhangi bir hatanın var olup olmadığını kontrol etmek için radyografi tekniği kullanılır. X ve gama ışınları kullanılarak, hata tespiti için bu endüstriyel ürünlerin röntgen filmleri çekilir. Demir, çelik, lastik, iplik, cam vb. malzemelerin üretimi esnasında yoğunluk, seviye, kalınlık ve ağırlık gibi özelliklerinin ölçülmesinde ve havaalanı, yol yapımı gibi çalışmalarda da zeminin nem ve yoğunluk ölçümünde de radyasyon kaynakları kullanılır. Ayrıca yeraltı sularının hareketlerinin takibi, akarsularda debi ölçümü, barajlarda su kaçaklarının tespiti gibi başka endüstriyel uygulamalarda da radyasyon kaynaklarının kullanılması, hem daha ucuz hem de daha kolay bir şekilde ölçümlerin yapılmasına imkân vermektedir.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

- **Güvenlik Amaçlı Uygulamalar:** Özellikle havaalanı, kargo, gümrük ve liman gibi yerlerde paket (bagaj) kontrollerinde X ışınları kaynağı kullanılır.
- **Araştırma ve Eğitim Amaçlı Uygulamalar:** Özellikle üniversitelerde DNA üzerinde yapılan çalışmalarda, çimento, bakır, demir vb. maden çıkarma, öğütme ve üretimlerinde hassas içerik analizlerinde ve tarımda tohumların daha verimli ve dayanıklı hâle getirilmesinde radyasyon kaynaklarından yararlanır.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

- **Tüketici Ürünleri:** Paratoner, duman dedektörleri, fosforlu saatler gibi bazı ürünlerde az miktarlarda da olsa radyoaktif madde bulunmaktadır. Optik mercekler ve porselen dişler bile eser miktarda radyoaktif bir madde olan toryum içermektedir. Bu kaynaklardan dolayı maruz kalınan yıllık ortalama radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,0005 mSv'tir.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

Ayrıca bu uygulamaların yanı sıra, tek kullanımlık tıbbi alet ve araçların sterilizasyonu, taze gıdaların ömürlerinin uzatılması ve kuru gıdaların böceklenmesinin önlenmesi (gıda ışınlanması) ve plastik malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi gibi alanlarda da radyasyon kaynaklarından yararlanılmaktadır.

Endüstride gıdaların korunmasında en yaygın olarak gama ışınları kullanılmaktadır. Gama ışını kaynağı olarak kobalt-60 ve sezyum-137 (^{60}Co ve ^{137}Cs) kullanılmaktadır. Bu kaynaklar uygulandıkları gıdalara radyoaktif özellik vermezler. Bu ışınlandırıcılar, bitkisel ürünlerde (patates, soğan) çimlenmeyi önlemek, baharat ve tahıllarda böcekleri öldürmek ve meyvelerin küflenmesini önlemek amacıyla kullanılmaktadırlar.

RADYASYONUN HAYATIMIZDAKİ YERİ

Ayrıca gıda endüstrisinde kapalı alanların dezenfeksiyonunda ve ambalaj malzemesinin sterilizasyonunda UV ışınları, dondurulmuş gıdanın çözülmesinde, gıdanın yapısını bozmadan yalnızca sıcaklığını artırılmasında, gıdaların kurutulmaları, mikroorganizmaların öldürülmesinde mikrodalga ışınları kullanılmaktadır.



Işınlanmış gıdayı ifade
eden radura sembolü

Nükleer Enerji Santralleri

Uranyum gibi ağır radyoaktif maddelerin parçalanması ya da hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması sonucunda ortaya çıkan çok büyük miktardaki enerjiye *nükleer enerji* denir. Nükleer güç santrallerinde yakıt hammaddesi olarak uranyum kullanılır.

Bölünebilme yeteneğine sahip olan uranyum-235 izotopu doğada bulunan uranyumun binde yedisi (%0,71) kadardır. Doğal uranyumun içindeki uranyum-235 izotopunun oranını artırmak için zenginleştirme işlemi yapılır.

Nükleer Enerji Santralleri



 rnek

- 1 gram uranyumdan 82 GJ (82 milyar joule) enerji elde edilmektedir. Bu enerji normal bir insanın 22585 yıl yaşaması için yeterli bir enerjidir.

Nükleer Enerji Santralleri

Nükleer santral yakıtı olan uranyumun madenciliği, işlenmesi, santralde kullanılması ve atık hâline geldikten sonra depolanması sırasında çevreye çok az miktarda radyoaktif madde salınır. Bu salınımlardan dünyada maruz kalınan yıllık ortalama doz miktarı $0,008$ *mSv*'dir. Ayrıca nükleer santrallerde meydana gelebilecek kazalar sonucunda da çevreye bir miktar radyoaktif madde salınabilir. Dünyada bugüne kadar dört büyük nükleer santral kazası olmuştur.

Nükleer Enerji Santralleri

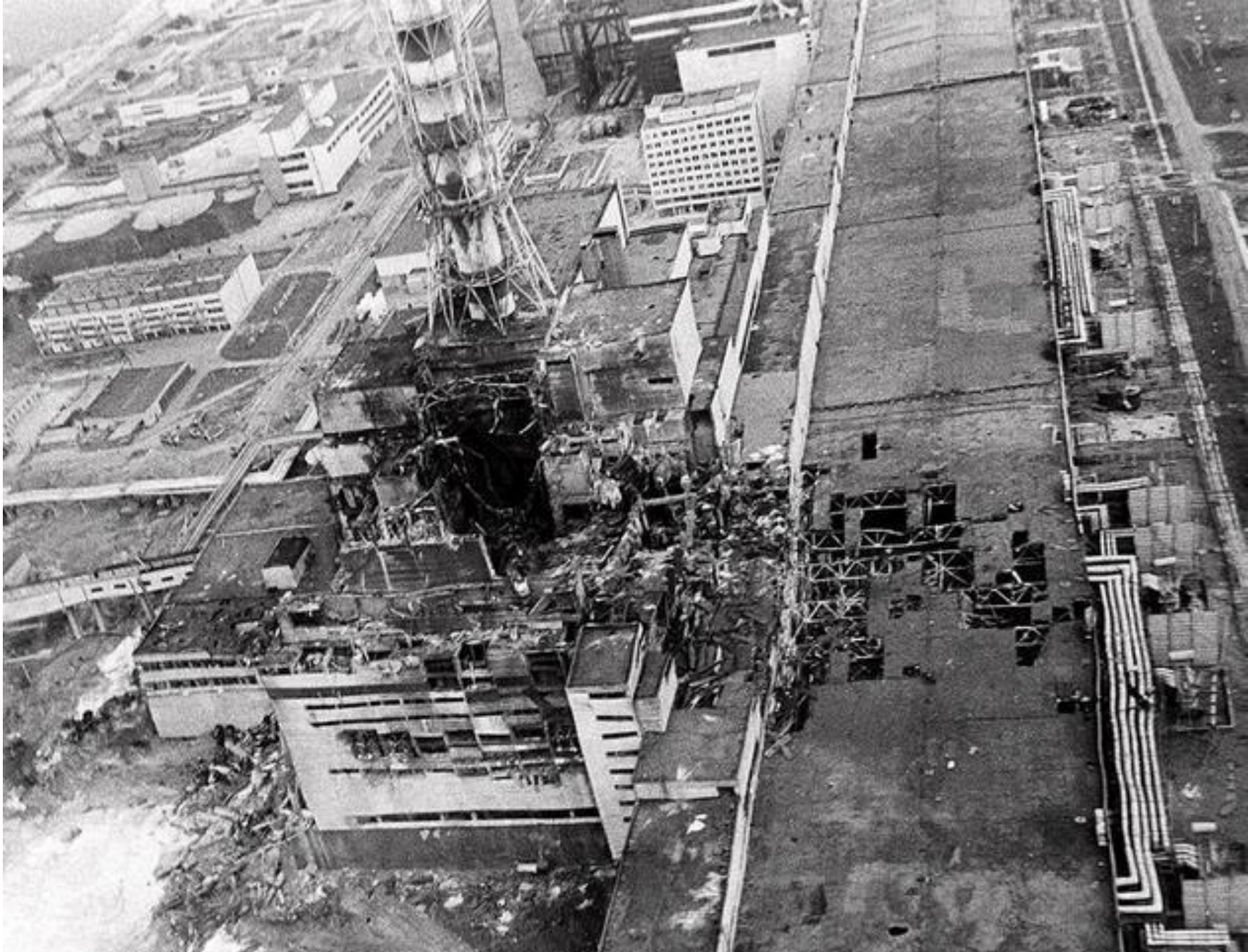
Windscale Kazası: Bu kaza 1957 yılında İngiltere'de meydana gelmiştir. Bu kazada reaktörün civarına bir miktar radyasyon yayılmış ve herhangi bir ölüm veya akut radyasyon hastalığı meydana gelmemiştir. Bu kazadan dolayı yetişkinlerin maruz kaldığı radyasyon dozu 1 mSv , çocukların ise 6 mSv (yetişkinlere göre daha fazla süt tükettikleri için) olarak belirlenmiştir.

Nükleer Enerji Santralleri

Three Mile Island Kazası: 1979 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde meydana gelmiştir. Reaktörde bir erime meydana gelmesine rağmen çevresindeki beton koruyucu kabuk sayesinde ciddi bir radyasyon sızıntısı olmadığı ifade edilmiştir. Maruz kalınan en yüksek doz 1 mSv 'dir.

Nükleer Enerji Santralleri

Çernobil Kazası: 1986 yılında Sovyetler Birliği'nde meydana gelen en büyük nükleer santral kazalarından biridir. Operatörlerin santralde, güvenlik kurallarına aykırı deneyler yapmaları sonucunda, reaktörde ani güç artışı olması ve reaktörün çevresinde koruyucu beton kabuk olmamasından dolayı meydana gelmiştir. Oldukça geniş bir alanda etkili olmuştur. Reaktör çevresindeki 30 km'lik alanda yaşayan birçok insan yüzlerce mSv'lik radyasyona maruz kalmıştır. Kazadan bir yıl sonra bile yetişkinler ortalama 0,5 mSv, 0,1 yaş arası bebekler ise 0,147 mSv'lik doza maruz kalmıştır.





Çernobil 24 yıldır etkisini sürdürüyor



Üzerinden 24 yıl geçmiş olmasına rağmen yaydığı radyasyon nedeniyle kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklara neden olan Çernobil kazası, hala etkilerini sürdürüyor

Bilim insanları tarafından yapılan araştırmalara göre, Çernobil Nükleer Santralinin patlaması sonucu reaktörün üzerine 5 bin ton kimyasal madde boşaldı. Öncelikli olarak Rusya, Ukrayna ve Belarus ülkelerini etkileyen kimyasal yayılma, yağmur ve rüzgârların etkisiyle Türkiye'de özellikle Karadeniz Bölgesi'nde büyük felaketlere yol açtı. Karadeniz bölgesinde yaşayan çocuklarda tiroit kanserinde ciddi artışlar gözlemlendi. Yine araştırmalara göre, 150 bin km karelik alana yayılan radyasyondan, 1986-1989 yılları arasında çalışmış temizlik işçilerinin 850 binden fazla temizlik işçisi radyasyona maruz kalırken, 2000 yılına kadar ışın almış 1791 kişi tiroit kanserine yakalandı. Radyasyondan en çok etkilenen temizlik işçilerinde tiroit kanseri vakaları 1991 ile 1993 ve 1994 ile 1997 yıllarında görüldü.

Rüzgâr ve yağmurun etkisiyle Türkiye'ye yayılan radyasyonun solunum yoluyla alınması ve besin zincirine karışması yayılmayı arttırdı. Bilim insanlarının likenler üzerindeki çalışmaları Doğu Karadeniz bölgesinin diğer bölgelere göre ve Rize'nin Avrupa'nın birçok ülkesine göre daha fazla etkilendiğini ortaya çıkardı. Bu bölgede 0-18 yaş arasındaki çocuklarda tiroit kanserinde ciddi artışlar ol-



duğu tespit edilerek erişkin nüfus içinde özellikle temizlik işçilerinde 1986 ile 1987 yılları arasında kanser vakalarının arttığı gözlemlendi.

SANTRAL PLANLARI

Çernobil'in dünyada ve Türkiye'de sebep olduğu tüm yıkımlara rağmen nükleer santral yapımı ve kullanımını devam ederken, Türkiye'de ise Mersin Akkuyu'da Rusya ile, Sinop'ta Güney Kore ortaklığı ile nükleer santral yapımı planlanıyor. Nükleer santral yapımına karşı duran ve bu alanda çeşitli etkinliklere imza atmış Ankara Elektrik Mühendisler Odası (EMO) Yönetim Kurulu Üyesi Erdal Apaçık, Türkiye'de 'bize nükleerin et-



kisi olmaz' zihniyetiyle politika yapıldığını belirtti. Karadeniz'de çay ve fındığa yoğun şekilde radyasyon yayıldığını belirten Apaçık, ihtiyaç fazlası fındıkların, ilkokullarda çocuklara dağıldığını hatırlattı.

NÜKLEERE İHTİYAÇ YOK

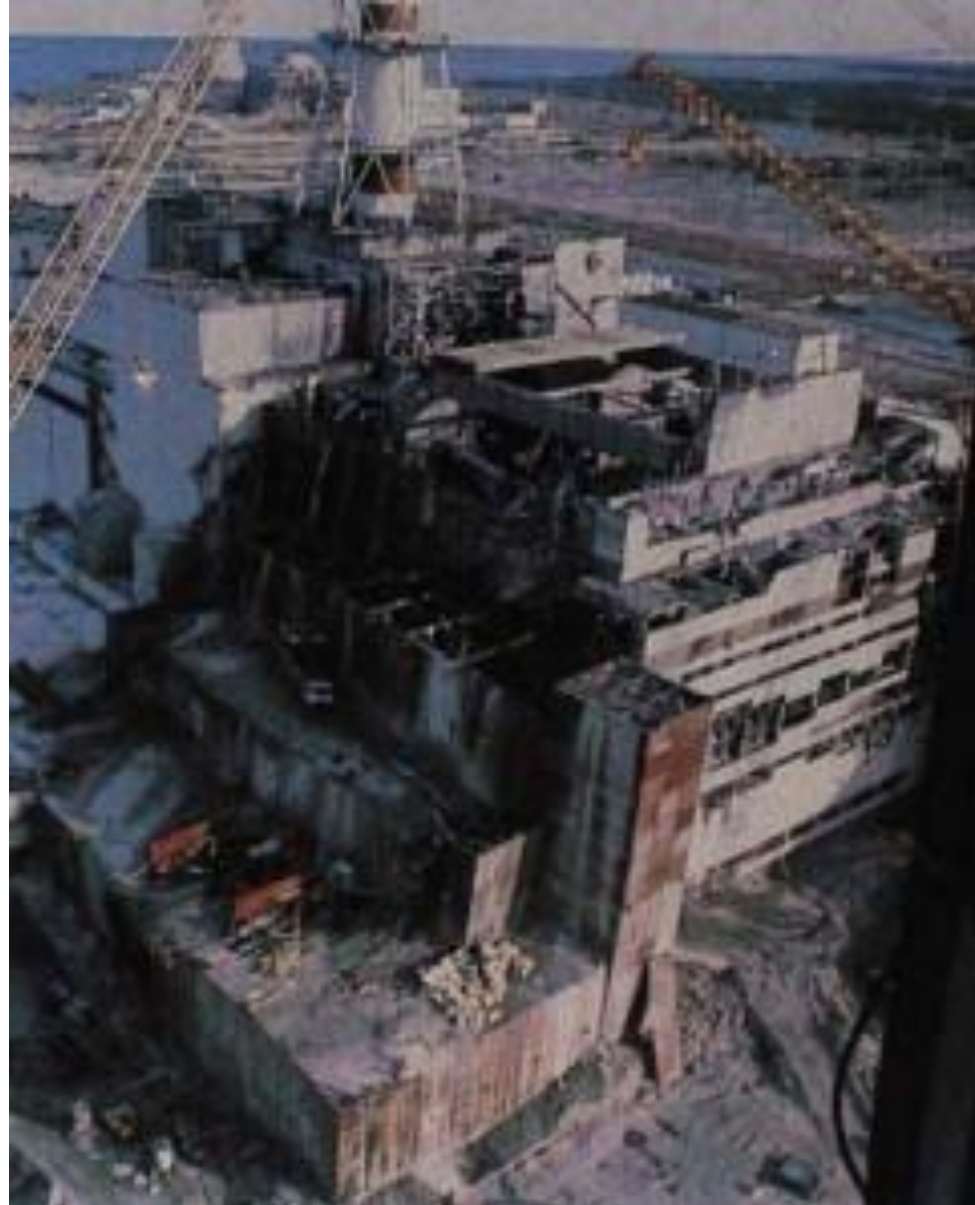
Türkiye'nin mevcut kaynaklarıyla enerji üretebileceğini ve bunun ülkenin ihtiyacını karşılayabileceğini belirten Apaçık, "Dünyadaki nükleer lojistiklerin dayatması sonucu Türkiye'de kurulması düşünülen Sinop ve Mersin santralleri, elektrik üretiminin çok az bir kısmını karşılar. Bu santraller

kurulduğu takdirde sera gazı salımları yüksek boyutlara ulaşacak ve bir felakete yol açacaktır. Nükleer enerjinin bir de atık sorunu var. Atıkların doğaya karışması 300 yıllık bir süreyle kapsıyor. Tüm bu sorunlar birlikte ele alındığında nükleer santralin ülkemize bir faydası olmayacağı görülmektedir" diye konuştu.

EMO ve nükleer santral karşıtları Çernobil Nükleer Kazası'nın 24'üncü yıl dönümü vesilesiyle nükleer santralleri protesto etmek amacıyla 26 Nisan günü saat 13:00'da Kızılay Postanesi önünden Başbakanlığa doğru yürüyecek. **ANKARA - DİHA**







Çernobil 1970'te açılmış bir nükleer santraldi. [Ukrayna](#)'nın kuzey bölgesinde, Kiev'e bağlı bir yerleşim biriminde bulunan bu santralde kaza günü dört reaktör aktifti. İkisinin inşası ise sürüyordu.

25 Nisan günü, dördüncü reaktör rutin bir bakıma girdi. Teknisyenler olası bir güç kesintisine karşı bir deney yapmaya karar verdiler. Çok ağır sonuçları olacak bu deney için 23:00'da çalışmalar başladı.

26 Nisan 01:23'te, deney için şartların oluştuğuna karar verildi ve düğmeye basıldı. 01:24'te ise, ters giden bir şeyler vardı. Deney için devre dışı bırakılmış güvenlik sisteminden ötürü reaktörde önlenemeyen çekirdek tepkimeleri gerçekleşti, ısı ve enerji bir anda kat be kat yükseldi...

Önü alınamıyordu. Artan buhar basıncı, reaktörün tonlarca ağırlıktaki çatısını havaya uçurdu. Reaktördeki zirkonyum ve grafit, yüksek sıcaklıktaki buharla karışınca, hidrojenler yanmaya başladı ve tüm santral alevler içinde kaldı.

Dördüncü reaktörün patlamasıyla ortaya çıkan radyasyon, Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombalarından tam 200 kat daha etkiliydi. Patlamanın ilk anda bir kilometre yüksekliğe ulaştı. İlk anda ortaya çıkan etkinin, iki metre kalınlığındaki betonu eritecek güçte olduğu ifade edildi.

Nükleer felaket, ilk anda santral çevresinde görevli 31 kişinin hayatını kaybetmesine sebep olmuştu. Ancak etkisi bununla sınırlı kalmadı. Türkiye'nin de dahil olduğu yakın coğrafyada hastalık getirdi, ölüm getirdi...

Soğuk [savaş](#) psikolojisinin de etkisiyle, nükleer teknoloji alanında geride görünmeme refleksinden ötürü [SSCB](#) ilk günlerde kazayla ilgili bir açıklama yapmadı.

Ta ki bir iki gün içinde, Avrupa'daki radyasyon düzeyindeki çok ciddi artış tespit edilene dek. 28 Nisan 1986'da radyoaktif bulutlar İskandinavya'ya ulaştı. Yetkililer ölçülen değerlerin anormalliğinden ötürü büyük bir kaza meydana geldiğini tahmin etti.

SSCB, meydana gelen felaketi tüm dünyaya açıkladı, diğer ülkelerden yardım istedi. Olayın açıklanması ve yardım talebinden ötürü Mihail Gorbaçov ülkesinde ciddi eleştirilere maruz kaldı.

Çernobil faciası, dünya basınında bir numaralı [gündem](#) konusu oldu.

Radyasyondan yoğun oranda etkilenen 30 kilometre çapındaki alan belirlenerek bu bölgelerden 135.000 insan uzaklaştırıldı ve yaşam alanları boşaltıldı. Reaktör binası 410.000 m³ imento ve 7.000 ton elik kullanılarak gömüldü.

Binanın altı betonlandı.

Besin maddeleri başka bölgelerden getirildi ve kontamine (radyasyon bulaşı olan) yiyeceklerin tüketimi yasaklandı. Çeşitli tani merkezleri kuruldu.

5.300.000 insana, tiroid bezini iyot açısından doygunluğa ulaştırarak radyoaktif iyodun tiroid bezi tarafından alımını mümkün olduğunca engellemek için potasyum iyodür tabletleri dağıtıldı.

Nükleer Enerji Santralleri

Fukuşima Kazası: 2011 yılında Japonya'da meydana gelmiştir. Honşu adası açıklarında 9,0 büyüklüğünde bir depremin ardından meydana gelen tsunami sonrasında nükleer enerji santralinde arızalar sonucunda gerçekleşen bir kazadır.

Nükleer Enerji Santralleri

Radyoaktif maddelerin nükleer reaktörlerde ya da tıp, endüstri gibi uygulamalarda kullanılması sonucunda radyoaktif atıklar oluşur. Bu atıklar, radyoaktif maddenin konsantrasyonu ve radyoaktif olarak kaldığı süre göz önünde bulundurularak sınıflandırılır.

Nükleer Enerji Santralleri

Düşük Seviyeli Atıklar (DSA): İşçi tulumları, taşıma kapları ve şiringalar gibi malzemelerin kısa ömürlü radyoaktif maddelerle kısa süreli teması ile oluşan radyoaktif atıklardır. Nükleer santral hizmetten çıkarılırken oluşan atıklardır. Bu atıklardan korunmak için lastik eldivenler kullanılabilir.

Orta Seviyeli Atıklar (OSA): Nükleer madde ile kullanılan malzemeler ve radyoaktif akışlar temizlenirken kullanılan iyon değişim reçineleri bu tip atıklardır. Kullanılmış nükleer yakıtların yeniden işlenmesi sırasında yakıtın çözülme metal kısımları bu atık tipine örnek verilebilir. Kısa ya da uzun süreli radyasyon yaydıklarından dolayı bu tip atıklardan korunmak için zırhlanma gerekmektedir.

Yüksek Seviyeli Atıklar (YSA): Radyoaktif atom çekirdeğinin parçalanması sonucunda ortaya çıkan radyoaktif ve uzun ömürlü elementler bu gruptaki atıklardandır. Yeniden işlenemeyecek olan kullanılmış nükleer yakıt ve yeniden işleme uygulamasının kalıntıları bu sınıfta yer alır.

RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI

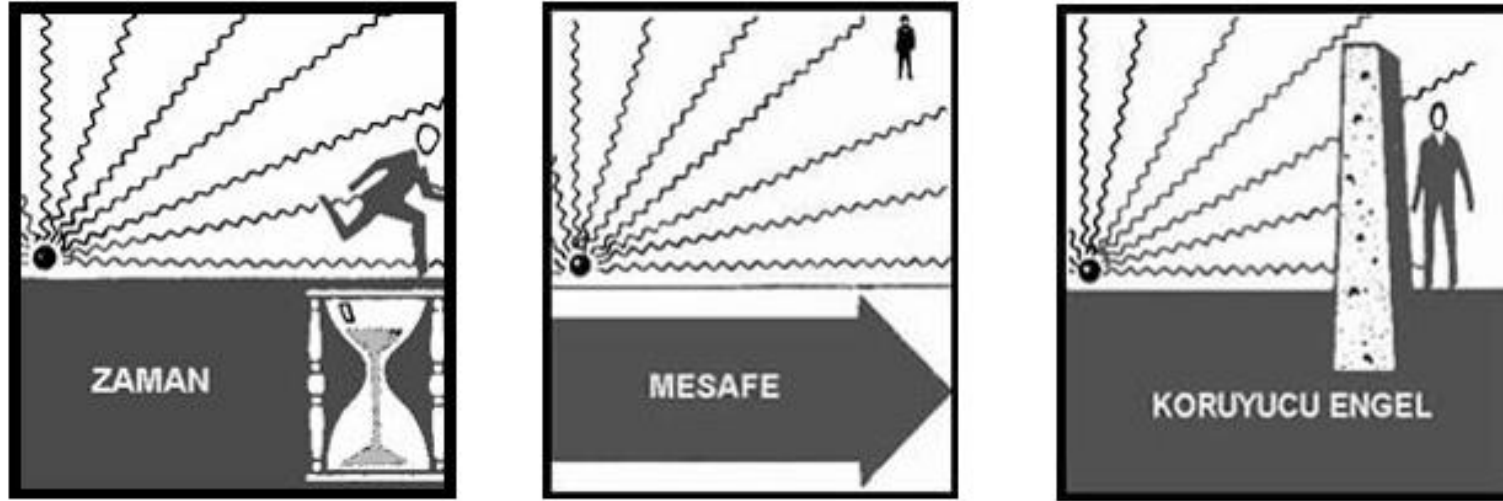
Hayatımızın hemen hemen her alanında karşımıza çıkan radyoaktif maddelerden tamamen korunmamız mümkün olmamaktadır. Ancak alınacak tedbirlerle maruz kalınacak radyasyon miktarı azaltılabilir. Her ülkenin radyasyon güvenliği ile ilgili uyguladığı yasa, tüzük ve yönetmelikleri bulunmaktadır. Bu yasa, tüzük ve yönetmeliklerdeki maddeler *Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP)'nun*, dünya genelinde radyasyon ve biyolojik etkileri üzerine yapılan araştırmalarının sonuçlarına göre güncellenmektedir. *Ülkemizdeki tüzük ve yönetmeliklere göre, TAEK'den izin alınmadan radyasyon üreten tesis ve cihazlar herhangi bir amaç için bulundurulamaz, kurulamaz ve kullanılamaz.*

RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI

Toplumda yaşayan insanlar için, doğal radyasyon kaynakları ve tıbbi uygulamalardan dolayı alınan dozlar hariç *yıllık doz sınırı 1 mSv* olarak kabul edilmiştir. Çalışma alanından dolayı radyasyona maruz kalan insanların radyasyon dozunu ölçen cihazlarla sürekli olarak kontrol altında tutulmaları gerekmektedir. Radyasyona maruz kalan çalışanların, dahili radyasyondan korunmak için solunum cihazlı özel giysiler veya maskeler giyinmesi gerekmektedir. Dış radyasyon tehlikesine karşılık ise, kaynak yanında gereğinden fazla bir süre kalınmamalı, mümkün olabildiğince radyasyon kaynağına uzak bir mesafede çalışılmalı ve radyasyon kaynağı ile çalışan arasına engelleyici bir zırh malzemesi yerleştirmelidir (Şekil 7.2.).

RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI

Şekil 7.2. Dış radyasyona karşı alınacak önlemler (<http://www.taek.gov.tr/ogrenci>)



RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI

Radyoaktif kaynağın yakınında geçirilen zaman kadar doza maruz kalınır. Zamana bağılı olarak radyoaktif kaynaktan maruz kalınacak doz

$Doz = (Doz \text{ Şiddeti}) \times (Zaman)$ ilişkisi ile hesaplanır.

Kaynak yanında geçirilen süre arttıkça alınan doz miktarı da artar.



Örnek

- Radyasyon dozunun 50 mikrosievert/saat (mSv/saat) olarak belirlendiği bir bölgede kalındığında, alınacak doz 1 saatte 50 mSv, 2 saatte 100 mSv, 3 saatte 150 mSv, vs.'dir.

RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI

Kaynağından uzaklaşan radyasyon çevreye yayılır ve şiddetini kaybeder. Bu yüzden radyasyon kaynağından uzaklaşıldıkça, maruz kalınabilecek doz miktarı azaltılabilir. Radyasyon dozu ile uzaklık arasında

- $D_r = D_0 (r_0/r)^2$

şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Burada,

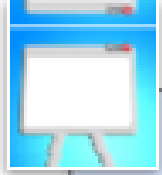
r_0 ; 1 m,

r ; kaynağa olan metre cinsinden uzaklık,

D_0 ; kaynaktan 1 m uzaklıktaki doz miktarı

D_r ; kaynaktan r metre uzaklıktaki doz miktarlarıdır.

RADYASYONDAN KORUNMA YOLLARI



Örnek

- 1 m uzaklıktaki doz şiddeti 52 mSv/saat olan bir radyoaktif kaynağın 6 m uzaklıktaki doz şiddeti,
- $D_r = 52 \text{ mSv/saat} \times (1\text{m}/6\text{m})^2 = 1,33 \text{ mSv/saat}$ olarak bulunur.

Radyasyona maruz kalan çalışan ile radyasyon kaynağı arasına *zırh* adı verilen engel konularak da maruz kalınacak radyasyonun dozu azaltılabilir. Yoğunluğu büyük olan maddelerden (uranyum metali, tungsten, kurşun vb.) yapılmış malzemeler X ve gama ışınlarına karşı koruma sağlar. Yeterince kalın yapılan beton duvarlar da etkili bir koruma malzemesi olabilir.

Nükleer santralde meydana gelen bir kaza sonucunda yayılan radyasyona karşı da çeşitli önlemler alınmalıdır. Nükleer santraller bünyelerinde bulunan güvenlik sistemleri sayesinde herhangi bir kaza sonucunda otomatik olarak kapanırlar. Fakat Çernobil örneğinde olduğu gibi radyasyonun çevreye yayılma ihtimali de vardır. Bu gibi durumlarda öncelikle ortamdaki radyasyon düzeyi ile gıda maddelerindeki radyoaktif kirlenmenin tespit edilmesi gereklidir. Ortamdaki radyasyon miktarı ve radyoaktif kirlenme derecesi belirlendikten sonra, kirlenme derecesine göre hafif (çiğ sebze ve meyvelerin yıkanması) veya ciddi (radyoaktif kirlenmeye uğrayan gıdaların yasaklanması, bölgenin boşaltılması ve kişilere iyot tablet dağıtımı) önlemler alınmalıdır.

Radyasyondan Korunma ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar

Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP): ICRP (International Committee on Radiological Protection) 1928 yılında 2. Uluslararası Radyoloji Kongresinin ardından kurulmuştur. Bu kuruluş resmî olmayıp birçok uluslararası ve ulusal kuruluşla işbirliği içinde çalışmaktadır.

Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR): UNSCEAR (The United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 1955 yılında Birleşmiş Milletler teşkilatının bir komitesi olarak kurulmuştur. Radyasyonun sağlık üzerine etkileri ile ilgili bilimsel çalışmalar yapan uluslararası resmî bir kuruluştur.

Radyasyondan Korunma ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA): Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren bağımsız, uluslararası bilim ve teknoloji temelli bir kuruluş olan IAEA (International Atomic Energy Agency) 1957 yılında kurulmuştur. Üye ülkelere, nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla kullanılmasında ve planlanmasında destek sağlar. Denetim mekanizması sayesinde ülkelerin taahhütlerini yerine getirmesini kontrol eder.

Radyasyondan Korunma ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar

Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (EURATOM): EURATOM (European Atomic Energy Community) 1958 Roma Antlaşması ile Avrupa Topluluğu çerçevesinde nükleer güvenlik ve radyasyondan korunma ile ilgili yasal zemini oluşturmak üzere kurulmuştur. Nükleer güç sektörü dışında kalan ve radyoaktif maddelerle çalışan tüm alanlardaki (tıp, endüstri vs.) radyasyona maruz kalmanın sınırlarını belirlemektedir.

RADYOAKTİF MADDELER İÇİN BAZI TEHLİKE SEMBOLLERİ

Üç-yaprak radyoaktif maddeyi ifade etmek için kullanılan uluslararası semboldür. Sarı zemin üzerine kırmızı ya da siyah olabilir. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 15. Maddesine göre; radyoloji cihazlarının (mobil cihazlar hariç), radyasyon kaynaklarının bulunduğu araştırma laboratuvarları ve depolarında, endüstriyel radyografide kullanılan cihaz depolarında, radyoterapide kullanılan radyasyon kaynaklarının bulunduğu alanlarda radyasyon uyarı levhalarının bulundurulması zorunludur. Aşağıda verilen örnek radyasyon uyarı işaretleri gerekli alanlara radyasyondan korunma sorumlusu denetiminde yapıştırılmalıdır (<http://www.taek.gov.tr/radyasyon-guvenligi-sss.html> ve <http://www.trkd.org.tr/>).

RADYOAKTİF MADDELER İÇİN BAZI TEHLİKE SEMBOLLERİ



Radyoaktif Madde



İyonize Radyasyon

RADYOAKTİF MADDELER İÇİN BAZI TEHLİKE SEMBOLLERİ



İyonize Olmayan Radyasyon



Radyoaktif Madde için
Birleşmiş Milletler
Taşımacılık Sembolü



Lazer Radyasyonu

RADYOAKTİF MADDELER İÇİN BAZI TEHLİKE SEMBOLLERİ



Radyoaktif Maddelerin Tehlike Sınıflandırılması

- Kaynak : Atatürk Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Ders Notları