



**ÖZEL  
BALIKLI RUM HASTANESİ VAKFI**

**RADYASYON GÜVENLİĞİ  
REHBERİ**

RADYASYON GÜVENLİĞİ REHBERİ

Dok No: REH.19  
Yayın tarihi: 15/09/2019  
Rev No: 01  
Rev Tarihi: 20/08/2022

**Rehberi Hazırlayan**

*Radyoloji Uzmanı*  
Dr. Nazan Yinanç

*Kalite Yönetim Sorumlusu*  
Tıbbi Biyo. Panayot Sarı

**Katkıda Bulunanlar**

Rad. Tek. DenizDoğan

**Onaylayanlar**

*Başhekim*  
Uzm. Dr. Stati Leana



## İçindekiler

1. GİRİŞ.....	6
1.1. Amaç.....	6
1.2. İçerik .....	6
1.3. Radyasyon Güvenliği Politikası .....	6
1.4. Tanımlar.....	6
2. RADYASYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	9
2.1. Radyasyonun Tanımı Ve Türleri.....	9
2.2. Radyasyon Kaynakları.....	10
2.2.1. Doğal radyasyon kaynakları .....	10
2.2.2. Yapay radyasyon kaynakları.....	11
2.3. Radyasyon Çeşitleri .....	11
2.3.1. İyonlaştırıcı radyasyonlar .....	12
2.3.2. Elektromanyetik radyasyon .....	12
2.3.3. Röntgen (X) Işınları.....	13
2.3.4. X Işınlının Özellikleri.....	13
3. RADYASYONUN CANLILAR ÜZERİNE ETKİSİ .....	15
3.1. Radyasyon Birimleri.....	16
3.2. Bazı Radyolojik Tetkikler Sonucu, Ülke Seviyelerine Ve Yapılan Tetkiklere Göre, Hastaların Maruz Kaldığı Etkin Dozlar .....	16
3.3. Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....	17
3.3.1. Radyasyonun hücre ile etkileşimi.....	17
3.3.2. Radyasyonun kromozoma verdiği hasarların sonuçları .....	17
3.3.3. Kromozom hasarlarına etki eden faktörler.....	17
3.3.4. Biyolojik etkilerin sınıflandırılması .....	17
3.3.5. Radyasyon maruziyeti sınırları ve azaltılması.....	22
3.3.6. Doz azaltılması .....	23
4. RADYASYONDAN KORUNMA.....	24
4.1. Temel Prensipler .....	24
4.2. Radyasyondan Korunma Standartları.....	24
4.3. X-Işını Odasının Düzenlenmesi .....	24
4.4. Çalışanların Güvenliği.....	25
4.4.1. Dozimetre kontrolü .....	26
4.4.2. Kurşun yelek kullanımı ve kontrolü:.....	26
4.4.3. Tiroid koruyucular .....	27
4.4.4. Radyolji personeli sağlık taramaları .....	27

4.5. Hasta Güvenliği.....	27
4.6. Monitoring.....	28
4.7. Saçılan Radyasyon .....	28
4.7.1. Hamilelik ve Tıbbi Işınlama.....	29
5. KAZA DURUMUNDA YAPILACAKLAR .....	31
5.1. Kaza Durumunda Başvurulacak Ve Müdahalede Görev Alacak Personel.....	31
5.2. Kaza Durumunda Kullanılacak Araç, Gereç ve Cihazlar .....	31
5.3. Kaza Raporu ve Kayıtlar .....	31
5.4. Radyoloji Kaza veya Tehlike Durumunda Yapılması Gerekenler .....	32

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Amaç

Bu el kitabı radyoloji bölümünde kullanılan cihazların; sağlık, eğitim ve teşhis amacıyla güvenli ve etkin kullanımına katkıda bulunmak, hastane personeli, hasta ve çevre güvenliğini sağlamak amacıyla tüm hastane personeline yönelik olarak hazırlanmıştır.

### 1.2. İçerik

Bu el kitabı Özel Çevre Hastanesi radyasyon güvenliği yönetimini, güvenlik önlemlerini ve tehlike durumunda yapılması gerekli uygulamaları içermektedir.

### 1.3. Radyasyon Güvenliği Politikası

Hastanemizde hasta ve çevre güvenliğinin sağlanması amacıyla radyasyondan korunmanın temel güvenlik standartlarına (gerekçelendirme, optimizasyon, doz sınırları) uygun çalışmalarını koşulları, TENMAK'ın Radyasyon Güvenliği Mevzuatı ile ilgili konum ve yönetmeliklerin rehberliğinde sağlanmış ve gerekli önlemler alınmıştır. Hastanemizde bulunan tüm radyasyon üreten cihazlar TENMAK tarafından lisanslanmıştır.

Uygulama Özel Çevre Hastanesi 'nde radyasyonla çalışan bölümlerin işleyiş ve prosedürleri adı geçen yönetmelikler ışığında düzenlenmiştir.

### 1.4. Tanımlar

**Radyasyon:** Radyasyon, dalga parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir.

**Dozimetre:** Radyasyon kaynakları ile çalışan kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozunun belirlenmesinde kullanılan cihazlar ve yapılan işlemleri ifade eden sistemdir.

**Bilimsel danışma kurulu:** 3153 nolu yasada tanımlanan radyasyonla çalışan 3 ana birimin (Nükleer Tıp, Radyasyon Onkolojisi ve Radyoloji) hekim ve medikal fizik uzmanlarından oluşur.

**Bulaşma:** Herhangi bir maddenin yüzeyinde veya içinde ya da canlı varlıklarda istenmeyen radyoaktif madde birikimidir.

**Eşdeğer doz;** birimi Sievert (Sv) olup, radyasyonun türüne ve enerjisine bağlı olarak doku veya organda soğurulmuş dozun, radyasyon ağırlık faktörü ile çarpılmış halidir.

**Etkin doz;** birimi Sievert (Sv) olup, insan vücudunda ışınlanan bütün doku ve organlar için hesaplanmış eşdeğer dozun, her doku ve organın doku ağırlık faktörleri ile çarpılması sonucunda elde edilen dozların toplamıdır.

**Lisans Sahibi;** Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği hükümlerine göre verilen lisans belgesinde ismi belirtilen ve radyasyon güvenliği mevzuatının uygulanmasında Kuruma karşı sorumlu olan kişiyi,

**Geçici görevliler:** Görev gereği denetimli ve gözetimli alanlarda geçici olarak veya arasıra bulunan kişilerdir.

**Görev gereği ışınlanma:** Bu Tüzük kapsamına giren faaliyetlerin yürütülmesi esnasında görev gereği maruz kalınan ışınlanmadır.

**Işınlanma:** Görev gereği, tıbbi veya toplumsal olarak, radyasyon uygulamasından veya kaynağından çıkan radyasyona maruz kalmaz. Vücut dışındaki bir radyasyon kaynağından maruz kalınan ışınlanmalar dış ışınlanmalar, radyoaktif maddelerin solunum, sindirim veya cilt yoluyla alınmasını ya da tanı veya tedavi amacıyla vücuda verilmesini takiben oluşan ışınlanmalar iç ışınlanmalardır.

**İyonlaştırıcı radyasyon:** Radyo ve ses dalgaları, görünür, kızılötesi ve morötesi ışık hariç olmak

üzere yolları üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak iyon oluşturma kapasitesinde olan elektromagnetik radyasyonlar, gama ve X-ışınları, alfa ve beta parçacıkları, yüksek hızlı elektronlar, nötronlar, protonlar ve diğer nükleer parçacıklardır.

**İzin:** Radyasyon güvenliği tüzüğü kapsamına giren faaliyetlerden uygulama yöntemleri güvenli ve basit, ayrıca maruz kalınan radyasyon riski düşük olan uygulamaların yürütülmesi için sorumlu olacak kişilerin eğitim ve deneyimleri, radyasyon kaynağının teknik özellikleri ve radyasyon kaynağının bulunduğu yer ile ilgili koşulların radyasyon güvenliği açısından yeterli olduğunun TENMAK tarafından belirlenmesi ile yapılan yetkilendirme sonucunda verilen belgedir.

**Lisans:** Radyasyon güvenliği tüzüğü kapsamına giren faaliyetlerden uygulama yöntemleri güvenlik önlemleri alınmasını gerektiren, karmaşık, ayrıca maruz kalınan radyasyon riski yüksek olan uygulamaların in yürütülmesi için sorumlu olacak kişilerin eğitim ve deneyimleri, radyasyon kaynağının teknik özellikleri ve radyasyon kaynağının bulunduğu yer ile ilgili koşulların radyasyon güvenliği açısından yeterli olduğunun TENMAK tarafından belirlenmesi ile yapılan yetkilendirme sonucunda verilen belgedir.

**Radyasyon:** Geçtikleri ortamda doğrudan veya dolaylı iyon çifti oluşturabilen enerjideki parçacık ve elektromagnetik dalga olup bu Tüzükte kullanılan radyasyon terimi iyonlaştırıcı radyasyonu ifade eder.

**Radyasyon Görevlisi;** Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği 10uncu maddesinde belirtilen yıllık doza maruz kalma olasılığı bulunan ve bu Yönetmeliğin 15inci maddesinde belirtilen denetimli ve gözetimli alanlarda görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişidir.

**Radyasyon Güvenliği Uzmanı;** mühendislik veya fen bilimleri alanında aldığı temel eğitim üzerine radyasyon güvenliği alanında lisans üstü eğitimi veya radyasyon güvenliği ile ilgili olarak katıldığı yurt içi ve/veya yurt dışı eğitimi Kurum tarafından uygun görülüp onaylanan ve radyasyon güvenliği konusunda en az 4 (dört) yıllık deneyime sahip kişidir.

**Radyasyon görevlisi:** Denetimli ve gözetimli alanlarda görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişidir.

**Radyasyon kaynağı:** Radyoaktif maddeler ve radyasyon yayan veya üreten cihazlardır.

**Radyasyon üreten cihaz:** Yüklü parçacık veya ağır iyonları hızlandırarak belirli güvenlik önlemleri içerisinde ve denetim altında iyonlaştırıcı radyasyon üretmek üzere yapılmış röntgen cihazları, betatron, lineer akseleratör, siklotron ve nötron jeneratörü gibi cihazlardır.

**Radyasyon yayan cihaz:** Bir veya birkaç tür iyonlaştırıcı radyasyonu belirli güvenlik önlemleri içerisinde ve denetim altında yaymak amacıyla yapılmış olan ve radyoaktif madde içeren cihazdır.

**Radyasyon korunması sorumlusu:** Radyasyon korunmasında temel güvenlik standartlarını yapılan işin niteliklerine göre uygulayacak, bu alanda eğitim ve deneyimi belgelenecek TENMAK tarafından onaylanmış kişidir.

**Radyoaktivite:** Kararsız atom çekirdeklerinin parçacıklı ve/veya elektromanyetik radyasyonlar yayınlamak sureti ile başka atom çekirdeklerine dönüşmesi olup birimi Becquerel'dir.

**Radyoaktif madde:** Bir veya birden çok iyonlaştırıcı radyasyon yayarak çekirdekleri kendiliğinden bozunmaya uğrayan bir izotopu alaşım, karışım, bileşik veya çözelti olarak içeren maddelerdir. Tıbbi (medikal) Fizik Uzmanları; Kurum tarafından aranacak koşulları özel yönetmeliklerinde belirtilen ve tıbbi uygulama alanlarına göre radyoterapi, radyoloji ve nükleer tıp fizikçisi olarak isimlendirilen kişilerdir.

**Tesis sahibi:** Radyasyon güvenliği tüzüğü kapsamına giren radyasyon kaynakları ile faaliyette bulunan tesis veya kuruluşların sahibidir. Tesis sahibi aynı zamanda izin/lisans sahibi de olabilir.

**Tıbbi ışınlanma:** Tanı, tedavi ve tıbbi araştırma amacıyla yapılan radyasyon uygulamalarında, görevi gereği ışınlanmalar hariç, hastaların ve gönüllü hasta refakatçilerinin ışınlanmasıdır.

**Toplum etkin dozu;** ışınlamaya maruz kalan çeşitli grupların ortalama etkin dozu ile bu grubu oluşturan kişi sayısının çarpımının toplamıdır.

**Yetkilendirme:** Radyasyon güvenliği tüzüğü kapsamına giren faaliyetlerin yürütülmesi için kişilerin ve uygulama koşullarının radyasyon güvenliği açısından yeterli olduğunun TENMAK tarafından belirlenmesi sonucunda uygulanan işlemdir.

**Yetkin uzman:** Mühendislik, tıp veya fen bilimleri alanında aldıkları temel eğitim üzerine bu Radyasyon güvenliği tüzüğü kapsamına giren faaliyetlerin yürütülmesi için ilgili yönetmeliklerde özellikleri belirtilen gerekli eğitimi almış, aynı zamanda radyasyondan korunma ve radyasyon güvenliğinin sağlanması konusunda eğitim ve tecrübesi TENMAK tarafından teyit edilmiş kişidir.

**Yüklenmiş eşdeğer doz;** birimi Sievert (Sv) olup, radyoaktif maddenin alınmasını takiben, doku veya organda kaldığı sürede (süre belirtilmemiş ise, yetişkinler için 50 yıl, çocuklar için 70 yıl alınır) vermiş olduğu eşdeğer doz toplam dozdur.

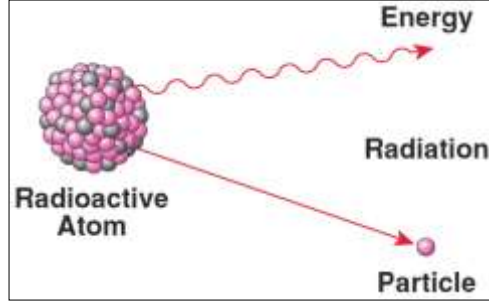
**Yüklenmiş etkin doz;** yüklenmiş eşdeğer dozun, her doku ve organın doku ağırlık faktörleri ile çarpılması sonucunda elde edilen toplamıdır.



## 2. RADYASYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER

### 2.1. Radyasyonun Tanımı Ve Türleri

Radyasyon, dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir. Yayılan enerjinin miktarına ve bu enerjinin kaynağına göre değişen çeşitli radyasyon tipleri vardır. Radyasyon atomlardan meydana gelir.



Şekil 1: Radyasyon meydana gelişi

Canlı veya cansız tüm varlıklar atomlardan oluşurlar. Yetişkin bir insan vücudunu, yaklaşık  $4 \times 10^{27}$  oksijen, karbon, hidrojen, nitrojen, fosfor, potasyum ve diğer elementlerin atomlarının oluşturduğu bir paket gibi düşünebiliriz.

- Enerjisi; düşük ve yüksek enerjili radyasyon
- Türü; parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon
- Kaynağı; doğal ve yapay radyasyon kaynakları olarak sınıflandırılabilir.



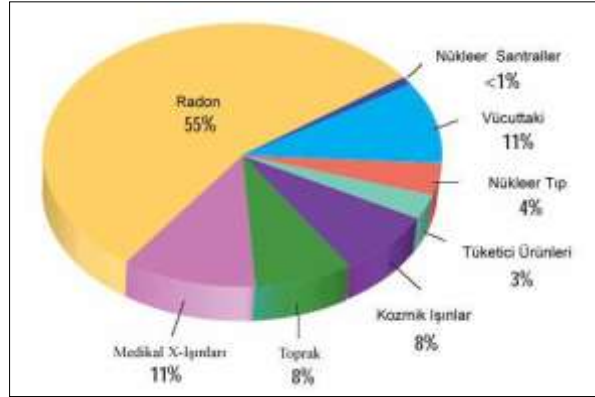
Şekil 2. Radyasyonun çeşitleri.

Yüksek enerjili radyasyon iyonize radyasyon olarak da tanımlanır ve atomdan elektron koparabilen dolayısıyla atomu iyonize edebilen radyasyon türüdür. Bunlar: Alfa, Beta, Gama ve X-ışınlarıdır.

Düşük enerjili ya da iyonize olmayan radyasyon ise etkileştiği materyal içindeki atomları yeteri kadar enerjisi olmadığı için iyonize edemez ve sadece uyarmakla yetinir. Mikrodalgalar, görünür ışık, radyo dalgaları, kızılötesi ve (çok kısa dalga boyluları hariç olmak üzere) morötesi ışık iyonize olmayan radyasyona örnektir.

## 2.2. Radyasyon Kaynakları

Yeryüzündeki tüm canlılar ve cansızlar havada, suda, toprakta, hatta kendi vücutları içerisindeki doğal radyasyon kaynakları ve bunlara ek olarak insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının her gün ışınımına maruz kalmaktadırlar (Şekil 3).



Şekil 3. Radyasyon kaynakları

İnsanoğlu var oluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi (doğal fon) oluşturmuşlardır. Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bir hayli artış göstermiştir. Maruz kalınan doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgâr yönü gibi etkenler de doğal radyasyon seviyesinin büyüklüğünü belirler.

Radyasyon kaynaklarını, doğal ve yapay olmak üzere, iki sınıfa ayırabiliriz.

### 2.2.1. Doğal radyasyon kaynakları

Doğal radyasyonun bir kısmını uzaydan gelen kozmik ışınlar oluşturur. Bu ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferinden geçmeye çalışırken tutulurlar. Sadece küçük bir miktarı yerküreye ulaşır. Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır. Bu yüzden bir pilot, uçuş süresi boyunca, deniz seviyesinde çalışan bir kişinin maruz kaldığı doğal radyasyon düzeyinden yaklaşık 20 kat daha fazla bir radyasyon dozuna maruz kalır. Günlük yaşantımızda, kozmik ışınlar nedeniyle maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,39 mSv / yıl'dır.

Fosil yakıtlar doğal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür elementler yakıt içinde iken bir radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak fosil yakıtlar yakıldıklarında bu elementler atmosfere yayılır ve daha sonra toprağa dönerek doğal radyasyon düzeyinde az da olsa bir artışa neden olur. Doğada mevcut kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydığı gama ışınlarının da katkısıyla topraktan maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,46 mSv / yıl'dır.

Vücudumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özellikle Potasyum-40 radyoaktif elementinden) dolayı da belli bir radyasyon dozuna maruz kalırız. Bir yıl boyunca bu şekilde maruz kaldığımız iç (dâhili) radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,23 mSv kadardır.

Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan maruz kaldığımız dozun dünya ortalaması yaklaşık 0,25 mSv/yıl'dır. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar bu ortalamanın üzerinde bir radyasyon dozu alırlar. Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli sebeplerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin bozunması sırasında salınan radon gazıdır. Bu bozunma sırasında oluşan diğer radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalırken maalesef radon toprak yüzeyine doğru yükselir. Eğer bu gaz,

yayımlar sonucu seyrelirse herhangi bir sorun oluşturmaz. Ancak, radon gazının yayıldığı yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandırma sisteminin olması gerekir. Böyle bir havalandırma yoksa radon gazı evin içinde dışarıdakinden yüz kat hatta bin kat daha fazla olacaktır. Bu gaz teneffüs edildiği takdirde akciğerlere geçici olarak yerleşip tüm dokuların radyasyona maruz kalmasına neden olabilir. Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1,3 mSv / yıl'dır. Radon gazı hariç doğal radyasyonun sağlık üzerinde zararlı bir etkisi görülmez.

### 2.2.2. Yapay radyasyon kaynakları

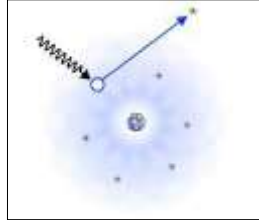
Gelişmiş endüstriyel ekonomilerin ve yüksek yaşam standartlarının, doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynakları kullanılmadan süreklilik gösterebileceğini düşünmek şimdilik pek mümkün gözükmemektedir. İşte bu yüzden insanoğlu, teknolojik gelişiminin gereği olarak, bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla üretme ihtiyacı duymuştur. Bu kaynaklar, birçok işin daha iyi, daha kolay, daha çabuk, daha ucuz ve daha basit yapılmasına olanak sağlar. Bazı durumlarda ise alternatifleri yok gibidir.

Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olurlar. Ancak bu doz miktarı, talebe bağlı olarak artsa da, doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serptintiler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır.

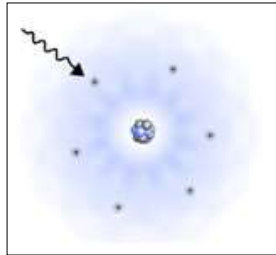
### 2.3. Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon madde üzerinde oluşturdukları etkilere göre, iyonlaştırıcı olan ve olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek enerjili ışınlar başka bir atoma çarptıklarında o atomun dış yörüngesinde bulunan elektronu koparabiliyorsa, diğer bir deyişle bu atomu iyon haline getirebiliyorsa bunlara **iyonlaştırıcı radyasyon** (iyonizan radyasyon) adı verilir.



Şekil 4: İyonize radyasyonun oluşumu.

Diğer yandan herhangi bir kaynaktan çıkan (örneğin güneş) ancak iyonizasyona neden olmayan radyasyona **iyonlaştırmayan radyasyon** (non-iyonizan radyasyon) adı verilir. Atomları iyonlaştıracak kadar yüksek enerjiye sahip radyasyon, hedef madde üzerinde bir miktar ısı artışına yol açar ve bilindiği kadarıyla, canlı organizmalar üzerinde olumsuz bir etkiye sahip değildir.



Şekil 5: İyonize olmayan radyasyonun oluşumu.

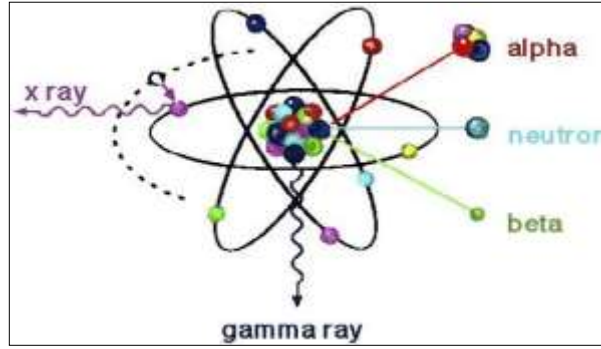
İyonlaştırıcı radyasyon, atomları iyonlaştırabildiğinden, molekül bağlarını da kırabilir. Açığa çıkan serbest radikaller diğer hücrelere de sızarak, olumsuz kimyasal tepkimelere yol açar. Böylelikle, canlı organizmaların hücre yapılarında ve mekanizmalarında hasar oluşur.



Şekil 6: Radyasyon Çeşitleri.

İyonlaştırıcı radyasyonlar; kozmik radyasyonlar ya da kozmik ışınları (uzaydan gelen X ve gama ışınları), Röntgen ışınları olarak adlandırdığımız X-ışınları ve radyoaktif maddelerden çıkan alfa, beta, nötron, gama ışınları gibi çeşitli türdeki radyasyonları kapsamaktadır.

X-ışınları dışındaki radyasyonlar, atom çekirdeğinden çıkmakta ve bundan dolayı bunlara **nükleer radyasyonlar** da denilmektedir.

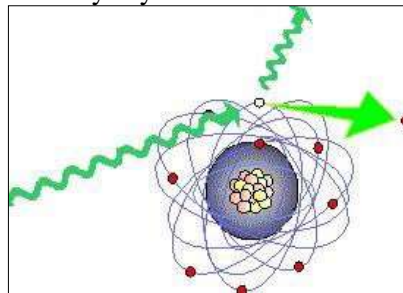


Şekil 7: İyonize radyasyonların orijini.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar; ultraviyole ışık (morötesi ışık), güneş ışınları, radyo dalgaları, bilgisayar ve televizyonların çalıştığı elektromanyetik dalgalar, radar dalgaları, cep telefonlarından yayılan elektromanyetik dalgalar, mikro dalgalar, baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik sinyaller ve benzerlerini içermektedir.

### 2.3.1. İyonlaştırıcı radyasyonlar

İyonize radyasyon çevre atomlara enerji aktarır ve elektron kopmasına neden olur. Elektromanyetik ve partiküler olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 8: Atomun İyonizasyonu.

### 2.3.2. Elektromanyetik radyasyon

Elektromanyetik radyasyon X ışınları ve gama ışınları gibi iyonize radyasyonlar ile ultraviyole ışık (morötesi ışık), infrared ışık (kızılötesi), radar, mikrodalga, radyo dalgaları, görünen ışık ve benzerlerini içeren non-iyonize radyasyonları içermektedir.

### 2.3.3. Röntgen (X) Işınları

Tıpta kullanılan röntgen cihazlarında elde edilen X-ışını, temelde X-ışını tüpü adı verilen bir tüp içinde bulunan elektron tabancasından çıkan yüksek enerjili elektronlar yüksek hızlarda hedefe çarptırılır. Bu devreden sonra iki farklı mekanizma ile x-ışını açığa çıkar. Birinci mekanizmaya göre hızla gelen elektron, tungsten atomun çekirdeği etrafında salınmaya başlar ve yavaşlar, bu sırada enerjisinin bir kısmını X-ışını şeklinde yayarak kaybeder. İkinci mekanizma elektron yörüngelerindeki enerji düzeyleri ile ilgilidir. Buna göre çekirdeğe en yakın olan yörüngesindeki elektrona, elektron tabancasından gelen hızlı ve yüksek enerjili elektron çarptığında buradaki elektrona fırlatır burada bir elektronluk boş yer kalır ve elektronunu kaybeden atom uyarılmış atom hale gelir. Bu boşluğu doldurmak için daha yüksek enerjili yörüngeden elektron gelirken enerjisi fazla olduğundan daha düşük enerjili boş yörüngeye geçerken aradaki enerji farkı kadar bir enerjinin yayılmasına neden olur. Bu yayılan enerji X-ışınıdır. Bu olay sürekli tekrarlanırsa düzenli bir şekilde aynı enerjiye sahip X-ışınları çıkar.

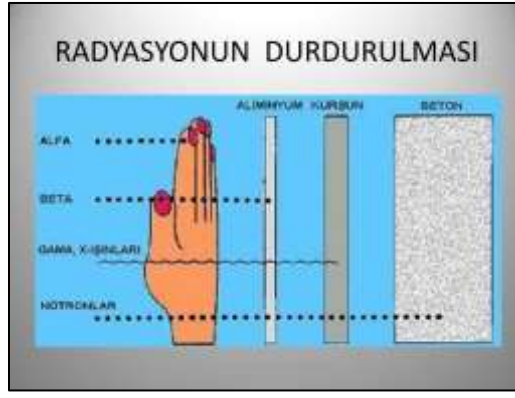
### 2.3.4. X Işınlının Özellikleri

- X ışınlarının dalga boyu  $0.04-1000 \text{ \AA}$  arasında değişmekle birlikte tanısal alanda kullanılanları  $0.5 \text{ \AA}$  dalga boyundadır. İnsan gözü  $3800-7800 \text{ \AA}$  arasındaki dalga boyundaki ışığı seçebildiğinden X ışınları gözle görülmezler ve merceklerle saptırılamazlar.
- Dalga boyları küçük, girginlik dereceleri fazla X ışınlarına, **Sert X ışınları** denir. Dalga boyları büyük, girginlik dereceleri az X ışınlarına, **Yumuşak X ışınları** denir.
- Hızları  $c = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sn}$  olup ışık hızı kadardır.
- Yüksüz oldukları için manyetik ve elektrik alanlardan etkilenmezler.
- X ışını fotoğrafik etkiye sahip olup görülebilen ışık gibi gümüş tuzlarının kararmasına yol açar. X ışınının bu etkisi sayesinde Röntgen filmlerinde içinde değişik kimyasal maddelerin bulunduğu banyolarda, görülebilen imajlara dönüştürülmektedir.



Resim 1: X ışınlarının fotoğrafik özelliği.

- X ışını kimyasal etkiye sahiptir. X ışınına maruz kalan maddenin kimyasal yapısında bazı değişiklikler oluşur. Yapısında değişiklik oluşan maddelerden en önemlisi, canlı vücudunun da büyük kısmında bulunan sudur. Suda iyonlaşma sonucunda serbest radikaller meydana gelir.
- X ışınları biyolojik etkilere sahip olup canlı hücrelerde, kromozomların yapısındaki DNA molekülünde, genetik mutasyon (değişiklik) veya ölümle sonuçlanabilecek önemli hasarlar meydana getirebilir. Vücutta radyasyona en duyarlı hücreler üreme ve hematopoetik (kan hücresi üretimi) sistem hücreleri olup mutlak korunmaları zorunludur. Bu karşın çok güçlü X ışınlarının canlı hücreleri yok etme özelliğinden de faydalanılmakta ve radyoterapide kullanılmaktadır.
- Maddeyi nüfuz etme (penetrasyon) özelliği fazla olduğundan madde içinden kolaylıkla geçerler. Bu esnada bir kısmı yollarından saparlar ve saçılırlar. Saçılıma uğrayan kısmı sekonder (ikincil) radyasyon adı ile etkileşime devam eder.
- Atom numarası yüksek maddeler tarafından absorplanırlar (emilme) (Demir, beton, kurşun gibi)
- Maddeyi iyonize ederek, biyolojik ve kimyasal hasarlar meydana getirirler.
- Rölatif Biyolojik Etkinlik değeri 1'dir (RBE: 1).



**Resim 2:** Farklı radyasyonların absorpsiyon maddeleri.



### 3. RADYASYONUN CANLILAR ÜZERİNE ETKİSİ

Uzayda saniyede yaklaşık 300.000 km gibi çok yüksek hızlarla hareket eden bu ışınlar kolaylıkla insan vücuduna nüfuz edebilir ve vücudu oluşturan biyolojik hücrelere hasar verebilirler. Ayrıca, bu ışınların hücrelerin kimyasal yapılarını değiştirmeleri de mümkündür. Özellikle elektrik yüklü ışınlar saniyenin binde biri gibi çok kısa süre içinde hücre moleküllerini parçalayıp iyonlarına ayrıştırabilirler. Bununla birlikte, etrafta bulunan diğer hücreleri de fizyolojik görevlerini yapamaz duruma getirebilirler. Bütün bunların sonucunda radyasyona maruz kalan bir hücre ya ölür veya işlevini yitirir. Aslında az sayıda hücrenin ölmesi önemli değildir. Çünkü, normal yaşamda yıpranan hücrelerin ölümü ve yerlerine yenilerin doğması doğaldır. Ancak, yüksek radyasyon sonucu çok sayıda hücrenin aniden ölmesi veya normal çalışmasının bozulması canlının sağlığını önemli ölçüde etkileyecek bir olaydır.

Hayati önemi fazla olan dokularda (kemik iliği, dalak, kan ve üreme hücreleri) radyasyonun etkisi daha erken görülür. Çünkü, bu hücreler daha çabuk çoğaldığından bir hücredeki hasar, sakat doğan yeni hücrelerle çığ gibi büyür. Bu ise uzun bir zaman dilimi içerisinde her an bir tümör olarak sonuçlanabilir. Radyasyonun kanserojen etkisi bu şekilde ortaya çıkmaktaydı.

En büyük tehlike ise hücre çekirdeği içindeki DNA'ların bozulmasıdır. DNA'lardan oluşan kromozomların yapılarının değişmesi, taşıdığı sırların kaybolması ve yeni genetik yapıları hücreler haline dönüşmesi sonucunda ebeveyne benzemeyen yeni bir genotip ortaya çıkar. Bu farklılaşmaya mutasyon adı verilir. Eğer bu durum, bireyin üreme hücrelerinde gerçekleşirse radyasyondan kaynaklanan bu değişiklik gelecek nesillere de aktarılır.

Yüksek dozda radyasyona maruz kalmış bireylerde görülebilecek başlıca hastalıklar şunlardır: Kanda ve kan yapan organlarda tahribat (anemi, lösemi), ciltte ateş yanığını andıran yaralar, gözde katarakt, kısırlık, kanser ve kalıtsal bozukluklar...

Bir insan vücudunun kısa bir süre belirli bir radyasyon dozuna maruz kalması sonucu görülebilecek rahatsızlıklar ise kişiden kişiye değişebilir. Ancak, bu rahatsızlıkların genel özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

50 rem gözlenebilir bir biyolojik etki meydana getiren en küçük radyasyon dozudur. Bu doz kandaki akyuvar sayısında geçici bir değişiklik meydana getirir.

100 – 200 rem arasında radyasyona maruz kalan bir insanda 3 saat içerisinde kusma ile birlikte yorgunluk ve iştahsızlık görülür. Bu tür hastalarda bir kaç hafta içinde iyileşme gözlenir.

300 rem radyasyon dozuna maruz kalan kişilerde 2 saat içinde kusma ve halsizlik başlar. Yaklaşık 2 hafta sonra ise saçlar dökülmeye başlar. Bir ay ile bir yıl arasında bu kişilerin %90'ı iyileşir. Vücut tarafından alınan radyasyon dozunun artmasıyla gözlenen etkiler daha belirgin ve ciddi olmaya başlar.

400 rem radyasyon dozuna maruz kalan kişilerde bir kaç saat içerisinde başlayan bulantı ve kusma dönemini iştahsızlık, halsizlik, ateş ve saç dökülmesi izler. Yaklaşık iki hafta sonra ağızda iltihaplanma görülür, ishal ile birlikte hızlı kilo kaybı başlar. Bu dozda radyasyona maruz kalan fertlerin %50'si 2 ile 4 hafta içinde ölür.

Doz 600 rem'e çıktığında ise ölüm oranı %90'a çıkar. Kalanların iyileşmesi ise çok uzun süren tedaviler gerektirir.

Radyoaktif ışınların zararları yanında bir çok yararları ve kullanım alanları da mevcuttur.

### 3.1. Radyasyon Birimleri

Radyasyon terimleri ve özel birimler ile SI birimleri arasındaki ilişki

TERİM	BİRİMİ		DÖNÜŞÜM
	ESKİ	YENİ	
<b>AKTİVİTE</b>	Curie (Ci) ; $3.7 \times 10^{10}$ parçalanma / 1 saniye	Becquerel (Bq); 1 parçalanma/1 saniye	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$
<b>İŞINLANMA DOZU</b>	Röntgen (R) ; normal hava şartlarında ( $0^\circ \text{C}$ ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1 kg'ında $2.58 \times 10^{-4}$ Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya radyasyonu miktarıdır.	Coulomb / kilogram (C/kg) ; normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya radyasyonu miktarıdır.	$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$ $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
<b>SOĞURULMUŞ DOZ</b>	radiation absorbed dose (rad); ışınlanan maddenin 1 kg'ında $10^{-2}$ Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	Gray (Gy) ; ışınlanan maddenin 1 kg'ında 1 Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$
<b>DOZ EŞDEĞERİ</b>	röntgen equivalent man (rem); 1 Röntgenlik X veya $\gamma$ ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Rem} = (\text{rad}) \times (\text{WR})^*$	Sievert (Sv) ; 1 Gy'lik X ve $\gamma$ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Sv} = (\text{Gy}) \times (\text{WR})^*$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. ([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index))

### 3.2. Bazı Radyolojik Tetkikler Sonucu, Ülke Seviyelerine Ve Yapılan Tetkiklere Göre, Hastaların Maruz Kaldığı Etkin Dozlar

TETKİKLER	HER BİR TETKİKTE MARUZ KALINAN ETKİN DOZ (mSv)				
	Seviye 1*	Seviye 2**	Seviye 3-4***	Dünya	
Göğüs Radyografisi	0.14	0.14	0.20	0.14	
Göğüs Fotofloroskopisi	0.65	0.65	0.65	0.65	
Göğüs Floroskopisi	1.1	1.1	1.1	1.1	
Kol, bacak ve eklemler	0.06	0.06	0.1	0.06	
Omurga	Bel	1.8	1.8	2	1.8
	Göğüs	1.4	1.4	1.5	1.4
	Boyun	0.27	0.27	0.3	0.27
Kalça ve Kalça eklemi	0.83	0.83	1	0.83	
Kafa	0.1	0.1	0.15	0.1	
Karın	0.5	0.6	1	0.55	
Üst sindirim sistemi	3.6	4	4	3.7	



Alt sindirim sistemi	6.4	6.4	6.4	6.4
Safra kesesi grafisi	2	2	2	2
Üriner sistem grafisi	3.7	3.9	4	3.7
Mamografi	0.5	0.5	0.5	0.5
Bilgisayarlı Tomografi	8.8	5	5	8.6
Anjiyografi	12	12	12	12
Cerrahi işlemler	20	20	20	20
Diş	0.02	0.1	0.1	0.03

\* Seviye 1; Doktor başına 1000'den az hasta düşen ülkeler

\*\* Seviye 2; Doktor başına 1000-3000 arası hasta düşen ülkeler (Türkiye bu gruptadır.)

\*\*\* Seviye 3; Doktor başına 3000-10000 arası hasta düşen ülkeler

Seviye 4; Doktor başına 10000'den fazla hasta düşen ülkeler

**Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. (www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm)**

### 3.3. Radyasyonun Biyolojik Etkileri

#### 3.3.1. Radyasyonun hücre ile etkileşimi

İyonlaştırıcı radyasyonun bir canlıda biyolojik bir hasar yaratabilmesi için radyasyon enerjisinin hücre tarafından soğurulması gerekir. Bu soğurma sonucu hedef moleküllerde iyonlaşma ve uyarılmalar meydana gelir. Bu iyonlaşmalar, DNA zincirlerinde kırılmalara ve hücre içerisinde kimyasal toksinlerin üremesine neden olabilir. Kırılmaların hemen ardından bir onarım faaliyeti başlar. Hasar çok büyük değilse DNA da meydana gelen kırılmalar onarılabilir. Ancak bu onarım esnasında da hatalar oluşabilir ve yanlış şifre bilgiler içeren kromozomlar meydana gelebilir.

#### 3.3.2. Radyasyonun kromozoma verdiği hasarların sonuçları

Vücudun bir çok organ ya da dokusu, önemli sayıda hücre kaybına rağmen faaliyetlerini normal bir şekilde sürdürebilir. Yine de hücre kaybı belli bir sayının üzerine çıktığında ışınlanan kişilerde gözlenebilir hasarlar meydana gelecektir. Etki eşliğini aşan akut doz almış kişilerde ortaya çıkan bu tür hasarlara **DETERMİNİSTİK ETKİLER** denir.

Kanser ve genetik etkiler radyasyonun **STOKASTİK** (rastlantısal) **ETKİLERİDİR**, belli bir eşik doz yoktur, meydana gelme olasılığı doz ile artar, şiddet derecesi doz ile artmaz. Stokastik etkilere tek bir hücrede meydana gelen hasarlar neden olur. Doku dozu arttıkça çok daha fazla sayıda hücre hasar görecektir ve stokastik etkilerin meydana gelme ihtimali artar.

#### 3.3.3. Kromozom hasarlarına etki eden faktörler

##### *Radyasyonun Özelliklerine Bağlı Faktörler*

Hasarın büyüklüğünü, radyasyonun çeşidi ve sahip olduğu enerji belirler; Doz hızı ve maruz kalış süresi de diğer belirleyici faktör olup 1 Gy'lik bir dozun bir saatte alınması sonucu oluşacak hasar, aynı dozun bir hafta boyunca alınması sonucu oluşacak hasardan büyük olacaktır.

##### *Organizmanın Özelliklerine Bağlı Faktörler*

Oksijen konsantrasyonu yüksek dokular ile sık sık bölünen, tam olarak farklılaşmamış ve bölünme safhasında olan hücrelerin radyasyona karşı duyarlılığı fazladır. Radyasyona duyarlılık yaşa, cinsiyete ve organizmanın sağlığına göre de değişebilir.

#### 3.3.4. Biyolojik etkilerin sınıflandırılması

Radyasyonun hücre ile etkileşmesi sonucunda kromozomda meydana gelen hasarlar bedensel

ve kalıtsal biyolojik etkilerin oluşmasına yol açarlar. Etkiler: erken ve gecikmiş etkiler olarak iki farklı grupta incelenebilir.

***Erken Etkiler (Akut Işınlanma Etkileri)***

Vücudun belli bir bölgesi, tamamı veya büyük bir kısmı kısa bir zaman dilimi içerisinde büyük miktarlarda radyasyon dozuna maruz kaldığında ortaya çıkabilecek hasarlar kişiden kişiye değişmekle birlikte genel olarak birkaç gün veya birkaç hafta içerisinde şiddetli hasarlar, hastalıklar ve hatta ölüm meydana gelebilir.

Akut ışınlanmalar olarak adlandırılan bu tip ışınlanmalar, genellikle, radyasyon kazası sonucu meydana gelen istem dışı ışınlanmalardır.

Akut ışınlanmalar sonucu meydana gelebilecek etkileri, genel olarak, akut radyasyon sendromları ve bölgesel radyasyon hasarları olarak sınıflandırmak mümkündür.

***Akut Radyasyon Sendromları (ARS)***

Vücudun tamamının veya büyük bir bölümünün akut bir ışınlamaya maruz kalması sonucunda gelişen Akut Radyasyon Sendromları (ARS) iyonlaştırıcı radyasyonların en önemli deterministik etkisidir.

***ARS, Başlangıç Devresi***

Semptomlar ve Tıbbi Müdahale	ARS Derecesi ve Yaklaşık Akut Doz				
	Hafif	Orta	Şiddetli	Çok şiddetli	Ölümcül
	1-2 Gy	2-4 Gy	4-6 Gy	6-8 Gy	> 8 Gy
<b>Kusma</b>					
Başlama	Işınlamadan 2saat sonra veya daha geç	Işınlamadan 1-2 saat sonra	Işınlamadan sonraki ilk 1 saat içinde	Işınlamadan sonraki ilk yarım saat içinde	Işınlamadan sonraki ilk 10 dakika içinde
Vaka oranı	% 10-50	% 70-90	% 100	% 100	% 100
<b>İshal</b>	Yok	Yok	Hafif	Kuvvetli	Kuvvetli
Başlama	-	-	3-8 saat	1-3 saat	Dakikalar mertebesinde veya 1 saat içinde
Vaka oranı		-	< % 10	> % 10	~ % 100
<b>Baş ağrısı</b>	Önemsiz	Hafif	Orta	Şiddetli	Şiddetli
Başlama	-	-	4-24 saat	3-4 saat	1-2 saat
Vaka oranı	-	-	% 50	% 80	% 80-90
<b>Bilinç</b>	Etkilenmez	Etkilenmez	Etkilenmez	Etkilenebilir	Saniyeler /dakikalar süren bilinç kaybı
Başlama	-	-	-	-	Saniyeler /dakikalar
Vaka oranı	-	-	-		% 100 (>50 Gy de)
<b>Vücut</b>	Normal	Artma	Ateş	Yüksek ateş	Yüksek ateş
Başlama	-	1-3 saat	1-2 saat	< 1 saat	< 1 saat
Vaka oranı	-	% 10-80	% 80-100	% 100	% 100

**ÖZEL BALIKLI RUM HASTANESİ VAKFI**

<b>Tıbbi müdahale</b>	Hastane dışı gözlem	Tam teşekküllü bir hastanede gözlem, gerek duyulduğu takdirde ihtisas hastanesinde tedavi	İhtisas hastanesinde tedavi	İhtisas hastanesinde tedavi	Geçici tedavi (sadece şikayetlere yönelik)
-----------------------	---------------------	---	-----------------------------	-----------------------------	--

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. ([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm))

Lenfositler radyasyona karşı en duyarlı kan hücreleridir. Mutlak lenfosit sayısındaki en küçük bir düşme, erken teşhis aşamasında, ışınlanma seviyesini gösterebilecek en iyi ve en yararlı laboratuvar testidir.

**ARS'nin ilk günlerindeki akut doza bağlı lenfosit sayısındaki (G/L) değişim.**

ARS derecesi	Doz (Gy)	Lenfosit sayısı (G/L)* İlk ışınlamadan 6 gün sonra
<b>Klinik öncesi safha</b>	0.1-1.0	1.5-2.5
<b>Hafif</b>	1.0-2.0	0.7-1.5
<b>Orta</b>	2.0-4.0	0.5-0.8
<b>Şiddetli</b>	4.0-6.0	0.3-0.5
<b>Çok şiddetli</b>	6.0-8.0	0.1-0.3
<b>Öldürücü</b>	>8.0	0.0-0.05

G/L: 10<sup>9</sup> hücre/Litre

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. ([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm))

**ARS, Gizlenme Devresi**

	ARS derecesi Yaklaşık Akut Doz				
	Hafif	Orta	Şiddetli	Çok Şiddetli	Ölümcül
	1-2 Gy	2-4 Gy	4-6 Gy	6-8 Gy	> 8Gy
<b>Lenfositler</b>	0.8-1.5	0.5-0.8	0.3-0.5	0.1-0.3	0.0-0.1
<b>Granülositler* (G/L)</b>	>2.0	1.5-2.0	1.0-1.5	=0.5	=0.1
<b>İshal</b>	Yok	Yok	Nadir	<6. ve 9. günler arasında belirir	4. ve 5. günler arasında belirir
<b>Epilasyon</b>	Yok	Orta dereceli, Başlangıç 15. Gün veya daha geç	Orta dereceli veya tam, 11. ve 21. günler arasında	Tamamen, 11 günden önce	Tamamen, 10 günden önce
<b>Gizlenme Süresi (gün)</b>	21-35	18-28	8-18	7 veya daha az	Yok
<b>Tıbbi müdahale</b>	Hastanede gözetim gerekli değil	Hastanede gözetim önerilir	Hastanede gözetim gerekli	Hastanede gözetim ivedi olarak gerekli	Sadece ağrı dindirici tedavi

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. ([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm))

	ARS Derecesi ve Yaklaşık Akut Doz				
	Hafif	Orta	Şiddetli	Çok Şiddetli	Ölümcül
	1-2 Gy	2-4 Gy	4-6 Gy	6-8 Gy	> 8Gy
<b>Belirtinin başlaması</b>	> 30 gün	18-28 gün	8-18 gün	< 7 gün	< 3 gün
<b>Lenfosit sayısı (G/L)</b>	0.8-1.5	0.5-0.8	0.3-0.5	0.1-0.3	0.0-0.1
<b>Plateletler * (G/L) (Trombositler)</b>	60-100 %10-25	30-60 %25-40	25-35 %40-80	15-25 %60-80	< 20 %80-100
<b>Klinik belirtiler</b>	Yorgunluk, halsizlik	Ateş, enfeksiyon, iç kanama, halsizlik, epilasyon	Yüksek ateş, enfeksiyon, iç kanama, epilasyon	Yüksek ateş, ishal, kusma, baş dönmesi ve şaşkınlık, tansiyon	Yüksek ateş, ishal, bilinç kaybı
<b>Ölüm (%)</b>	0	%0-50'sı 6-8 hafta arasında	%20-70'i 4-8 hafta arasında	%50-100'i 1-2 hafta arasında	%100'ü 1-2 hafta arasında
<b>Tıbbi müdahale</b>	Koruyucu tedbirler	14 - 20 günden itibaren özel koruyucu tedavi; 10 - 20 günden sonra tecrit	7 - 10 günden itibaren özel koruyucu tedavi; başlangıçta n itibaren tecrit	1. günden itibaren özel koruyucu tedavi; başlangıçta n itibaren tecrit	Sadece ağrı dindirici tedavi

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002.

([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm))

#### Bölgesel radyasyon hasarları (BRH)

Vücudun belli bir bölgesinin, genellikle bir kaza sonucu, kısa bir sürede ve bir defada yüksek dozlarla maruz kalması sonucu görülen etkiler Bölgesel Radyasyon Hasarları olarak adlandırılır. Bu tür kazalarda genellikle eller ve parmaklar, nadiren de vücudun diğer kısımları etkilenir. Eldeki yanıklar, radyasyon kaynağına dokunulması veya elin birkaç saniye için bile olsa kaynağa çok yaklaştırılması sonucu meydana gelir. Yanığa sebep olan ısı değil kaynağın radyasyon şiddetidir ve ne yazık ki, vücut ısıya gösterdiği refleksi radyasyon şiddetine göstermez. Bölgesel ışınlanmalar sonucu meydana gelen bu hasarlar, akut radyasyon sendromlarına göre daha sık karşılaşılan olaylardır.

#### Maruz kalınan doza bağlı olarak bölgesel radyasyon hasarının klinik belirtileri ve başlangıç zamanları

EVRE/BELİRTİ	DOZ ARALIĞI (Gy)	BELİRGİNLEŞME ZAMANI
<b>Eritem</b>	3-10	14-21
<b>Epilasyon</b>	>3	14-18
<b>Kuru Deri Dökülmesi</b>	8-12	25-30
<b>Yaş Deri Dökülmesi</b>	15-20	20-28
<b>Su Kabarcığı Oluşumu</b>	15-25	15-25
<b>Ülser(Açık yaralar)</b>	>20	14-21
<b>Nekroz (Doku ölümü)</b>	>25	>21

Kaynak: Togay YE. RSGD-TENMAK 2002. ([www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm](http://www.TENMAK.gov.tr/bilgi/radyasyonvebiz/index.htm))

Eritem ve kuru deri dökülmesi, belirtilere yönelik olarak tedavi edilebilir. Ödem oluşumuna yol açan şiddetli eritem belirtilerini hafifletmek için hidrokortizon içeren losyon veya spreyle kullanılabilir. Yaş deri dökülmesi tedavisinde elbiselerin her gün değiştirilmesi ve hasarlı bölgenin antiseptik solüsyonla pansumanı yararlı olacaktır. Ayrıca, antibiyotik kremler de kullanılabilir.

Ülser tedavisinde, bölgenin steril bir ortamda tutulması veya giysilerin her gün değiştirilmesi ve yaranın antiseptik bir solüsyonla pansumanı önerilir. Kuvvetli ağrı kesici ilaçlar gerekebilir. İkincil bir enfeksiyondan kuşku duyuluyor veya bundan şüphe duyulmuyor ise bölgesel veya tüm vücuda etki edecek bir antibiyotik tedavi düşünülmelidir.

Nekroz tedavisinde, kesinlikle cerrahi müdahale yapılmalıdır. Ölü doku alınmalı ve deri veya başka bir çeşit doku nakli yapılmalıdır. Radyasyon duyarlılığı en fazla olan bölgelerden biri de üreme organlarının bulunduğu bölgedir. Yumurtalık ve testisler radyasyona karşı çok duyarlıdır. Erkeklerde

0.3 Sv, kadınlarda ise 3 Sv'lik tek bir ışınlama dozu alınması sonucunda döllenmede geçici kısırlık meydana gelebilir. Küçük doz alımlarında, kadınlarda geçici yumurtlama ve regli durulması gözlenebilir ve bu birkaç ay sürebilir.

Göz merceği de radyasyona karşı çok duyarlıdır. Bir defada maruz kalınacak 0.5 ila 2 Sv arasındaki bir radyasyon dozu fark edilebilir saydamlık kaybına neden olabilirken 5 Sv'lik bir doz katarakt oluşumuna yol açabilir.

#### ***Gecikmiş Etkiler (Kronik Işınlama Etkileri)***

Uzunca bir süre içinde aralıklı olarak düşük dozlarla maruz kalınması yani kronik olarak ışınlanması sonucu meydana gelebilecek etkiler yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bunun sebebi ise, doz düşük dahi olsa tekrarlanan ışınlamalarda organizmanın bir sonraki ışınlamaya kadar hasarı onaramaması ve hasarın gittikçe artmasıdır. Kronik olarak ışınlanan kişilerde, yıllar sonra, katarakt, malignite, doğal ömür sürelerinde kısalma ile sonraki nesillerinde kalıtsal bozukluklara rastlanabilir.

Radyasyon alanları, 23999 sayılı Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği 15. maddesine göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır.

#### ***Radyasyon Güvenliği Yönergesi Madde 15***

<p>Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak nitelendirilir ve radyasyon alanları radyasyon düzeylerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:</p>
<p><b>Denetimli Alanlar (Controlled Area)</b></p> <p>Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime, çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu ve görevi gereği radyasyon ile çalışan kişilerin ardışık beş yılın ortalama yıllık doz sınırlarının 3/10'undan fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır. Denetimli alanların girişlerinde ve bu alanlarda aşağıda belirtilen radyasyon uyarı levhaları bulunması zorunludur:</p>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Radyasyon alanı olduğunu gösteren temel radyasyon simgeleri</li><li>2. Radyasyona maruz kalma tehlikesinin büyüklüğünü ve özelliklerini anlaşılabilir şekilde göstermek üzere gerekli bilgi, simge ve renkleri taşıyan işaretler,</li><li>3. Denetimli alanlar içinde radyasyon ve bulaşma tehlikesi bulunan bölgelerde geçirilecek sürenin sınırlandırılması ile koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri.</li></ol>
<p><b>Gözetimli Alanlar(Supervised Area)</b></p> <p>Radyasyon görevlileri için yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.</p>

**Kaynak: Resmi Gazete Tarih/Sayı: 24.03.2000/23999, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği**

### 3.3.5. Radyasyon maruziyeti sınırları ve azaltılması

Doz sınırlama sisteminin üç temel ilkesi aşağıda verilmiştir.

#### **Uygulamaların Gerekliliği**

Işınlamanın zararlı sonuçları göz önünde bulundurularak, net bir yarar sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilememelidir.

#### **Radyasyon Korunmasının Optimizasyonu**

Tedavi amaçlı tıbbi işinlamalar hariç radyasyon işinlaması gerektiren durumlarda bireysel dozların büyüklüğü işinlanacak kişilerin sayısı, olası tüm işinlamalar için ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır.

#### **Doz Sınırlaması Ve İzin Verilen Doz Sınırları**

Bireylerin normal işinlamaları, izin verilen tüm işinlamaların neden olduğu ilgili organ yada dokudaki eşdeğer doz ile etkin doz değerleri *Radyasyon Güvenliği Yönergesi*'nin 10 ve 12. maddesinde aşağıda belirtilen yıllık doz sınırlarını aşmamalıdır.

#### **Radyasyon Güvenliği Yönergesi Madde 10**

Yıllık doz sınırları sağlığa zarar vermeyecek şekilde uluslararası standartlara uygun olarak, Kurum tarafından radyasyon görevlileri ve toplum üyesi kişiler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Yıllık toplam doz aynı yıl içindeki dış işinlama ile iç işinlamadan alınan dozların toplamıdır. Kişilerin, denetim altındaki kaynaklar ve uygulamalardan dolayı bu sınırların üzerinde radyasyon dozuna maruz kalmalarına izin verilemez ve bu sınırlara tıbbi işinlamalar ve doğal radyasyon nedeniyle maruz kalınacak dozlar dahil edilemez.

a. **Radyasyon görevlileri** için etkin doz herhangi bir yılda 50 mSv'i, ardışık beş yılın ortalaması ise 20 mSv'i geçemez. El ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir.

b. **Toplum üyesi kişiler** için etkin doz herhangi bir yılda 5 mSv'i, ardışık beş yılın ortalaması ise 1 mSv'i geçemez. El, ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir.

c. **18 yaşından küçükler** Tüzüğün 6ncı maddesine göre radyasyon uygulaması işinde çalıştırılmazlar. Bu Yönetmeliğin 15inci maddesinin (b) bendinde belirtilen alanlarda, eğitim amaçlı olmak koşuluyla, eğitimleri radyasyon kaynaklarının kullanılmasını gerektiren 16-18 yaş arasındaki stajyerler ve öğrenciler için etkin doz, herhangi bir yılda 6 mSv'i geçemez. Ancak el, ayak veya deri için yıllık eşdeğer doz sınırı 150 mSv, göz merceği için 50 mSv'dir.

#### **Radyasyon Güvenliği Yönergesi Madde 12**

**Çocuk doğurma çağındaki radyasyon görevlilerinin** maruz kaldıkları radyasyon dozunun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması için gerekli önlemlerin alınması zorunludur. Hamileliği belirlenmiş olan radyasyon görevlileri ancak gözetimli alanlarda çalıştırılır.

Fetusu korumak amacıyla, hamile radyasyon görevlisinin batin yüzeyi için hamilelik boyunca ilave eşdeğer doz sınırı 1 mSv'dir.

#### **Radyasyon Güvenliği Yönergesi Madde 29**

Kişiyne net bir yarar sağlamayan, alacakları doz ve risk hakkında kişilerin bilgilendirildiği, kişilerin ve Etik Komitenin yazılı onayı alınmış araştırma amaçlı gönüllü işinlanmalarda, halk için bir yıllık en yüksek izin verilen doz düzeyi aşılamaz. Çok özel durumlarda Kurum tarafından onaylanmak koşuluyla radyasyon görevlileri için izin verilen ortalama yıllık doz düzeyine izin verilebilir.

Gerek görülen hallerde tıbbi tanı ve tedavi altındaki hastalara gönüllü ve bilinçli olmak koşuluyla yardım etmek isteyen veya hasta ziyareti için gelen kişilerin alacakları etkin doz, tanı ve tedavi süresince 5 mSv değerini aşamaz.

**Kaynak: Resmi Gazete Tarih/Sayı: 24.03.2000/23999, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği**

### 3.3.6. Doz azaltılması

#### *Dış (Eksternal) Radyasyon Dozunun Kontrolü Zaman, Zırhlama Ve Mesafe*

Radyoaktiviteye mümkün olan en kısa süre temas edilmelidir.

Radyoaktivite yada radyoaktif ortamda optimum izolasyon sağlanmalı, bu ortamlarda kurşun önlük, kurşun eldiven, kurşun enjektör ve enjektör taşıyıcı, kurşun cam ve, maşa kullanımı sağlanmalıdır. Bu ortamları çevreleyen duvarların yeterli beton kalınlığı ve kurşun izolasyonu olmalıdır.

Maruz kalınan radyasyon dozu, uzaklığın karesi ile ters orantılı ( $1/R^2$  kuralı) olarak azaldığından radyoaktif kaynaklardan mümkün olduğunca uzak mesafede durulmalıdır.

**Kaynak: Barnes WE. Basic physics of nuclear medicine. In: Henkin ER (Ed). Nuclear Medicine**

**Volume I. Missouri: Mosby-Year Book, 1996; pp.43-63**



## 4. RADYASYONDAN KORUNMA

- Radyasyona karşı korunmada ana fikir, tahammül edilebilen (tolere edilebilen) dozları bilmek ve radyasyon çalışanları ile çevre halkının bunun üstünde doz almasını önlemektir.
- Radyasyon korunmasının hedefi ise;
  - Doku hasarına sebep olan etkileri önlemek,
  - Etkilerin meydana gelme olasılıklarını kabul edilebilir düzeyde sınırlamak.
- Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından Müsaade Edilebilir Maksimum Doz (MEMD), bir insanda ömür boyunca hiçbir önemli vücut arazı ve bir genetik etki meydana getirmesi beklenmeyen iyonlaştırıcı radyasyon dozu olarak tarif edilir.
- ICRP'nin önerilerine göre; radyasyon çalışanları için müsaade edilen maksimum doz sınırı, birbirini takip eden beş yılın ortalaması 20mSv'yi geçemezken (yılda en fazla 50mSv), toplum üyesi diğer kişiler (halk) için aynı şartlardaki bu sınır 1mSv'in altında tutulmaktadır.

### 4.1. Temel Prensipler

- Gereklilik: Net fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir.
- Etkinlik :Maruz kalınacak dozlar mümkün oldukça düşük tutulmalıdır.
- Kişisel Doz-Risk Sınırları: Alınmasına izin verilen dozlar sınırlandırılmalıdır.

### 4.2. Radyasyondan Korunma Standartları

- Bir kişinin yılda tüm vücudunun alabileceği maksimum müsaade edilebilir doz, 5000 mrem/yıl olarak belirlenmiştir.
- Mesleği nedeniyle radyasyon alan binlerce kişi araştırılmış ve oldukça az kişinin bu rakamın biraz üzerine çıktığı görülmüştür.
- Bu çalışmalarda radyoloji teknisyenlerinin %70'inin yılda 10 mrem'den az doz aldığı ve yalnız %3'ünün 1000 mrem/yıl dozunu geçtiği gösterilmiştir.

		Radyoloji Sev. Görevli	Diğer Ser. Görevli
Yıllık Etkin Doz		20 mSv	5 mSv
Yıllık Eşdeğer Doz	Göz	150 mSv	15 mSv
	Cilt	500 mSv	50 mSv
	Kol-Bacak	500 mSv	

Tablo 1. Müsaade edilen maksimum doz

Çekim	Doz	Çekim	Doz
Mamografi	0,5 mSv	Beyin sintigrafisi	6 mSv
Göğüs omurga röntgeni	1,4 mSv	Alt sindirim sistemi röntgeni	6,4 mSv
Bel omurga röntgeni:	1,8 mSv	Kalp sintigrafisi	8 mSv
Safra kesesi röntgeni	2 mSv	Bilgisayarlı tomografi	8,6 mSv
Üst sindirim sistemi röntgeni	3,7 mSv	Anjiyografi	12 mSv
Kemik sintigrafisi	4,5 mSv	Girişimsel cerrahi işlemler	20 mSv

Tablo 2. Belli başlı çekimlerin radyasyon miktarları (mSv)

### 4.3. X-Işını Odasının Düzenlenmesi

- Röntgen ünitelerini kurarken yer seçiminde mümkün olduğunca zemin kat ve dış mekânlara



komşu kesimler tercih edilmelidir.

- Radyasyon ünitelerinin duvarlarında, delikli tuğlalara göre çok az radyasyon geçirdiklerinden, dolgu tuğlalar tercih edilmelidir.
- Duvarların radyasyon geçirgenliğinin hesaplanması, uzman bir radyasyon fizikçisi tarafından yapılmalıdır.
- Duvarlar 0,5-1 ya da 2 mm kurşun plakalarla kaplanabilmektedir. Genellikle sekonder radyasyon alanlarında 1,5 mm lik, primer radyasyon alanlarında ise 2mm kurşun plakalar kullanılır.
  - Teknisyen koruyucu bariyerinin de 2 mm'lik kurşun plakalarla kaplanması gerekir.
  - Kurşunlamanın yanı sıra, röntgen ünitelerinde iyi bir havalandırma sistemi olmalıdır.
  - X-ışınlarının havayı iyonize etmesi sonucu toksik gazlar oluşur.
  - Bu gazlar havadan ağır olduğundan zemine yakın birikir.
  - Bu toksik gazlar nedeniyle, x-ışını odalarının, zemine yakın kesimde emici, tavana yakın kesimde ise üfleyici sistemlerle havalandırılması gerekir.
- Hastanemizde radyolojik görüntüleme hizmeti verilen alanların girişlerinde bulunan uyarıcı yazılar;



#### **4.4. Çalışanların Güvenliği**

- Bu amaçla; kurşun önlük, eldiven, gözlük, boyunluk, paravanlar, gonadal koruyucular ve kurşun camlar yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Koruyucu aygıtların kalınlıkları 0,25-0,5-1 mm gibi kurşun eşdeğeri olarak belirlenmiştir.
- Kurşun önlük olarak pratikte en çok 0,50 mm kurşun eşdeğeri koruyucu önlükler kullanılır. 1 mm önlükler daha iyi korudukları halde oldukça ağırdırlar.
- Kurşun koruyucuların içerisindeki kurşun tabakalarının çatlama riski nedeniyle kurşun önlükler katlanmamalı, saklanırken askıya asılmalıdır.
- Uygulanan işlem sırasında görevi gereği odada bulunması zorunlu olan kişilerin dışında kimse bulunmamalıdır.
- Görevli kişiler radyasyon ve radyasyondan korunma konusunda eğitilmiş/bilgilendirilmiş olmalıdır.
- Işınlama anında masa kenarında doz hızı değerlerinin yüksek olması nedeniyle ışınlama süresi mümkün olduğunca kısa tutulmaya çalışılmalı ve hastadan saçılan radyasyondan korunabilmek amacıyla hasta ile görevliler arasında mümkün olduğunca fazla mesafe bırakılmalıdır.
- Radyasyon görevlileri ile hasta arasında saçılan radyasyona karşı korunmayı sağlayacak boyut ve tasarımı kurşun paravan veya kurşun eşdeğerli cam koruyucular kullanılmalıdır.
- Görevliler mutlaka kurşun önlük, troit ve gonad koruyucu ve kurşun eşdeğerli camdan yapılmış gözlük kullanmalıdır.
- Kurşun tabakaların çatlamasını önlemek amacıyla kullanılmadığı zaman önlükler katlanmamalı, askıya asılmalıdır. Belli aralıklarla skopi cihazı kullanarak önlüklerin sağlamlığı kontrol edilmelidir.
- Uygulama sırasında ellerin birincil demete doğrudan maruz kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Görevlilerin dozimetre kullanması gereklidir.
- Kurşun önlük üzerinde kullanılan dozimetreye ilaveten önlük altında ikinci bir dozimetre ile parmak, el veya bilek dozimetreleri de kullanılması da tavsiye edilir.
- Hamileliği belirlenmiş olan radyasyon görevlileri ancak gözetimli alanlarda çalıştırılabilir bu nedenle bu tür uygulamalarda hamile görevli çalıştırılmamalıdır.

- Eğitim veya bir başka nedenle ışınlama sırasında odada bulunması gereken diğer kişilere de mutlaka koruyucu giysiler kullanılmalıdır. Ayrıca bu kişilere aktif dozimetre temin edilmelidir ve doz sonuçları kayıt altına alınmalıdır
- Mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır. Ayrıca Yönetmelik hükümlerine göre; yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılmalı, buna ek olarak denetimli alanlar içinde koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri bulunmalıdır.
- Radyoloji ünitelerinde çekim sırasında yalnızca radyasyon görevlisi kişiler içeriye alınabilir. İçerideki personelin mutlaka koruyucu giysi kullanması ve radyasyon kaynağından mümkün olduğunca uzakta durması gerekmektedir. Lisanslı röntgen laboratuvarlarında çekim sırasında kurşun paravanla veya oda dışında bulunan kurşun eşdeğer gözetleme penceresi ile korunan kumanda ünitelerinde bulunan personelin ayrıca koruyucu giysi kullanması zorunlu değildir. Ancak girişimsel radyoloji uygulamalarında denetimli alan içinde bulunan tüm personelin uygun koruyucu giysi ve hareketli koruyucu paravan kullanması gerekmektedir.
- Yönetmelik hükümlerine göre; gerek görülen hallerde tıbbi tanı ve tedavi altındaki hastalara gönüllü ve bilinçli olmak koşuluyla yardım etmek isteyen veya hasta ziyareti için gelen kişilerin alacakları etkin doz, tanı ve tedavi süresince 5mSv değerini aşamaz. Bu kapsamda çekim sırasında hastaya yardım etmek amacıyla zorunlu olarak denetimli alanda bulunan hasta yakınlarının hastadan saçılan ışınlardan korunmaları için mutlaka kurşun önlük kullanmaları sağlanmalıdır.
- Ayrıca özellikle çocuk hastaların gonad bölgesi birincil ışına maruz kalacak ise çekilecek bölgeyi kapatmayacak şekilde gonad koruyucu önlük veya uygun boyutta kesilmiş kurşun levhalar ile hastanın korunması sağlanmalıdır.
- Koruyucu giysinin cinsi ve giysinin kurşun kalınlığı yapılan radyoloji uygulamasına uygun şekilde seçilmelidir. Röntgen cihazları ile çalışılıyor ise kullanılan koruyucu giysi kalınlığı en az 0.25 mm, girişimsel radyoloji çalışmalarında ise en az 0.5 mm kurşun kalınlığında olmalıdır. Girişimsel radyoloji uygulamalarında, tiroidin ayrıca korunması gerekir. Kurşun önlükler kullanılan enerjiye bağlı olarak radyasyonu ortalama %90-95 oranında durdurmaktadır

#### **4.4.1. Dozimetre kontrolü:**

Dozimetreler, Türkiye Enerji Nükleer Ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK) tarafından posta ile sorumlu hekim adına gönderilir. TENMAK' den gelen zarf içinde dozimetre filmleri ile filmlerin seri numarasını, doz sonuçlarını belirten bir rapor bulunur. Sorumlu teknisyen dozimetreleri teslim alır ve seri numaralarına göre kullanıcılara dağıtır

Değiştirilen filmler Hastane Müdürüne iletilir ve bu kanaldan TENMAK' e iletilir. Zarf üzerine hastanenin TENMAK kodu mutlaka yazılır.

TENMAK tarafından gönderilen raporlar sorumlu hekime teslim edilir ve tüm raporlar dosyalanarak ilgili birimde muhafaza edilir.

Sorumlu hekim rapor sonucuna göre personelin radyasyon durumunu inceler ve aşırı radyasyon gözlenen personel için alınacak önlemleri Hastane üst yönetimine bildirir.

Bir ay önceki ölçümlerde aylık radyasyon miktarı 1,6 mSv üzerinde çıkan personel bir ay boyunca radyoloji biriminden uzaklaştırılır veya radyasyon almayacağı işlerde görevlendirilir. Bir ay boyunca radyasyondan uzaklaştırılan personel bu dönemin bitiminde TENMAK' e kontrole gönderilir.

Radyoloji birim sorumlusu tarafından, aşırı radyasyon alan personelin yüklü radyasyona maruz kalma nedeni araştırılır ve gerekli önlemlerin alınması sağlanır.

#### **4.4.2. Kurşun yelek kullanımı ve kontrolü:**

Hastanemizde sağlık personeli veya hasta yakını çekim esnasında hastanın yanında durması gerektiği durumlarda kurşun yelek giymek zorundadır. Kurşun yeleklerin yılda bir röntgeni çekilerek aşınma, çatlak ve kırık kontrolü yapılır. Her hangi bir uygunsuzluk tespit edildiğinde kurşun yelek yenisi ile değiştirilir. Koruyucu kurşun önlüklerin süreçleri "**RH.T.001- Radyasyondan Koruyucu Materyal Kontrol Talimatı**"na göre yürütülür ve kontrolleri sağlanır.



Koruyucu önlüklerin kurşun eşdeğerleri 100 kVp'nin altına Çalışan X-ışın cihazları cihazlar için 0.25 mm, 100 kVp üzerinde çalışan sistemler için en az 0.35 mm olmalıdır

#### 4.4.3. Tiroid koruyucular

##### Tiroid Zırhları :



Boyun seviyesinde ölçülen aylık doz değerinin

4 mSv aşması durumunda kullanılmalıdır. Bu durumda Etkin doz önemli ölçüde azaltılır.

#### 4.4.4. Radyolji personeli sağlık taramaları

Hastanemiz iş sağlığı ve güvenliği birimi tarafından belirli periyotlarda sağlık taramaları yapılır. Bu taramalar için işyeri hekimi her bir personel için ayrı bir dosya açılır. Yapılacak olan tetkikler bu kart ile kayıt altına alınarak işyeri hekimi tarafından muhafaza edilir. Sonuçlarda normalin üzerinde değerler tespit edilmesi durumunda gerekli olan önlemler hastanemiz tarafından alınır.

#### 4.5. Hasta Güvenliği

- Hekim tarafından gerekli ve uygun görülmedikçe ve yazılı kararı olmadan hiçbir ışınlama yapılmamalıdır.
- Radyolojik tetkiki yapan hekim ile radyolojik tetkiki isteyen hekim arasında iletişim ve uyum sağlanmalıdır. Prosedürün yararının, acilliyetinin, ışınlamanın karakteristiğinin, birey olarak hastanın özelliklerinin ve önceki prosedürlerinin irdelenmesi gerekmektedir. Hastaya ait çekim sonuçları hastaneler veya bölümler arasında veya hasta beraberinde gönderilerek tekrarlanan ışınlamalardan kaçınılmalıdır.
- Tıbbi ışınlama öncelikle alternatif tekniklerle karşılaştırılmalı, radyasyonla yapılacak tanının yararlarının alınan riskten daha fazla olduğu durumlarda uygulanmalıdır.
- Her türlü radyolojik uygulama öncesinde hasta ve hasta yakınları yapılacak tetkik, alınabilecek radyasyon dozu ile risk ve faydaları açısından bilgilendirilmelidir.
- Kaza durumlarından (yanlış hasta, yanlış doz) kaçınılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Doz sınırları veya doz kısıtlamalarının aşılmasına neden olabilecek olayları veya kazaları önlemek ve olası sonuçlarını sınırlandırmak, herhangi bir olay veya kaza sonrasında alınan dozların belirlenmesi, değerlendirilmesi ve benzer olayların tekrarlanmasının önlemek için önceden bu tip durumlarda ne yapılacağına dair yazılı talimatlar okunmalıdır.
- Çekim esnasında çekime engel teşkil etmedikçe hastanın radyasyona duyarlı bölgeleri kurşun koruyucularla korunmalıdır.
- Çocuk hastalar için uygulamanın gerekliliğinin değerlendirilmesi ve çocuğun vücut ağırlığı ile ışınlama alanı göz önüne alınarak gerekli ve yeterli doz ayarlaması yapılmalıdır. Işınlama sırasında üreme organlarının korunması sağlanmalıdır.

- Doğurma çağındaki hastaların hamilelik olasılığının sorgulanmalı, şüphe durumunda ve hamilelik durumunda uygulamanın gerekliliği tekrar değerlendirilmeli ve önemli bir klinik gereklilik olmadıkça hastaya radyolojik tetkik yapılmamasının sağlanması için önlemler alınmış olmalıdır.
- Hastalara ilişkin kayıtlar, çekim yapılan radyoloji cihazları ve tetkiki yapan radyasyon görevlisinin kayıtları tutulmalı ve saklanmalıdır.
- Çekim sırasında görevli personel hiçbir şekilde hastaları elle tutmamalıdır. Eğer gerekiyorsa, özellikle çocuk hastaların ve ağır hastaların çekim esnasında hareket etmelerini önlemek için hareket sınırlayıcı ekipman kullanılmalı veya hasta sahiplerinden yardım istenmelidir. Bu esnada hastayı tutan şahsa kurşunlu önlük ve eldiven giydirilmelidir.
- Hasta dozunun azaltılması için kV, mA ve zaman parametrelerin seçimi, ışınlama süresinin kısa tutulması, hastanın doğru pozisyonlanması, X-ışını kolimatör ayarının uygun şekilde yapılması, uygun film-kaset kombinasyonunun kullanılması sağlanır.
- Hasta çekiminde görev alan personel cihaz ayarlarını ve hasta pozisyonlamasını dikkatli yapmalı, tekrar çekimlerden kaçınılmalıdır.
- Uluslararası kabul edilen diagnostik referans seviyelerine uyulmalı, istenmeyen dozların (fazla/az doz) uygulanmasından kaçınılmalıdır.
- Işınlamanın istenen nicelik ve nitelikte yapıldığının doğrulanması için cihazların düzenli olarak kalite kontrolleri yapılmalı ve bu kontrollerin kayıtları tutulmalıdır.

#### 4.6. Monitoring

Monitoring, iyonlaştırıcı radyasyonların ve radyoaktif kontaminasyonun varlığını ve derecesini tayin etmektir.

Personel monitoring Kişiler tarafından alınan toplam vücut dozunun rutin olarak ölçülmesidir. (Film Dozimetreleri, TLD Dozimetreleri, Ekzo-elektrodozimetreleri, Kimyasal Dozimetreler, Cam Dozimetreleri)

##### *Personel Monitoring Hizmetinin Amaçları;*

- 1- Personelin maruz kaldığı kişisel radyasyon dozlarının maksimum müsaade edilen seviyenin altında tutulabilmesi için, alınan dozları ölçmek ve kayıtlarını tutmak,
- 2- Personele, radyasyon bakımından sağlığının korunduğu güvencesini vermek,
- 3- Kuruluş ve personel arasındaki fazla doz alma anlaşmazlıklarında kanuni koruma olanağı sağlamak.

#### 4.7. Saçılan Radyasyon

Saçılan radyasyon ışınlanan sahanın girişinde en fazladır. En fazla ileri yönde saçılan radyasyon azalır.



Radyoloji personeli hastaları tutmamalıdır. Mümkün olduğunca mekanik tutma aygıtları kullanılmalı ya da hastanın yakını veya arkadaşından yardımcı olması istenmelidir. Bu yardımı yapacak kişiye de uygun koruma sağlanmalıdır.

Ters kare yasasının sonucu olarak, hastadan 3 m. uzaklık civarında saçılma düzeyleri hızla

düşer ve kurşun önlük giymek gerekmez. Bu durum kuşkusuz, donanımın türüne, hastanın yapısına ve yapılan muayeneye bağlıdır.

		Radyasyon Çalışanları	Toplum Üyeleri
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv
Yıllık Organ Eşdeğer Doz Sınırı	Göz merceği	150 mSv	15 mSv
	Deri(cm2)	500 mSv	50 mSv
	Eller ve Ayaklar	500 mSv	50 mSv
Hamile çalışanın abdomen eşdeğer doz sınırı		Hamileliğin bildirilmesini takiben 2 mSv	-----

#### 4.7.1. Hamilelik ve Tıbbi Işınlama

(Bu bölüm “ICRP publication 84 ([www.icrp.org](http://www.icrp.org)) ” temel alınarak hazırlanmıştır.)

Dünyada her yıl binlerce kadın iyonize radyasyona maruz kalmaktadır. Bu maruziyet yeterli bilgi sahibi olunmadığında gereksiz yere büyük anksiyetelere ve gebeliklerin sonlandırılmasına neden olmaktadır. Oysa birçok hastada, bu uygulamalar, tıbbi olarak yerinde olup, fetus için radyasyon riski minimaldir.

Fetal radyasyon riski, gebeliğin evresi ve absorblanan doz ile ilişkilidir. Radyasyon riski organogenezis ve erken fetal periyotta en yüksekken, bu risk 2 ve 3. trimestrelerde giderek azalır. Radyasyon ile oluşan malformasyonlarda eşik radyasyon değeri 100-200 mGy olup, sıklıkla santral sinir sistemi (SSS) problemleri ile ilişkilidir.

Fetal doz 100 mGy’lik düzeye 3 Pelvik CT yada 20 konvansiyonel direkt grafi (X-ışını) işleminde dahi ulaşmaz. Bu doza pelviste floroskopi eşliğinde yapılan girişimsel işlemlerde veya radyoterapi ile ulaşılır.

#### Radyasyona maruz KALMAMIŞ hamile popülasyonundaki potansiyel riskler

Spontan düşük >% 15

Genetik bozukluk %4-10

İntrauterin gelişme geriliği %4

Majör malformasyon %2-4

Kaynak: Pregnancy and Medical Radiation ( [www.icrp.org/ICRP\\_84\\_Pregnancy\\_s.pps](http://www.icrp.org/ICRP_84_Pregnancy_s.pps) )

#### *Santral sinir sistemine ait malformasyonlar*

SSS özellikle konsepsiyon sonrası 8-25. Haftalarda radyasyona duyarlıdır.

100 mGy üzerindeki fetal dozlarda mental fonksiyonlarda (IQ) azalmaya yol açabilir.

1000 mGy dozlarında ise ciddi mental retardasyon ve mikrosefali gelişebilir.

#### *Lösemi ve diğer kanserler*

Radyasyonun, erişkin ve çocuklarda, lösemi ve diğer bazı kanserlerin gelişim riskini arttırdığı gösterilmiştir. Gebelikte de fetus benzer riski taşımaktadır.

10 mGy’lik fatal dozda relatif risk 1.4’tür bu normal insidanstan %40 artışa işaret eder.

Alınan radyasyon dozuna göre **SAĞLIKLI** çocuk doğurma olasılığı

Doz	Malformasyon <b>olmama</b> olasılığı	Kanser <b>olmama</b> olasılığı (0-19 yaş)
0 mGy	%97	%99.7
1 mGy	%97	%99.7
5 mGy	%97	%99.7
10 mGy	%97	%99.6
50 mGy	%97	%99.4
100 mGy	%97	%99.1
>100 mGy	Olası	Yüksek

Kaynak: Pregnancy and Medical Radiation ( [www.icrp.org/ICRP\\_84\\_Pregnancy\\_s.pps](http://www.icrp.org/ICRP_84_Pregnancy_s.pps) )

**Hamilelik öncesi ışınlama**

Hamilelik öncesi, gonadları ışınlanmış ebeveynlerin doğacak çocuklarında kanser veya malformasyon oluşma riskinde artış gösterilememiştir. Bu bilgi atom bombası kurbanları ile radyoterapi hastalarından elde edilmiştir.

Radyonüklid tedavi uygulanan hastalar lütfen için “3.1.1.3. Radyonüklid tedavisi sonrası hamilelik” başlıklı konuya bakınız.

**Hamilelik potansiyeli olan hastaların değerlendirilmesi**

Doğurganlık çağındaki tüm kadınların hamilelik durumları mutlaka sorgulanmalı ve aksi ispat edilene değin adet günü gecikmiş tüm kadınlar hamile kabul edilmelidir.

Hasta bekleme alanlarında ve tüm radyoaktif ortam girişlerine hamileleri uyarıcı işaretler/yazılar yerleştirilmelidir.

**Rutin radyolojik uygulamalarda maruz kalınan fetal dozlar**

Konvansiyonel röntgen (X ışını) uygulamalarında maruz kalınan tahmini fetal dozlar

Uygulama	Ortalama Doz (mGy)	Maksimum Doz (mGy)
Abdomen	1.4	4.2
Toraks	<0.01	<0.01
IVP, Lomber	1.7	10
Pelvis	1.1	4
Kranium / Torakal	<0.01	<0.01

Kaynak: Pregnancy and Medical Radiation ( [www.icrp.org/ICRP\\_84\\_Pregnancy\\_s.pps](http://www.icrp.org/ICRP_84_Pregnancy_s.pps) )

Floroskopi ve CT uygulamalarında maruz kalınan tahmini fetal dozlar

Uygulama	Ortalama Doz (mGy)	Maksimum Doz (mGy)
Baryum (üst GİS)	1.1	5.8
Baryum enema	6.8	24
Kranial CT	<0.005	<0.005
Toraks CT	0.06	1.0
Abdomen CT	8.0	49
Pelvis CT	25	80

Kaynak: Pregnancy and Medical Radiation ( [www.icrp.org/ICRP\\_84\\_Pregnancy\\_s.pps](http://www.icrp.org/ICRP_84_Pregnancy_s.pps) )



## 5. KAZA DURUMUNDA YAPILACAKLAR

### 5.1. Kaza Durumunda Başvurulacak Ve Müdahalede Görev Alacak Personel

Kaza ya da olağanüstü durum hastane teknik servisi ile yardımı ile halledilebilecek türde ise dahili telefon numaraları aranarak yardım istenir.

Teknik Servis Telefon: 251

**Kırmızı Kod: 444**

**İtfaiye telefonu: 110**

Tehlike Durumu ve Olağandışı Durumda Sorumlu Olacak Kişiler iş güvenliği uzmanları Süleyman Topraksever ile İsmail Kocabey.

### 5.2. Kaza Durumunda Kullanılacak Araç, Gereç ve Cihazlar

Yangında kullanılmak üzere 1 adet yangın söndürme tüpü vardır. Yangın tüpü radyoloji girişinin yanındadır. Yangın durumunda; radyolojinin lokalize elektriği kesmek gerektiren durumlarda, radyolojide çekim odasının içindeki duvarda bulunan pano şarteri indirilir. Tüm radyoloji birimi elektriği kesmek içinse hastane B katındaki merdivenlerin yanında bulunan elektrik panosundaki ana şalter kapatılır.

Hastanemizin Afet Planı bulunmaktadır. Kaza veya olağanüstü durumunda hastanenin Olay Yönetim Ekibi ile birlikte Afet planı yürürlüğe sokulur. Planda Olay Yönetim Ekibi Başkanı ve görevli kişiler, afet sırasındaki görevleri, Afet organizasyon planı bulunmaktadır. Hastanemizin Deprem planı bulunmaktadır. Bu planda belirtilen kişiler deprem durumunda herhangi bir çağrı beklemeksizin kriz masası oluşturacaktır. Oluşturulan deprem planında görevlilerin dağılımı, deprem öncesinde, deprem sırasında ve sonrasında alınacak önlemler ve hastanenin tahliye planı yer almaktadır. Hastanenin deprem planı, afet planı ve radyoloji bölümü için hazırlanan acil durum **planları için tatbikat periyodu yılda birdir**. Bu tatbikatlarda tesis içinde sorumlu olanların müdahaleye katkıları belirlenir, aksayan hususlar tespit edilerek iyileştirmeleri yapılır, bunların bir sonraki tatbikatta yerine getirilip getirilmediğine dikkat edilir. Yılda bir periyodik olarak yazılı olan afet, deprem ve tehlike durumu planı gözden geçirilerek gerekli değişiklikler yapılır. Bu işlem yapılırken tesis dışı organizasyonlarla irtibata geçilir.

Kaza ya da olağandışı durum mutlaka Türkiye Enerji Nükleer Ve Araştırma Kurumu'na (TENMAK) bildirilir.

### 5.3. Kaza Raporu ve Kayıtlar

Kaza ile ilgili kayıtlar tarih, yer, saati belirten, müdahale eden kişinin almış olduğu olası doz, **Radyoloji Uzm. Dr. Nazan Yinanç ve Rad. Teknisyeni Deniz Doğan** tarafından yapılacaktır.

Rapor kazanın oluş nedenini ve detaylarını açıklayıcı olmalıdır. Maruz kalan kişinin aldığı dozun kayıtları ve daha sonra yapılan iyileştirici müdahaleler kayıtlarda olmalıdır.

#### ***Kazaya İlişkin Kayıtlar***

1. Kazanın yeri ve tarihi,
2. Kazanın oluş şekli,
3. Kazaya neden olan radyasyon kaynağının cinsi ve radyoaktivitesi,
4. Vücuda alınan radyoaktif maddeler ve alınış nedenleri,
5. Maruz kalınan süre ve radyasyon dozları,
6. Kazaya maruz kalan kişilerin tıbbi muayene sonuçları ve yapılan tıbbi uygulamalar,
7. Kazaya ilişkin rapor.

#### 5.4. Radyoloji Kaza veya Tehlike Durumunda Yapılması Gerekenler

1. Radyasyon ile tanı amaçlı uygulamalarda dozun rehber düzeyin belirgin şekilde üzerine çıkması veya cihaz arızası, kaza, hata gibi nedenlerle hastanın beklenenden fazla doz alması durumunda;

- Hasta dozu belirlenir,
- Durum hakkında TENMAK bilgilendirilir,
- Durum hastaya, radyasyon korunması sorumlusuna ve ilgili doktoruna bildirilir,
- Önlemler ve hastanın durumuna göre yapılması gerekenler belirlenerek, uygulanması sağlanır.
- Tekrarlanmaması için önlemler alınır.

2. Tehlike durumu veya kaza durumlarında Radyasyon Güvenliği Komitesinin hazırladığı “Tehlike Durumu Eylem Planı” uygulamaya konulur.

3. Tehlike durumu veya kaza halinde alınması gerekli önlemler derhal yerine getirilir ve durum en hızlı haberleşme aracı ile TENMAK’e bildirilir.

4. Tehlike durumu veya kaza sona erdikten sonra, kazanın oluş şekli radyasyon görevlilerinin ve diğer kişilerin maruz kaldıkları radyasyon dozları ve radyoaktif maddelerin vücuda alınış şekli ve nedeni araştırılarak, radyasyon görevlilerinin film ve/veya TLD dozimetre ve gerekirse kromozom aberasyonu test sonuçları ile birlikte, sonuç bir raporla en kısa zamanda TENMAK’e bildirilir.

5. Radyasyon kazasından sonra, yönetmelikte belirtilen sınırlar üzerinde radyasyona maruz kalan radyasyon görevlilerinin, eski görevlerine devam etmesinde bir sakınca bulunmadığının, resmi sağlık kuruluşu tarafından bir raporla belirlenmesi halinde, bu kişiler eski görevlerine devam edebilirler. Raporla eski görevine devamı sakıncalı görülen radyasyon görevlileri, sosyal ve ekonomik durumları, yaşları ve özel becerileri göz önüne alınarak radyasyona maruz kalmasını gerektirmeyecek başka bir görevde çalıştırılır.

6. Tehlike durumu ve kaza söz konusu olmamakla birlikte, doz sınırlarının aşılmasından şüphe edilmesi halinde konuya ilişkin araştırma ve sonuçlar bir raporla TENMAK’e yazılı olarak bildirilir.

7. Radyasyon kaynaklarının kaybı, çalınması veya hasar görmesi halinde, ivedilikle gerekli önlemler alınır ve durum en hızlı haberleşme aracı ile TENMAK’e bildirilir.