ALARA RGD

ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA RADYASYONDAN KORUNMA (EURK) KURSU DERS NOTLARI

Tüm sunumlarda TAEK tarafından hazırlanan içerik kullanılmıştır.

İÇİNDEKİLER

1. RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAMLAR
2. UYGULAMA (BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ)
3. RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ
4. UYGULAMA(ÖLÇME)
5. İYONLATIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ
6. RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ
7. RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANIM ALANLARI
8. RADYASYON KAZALARININ NEDENLERİ, SONUÇLARI VE ÖNLENMESİ
9. KİŞİSEL DOZİMETRE VE KULLANIMI
10. RADYASYON GÜVENLİĞİ MEVZUATI (EURK)
11. RADYASYON KAYNAKLARININ LİSANSLAMA SİSTEMİ (EURK)
12. RADYOAKTİF MADDELERİN GÜVENLİ TAŞINMASI
13. UYGULAMA (PROBLEM ÇÖZÜMÜ)
14. ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA RADYASYONDAN KORUNMA

Endüstriyel Uyulamalarda Radyasyondan Korunma (EURK) Kursu

	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün
09:00-09:30	Kayıt			
09:30-10:00	Açılış ve Bilgilendirme	Radyasyondan Korunma Sistemi	Radyasyon Güvenliği Mevzuatı	Endüstriyel Uygulamalarda Radyasyondan Korunma-I
10:00-10:45	Radyasyonla İlgili Kavramlar-1			
10:45-11:00	ARA	ARA	ARA	ARA
11:00-11:45	Radyasyonla İlgili Kavramlar-2	Radyasyon Kaynakları ve Kullanım Alanları	Radyasyon Kaynaklarının Lisanslama Sistemi	Endüstriyel Uygulamalarda Radyasyondan Korunma-II
11:45-12:30	Uygulama (Birim Dönüşümleri)			
12:30-14:00	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI	YEMEK ARASI
14:00-14:45	Radyasyonun Ölçülmesi	Radyasyon Kazalarının Nedenleri Sonuçları ve Önlenmesi	Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması + VİDEO	Uygulama (Endüstriyel Uygulama)
14:45-15:30	Uygulama (Ölçme)			
15:30:15:45	ARA	ARA	ARA	ARA
15:45-16:30	İyonlaştırıcı Radyasyonun Biyolojik Etkileri	Kişisel Dozimetre ve Kullanımı	Uygulama (Örnek Problemler ve Çözümleri)	Uygulama (Endüstriyel Uygulama)

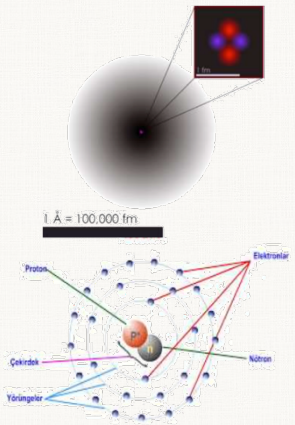
RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAMLAR

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. RADYASYONUN KISA TARİHİ
2. ATOM VE YAPISI
3. RADYOAKTİVİTE
4. RADYASYON
5. RADYASYON KAYNAKLARI
6. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ
7. RADYASYON DOZU
8. RADYASYON BİRİMLERİ
9. ZIRHLAMA

ATOM ve YAPISI

- Atom, maddenin en küçük ve temel yapı taşıdır.
- Bir atomda, çekirdeği saran negatif yüklü bir **elektron bulutu** vardır. Çekirdek ise pozitif yüklü **protonlar** ve yüksüz **nötronlardan** oluşur.
- Proton ve elektron sayıları eşit olduğunda atom elektriksel olarak yüksüzdür (p = e).
- p ≠ e olduğunda parçacık iyon olarak adlandırılır.
- İyonlar kararsız yapıda bulunur ve ortamdaki başka iyon ve atomlarla etkileşime girerler.



Atom ve Kütle Numaralarının Gösterimi

Kütle no = Proton + Nötron sayısı

Atom no = Proton sayısı

$^{4}_{2}He$

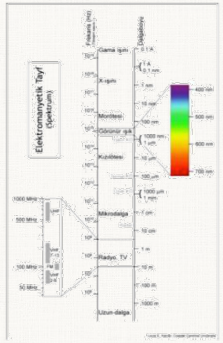
Elektron sayısı = Proton sayısı

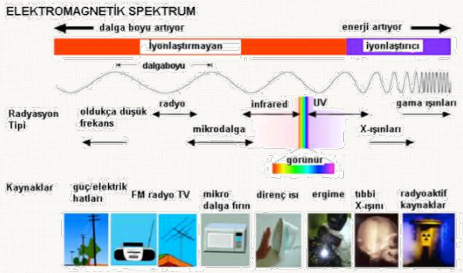
Nötr atom için

TANIMLAR-Radyasyon

- Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçiminde enerji yayılımı ya da aktarımıdır.
- Radyasyon çeşitleri:
  - **İyonlaştırıcı:** Atomlardan elektron sökebilen
    - Parçacık (alfa, beta, nötron)
    - Foton (gama ve X-ışınları)
  - **İyonlaştırıcı olmayan:** Atomlardan elektron sökemez
    - infrared, görünür, mikrodalga, radyo dalgası

Elektromagnetik spektrum





İzotop (1)

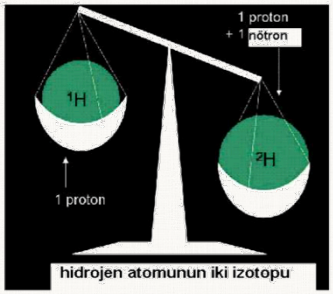
- Proton sayıları aynı, ancak nötron sayıları farklı olan atom çekirdeklerine **izotop** denir.
- İzotopların bazıları kararsız yapıdadır, bunlara **radyoizotop** denir.

İzotop (2)

Örnek:

Hidrojenin 3 izotopu vardır.

- Hidrojen: $^{1}_{1}H$
- Döteryum: $^{2}_{1}H$
- Trityum: $^{3}_{1}H$



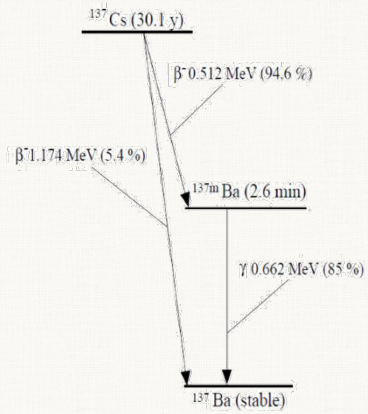
Radyoaktivite

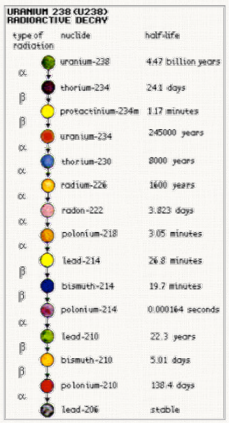
- Kararsız atom çekirdeklerini kararlı hale gelmek için kendiliğinden parçacık veya elektromanyetik radyasyon yaymasına **radyoaktif bozunum (parçalanma)** denir.

- Doğada mevcut elementlerin atomlarının bir kısmı kararlı diğer bir kısmı ise kararsız çekirdeklere sahiptirler.

- Genellikle daha ağır çekirdekler sahip oldukları fazla enerjiden dolayı kararsızdır.

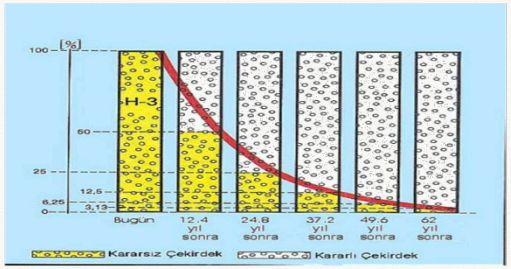
Örnek Bozunma Şeması





Fiziksel Yarı Ömür

- Radyoaktivitenin başlangıçtaki seviyesinin yarıya düşmesi için gerekli zamana "**Yarılanma Süresi**" ya da "**Yarı Ömür**" denir.
- Ayrıca radyoaktif elementin başlangıçtaki atomlarının yarısının bozunması için geçen süre olarak da tanımlanabilir.



NOT: Herhangi bir yolla vücut içine alınan radyoaktif maddenin biyolojik olaylar sonucunda yarısının vücuttan atılması için gereken süreye ise "**Biyolojik Yarı Ömür**" denir.

Her bir radyoizotopun kendine özgü bir yarılanma süresi vardır.

- Polonyum-214..... 164 mikrosaniye
- Teknesyum-99m..... 6 saat
- İyot-131..... 8 gün
- Karbon-14 ..... 5730 yıl
- Radon-222..... 3.8 gün
- Kobalt-60..... 5 yıl
- Stronsiyum-90..... 28 yıl
- Sezyum-137..... 30 yıl
- Amerisyum-241..... 432 yıl
- Radyum-226..... 1600 yıl

Yarı Ömür Hesabı

Bir radyoizotopun yarı ömrü, başlangıç aktivitesi ve t zaman sonraki aktiviteyi ve bozunma sabitini içeren bir formülle bulunabilir.

$$A_t = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

A_t : t Süre Sonraki Aktivite

A_0 : Başlangıç Aktivitesi

$t_{1/2}$: Yarı Ömür

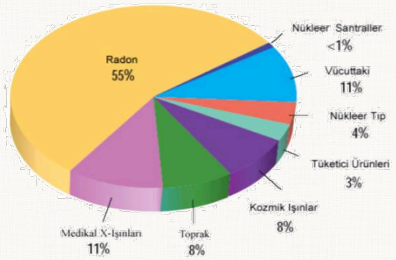
λ : Bozunma Sabiti

Eğer A_t = (½) x A_0 alınırsa $t_{1/2} = 0.693 / \lambda$ veya $\lambda = 0.693 / t_{1/2}$

Radyasyon Kaynakları

Radyasyon kaynaklarını ikiye ayırmak mümkündür:

- Doğal Radyasyon Kaynakları
- Yapay Radyasyon Kaynakları



İyonlaştırıcı Radyasyon (1)

Bir atomun elektronlarından bir veya bir kaçının yörüngelerinden koparılarak serbest hale gelmesi olayına **İYONİZASYON** denir.

Atomu iyon haline getirebilecek enerjiye sahip radyasyona "**İYONLAŞTIRICI RADYASYON**" denir.

Örnek olarak;

- Alfa ışınları (α)
- Beta ışınları (β)
- X - ışınları ve gama ışınları (γ)
- Nötronlar (n) verilebilir.

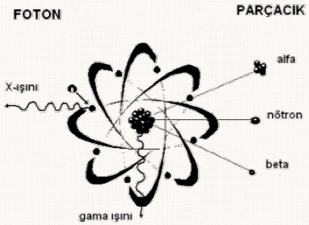
İyonlaştırıcı Radyasyon (2)

Bozunum;

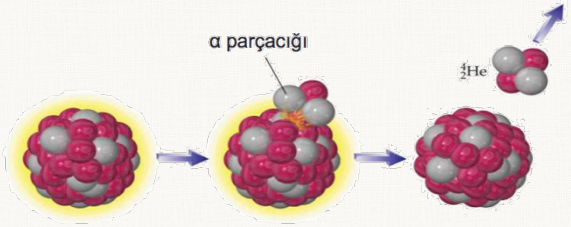
Radyoaktif çekirdekler kendiliğinden bozunuma uğrarlar.

Bu süreç üç şekilde gerçekleşebilir.

- Alfa ve beta bozunumlarında kararsız bir çekirdek, alfa ya da beta parçacıkları yayarak daha kararlı bir çekirdek haline gelmeye çalışır.
- Gama bozunumunda çekirdeğin cinsi değişmez. Uyarılmış atom yüksek enerjili durumundan taban durumuna geçerken gama radyasyonu yayımlayarak bozunuma uğrar.



Alfa Bozunumu (1)

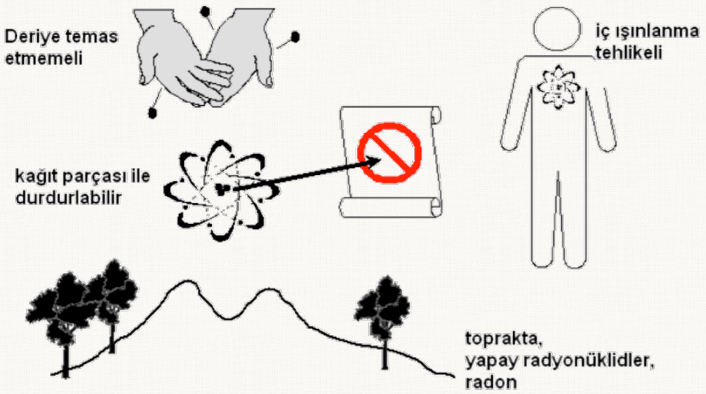


$$^{222}_{88}Ra \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{86}Rn$$

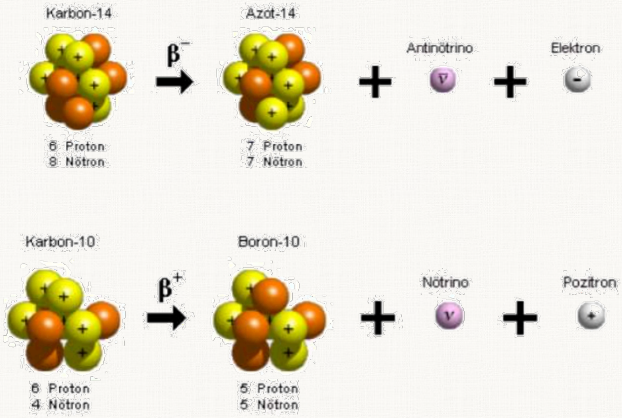
Alfa Bozunumu (2)

- Çekirdeğin kararsızlığı hem proton hem de nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdek iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı yayımlayarak bozunur.
- Yüksek enerjiye sahip olsa da ağır kütlesi nedeniyle menzili çok kısadır fazla uzağa gidemezler. Deri tabakasını geçemezler.
- Yüklü bir parçacık olduğundan içerisinden geçtiği maddenin elektronları ile yoğun bir şekilde etkileşir ve enerjilerini kaybederler.
- Yüksek enerjili parçacıklar olduğundan solunum yolu ile vücuda girdiklerinde büyük hasarlar meydana getirebilirler.
- Dış radyasyon tehlikesi yaratmazlar.
- Bir kağıt parçası ile durdurabilirler.

Alfa Radyasyonu



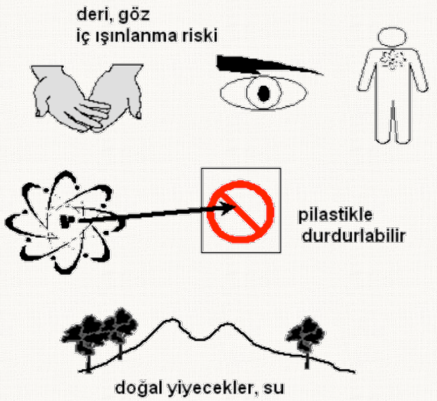
Beta Bozunumu (1)



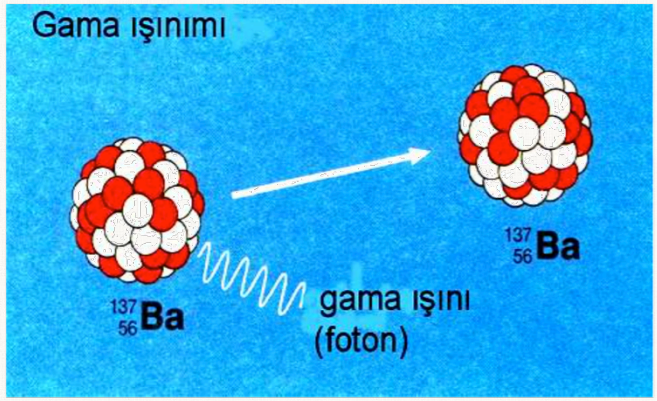
Beta Bozunumu (2)

- Beta parçacığı, atomdan bağımsız elektrondur.
- '-' yüklü olanına beta, '+' yüklü olanına pozitron denir.
- β(-) **Bozunumu:** Kararsızlık çekirdekteki nötron fazlalığından ileri geliyorsa, çekirdeğindeki enerji fazlalığını gidermek için nötronlardan birini proton ve elektron haline dönüştürür Proton çekirdekte kalırken, elektron hızla atomdan dışarı atılır.
- β(+) **Bozunumu:** Atomun kararsızlığı proton fazlalığından ileri geliyorsa protonlardan biri nötron ve pozitif yüklü elektrona (pozitrona) dönüşür
- İyonlaşma alfaya göre daha azdır.
- İnce bir alüminyum levha durdurabilir.
- β-parçacıkları, α-parçacıklarına göre daha fazla nüfuz eder.

Beta Radyasyonu



Gama Bozunumu (1)



Gama Bozunumu (2)

- Gama ışınlarının kaynağı atomun çekirdeğidir.
- Atom çekirdeği alfa veya beta parçacığı yayınladıktan sonra kararlı hale geçebilmek için fazla enerjisini gama ışını olarak yayınlar.
- Gama radyasyonu, **elektromanyetik dalga olmaları bakımından** alfa ve beta radyasyonundan farklıdır.
- Gama ışınları çok girici olduklarından menzil mesafeleri yüksektir.
- Havada yüzlerce metre gidebilirler.
- Endüstri ve tıpta yaygın olarak kullanılırlar.
- Yüksüzdürler dolayısı ile elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar.
- Kurşun veya beton ile zırhlanabilirler.

GAMA KAYNAĞININ VERDİĞİ IŞINLAMA DOZ ŞİDDETİ

Bir noktasal gama kaynağının verdiği ışınlama şiddeti aşağıda verilen formül ile bulunur.

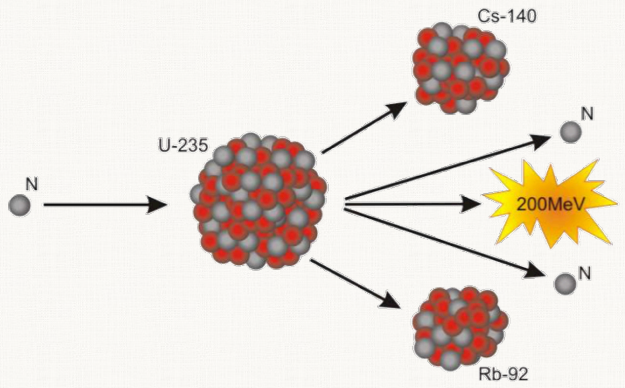
$$I = \Gamma \frac{A}{d^2}$$

- I = Noktasal gama kaynağının verdiği ışınlama doz şiddeti (Doz hızı) (R/h)
- Γ = Işınlama şiddeti sabiti (Birim aktivitenin, birim zaman ve mesafede verdiği ışınlama şiddetidir. $R.m^2/Ci.h$)
- A = Gama kaynağının radyoaktivitesi (Ci)
- d = Uzaklık (m)

Nötron Radyasyonu (1)

- Nötronlar kütleleri protona yakın, yüksüz parçacıklardır.
- Yüksüz olmaları nedeniyle, elektronla değil atomun doğrudan çekirdeği ile etkileşir.
- Enerjilerine göre, yavaş, ısıl ve hızlı nötronlar olarak adlandırılır.
- Serbest nötronların oluşturduğu radyasyon çeşididir.
- Fisyon, füzyon, parçacık etkileşmeleri (parçacık hızlandırıcıları) veya kozmik ışınlar sonucu oluşurlar.
- Doğrudan iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak atomlarla etkileşmeleri sonucunda iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya x ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilirler.

Nötron Radyasyonu (2)



X-Işını Radyasyonu (1)

- X-ışınları, gözle görülmeyen, maddelerin içinden geçebilen yüksek enerjili elektromanyetik radyasyonlardır.
- Yüksüz oldukları için elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar.
- Maddeyi iyonize ederek biyolojik ve kimyasal hasarlar oluştururlar.
- Kurşun ve beton gibi yoğun malzemelerle durdurulurlar.

X-ışınları (2)

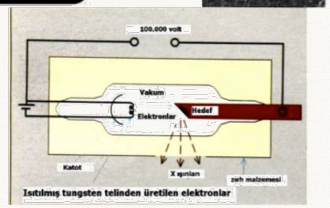
- Etkileşme şekline göre iki tür x-ışını elde edilir.
  - **Sürekli (frenleme) x-ışınları:** Elektron demeti, hedef atomun çekirdeğine yaklaştığında, çekirdeğin pozitif yükünden kaynaklanan elektrik alandan etkilenir ve ivmeli hareket yapmaya zorlanarak dışarıya fotonlar yayar. Sürekli bir enerji spektrumuna sahip bu fotonlara sürekli x-ışınları, bu olaya da ***bremsstrahlung*** veya ***frenleme*** **radyasyonu** adı verilir.
  - **Karakteristik x-ışınları:** Hedef atom üzerine gönderilen elektronların, hedef atomun yörüngesindeki elektronlarla etkileşimi sonrasında, aldıkları enerjiyle üst enerji seviyelerine çıkarlar. Kararsız durumdaki bu enerji seviyeleri geri bozunduğunda dışarıya foton yayınlanır. Enerjileri, seviyeler arasındaki farka eşit olan bu fotonlara ***karakteristik*** **x-ışınları** adı verilir.

X-Işını Radyasyonu (3)

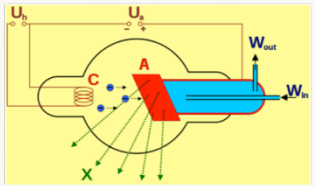


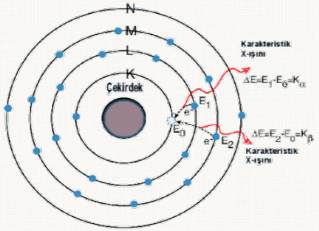


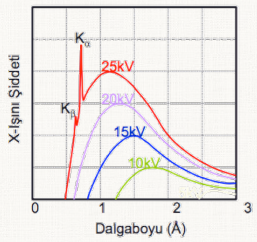




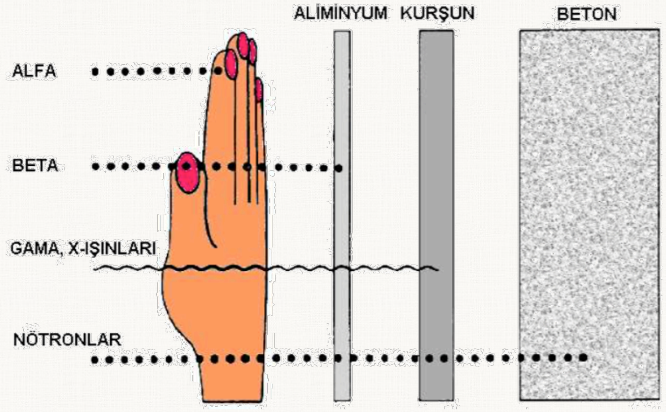
X-ışınları (4)







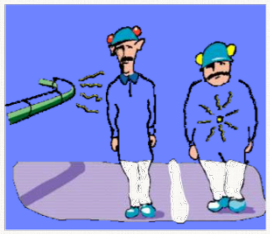
Radyasyonun Giriciliği



Işınlanma Çeşitleri

Dış Işınlanma

- Radyoaktif maddelerden veya radyasyon üreten cihazlardan (Röntgen cihazları vb.) çıkan gama ve X-ışınlarına maruz kalma durumudur.
- Işınlama bittikten sonra doz alımı (ve salınımı)söz konusu değildir.



İç Işınlanma

- Radyoaktif maddelerin istenmeyen bir şekilde solunum ve sindirim sistemleri, veya derideki yaralar vasıtası ile vücut içerisine alınmasıdır.
- Vücut içerisine girmiş olan radyoizotoplar hangi yolla alınmış olursa olsun vücut içerisine dağılarak fiziksel yarılanma süresine ve biyolojik yarılanma süresine bağlı olarak atılır.

Radyasyon Dozu

- Doz, herhangi bir maddenin belli bir zaman içerisinde kullanılan veya tüketilen miktarı demektir.
- Radyasyon dozu ise hedef kütle tarafından, belli bir sürede, soğurulan veya alınan radyasyon miktarıdır.
- Radyasyon dozunun hedef kütlede meydana getireceği etki, radyasyonun çeşidine, doz hızına ve bu doza maruz kalış süresine bağlıdır.

İyonlaştırıcı radyasyonlarla yapılan çalışmalarda sonuca ulaşabilmek ve zararlı biyolojik etkileri belirleyebilmek için radyasyon dozunun bilinmesi gerekir.

Maruz kalınan radyasyon miktarının ölçülmesi, radyasyonla çalışırken dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biridir. Bunun için ilk önce radyasyon ölçüm birimlerini tanımak gerekir.

Radyasyon Ölçüm Birimleri

Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU) radyasyon çalışmalarında tüm dünyada kullanılan birimlerin aynı olması düşüncesi ile M.K.S. sistemini esas alan "Uluslararası Birimler Sistemi (SI)" 1986 yılından itibaren kullanılmaktadır.

Radyasyon kaynağının gücünü (Aktivite Birimi)
Özel Birim : Curie (Ci)
SI Birim : Bequerel (Bq)

Kaynaktan çıkan radyasyon şiddetini (Işınlama Doz Birimi)
Özel Birim : Röntgen (R)
SI Birim : Coulomb/kg (C/kg)

Radyasyonun madde tarafından soğurulma (absorblanma) dozunu (Soğrulmuş Doz Birimi)
Özel Birim : Rad
SI Birim : Gray (Gy)

Canlıda meydana gelen biyolojik hasarı (Biyolojik Doz Birimi)
Özel Birim : Rem
SI Birim : Sievert (Sv)

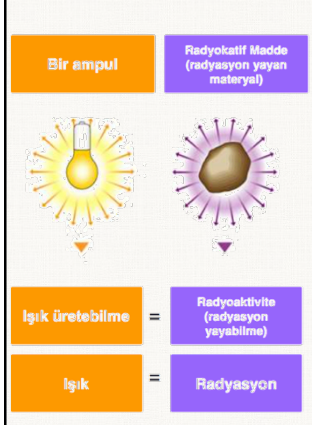
Aktivite Birimi

Saniyedeki bozunum sayısıdır. İzotopun cinsine ve miktarına bağlıdır.

S.I. : Becquerel (Bq)
1 Bq = 1 bozunum/saniye

Özel Birim : Curie (Ci)
1 Ci = 3,7 x 10^{10} bozunum/saniye

(1 g Radyumun aktivitesidir)





Işınlama Doz Birimi

Birim: Röntgen(R)

Normal şartlar altında 1 cm^3 kuru havada (veya 1 kg havada) $2{,}58x10^{-4}$ C'luk elektrik yükü değerinde (+) veya (-) iyonlar oluşturan X veya gama radyasyon miktarıdır.

$1\ R = 2{,}58x10^{-4}\ C/kg$

BU BİRİM SADECE HAVADA ETKİLEŞMELER MEYDANA GETİREN GAMA VE X IŞINLARI İÇİN TANIMLANMIŞTIR.

Soğurulan Doz Birimi (1)

Radyasyon bir maddeden geçerken enerjisinin bir kısmını bırakır yani soğurulur. Her madde radyasyonu farklı miktarda tutar.

Soğurulan Doz:

Maddenin radyasyona maruz kaldıktan sonra birim kütlesinde (1kg) depoladığı enerjinin ölçüsüdür.

Röntgenden farklı olarak her tip radyasyona uygulanabilir.

Soğurulan Doz Birimi (2)

SI : GRAY (Gy)
1 Gy = 1 Joule/kg
(1 kg maddeye 1 Joule'luk enerji verebilen radyasyon miktarıdır.)

Özel Birim : RAD (rad)
(1 g maddeye 100 erglik enerji verebilen radyasyon miktarıdır.)

1 Rad = 0,01 Gy
1 Gy = 100 Rad

Eşdeğer Doz Birimi (1)

- Farklı radyasyon türlerinin biyolojik etkileri farklıdır. Radyasyonun doku üzerindeki biyolojik etkisini hesaplamak için her radyasyon türü için bir kalite çarpanı tanımlanmıştır.
- Soğurulan dozun kalite çarpanı ile çarpılmasından "eşdeğer doz" elde edilir.

Organ eşdeğer dozu (H_T)
Soğurulan Doz ($D_{T,R}$)
Kalite Faktörü (Q_R)

$$H_T = \Sigma_R Q_R D_{T,R}$$

Eşdeğer Doz Birimi (2)

SIEVERT (Sv)

1 Sv = Gy x Kalite Faktörü

veya

REM (rem)

1 rem = rad x Kalite Faktörü

1 Rem = 0,01 Sv

1 Sv = 100 Rem

Q_R (Kalite Faktörü) Değerleri

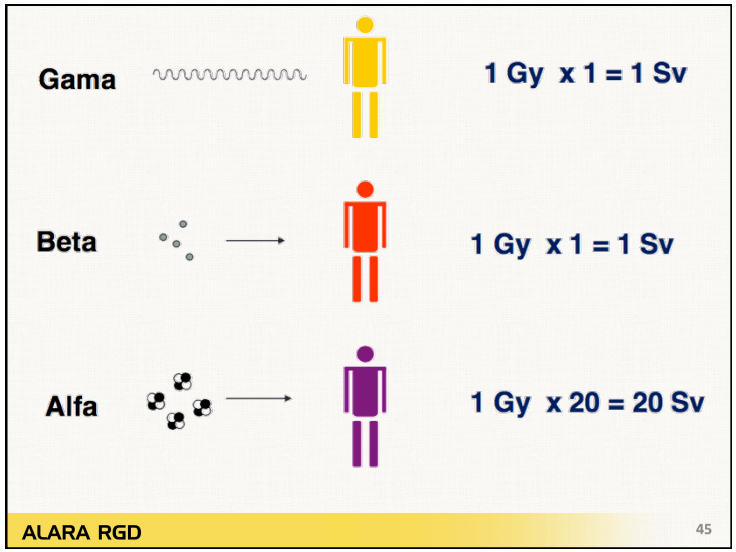
Aynı enerjideki farklı radyasyon tiplerinin sebep olduğu farklı biyolojik hasarları hesaplamak için kullanılan değerlerdir.

Her radyasyon tipi için farklı bir Q_R çarpanı vardır.

Q_R: Radyasyon Kalite faktörleri (IAEA-SS-2011)

"

Radyasyon Tipi	w_R
Fotonlar	1
Elektronlar ve müonlar	1
Protonlar ve yüklü pionlar	2
Alfa parçacıkları, ağır iyonlar	20
Nötronlar	$w_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2\, e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1\ MeV \\ 5.0 + 17.0\, e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1\ MeV \le E_n \le 50\ MeV \\ 2.5 + 3.25\, e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50\ MeV \end{cases}$



Etkin Doz (1)

- Vücuttaki organ ve dokuların da radyasyona duyarlılığı farklıdır. Ayrıca tüm vücut yerine, bazı organ ve dokular radyasyona maruz kalabilir.

Bu durumda, tüm vücut için radyasyon etkisini hesaplamak için etkin doz kavramı tanımlanmıştır.

- Etkin dozu belirlemek için her organ için farklı doku ağırlık faktörleri kullanılır (w_T). Etkin doz hesaplanırken, E her bir organ veya doku için ayrı ayrı hesaplanır, elde edilen tüm E değerleri toplanarak tüm vücut için etkin doz bulunur.

Etkin Doz (2)

Etkin Doz : Tüm vücut için

$$E = \Sigma_T w_T . H_T$$

E : Etkin Doz

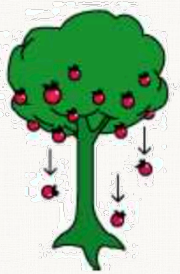
w_T : Doku ya da Organ için Doku Ağırlık Faktörü

H_T : Doku ya da Organ Eşdeğer Dozu

W_T : Doku Ağırlık faktörleri (IAEA-SS-2011)

Organ (doku)	w_T	$\sum w_T$
Kemik iliği (kırmızı), kolon, akciğer, mide, meme, diğer dokular	0.12	0.72
Üreme organları	0.08	0.08
Mesane, yemek borusu, karaciğer, troid	0.04	0.16
Kemik yüzeyi, beyin, tükürük bezleri, deri	0.01	0.04
	Toplam	1.00

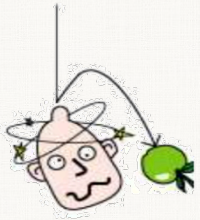
Radyasyon Ölçüm Birimleri



Düşen elmaların sayısı Becquerel ile karşılaştırılabilir. (Saniyedeki bozunum sayısı)

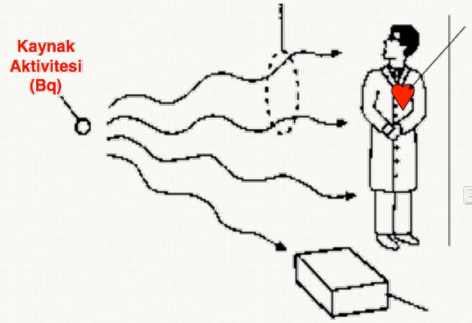


Uyuyan adama çarpan elmaların sayısı Gray ile karşılaştırılabilir. (Soğurulan doz)



Elmanın büyüklüğüne ve ağırlığına göre vücutta yaptığı etki Sievert ile karşılaştırılabilir. (Etkin doz)

Biyolojik Doz Birimi

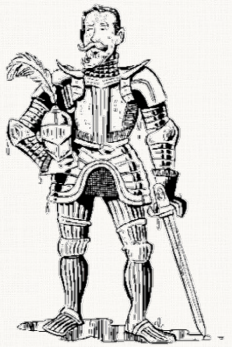


Doz Sınırları		Radyasyon Çalışanları	Toplum Üyesi Kişiler
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv
Yıllık Eşdeğer Organ Dozu Sınırı	Göz Merceği	150 mSv	15 mSv
	Deri	500 mSv	50 mSv
	Eller ve ayaklar	500 mSv	50 mSv
Hamile bir radyasyon çalışanının abdomen Eşdeğer Dozu		Hamileliğin bildirilmesinden sonra 2 mSv	

Zırhlama

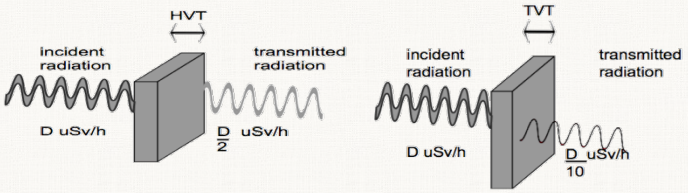
- Radyasyon kaynağı ile kişi arasına havadan daha yoğun bir maddenin konulmasıyla radyasyon şiddeti azaltılabilir.
- Zırhlama materyalinin seçiminde;
  - ✓ Radyasyonun tipi
  - ✓ Radyasyonun enerjisi
  - ✓ Malzemenin yoğunluğu

  önemlidir.
- **Uygun zırh malzemesi seçimi = Radyasyona daha az maruz kalma**



HVT, HVL, TVT :

Yarı-değer kalınlığı **(HVT)** ya da yarı-değer tabakası **(HVL)** olarak verilen kalınlıklar **radyasyonun başlangıç değerinin yarıya indiren malzeme kalınlıklarıdır.** Onda bir-değer kalınlığı da **(TVT)** benzer olarak, radyasyonu ilk değerinin onda birine indiren malzeme kalınlığıdır.



Standard Radyasyon Uyarı Sembolleri





Yeni sembol, Şubat 2007
(Endüstriyel Uygulamalar)



BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ (UYGULAMA)

Birim Dönüşümlerinde Kullanılan Matematiksel İfadeler

Üslü Sayılar

$5^3 = 5 \times 5 \times 5 = 125$

$10^{-3} = 1/10^3 = 1/1000$

Tera (T)	10^{12}	1,000,000,000,000 (Trilyon)
Giga (G)	10^{9}	1,000,000,000 (Milyar)
Mega (M)	10^{6}	1,000,000 (Milyon)
Kilo (k)	10^{3}	1,000 (Bin)
Mili (m)	10^{-3}	1/1000 (Binde Bir)
Mikro (μ,)	10^{-6}	1/1000,000 (Milyonda Bir)
Nano (n)	10^{-9}	1/1000,000,000 (Milyarda Bir)
Piko (p)	10^{-12}	1/1000,000,000,000 (Trilyonda Bir)

Birimler	Özel Birimi	SI Birimi	Dönüşümü
Aktivite Birimi	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Ci = $3{,}7.10^{10}$ 1 Bq = 37 GBq
Işınlama Doz Birimi	Röntgen (R)	Coulomb/kg (C/kg)	1 R = $2{,}58.10^{-4}$ 1 C/kg = 3876 R
Soğurulmuş Doz Birimi	Rad	Gray (Gy)	1 Gy = 100 rad
Biyolojik Doz Birimi	Rem	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem

Aktivite Birimi

- **1 Ci** = $3{,}7 \times 10^{10}$ Bq = **37 GBq**
- 1 Bq = $2{,}7 \times 10^{-11}$ Ci

1 Ci = 37 GBq

- **Soru 1-** 5 TBq = 5.000 GBq
  5.000.000 MBq
  5.000.000.000 kBq

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 2-** 5.000 µBq = 0,005 Bq
  0,000005 kBq
  5.000.000 nBq

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 3-** 5.000 µR = 5 mR
  0,005 R

DÖNÜŞÜMLER :

TBq	Tera	10^{12}
GBq	Giga	10^{9}
MBq	Mega	10^{6}
kBq	Kilo	10^{3}
Bq	-	1
mBq	Mili	10^{-3}
µBq	Mikro	10^{-6}
nBq	Nano	10^{-9}

- **Soru 4-** En yüksek aktiviteli Gama kaynağını kutu içerisine alınız.
- 40 GBq Ir-192 — 40.000 MBq
- 0,4 TBq Co-60 — 400.000 MBq
- 400 MBq Cs-137 — 400 MBq
- 4000.000.000 mBq Co-60 — 4 MBq

- **Soru 6- Tabloyu doldurunuz**
- **1 Ci = 37 GBq**
- **5 Ci = 5x37 GBq**
- **10 Ci = 0,370 TBq**
- **2 Ci = 74 GBq**

Soğurulan doz birimi

1 Rad = 10^{-2} Gy
1 Gy = 100 Rad

- Soru 7- Tabloyu doldurunuz
- 1000 μGy = 0,001 Gy=0,1 Rad
- 0,1 Gy = 10 Rad=10.000 mRad
- 1000 Rad = 10 Gy

Biyolojik doz birimi

1 Rem = 10^{-2} Sv
1 Sv = 100 Rem

- **Soru 7- Tabloyu doldurunuz**
- **1000 mSv = 1 Sv**
- **100 Sv = 10.000 Rem**
- **0,002 μSv = 0,0002 mRem**
- **0,5 Sv = 50 Rem**

- **Soru 8- En yüksek doz değerini kutu içerisine alınız**

250 μSv	**250 mSv**	25 mSv	25,000μSv

Doz hızı

- **Soru 8-** Tabloda bir ışınlama odasında farklı konumlarda ölçülen doz hızları verilmiştir. Hangi konumda doz hızı en yüksektir ?

Konum	Doz-hızı
A	15 µSv/saat
B	1.5 µSv/saat
C	15 µSv/dakika
D	20 µSv/saat

- **Soru 8-** Doz hızı 1 Sv/saat olan bir ışınlamada, 0,6 saniye de alınan toplam doz değeri kaç mSv değerindedir?

Toplam Doz=0,6x(1/60x60)x1x1000 mSv
=6/36=1/6=0,17 mSv



RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ
2. RADYASYON ÖLÇÜM TEKNİĞİ
3. DEDEKTÖR MALZEMESİ
4. DEDEKTÖRLER
5. DEDEKTÖR TİPLERİ
   - GAZ DOLU DEDEKTÖRLER
   - SİNTİLASYON DEDEKTÖRLERİ
   - YARI İLETKEN DEDEKTÖRLER
   - NÖTRON DEDEKTÖRLERİ
6. KONTAMİNASYON MONİTÖRLERİ
7. CİHAZ SEÇİMİ
8. DEDEKTÖRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ
9. CİHAZ KONTROLÜ
10. KALİBRASYON

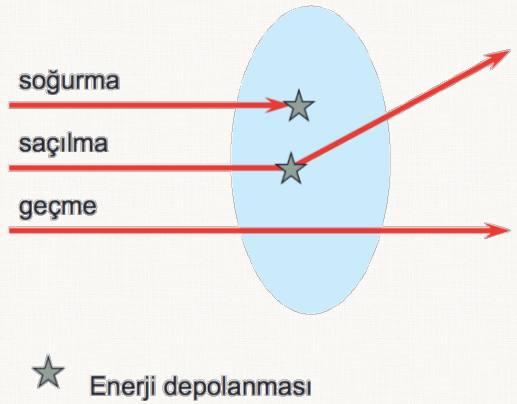
Radyasyonun Madde İle Etkileşmesi



İYONİZE RADYASYON

- İnsan duyu organları hiçbir şekilde iyonlaştırıcı radyasyonu algılayamamaktadır.
- Detektörler kısaca, içerisinden geçen radyasyonun enerjisinin hepsini veya bir kısmını elektriksel sinyallere dönüştüren cihazlardır.
- Ölçüm sistemleri **radyasyon tipine ve radyasyonun** enerjisine göre belirlenir.

RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ



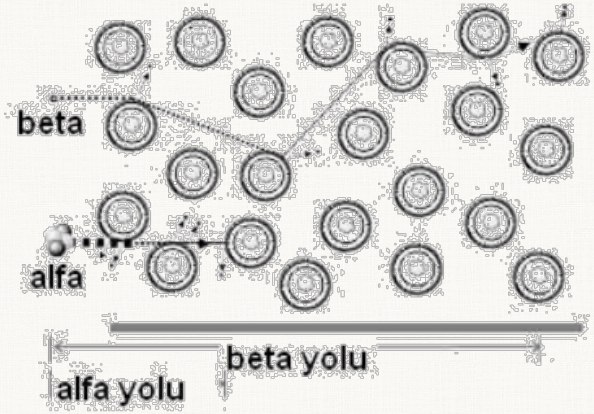
RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

- **YÜKLÜ PARÇACIKLARIN ETKİLEŞMESİ**
  - HAFİF YÜKLÜ PARÇACIKLAR (Beta gibi...)
  - AĞIR YÜKLÜ PARÇACIKLAR (Alfa gibi....)

  İyonlaştırma ve uyarma

- **YÜKSÜZ PARÇACIKLARIN ETKİLEŞMESİ**
  - FOTONLAR (X- ve gama ışınları)
    - Fotoelektrik olay
    - Compton şaçılması
    - Çift oluşum
  - NÖTRONLAR

YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ



Fotonların madde ile etkileşmesi

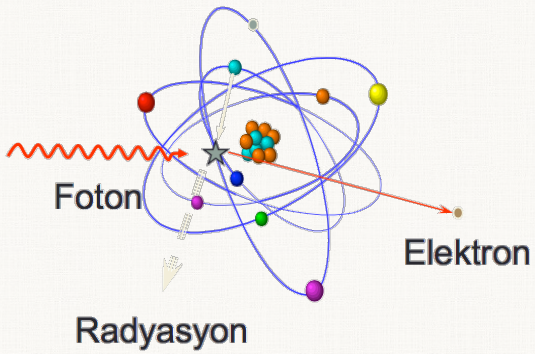
- **(X- ve gama ışınları)**
  - **Fotoelektrik olay**

    Bir fotonun soğurucu ortamdaki bağlı elektron tarafından soğurularak, sonucunda bir elektronun yayınlanması olayıdır.
  - **Compton şaçılması**

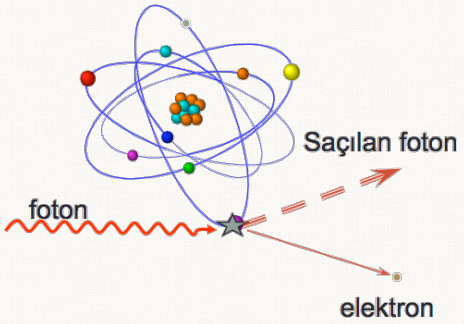
    Fotonun elektronla çarpışması sonucunda enerjisinin bir kısmını elektrona aktararak her ikisinin farklı açı ve enerjilerde saçılması olayıdır.
  - **Çift oluşum**

    Yeterli enerjiye sahip fotonların (1,02 MeV) madde tarafından soğurularak elektron-pozitron çifti meydana getirmesi olayıdır.

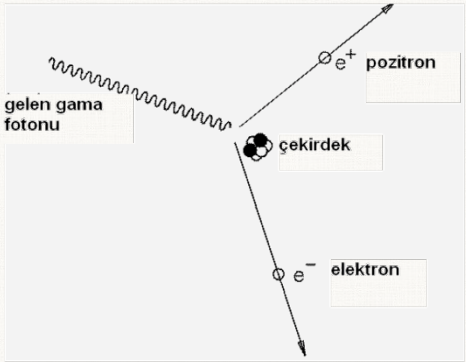
Fotoelektrik olay



Compton saçılması



Çift oluşumu

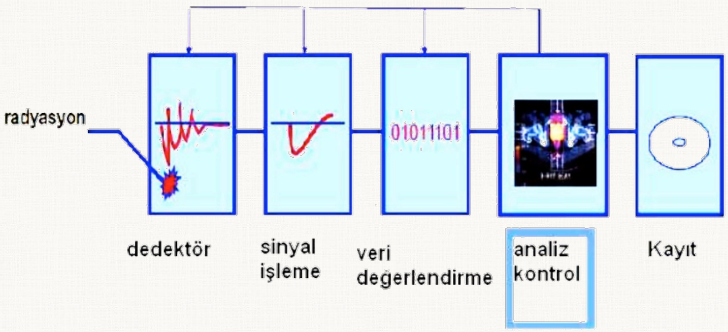


NÖTRONLARIN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

- Nötronlar yüksüz parçacıklar olduklarından çekirdek ile etkileşirler.
- Nötronlar düşük enerjilerde oldukça yüksek verimlilikle dedekte edilirler.
- Nötronları dedekte etmek için yüklü parçacıklar üretilmek zorundadır.

Özetle, nötronlar dogrudan değil, dolaylı yollarla ölçülebilirler.

RADYASYON ÖLÇÜM TEKNİĞİ



DEDEKTÖR MALZEMESİ

- Renk değişikliğI
- Kimyasal değişiklikler
- Görünür ışık yayımı
- Elektriksel yük
- .....
- .....

Aktif dedektörler: anlık ölçüm.
Pasif dedektörler: sonradan değerlendirme.

DEDEKTÖR TİPLERİ

1) Gaz Dolu Dedektörler
   - İyon odası
   - Orantılı sayaç
   - Geiger Müller
2) Sintilasyon Dedektörleri
3) Yarıiletken Dedektörler
4) Nötron Dedektörleri

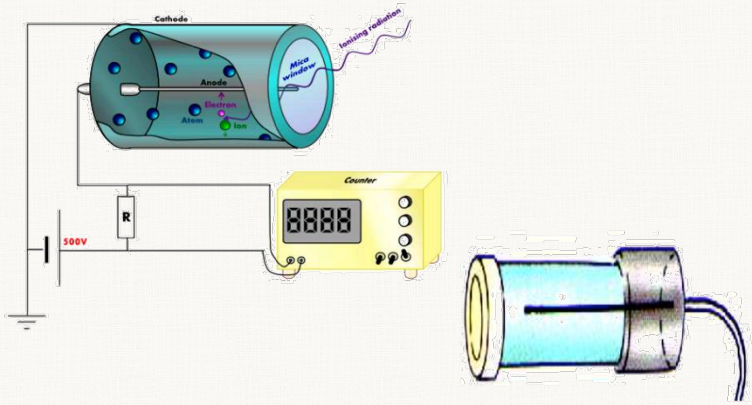
Radyasyon Ölçüm Dedektörleri

Radyasyonu algılamak ve ölçmek için ;

- Doz Hızı Ölçerler (Surveymetreler): Bulunduğu yerdeki radyasyon doz hızını ölçer (mR/saat, mSv/saat)
- Kontaminasyon Monitörleri (Bq/cm^2)
- Dozimetreler: Belli bir zaman aralığındaki toplam radyasyon dozunu ölçer (rem, mSv)



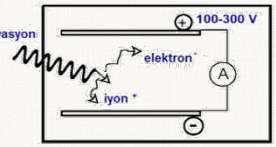
Gaz Dolu Dedektörler (1)



Gaz Dolu Dedektörler (2)

İyonizasyon Odası

- X, gama ışınları ve (pencereli olanlar) beta parçacıkları ölçümünde kullanılır.
- Alçak radyasyon şiddetine duyarlı olmamakla beraber yüksek doz şiddetlerini ölçmede son derece etkindir.
- Düşük enerjili X-ışınlarını ölçmede etkindir.
- 60-300 volt'luk çalışma aralığında etkindir.
- Gaz olarak genellikle atmosfer basıncında hava kullanılır.
- Göstergeleri genellikle R/h veya Sv/h olur.





Gaz Dolu Dedektörler (3)

Orantılı Sayaçlar

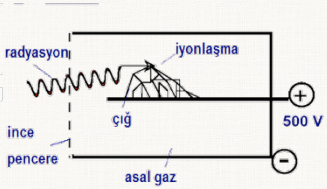
- Çalışma voltajı orantılı bölgede olup, meydana gelen yüksek alan şiddeti ile anottaki yük miktarı, dolayısıyla voltaj pulsu büyür.
- Çalışma voltaj aralığı 300-900 V
- Düşük enerjili X ve Gama Işınlarının enerji ölçümünde kullanılır.
- Orantılı cihazların alfa ve beta radyasyonlarını ayırt etme özelliği vardır.



Gaz Dolu Dedektörler (4)

Geiger-Müller Dedektörü

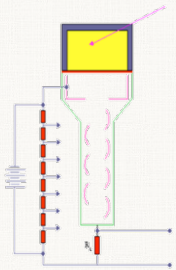
- Genellikle 900-1300 volt çalışma aralığında etkindir.
- Az iyonlaşma meydana getiren yüklü parçacıklar düşük şiddetteki X ve gama ışınları ölçülür.
- Parçacık enerjisinin ölçülmesi ve parçacık cinslerinin birbirinden ayrılması söz konusu değildir.
- Oda önüne yerleştirilen bir zırh malzemesi ile beta parçacıkları tutulup yalnız gama ışınları sayılabilir.
- GM dedektörüne ard arda gelen ışınlardan birincisi dedektör tarafından işlenirken ikincisinin algılanması için beli bir zamana ihtiyaç duyulur. Buna **ölü zaman** denir.



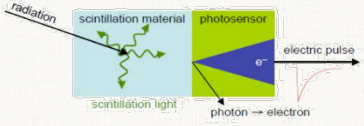


Sintilasyon Dedektörleri

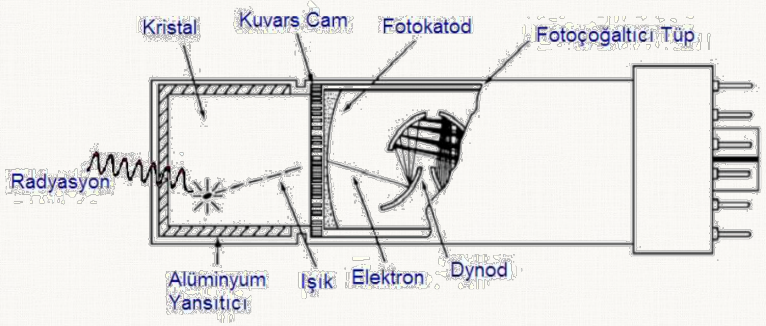
- Radyasyon sintilatörde atomu uyarır.
- Uyarılan atom görünür bölgede ışık yayınlar (fluoresans).
- Işık foto duyarlı yüzeye çarpar fotoelektron salınır.
- Bu e^-, fotoçoğaltıcı (PM) tüpte çoğalır. Hızlandırılır ve çıkış pulsuna dönüştürülür.
- Meydana gelen pulsun büyüklüğü radyasyonun enerjisi ile orantılı olup enerji ayırımı yapılabilir.







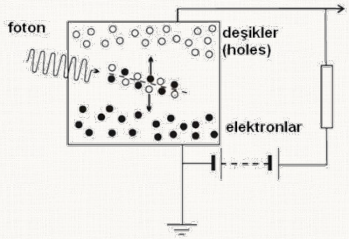
Sintilasyon Dedektörleri



Yarı-İletken Dedektörler

- Silisyum (Si) ve Germanyum (Ge) gibi yarı iletken malzemelerden yapılırlar.
- Radyasyon yarıiletken üzerinde elektron-boşluk (hole) çifti oluşturur.
- Enerji çözünürlükleri yüksektir.





Nötron Dedektörleri

- Nötronlar doğrudan ölçülemezler.
- Ortamın nötronla etkileşimi sonucu meydana gelen diğer yüklü parçacıkların uygun bir dedektörle tespit edilmesi sonucu, dolaylı yollarla nötron sayılmış olur. $B^{10}(n,a)$, He(n,p) ve Cd(n,g)
- Nötronlar hidrojen veya hidrojen ihtiva eden maddelerle durdurulabilirler. En iyi zırhlama malzemesi su ve parafindir.
- Nötron dedektör tipleri:
  - ✓ Boron üçflor (BF_3) orantılı sayaçları
  - ✓ Helyum orantılı sayaçları
  - ✓ Gaz çarpışma orantılı sayaçları
  - ✓ Kabarcık dedektörleri.



Portatif Nötron Ölçüm Cihazı

Kontaminasyon Monitörleri

- Radyoaktif materyallerle çalışma sırasında yüzeyin veya ortamın kontamine olma olasılığı vardır.
- Bu monitörler, kontaminasyon varsa eğer erken uyarıda bulunur ve radyoaktivitenin başka yerlere de bulaşmasını önlemeye yardımcı olur.
- Uygun tipteki monitör kullanılarak alfa, beta ve gama radyasyonları tespit edilebilir.





Alfa izotopları için
0,37 Bq/cm^2

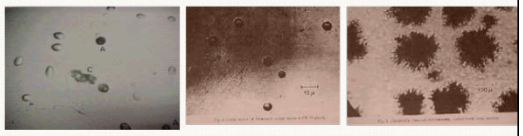
Beta ve gama izotopları için
3,7 Bq/cm^2

değerleri ve üstü radyoaktif bulaşma sayılır.

ALARA RGD

Nötron dozimetreleri

- Nükleer iz dedektörü
- Katıhal nükleer iz dedektörü
- TLD albedo dozimetreleri
- Bubble (kabarcık) dedektörleri





ALARA RGD

Cihaz Seçimi

Radyasyonun ölçülmesinde kullanılan cihazların seçiminde radyasyon kaynağı ve uygulama alanları göz önüne alınarak;

- Gösterge (analog, dijital)
- Skala
- Işık
- Ses
- Pil ve ömrü
- Dış etkenlere karşı dayanıklığı
- Cevap verme süresi
- Verim vb. hususlar dikkate alınmalıdır.

ALARA RGD

Dedektörlerin Özellikleri

Dedektör Tipi	Radyasyon Tipi	Doz Birimi/ Doz hızı	Bulaşma Birimi	Enerji Aralığı	Doz Hızı Aralığı	Diğer Özellikleri
İyon Odası	β, γ, X, n	mSv, mSv/h	cps	Geniş, tüm enerji çeşitlerine uygun	Dedektör içerisindeki basınç ve hacme bağlı	Hassas, kırılgan ve kullanışsız
Orantılı Sayaç	α, β, γ, X, n	mSv, mSv/h	cps, Bq, Bq/m^2	Düşük enerjilere uygun	Düşük doz hızlarına uygun	Hassas, kırılgan, yüksek duyarlıklı
GM Tüp	β, γ, n	mSv, mSv/h	cps	Yüksek ve düşük enerjiler için uygun değil	Geniş	Yüksek doz hızlarında ölü zaman sorunu
Sintilasyon Dedektörü	α, β, γ	mSv, µSv/h	cps	Yüksek enerjilerde çözünürlük zayıf	Düşük doz hızları	Bazı tipleri enerji ayırımı yapabilmektedir
Yarıiletken Dedektör	α, β, γ	mSv, µSv/h	cps, Bq, Bq/m^2	Yüksek enerjilerde çözünürlüğü düşük	Düşük doz hızları için uygun	Enerji ayırımı yapabilmektedir

ALARA RGD

Cihaz Kontrolü

- ✓ Pil durumu
- ✓ Sıfırlama-Background okuma
- ✓ Kontrol kaynağı
- ✓ Kalibrasyon



Kalibrasyon

- Kullanılan cihazların periyodik kalibrasyonunun yapılması önemlidir.
- ÇNAEM-SSDL







UYGULAMA
İYONLAŞTIRICI RADYASYON ÖLÇÜMÜ

1. Kullanılan Kaynak

	Aktivitesi	Enerjisi
Am-241	……	……
Sr-90	……	……
Cs-137	……	……

2. Ölçüm Cihazı Seçimi

1. Geiger Müller
2. İyon Odası
3. Sintilasyon Dedektörü
4. Orantılı Sayaç

3. Radyasyon Ölçümü

- Ölçüm Aralığı
- Kalibrasyon Tarihi
- Batarya Kontrolü

Am-241 (Alfa) Ölçüm Cihazı: GM – Orantılı Sayaç

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

Sr-90 (Beta) Ölçüm Cihazı: GM – İyon Odası - Sintilasyon

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

Cs-137 (Gama) Ölçüm Cihazı: GM – Sintilasyon

	Boş	Kağıt	Plastik	Alümimyum
1 cm	……	……	……	……
2 cm	……	……	……	……
5 cm	……	……	……	……
10 cm	……	……	……	……

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1. GİRİŞ
2. RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER
3. RADYASYONUN BİYOLOJİK ORTAM İLE ETKİLEŞMESİ
4. RADYASYONA DUYARLI ORGANLAR VE ORGAN DÜZEYİNDE ETKİLEŞME
5. DETERMİNİSTİK VE STOKASTİK ETKİ

BİYOLOJİK ETKİLERİN TARİHİ

- ✧ 1895 Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X ışınları keşfedildi.
- ✧ 1896 İlk deri yanığı rapor edildi.
- ✧ 1896 X ışınları kanser tedavisinde kullanıldı,
- ✧ 1896 Becquerel tarafından radyoaktivite keşfedildi.
- ✧ 1897 İlk deri hasarı vakası rapor edildi.
- ✧ 1902 X ışınlarının sebep olduğu ilk cilt kanseri vakası rapor edildi.
- ✧ 1911 Mesleki ışınlama sebebiyle ilk lösemi ve akciğer kanseri vakası rapor edildi,
- ✧ 1911 Almanya'da 94 tümör vakası rapor edildi, (50 tanesi radyoloji uzmanı)

BİYOLOJİK ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

FİZİKSEL FAKTÖRLER;

- Maruz kalınan toplam doz
- Maruz kalınma süresi
- Maruz kalınma şekli (iç ve dış ışınlanma)
- Dozun hangi aralıklarda alındığı (Fraksiyonasyon)
- Radyasyonun türü ve enerjisi (LET değeri)

BİYOLOJİK ETKİLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

BİYOLOJİK FAKTÖRLER

- Hücre siklus fazlarının duyarlılık farklılıkları
- Biyolojik tamir
- Kişiler arası duyarlılık farkları
- Cinsiyet, yaş ve hormonal farklılıklar

KİMYASAL FAKTÖRLER

- Radyosensivite: Örneğin; Oksijen, halojenli pirimidinler
- Radyoprotektif maddeler: Sülfidril grupları

RADYASYONUN BİYOLOJİK ORTAMLA ETKİLEŞMESİ

- Radyasyon enerjisinin DNA veya enzim molekülleri gibi özel bir biyolojik yapıya transfer edilmesi direkt etkidir.
- Radyasyon, vücut içinde özellikle su molekülleri gibi ortamdaki molekülleri etkilemiş ise, dolaylı etkiden söz edilir.

İYONLAŞTIRICI RADYASYONUN HÜCRE ÜZERİNDEKİ DOĞRUDAN ETKİSİ

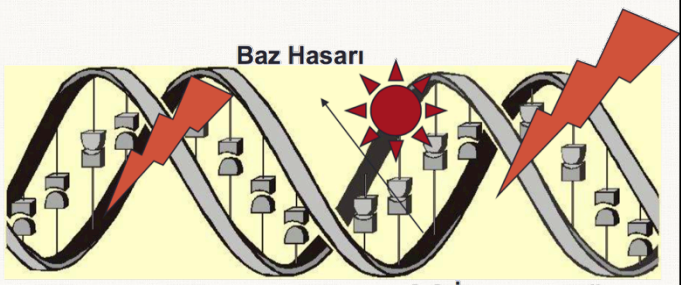
Hücre çekirdeğinde hayati önem taşıyan moleküller (DNA, RNA, enzimler, hormonlar) ile çekirdek dışındaki hayati moleküller (mitokondri, ribozom, lizozom) ve hücre zarının radyasyona doğrudan hedef olması sonucunda, hücrede;

- Ölüm
- Fonksiyon Değişikliği (Mutasyon) (tamir edilir)

Gerçekleşebilir.

RADYASYONUN DOĞRUDAN ETKİSİ

Kromozom Hasarları

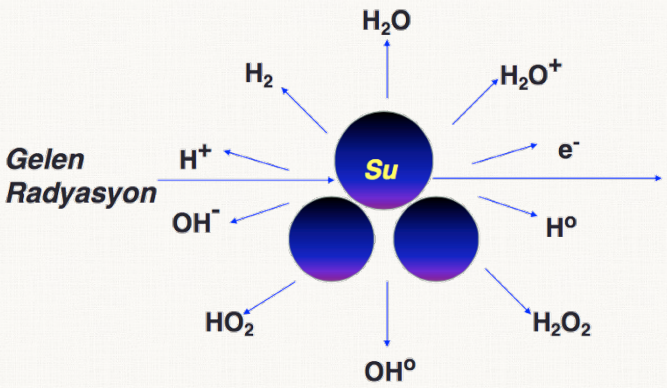


Radyasyonun Dolaylı Etkisi (Su Molekülü ile Etkileşimi)

- Canlılar yaklaşık olarak %70-90 oranında su içerdiği için radyasyon enerjisinin su molekülleri tarafından soğurulma olasılığı çok yüksektir.
- Suyun ışınlanması ile su molekülleri iyonlaşmakta ve bunların ürünleri olarak serbest radikaller (serbest kökçeler) oluşmaktadır.

Radyasyonun Dolaylı Etkisi

İnsanda en bol bulunan molekül: ***Su***



Onarım

- 1000 lezyonun 999 onarılır.
- 1000 hasarlı hücreden 999 ölür (her gün milyonlarca hücrenin ölümü herhangi bir sağlık problemi yaratmadan gerçekleşir)
- Çoğu hasarlı hücre yaşamlarını değişmiş olarak sürdürebilir.

Hücre Duyarlılığı

Radyobiyolojinin Temel Kanununa göre;

Işınlanan canlılarda hücrelerin duyarlılığı;

- ✓ Bölünme kapasiteleri ile doğru,
- ✓ Farklılaşma dereceleri ile ters orantılıdır.

Radyasyona Duyarlı Organlar

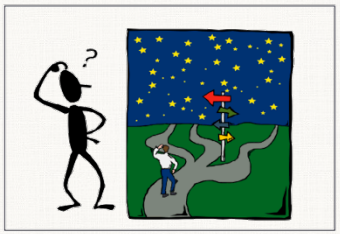
Yüksek Duyarlılık	Orta Duyarlılık	Düşük Duyarlılık
Kemik iliği	Cilt	Kas
Dalak	Kalp,	Kemik
Timüs	Karaciğer,	Sinir sistemi
Lenf nodları	Akciğer	
Üreme organları		
Gözler		
Lenfositler		

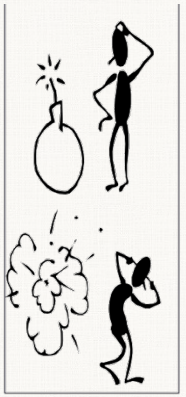
Deterministik Etki:

Eşik dozu vardır.
Etkinin şiddeti doz ile artar. Katarakt, güneş yanığı

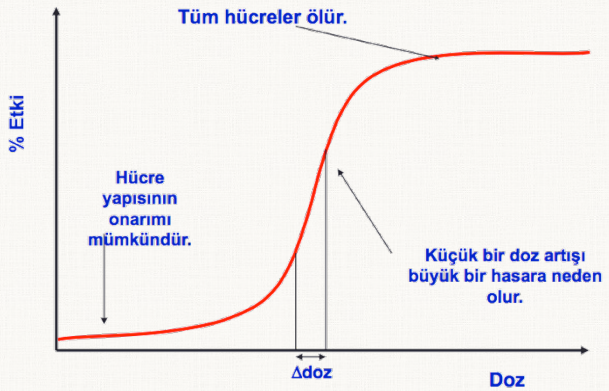
Stokastik Etki:

Eşik dozu yoktur. (Piyango Bileti)
Etkinin olasılığı doz ile artar. Kanser, kalıtsal etkiler.





Deterministik Etkinin Doz Cevap Eğrisi



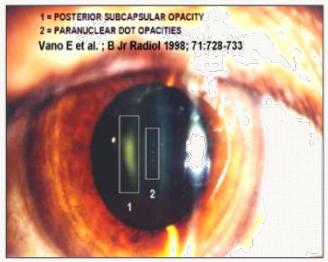
Deterministik Etkiler İçin Eşik Dozlar

• Katarakt		2-10 Sv
• Kalıcı kısırlık	- Erkekler	3,5-6 Sv
	- Kadınlar	2,5-6 Sv
• Geçici kısırlık	- Erkekler	0,15 Sv
	- Kadınlar	0,6 Sv

Cilt Hasarı

Hasar	Eşik doz (Sv)	Ortaya çıkma süresi (Hafta)
Erken geçici kızarıklık	2	<<1
Geçici kıl dökülmesi	3	3
Kalıcı kıl dökülmesi	7	3
Deride kırmızı lekeler	12	>52
Gecikmiş kızarıklık	15	6-10
Deride nekroz (kangren)	18	>10
İkincil ülserleşme	20	>6

Göz İçin Etkiler



	Tek Doz Işınlama (Sv)	Uzun Yıllar Işınlama (Sv/y)
Katarakt	5	>0,15
Gözlenebilir opasite	0,5-2	>0,1



5 Ci'lik Ir-192 kaynağını iş önlüğünün cebinde 2 saat taşıyan bir işçinin göğsünün ön ve sağ tarafında 5 ve 10 gün sonraki oluşan kızarıklıklar



Aynı işçinin ışınlanmadan 21 gün sonraki pul pul dökülme ve doku ölümü



15 – 20 Gray aralığında toplam doza maruz kalan bir hastanın 21 hafta sonraki doku ölümü

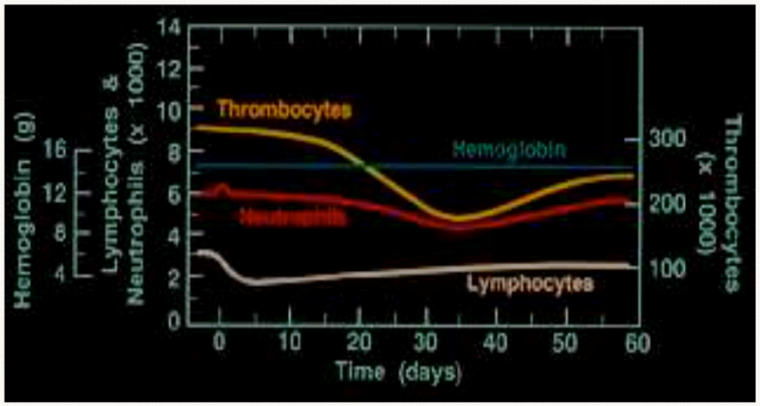
Tüm Vücut Işınlanması: Akut Radyasyon Sendromu

- İnsanda ani ve şiddetli olarak yüksek dozlara maruz kalma sonucunda ARS (Akut Radyasyon Sendromu) hastalık belirtileri ortaya çıkmaktadır.
- ARS düzeyi maruz kalınan doz seviyesine, doz hızına, ışınlanan dokuların radyasyona olan duyarlılığına, ışınlanan vücut bölgesi ve ışınlanmadan etkilenen organ sisteminin genişliğine bağlıdır.
- Tüm vücut ışınlandığında hasarın şiddeti daha fazladır.

Akut Tüm Vücut Işınlanmalarının Klinik Belirtileri

Doz (Sv)	Gözlenen Klinik Belirtiler
0-0,25	Gözlenebilen klinik belirti yok
0,25-1,0	Kan tablosunda küçük değişiklikler. Kusma, iştahsızlık (%15-50'sinde)
1,0-2,0	Yorgunluk, iştahsızlık, mide bulantısı ve 3 saat içinde kusmalar, kan tablosunda orta derecede değişiklikler. Işınlamadan 12-24 saat sonra deride kızarıklık.
2,0-6,0	2 saat veya daha fazla sürede kusmalar, iç kanamalar ve enfeksiyon, kan tablosunda büyük değişiklikler. 2 hafta içinde saçlarda dökülmeler, alınan doza göre 1 ay ile 1 yıl arasında %20 ile %100 arasında iyileşme.
6,0-10,0	1 saat veya daha kısa süre içinde kusmalar, kan tablosunda değişiklikler, iç kanama ve enfeksiyonlar, 2 ay içinde %80-100 arasında ölüm, sağ kalanların iyileşmesi çok uzun sürede mümkün olmaktadır.

1 Gy ışınlama ile kan tablosundaki değişiklikler



Lokal Radyasyon Hasarları (LRH)

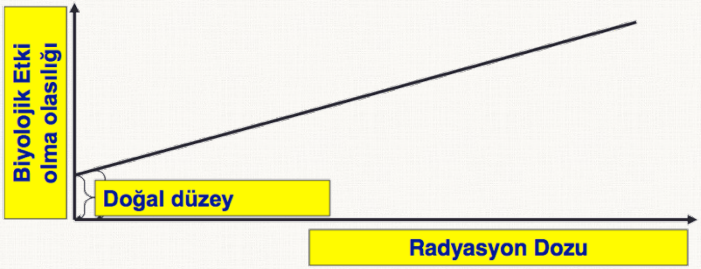
- Yüksek radyasyon dozlarının (> 8-10 Gy) neden olduğu LRH, tüm vücut ışınlanmasından çok daha sık meydana gelmektedir.
- LRH, sadece radyasyon tipine ve şiddetine değil aynı zamanda ışınlanan bölgenin büyüklüğüne ve yerleşimine de bağlıdır .



20-30 Sv'lik doza maruz kalmış bir işçinin ellerinde oluşan yanıklar ve veziküller

Stokastik Etkiler

Eşik değer olmaksızın radyasyon dozunun fonksiyonu olarak ortaya çıkması olası etkilerdir.



Stokastik Etkiler

- Bedensel Etkiler, kişinin kendisinde ortaya çıkması olası etkiler örneğin kanser oluşumu,
- Kalıtsal Etkiler, gelecek kuşaklarda ortaya çıkması olası etkilerdir.
- Yaşam kısaltıcı etkiler

Stokastik Etkiler

Stokastik Etkiler nedeniyle etkin doz birimi başına ölümcül ve ölümcül olmayan kanser olasılığının riski için olasılık katsayıları belirlenmiştir.

	Ölümcül kanser riski (Sv^{-1})	Ölümcül olmayan kanser riski (Sv^{-1})
Toplum bireyi	% 5	% 1
Radyasyon çalışanı	% 4	% 0,8

Stokastik Etkilerin Olasılığı

1 Sv doz

Ölümcül kanser	% 5.0
Yaşam süresi kısalması	% 0.6
Kalıtsal hasar	% 0.1
Toplam	**% 5.7**

ALARA RGD

Ölümle Sonuçlanan Kanser Olasılığındaki Artış

1 mSv	20 000 de 1
5 mSv	4 000 de 1
10 mSv	2 000 de 1
20 mSv	1 000 de 1

ALARA RGD

Risk

Milyonda bir Ölüm Riski olan Aktiviteler (1/1000000)

Bir Günde 20 Sigara İçmek	6 yıl
Fazla kilo (%15 kadar)	2 yıl
Tarım Sektöründeki Kazalar	320 gün
İnşaat Kazaları	227 gün
Trafik Kazaları	207 gün
Ev Kazaları	74 gün
Mesleki Radyasyon Dozu (10 m Sv/yıl, 18 ile 65 yaş arası)	51 gün
Bütün Doğal Hasarlar (deprem, yıldırım çarpması, sel)	7 gün
Tıbbi ışınlanmalar	6 gün

ALARA RGD

Gelecek Kuşaklar İçin Stokastik Etkiler

İyonlaştırıcı radyasyonun etkilerini araştırmak üzere yapılan hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlar önemli malformasyonlar, fonksiyon kayıpları, erken ölüm gibi etkilerin genetik etkiler sebebiyle olabileceğini göstermektedir.

Ancak;
Atom bombasından etkilenenlerin çocuklarından oluşan 70.000 kişi üzerinde yapılan araştırmalar **kanser, kromozom aberasyonu, konjenital anomaliler gibi bulgularda herhangi bir artış olmadığını ortaya koymuştur.**

ALARA RGD

Fetüs

Fetüs yüksek çoğalma kapasitesi ve farklılaşmamış hücreler nedeniyle radyasyona karşı duyarlıdır.

- Konsepsiyon (2 Hafta): İmplantasyon önlenir veya normal gebelik devam eder.
- Organogenez (2-6 Hafta): Gelişme geriliği, mikrosefali, organ anormallikleri görülür.
- 6-40 hafta: Merkezi sinir sistemi etkilenmesi sonucu IQ düşüklüğü gibi etkiler söz konusu olabilir.

Radyasyona maruz kalma / şüphe durumunda yapılması gerekenler

✓ Radyasyon kazası sonucu etkilenme olasılığı olan kişilerin en kısa sürede tam teşekküllü bir sağlık kuruluşuna müracaat etmesi gerekmektedir.

✓ Işınlanmanın şiddetini belirlemek için acilen kan örneği alınmalı ve tam kan sayımları periyodik olarak yapılmalı, kan tablosundaki değişiklikler gözlenmelidir.

✓ Deri ve sindirim sistemi ile ilgili gözlemler yapılmalıdır.

✓ Bulantı, kusma ve ishalin başlama zamanı, cilt ve mukoza yanıklarının şiddeti ve ortaya çıkış zamanları, doz seviyelerini tahmin edebilmek için önemlidir.

✓ Kan Örnekleri, Kromozom Aberasyon Analizi ile Biyolojik Doz tayini için ÇNAEM Biyolojik Dozimetri Laboratuarına ulaştırılmalıdır.

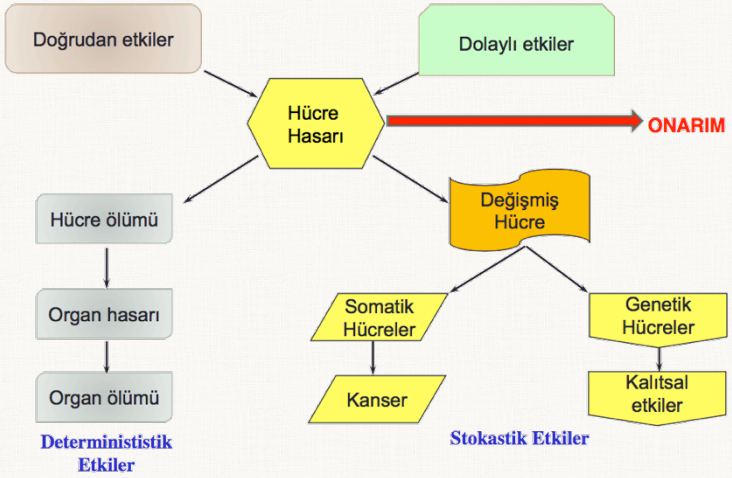
✓ Biyolojik Dozimetri yöntemleri ile tüm vücut dozu tayin edilmeli ve buna göre gerekli tedavi uzman doktorlar tarafından programlanmalıdır.

✓Tıbbi radyasyon uygulamalarında tüm vücut ve organ dozları SANAEM Radyasyondan Korunma Birimi tarafından hesaplanmaktadır.

Radyasyon Kazalarında Danışma, Tedavi ve Eğitim Amacıyla Yetkin Merkezler

- İstanbul'da Haydarpaşa GATA
- Ankara'da GATA

RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ



ALARA RGD

Kaynaklar

1- Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, (IAEA & WHO Safety Reports Series No. 2 1998)

2- Industrıal Radıography, The Damagıng Effects Of Radıatıon IAEA

3- TRIUMF Radiation Protection Course, P. Garnet, L. Moritz, TRIUMF Safety Group, 3rd Edition, April 2002

4- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP 60 (1990)

5- Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment, Technical Report Series, No: 405, IAEA, 2001

6- Köksal G., Dalcı D. Pala F., In Vitro Dose-Response Curves For Chromosome Aberrations Induced In Human Lymphocytes By Co-60 γ Radiation, Mutation Research, 1995, 329, 57-61

7- Rojas-Palma Carlos, Liland Astrid, Etherigton George, Perez Maria del Rosario, Rahola Tua, Smith Karen, TMT Handbook, Triage, Monitoring and Treatment of People Exposed to Ionising Radiation Following a Malovelent Act, 2009, ISBN:978-82-90362-27-5, Norway

ALARA RGD



ALARA RGD

RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- **Genel bilgiler**
  - Amaç
  - Tarihçe
  - İlgili uluslararası kuruluşlar
- **Radyasyondan korunma sistemi**
  - Işınlanmalar
  - ICRP (60, 103)
  - Justifikasyon
  - Optimizasyon
  - Doz sınırları, kısıtlamaları ve referans seviyeler
- **Temel Güvenlik Standartları**
  - Safety Series (SS)-IAEA
  - IAEA Safety Standards-2011
  - Radyasyon alanları
  - RKS



RADYASYONDAN KORUNMA

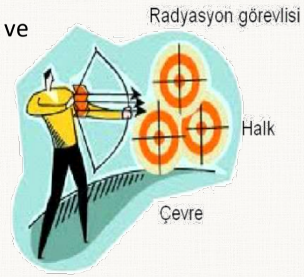
HEDEF:

Radyasyondan korunma, çalışanların halkın ve çevrenin *"radyasyonun zararlı etkilerinden korunmasıdır."*

Radyasyondan korunma ve güvenliğin sağlanması ancak

- konu ile ilgili bir sistemin kurulması ve
- sürekliliğin sağlanmasıyla

mümkündür.



RADYASYONDAN KORUNMA

SİSTEM:

- Radyoaktivite/doz ile ilgili nicelikler ve birimlerin bilinmesini,
- Gerekli ölçümlerin yapılabilmesini,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilebilmesini,

gerektirir.



RADYASYONDAN KORUNMA

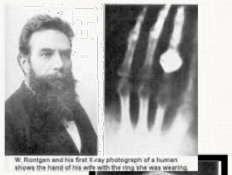
AMAÇ:

- Deterministik etkilerin önlenmesi
  (ölüm, cilt yanıkları, katarakt, kısırlık)
- Stokastiketkilerin meydana gelme olasılığının en aza indirilmesi
  (kanser, genetik etkiler)

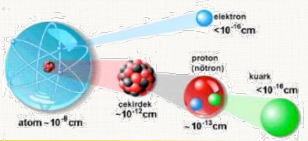


Tarihçe

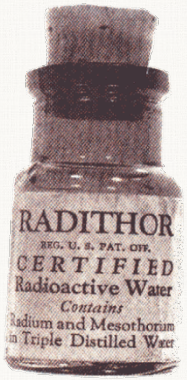
1895	Wilhelm Condrad Röntgen	X-Işınları
1896	Henri Becquerel	Radyoaktivite
1898	Marie ve Pierre Curie	Radyum
1911	Ernest Rutherford	Atom Çekirdekleri
1913	Neils Bor	Atom Modeli
1914	Chadwick	Nötron
1934	Juliot-Curie	Yapay Radyonüklitler







Tarihçe (2)



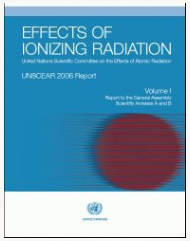
TARİHÇE

Radyasyonun zararlı etkileri keşfedilmesi;

- 1902 yılına kadar 50'nin üzerinde vaka yayınlanmış,
- 1911 mesleki ışınlananlarda lösemi artışı gözlenmiş, 94 tümör vakası saptanmıştır (50 radyolog).
- 1927 H.J.Muller'in çalışmalarıyla genetik etkileri ortaya konulmuş,
- 1944 Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda radyologların lösemi olasılığının diğerlerine göre 10 kat fazla olduğu ortaya konulmuştur.

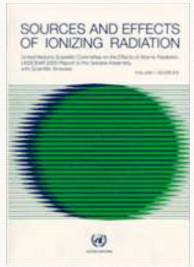
UNSCEAR (The United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation)

- Radyasyonun Sağlık Etkileri ile ilgili bilimsel çalışmalar yapan **Uluslararası Resmi bir kuruluş** olup BM teşkilatının bir Komitesi olarak **1955 yılında kurulmuştur**.
- İnsanların çevrelerinde bulunan ve maruz kaldıkları doğal ve yapay radyasyon kaynaklarını, bu kaynaklar nedeniyle radyasyon ışınlanmalarını ve ilgili riskleri düzenli olarak gözden geçirmektedir.
- Bulguları Birleşmiş Milletler Genel Kuruluna sürekli rapor etmektedir.
- Radyasyon kökenli kanserden ölüm için yaşam boyu riskin Sv başına 5% olarak tahmin edilmesi gibi.



UNSCEAR (The United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation)

- **UNITED NATIONS**, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN,
- Dünya genelinde, doğal yollarla maruz kalınan ortalama yıllık doz değeri: 2,4 mSv
- Radon dahil dünya genelinde:
  - %65: 1-3 mSv arasında
  - %25: 1 mSv' dan daha az
  - %10: 3 mSv' ın üzerinde



ICRP

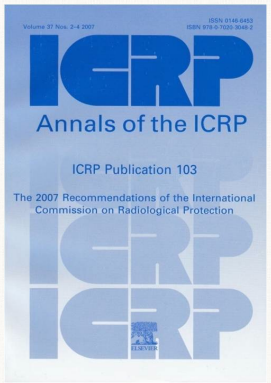
Radyasyonun zararlı etkilerine karşın faydalı kullanımının giderek yaygınlaşması sonucunda;

1928 yılında yapılan II.Radyoloji Kongresinde bugünkü adıyla

"Uluslar arası Radyasyondan Korunma Komisyonu – ICRP"

kurulmuştur .

ICRP resmi bir organizasyon olmayıp, radyasyon korunması ile ilgili tavsiyeler hazırlayan **bilimsel bir komisyondur**.



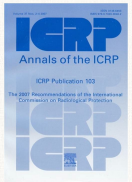
ICRP TAVSİYELERİNİN TARİHSEL DEĞİŞİM SÜRECİ

ICRP radyasyondan korunma konusunda ilk tavsiyesini, 1928 senesinde belirlemiştir.

Sınırlamanın yılda 1 Sv (1000 mSv) olduğu tahmin edilmektedir.

Sınırlar, deterministik etkilerin önlenmesine yönelik oluşturulmuştur.

1934 yılında	5 mSv / hafta
1951 yılında	3 mSv / hafta
1956 yılında	50 mSv / yıl çalışanlar, 5 mSv / yıl halk
1973 yılında	ALARA (As Low as Reasonably Achievable)
1990 yılında	20 mSv/yıl çalışanlar, 1 mSv / yıl halk (5 yılın ortalaması) (ICRP 60)
2007 yılında	20 mSv/yıl çalışanlar, 1 mSv / yıl halk (5 yılın ortalaması) (ICRP 103)



ICRP

- Tavsiyeler (ICRP, 2007)
- Radon (ICRP, 2010),
- Doku/organ tepkileri (ICRP,2012)
- Acil durum ışınlanmalarında, insanların korunmasına yönelik tavsiyeler uygulamalar (ICRP, 2009a)
- Nükleer veya radyolojik acil durumlar sonrası uzun-dönem kontamine olmuş bölgelerde yaşayan insanların korunumuna yönelik tavsiyeler uygulamalar (ICRP, 2009b).

IAEA (International Atomic Energy Agency)

- 1957 yılında kurulmuştur.

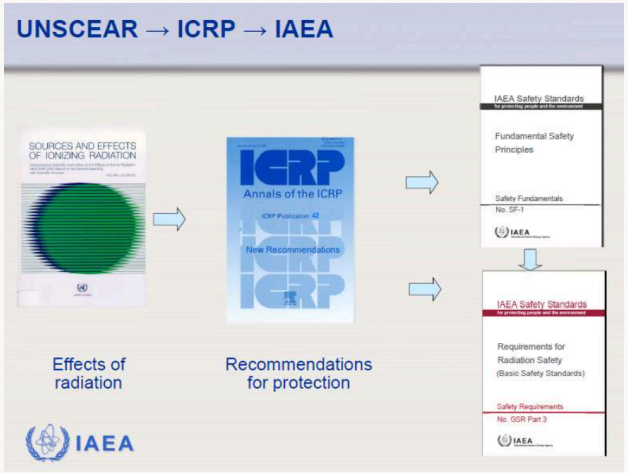




IAEA (International Atomic Energy Agency)

- Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren bağımsız, uluslar arası bilim ve teknoloji temelli bir organizasyondur.
- Nükleer Bilim ve Teknolojinin barışçıl amaçlarla kullanılması ve planlanmasında üye ülkelere destek sağlamaktadır.
- Nükleer Güvenlik Standartlarını (Fundamentals, Requirements, Guides) hazırlamaktadır.
- Bünyesindeki denetim mekanizması ile ülkelerin taahhütlerini yerine getirmesini kontrol etmektedir.

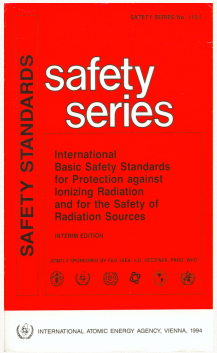
ÖZET



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
TEMEL GÜVENLİK STANDARTLARI

İyonlaştırıcı radyasyon içeren tüm aktiviteler için yerine getirilmesi gereken temel kuralları ve **etkin bir radyasyondan korunma programı için** yapılması gerekenleri

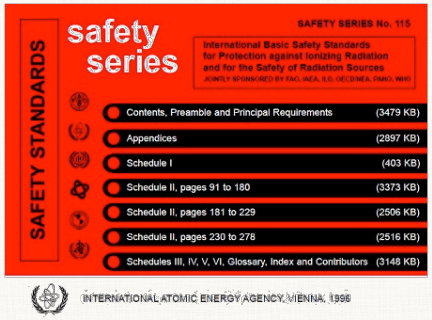
Ancak;
esas olan belirtilen hususların **ülke koşulları** dikkate alınarak uygulanmasıdır.



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
TEMEL GÜVENLİK STANDARTLARI

Amaç
- İnsanın ve çevrenin korunması
- Kaynakların güvenliği

Hedef kitle
- Hükümet ve düzenleyici kurumlar
- Sağlık makamları
- Teknik makamlar



BSS (BASIC SAFETY STANDARDS)
GENEL GEREKSİNİMLER

Sorumluluklar
- İşveren
- Lisans sahibi
- RKS, Çalışan

Diğer
- Tedarikçi Firma
- Hekimler
- Sağlık Servisleri
- Yetkin Uzmanlar
- Etik Komite

Düzenleyici kuruluş
- Standartların belirlenmesi, Mevzuatların oluşturulması
- Kayıtlar (Kuruluş kaynak, atık, doz kayıtları)
- Denetim
- Yaptırım



BSS-Genel Gereksinimler

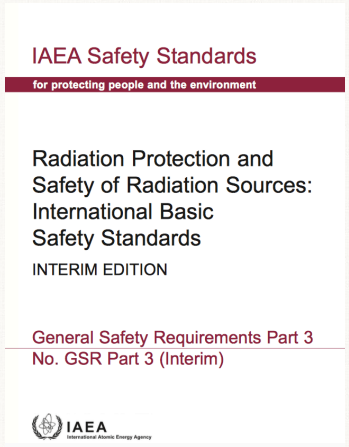
- Uygulama
  - İdari Zorunluluklar (Bildirim, Otorizasyon, Muafiyetler, Çevreye salım)
  - Radyasyon Korunması Zorunlulukları (Justifikasyon, Optimizasyon,Doz limitleri)

Yönetimsel Gereksinimler
- Güvenlik Kültürü
- Kalite Temini
- İnsan Faktörü
- Yetkin Uzman

Teknik Gereksinimler
- Kaynak Güvenliği
- Aşamalı Korunma
- İyi Mühendislik Uygulamaları

Güvenlik Verifikasyonu
- Güvenlik Değerlendirmesi
- Ölçüm, izleme
- Kayıtlar

SAFETY STANDARTS (IAEA) - 2011
2011 IAEA GÜVENLİK STANDARTLARI



SAFETY STANDARTS (IAEA) - 2011
2011 IAEA GÜVENLİK STANDARTLARI

- **Tüm ışınlanma durumları:**
  1. Planlı (planned)
  2. Acil (emergency)
  3. Mevcut (existing)

- **Gereklilikler:**
  - Justifikasyon
  - Optimizasyon
  - Doz sınırları

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **PLANLI IŞINLAMALAR**
  - Mesleksel maruziyet
  - Halkın maruziyeti
  - Tıbbi maruziyet
  - Genel zorunluluklar (gereklilikler)
    - Nükleer santral, nükleer yakıt çevrimi, radyasyonun kullanım alanları
    - Düzenleyici kuruluş (lisans)
    - İnsanların ve çevrenin korunması
      - Doz izleme, yerel kurallar, prosedürler, koruyucu donanımlar, kayıtlar, eğitim, bayan çalışanlar

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **ACİL (EMERGENCY) DURUM**

1. Acil durum yönetim sisteminin kurulması
2. Korunma stratejilerinin uygulanması ve geliştirilmesi
3. Acil durum çalışanlarının doz maruziyetlerinin kontrolü ve düzenlenmesi
4. Acil ışınlanma durumundan mevcut ışınlanma durumuna geçiş için hazırlıklar

- Halkın için korunum stratejilerinin varlığından hükümetler sorumludur.

SAFETY STANDARTS (IAEA) – 2011
IŞINLAMA DURUMLARI

- **MEVCUT (EXISTING) IŞINLAMALAR**

Yıllık etkin doz ve ortalama radon konsantrasyon referans seviyeleri

MARUZİYET YOLU	REFEREANS SEVİYESİ
Kontamine Bölgede İkamet	1-20 mSv
Besinler (Gıda Maddeleri)	1 mSv
İçme Suyu	1 mSv
Yapı Malzemeleri	1 mSv
Konutlarda Radon Gazı	300 Bq/m^3
İş Yerlerinde Radon Gazı	1000 Bq/m^3

RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

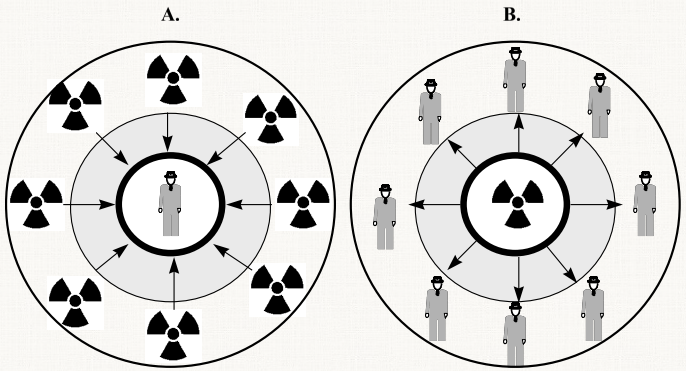
Radyasyon Korunmasının Etkinliği,

- Radyasyon dozuna neden olan kaynağa veya
- Bütün kaynaklardan bir kişi tarafından alınan doza bağlı olarak ifade edilir.

Radyasyondan Korunma Sistemi;

- Kişi İlişkin Sistem
- Kaynak İlişkin Sistem

KİŞİYE (A) VE KAYNAĞA (B) İLİŞKİN SİSTEMLER



RADYASYONA MARUZ KALMA ÇEŞİTLERİ

1. **Mesleki Işınlanmalar**
   Kontrolü
   Kaynakta: Sabitleme, Zırhlama
   Çevrede : Havalandırma, Ek Zırhlama
   Kişide : Çalışma Pratiği, Koruyucu Giysi ve Cihaz
2. **Toplumsal Işınlanmalar**
   Kontrolü
   Kontrol öncelikle kaynağa uygulanır.
   Mümkün değilse kişi ve çevre kontrolü düşünülür.
3. **Tıbbi Işınlamalar**
   Kontrolü
   Kaynak, çevre ve kişiye uygulanır.
   Tanı ve tedavinin temel tıbbi fonksiyonu korunmadan daha önceliklidir.

ICRP DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

- **GEREKÇİLENDİRME (Justification)**
  (Net fayda, hukuka uygunluk, gerekçelendirme, uygun mazaret)
- **OPTİMİZASYON – ALARA**
  (En az doz ile en iyi sonuç)
- **DOZ SINIRLARI**



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION)

Kişilere veya topluluklara, radyasyon hasarlarına kaşı net bir yarar sağlamayan radyasyon uygulamalarına izin verilmemelidir.



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK 1

TIBBİ UYGULAMALARDA GEREKÇELENDİRME

Mesleki, yasal ve sağlık sigortası amaçlı radyolojik uygulamalar klinik bir bulgu yoksa ve kişinin sağlığı ile ilgili önemli bir bilgi beklenmiyorsa profesyonel kuruluşlar tarafından istenmedikçe gerekçelendirilmemesi (justifiye edilmemesi)

Toplum taramaları kişiler için belirli bir avantaj veya topluma ekonomik ve sosyal olarak net bir fayda sağlamıyorsa yapılmaması vb. durumlar

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK 2

TÜRKİYE'DE NÜKLEER GÜÇ SANTRALİ KURULMASI

– Santral kurulumu için yapılacak harcama,
– Santralin radyasyon kaynağı özelliğinden kaynaklanan ilave harcamalar,
– Santralin ömrünü tamamlamasından sonraki söküm, atık vb harcamalar, dikkate alındıktan sonra net bir fayda sağlandığından emin olunmasının ifadesidir.

Bu tanım içerisinde yer alan yarar, maddeyle ölçülen değerlerle birlikte niceliksel olarak ifade edilemeyen yararları da kapsayan bir kavramdır. Zarar ise madde ile ölçülebilen veya insan ve çevre hasarlarını kapsayan olumsuzlukların toplamının ifadesidir.

Yarar-zarar hesabında toplum esas alınır.

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

GEREKÇELENDİRME (JUSTIFICATION) – ÖRNEK - MÜDAHELE

JAPONYA'DAKİ FUKUSHIMA NÜKLEER SANTRAL KAZASI SONRASI

- 20 km mesafeye kadar olan mesafede yaşayanların tahliye edilmesi,
- 20-30 km arasında yaşayanların tahliye edilmemesi

"müdahale" için gerekçelendirilmiş (justifiye edilmiş)kararlardır.



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON

Uygulamalarda net yararı maksimize etmek üzere ışınlanan kişilerin sayısı, bireysel dozun büyüklüğü ve ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak, **mümkün olan en düşükdozun alınmasının başarılmasıdır.**

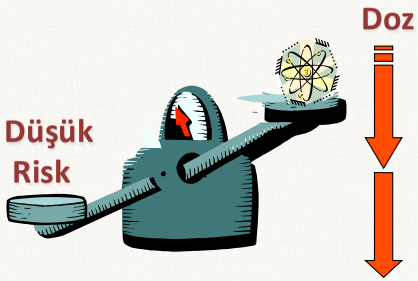


NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON - ALARA

As Low As Reasonably Achievable

Mümkün olan en düşük dozun alınmasının başarılması



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

OPTİMİZASYON

Kullanılan cihazlar;

Sistemin tek bir parçasından kaynaklı hatanın acilen tespit edilebileceği ve planlanmayan ışınlanmalar nedeniyle kişisel dozun ve insan hatalarının minimize edilebileceği özellikte olmalıdır.

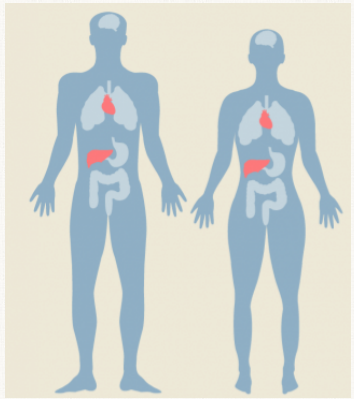
Lisans/İzin Sahibi;

- Cihazda ortaya çıkacak hatalar ile olası insan hataları konusunda firmadan bilgi almalıdır.
- Olası hatalar ile ilgili her türlü önlem alınmalıdır.
- Kalibrasyon, kalite temini, ve cihazların kullanımı konusunda ilgili personelin eğitimi sağlanmalıdır.

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ VE RİSK SINIRLARI

Kişilerin radyasyon dozları normal uygulamalarda **yıllık doz sınırlarını aşmamalıdır.**



NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI

- **Birincil Sınırlar**
- **İkincil Sınırlar**
  - Yıllık vücut içine alınma sınırları **(ALI – Annual Limits On Intake):** Radyoaktif maddelerin Becquerel (Bq) cinsinden vücuda alınabilir sınır değerleri
  - Doz eşdeğer indeksleri
- **Türetilmiş Sınırlar**
- **İzin verilen sınırlar**
- **İşletme Sınırları**

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

Radyasyon görevlilerinin veya toplum bireylerinin alabileceği yıllık doz sınırlarıdır.

Radyasyon Görevlileri İçin

- Etkin doz : 20 mSv/yıl (5 yılın ortalaması)
  50 mSv/yıl (tek yıl için)
- Eşdeğer Doz : 150 mSv/yıl (göz için)
- Eşdeğer Doz : 500 mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)

Halk İçin

- Etkin doz : 1mSv/yıl (5 yılın ortalaması)
  5 mSv/yıl (tek yıl için)
- Eşdeğer Doz : 15 mSv/yıl (göz için)
- Eşdeğer Doz : 50 mSv/yıl (Cilt, el, ayak için)

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

GENÇ ÇALIŞANLAR İÇİN

- 16 yaşından küçükler, mesleki ışınlanmalara maruz kalınacak işlerde çalıştırılamaz.
- 18 yaşın altındakiler gözetim altında olmadıkça ve eğitim maksatları dışında kontrollü alanlarda çalıştırılamaz.

Doz sınırları (IAEA-SS-2011)

Etkin doz : 6 mSv/yıl (tek yıl için)
Eşdeğer doz : 50 mSv/yıl (Göz merceği için)
Eşdeğer doz : 150 mSv/yıl (Cilt, El, ayak için)

NORMAL UYGULAMALAR İÇİN RADYASYONDAN KORUNMA SİSTEMİ

DOZ SINIRLARI – BİRİNCİL SINIRLAR

HAMİLE ÇALIŞANLAR İÇİN

- Doz sınırları normal çalışma şartlarında kadın veya erkek için farklı değildir.
- Çalışma koşulları embriyo veya fetüsün halk için izin verilecek düzeyi aşmayacağı şekilde (1 mSv) korunmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.
- Hamileliğin anlaşılmasından sonra dış ışınlamalarda; abdomen yüzeyi için doz sınırı (hamileliğin sonuna kadar) 2 mSv ve iç ışınlamalar için 1/20 ALI tavsiye edilmektedir.

ICRP 60 Medikal Işınlanmalar İçin Doz Kısıtlamaları



Hasta Ziyaretçileri ve Gönüllüler İçin

(Tanı ve tedavi süresince)

5 mSv'i



Hasta ziyareti için gelen

Çocuklar için

1 mSv'i aşmamalıdır.

Doz sınırlarına dahil edilmeyen ışınlamalar

Doğal radyasyondan

(2-3 mSv/yıl)

ve

tıbbi ışınlamalardan

alınan dozlar

yıllık doz sınırına dahil

edilmez!





ICRP 60- Müdahale İçin Radyasyondan Korunma Sistemi

- **Toplum ışınlamaları için müdahale**
- **Kaza sonrası müdahale**
- **Mesleki ışınlanmalarda**
- **Acil durumlarda**

Müdahale başlamadan
Justifikasyon
Optimizasyon
kriterleri uygulanır.

Doz sınırları uygulanmaz.

ICRP 60 Müdahalede bulunan Çalışanların Korunması (1)

- Müdahale durumunda (acil durum ışınlanmaları-BSS-2011) ışınlanacak personelin yetkili otorite tarafından belirlenen tek yıllık dozun aşılmasına (50 mSv) izin verilmez.



Ancak;

- Hayat kurtarma ve ciddi yaralanmaların önlenmesi,
- Toplam dozun azaltılması,
- Ciddi hasarların önlenmesi durumları

bu koşulun dışında değerlendirilmelidir.

ICRP 60 Müdahalede bulunan Çalışanların Korunması (2)

- Hayat kurtarmaya yönelik durumlar dışında, yıllık dozun iki katını aşmayacak planlamalar yapılır.

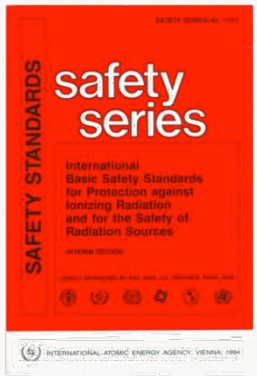


- Deterministik etkileri önlemek amacıyla yıllık dozun on katını aşmayacak şekilde planlamalar yapılır.

Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (1)

- Sorumluluklar:

Lisans/İzin Sahibi ve İşveren; muafiyetler dışındaki her radyasyon kaynağı için LİSANS/İZİN almak zorundadır.



Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (2)

- Lisans/İzin Sahibi ve İşveren
  - Çalışanların mesleki ışınlanmalardan korunmasından,
  - Standartlara uygunluğun sağlanmasından,
  - Doz sınırlarına uyulmasından,
  - Prosedür ve politikaların belirlenmesi ve organizasyonel düzenlemelerin yapılmasından,
  - Uygun tesis, cihaz ve servisin sağlanmasından,
  - Koruyucu teçhizat ve izleme cihazlarının temin edilmesi, doğru ve uygun kullanılmasının sağlanmasından,
  - Uygun, yeterli insan gücü (sayı ve nitelik olarak) ve bunlar için yeterli eğitimin sağlanmasından;
  - Kayıtların Standartlara uygun olarak tutulmasından,
  - Çalışanların sağlık gözetimlerinin yapılmasından,
  - Güvenlik kültürünün gelişmesi için gerekli imkanların sağlanmasından,
  - Çalışanların sorumlulukları hususunda bilgilendirilmesinden,
  - İşyerlerindeki diğer kişilerin halk üyesi kriterleri ile korunmasından

Sorumludur.

Radyasyon Korunmasında Temel Güvenlik Standartları (3)

- Çalışanlar
  - İşveren,İzin/lisans sahibi tarafından konulan kurallara uyacaktır.
  - Ölçüm cihazları ve koruyucu teçhizatı ve elbiseleri uygun şekilde kullanacaktır.
  - Bilgilendirilme, kurallara uyma ve eğitim programlarına uyacaktır.
  - Standartların dışına çıkılmasının kaçınılmaz olduğu durumları rapor edecektir.

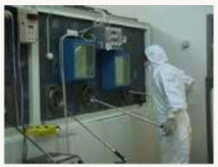
Radyasyon alanları

- Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar **"radyasyon alanı"** olarak değerlendirilir.
- Radyasyon alanları
  - **Denetimli Alanlar**
  - **Gözetimli Alanlar**

Radyasyon alanları- Denetimli alanlar

- Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime,
- Çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu,
- Çalışanların ardışık beş yılın ortalaması yıllık doz sınırlarının 3/10'undan fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır.







Denetimli alanlar

- Denetimli alan fiziksel olarak ayrılmalıdır.
- Alana giriş noktasına ve uygun yerlere "Radyasyon uyarı sembolü" ve "uygun talimatlar" asılmalıdır.
- Lokal kurallar ve prosedürler ile korunma ve güvenlik önlemleri oluşturulmalıdır.
- Alana giriş kilit v.b. şekilde sınırlandırmalıdır.
- Alana girişte koruyucu giysi, ölçüm cihazı vb malzemeleri bulunduracak imkanlar sağlamalıdır.
- Önlemlerin yeterliliği denetlemelidir.

Radyasyon alanları- Gözetimli alanlar

- Yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen, çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.
  - Alanlar belirlenmelidir.
  - Giriş noktalarına uygun işaretler konulmalıdır.
  - Önlemler düzenli olarak gözden geçirilmelidir.

Yerel Kurallar ve İç Denetim

İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Yerel kurallar ve prosedürler yazılı olarak hazırlanmalıdır.
- Bu kurallar ve prosedürler araştırma ve yetkilendirme, müdahale ve bunlar aşıldığında yapılması gerekenleri kapsamalıdır.
- Bu koşulların yerine geldiğinin gözlemlendiği sistemler kurulmalıdır.
- Tehlike Durumu Hakkında eğitim ve talimatname vermelidir.

Kişisel Koruyucu Düzenekler

İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Çalışanlara önlük, eldiven, organ zırhı gibi uygun koruyucuları sağlayacaktır.
- Gerektiğinde özel koruyucular sağlanacaktır.
- Müdahale durumları için gerekli koruyucular bulundurulacaktır.





Kişisel Ölçüm ve Doz Değerlendirilmesi

İşveren, Lisans/İzin Sahibi

Çalışanların kişisel doz ölçümlerinin yapılması için

"Yetkili bir dozimetre servisi"

ile gerekli irtibatı sağlamakla sorumludur.





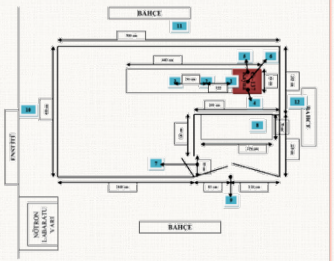
İşyerlerinin Ölçümlenmesi

İşveren, Lisans/İzin Sahibi





- İşyeri ölçüm programı oluşturmakla sorumludur.
- İşyerlerinin ölçümlenmesinde;
  - Ölçüm yöntemleri,
  - Ölçüm alınacak yerler,
  - Ölçüm sıklığı,
  - Referans seviyeler aşılması halinde yapılacak işler belirlenir.
- Ölçümlerin kayıtları tutulur.



Sağlık Gözetimi

İşveren, lisans/İzin Sahibi;

- Düzenleyici Kuruluşça belirlenen çerçevede sağlık gözetimi için gerekli düzenlemeleri yapmakla

sorumludur.



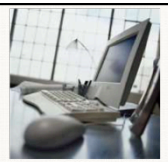
Sağlık Gözetim Programları;

- Mesleki sağlığın genel prensipleri,
- Çalışanın başlangıçta ve süregelen durumunu değerlendirmek üzere

oluşturulur.

Kayıtlar



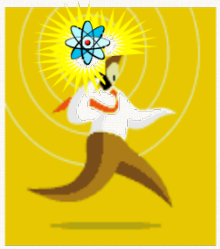


İşveren, Lisans/İzin Sahibi;

- Her çalışan için ışınlanma kayıtları tutulacaktır.
- Kişiler aldıkları dozlar hakkında bilgilendirecektir.
- Kaza ve olaylara ilişkin dozlar ayrıca rapor edilecektir.
- Kayıtların gizliliği sağlanacaktır
- Kayıtlar en az 30 yıl saklanacaktır.



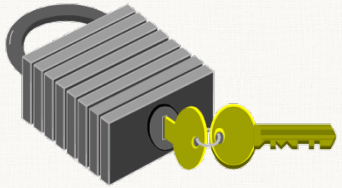
Tehlike Durumu



- **Sorumluluklar**
- **Tehlike Durumu Planı**
- **Müdahale**
- **Kaza sonrası Değerlendirme**
- **Müdahale Durumunda Çalışanların Korunması**

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (1)

Sorumlulukları



- İşleyişi Denetlemek
- Yerel kurallar ve uygulamalar için önerilerde bulunmak
- Eğitim gereksinimlerini belirlemek ve eğitim programında yer almak
- Görevleri tanımlamak
- Eksiklikleri lisans sahibine bildirmek



ALARA RGD

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (2)

- Denetçilerle birlikte çalışmak ve iç ve dış denetimleri kolaylaştırmak
- Cihazın alınması ve tesisin tasarlanmasında görev almak
- Kişileri ve alanları izlemek
- Kayıtların tutulmasını sağlamak
- İnceleme düzeyinin aşıldığı durumları araştırmak, soruşturma yapmak
- Acil durum işlemleri için tatbikatlar
- yapmak



ALARA RGD

Başlıca Referanslar

- International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. 115, Safety Standards. IAEA, February 1996.
- ICRP 73, Radiological Protection and Safety in Medicine. Annals of the ICRP, Vol. 26, Num. 2, 1996. Pergamon. UK.
- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP 60. Annals of the ICRP, Vol. 21, No. 1-3. Pergamon. UK.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York, United Nations 2000.
- IAEA Eğitim Materyalleri

ALARA RGD



ALARA RGD

RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANIM ALANLARI

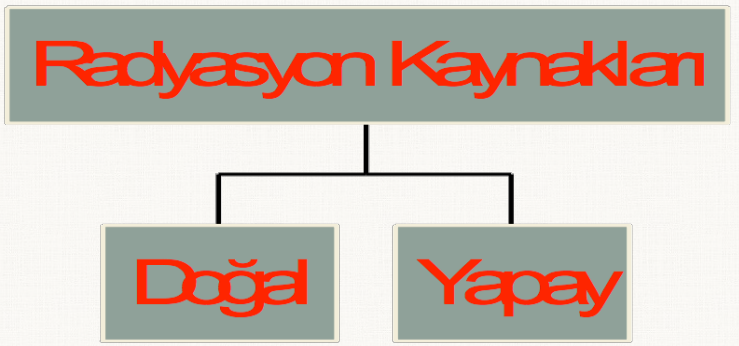
EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Radyasyon Kaynakları
- Doğal Radyasyon Kaynakları,
- Yapay Radyasyon Kaynakları

Uygulama Alanları
- Endüstriyel Uygulamalar
- Tıbbi Uygulamalar
- Eğitim ve Araştırma
- Tarım ve Hayvancılık
- Güvenlik Amaçlı Kontrol

RADYASYON KAYNAĞI

Yüksek enerjili radyasyon yayınlayan güneş ve benzeri kozmik cisimler, doğada bulunan radyasyon yayan radyonüklitler, özel olarak üretilmiş veya elde edilmiş radyoaktif maddeler, yan ürün veya radyasyon oluşturmak için özel olarak tasarlanmış cihazlar radyasyon kaynaklarına örnek olarak verilir.



DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI

- **Yerkürede Bulunan;**

  Uranyum-235, Uranyum-238, Toryum-232, Radyum-226, Radon-222, Potasyum-40

- **Kozmik Işınların Neden Olduğu;**

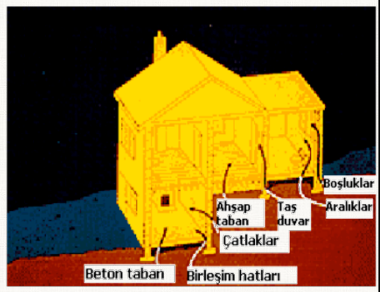
  Karbon-14, Trityum-3, Berilyum-7

- **Vücudumuzda Bulunan;**

  Potasyum-40, Karbon-14

Dünya genelinde, doğal yollarla maruz kalınan ortalama yıllık doz değeri: 2,4 mSv dir.

- Doğal radyasyon düzeyini arttıran en önemli nedenlerden biri, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin bozunması sırasında salınan radon gazı'dır.



- Radon gazından dolayı dünya genelinde maruz kalınan ortalama doz 1,3 mSv'dir.

YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI

Reaktör, hızlandırıcılar ve röntgen cihazları gibi makinelerde üretilen iyonlaştırıcı radyasyonlardır.

- **X-ışını Yayınlayan Cihazlar**

  (Röntgen tüpleri, linac (hızlandırıcılar), elektron demeti yayan sistemler)

- **Gama Işını Yayınlayan İzotop veya Kaynaklar**

  (Co-60, Ir-192, Se-75, Cs-137, Am-241, Ra-226, Fe-55, Cf-252, Cd-109)

- **Beta Işını Yayınlayan Kaynaklar**

  (P-32, Cl-36, H-3, Ni-63, Kr-85, Sr-90)

- **Gama Ve Beta Yayınlayan İzotoplar**

  (Cs-137, Kr-85, Cl-36)

- **Alfa Işını Yayınlayan İzotoplar**

  (Am-241, Cf-252, Ra-226, Th-232)

- **Nötron Yayınlayanlar**

  (Am-241/Be)

YAPAY RADYASYON KAYNAKLARI

- Ölümcül veya hayatı tehdit eden ya da yaşam kalitesini düşüren kalıcı hasarlar, şiddetli deterministik etkiler olarak kabul edilmektedir.

- Kontrol altında tutulmadığında şiddetli deterministik etkilere yol açabilen radyasyon kaynakları, tehlikeli kaynaklar olarak adlandırılmaktadır.

- Tehlikeli kaynakların sınıflandırılmasında kullanılmak üzere işlevsel bir tanım geliştirilmiştir. Bu işlevsel tanım D- değeri (D-value) olarak bilinmektedir.

RADYOAKTİF MADDENİN TEHLİKELİ MİKTARI (D-DEĞERİ)

- D-değeri (D-value); Kontrol edilmediği durumda, radyasyona maruz kalan bireyin ölümü veya yaşam kalitesini düşüren kalıcı yaralanması ile sonuçlanabilecek etkiler oluşturabilen radyoaktif madde miktarıdır.
- D-değerlerini bulmak için, birinde radyasyon kaynağının dağılmadığı (D1) yani kapsül içerisinde kaldığı, diğerinde ise radyasyon kaynağının dağıldığı (D2) durumlardaki maruz kalma senaryoları kullanılmaktadır.
- Bir radyonüklit için D-değeri; D1 ve D2 değerlerinin en küçüğü olarak alınmaktadır.

KAYNAKLAR VE MALZEME [TBq]

RADYONÜKLİT	D1	D2
H-3	UL	2.E+03
C-14	2.E+05	5.E+01
P-32	1.E+01	2.E+01
S-35	4.E+04	6.E+01
Cl-36	3.E+02	2.E+01
Cr-51	2.E+00	5.E+03
Fe-55	UL	8.E+02
Co-57	7.E-01	4.E+02
Co-60	3.E-02	3.E+01
Ni-63	UL	6.E+01
Zn-65	1.E-01	3.E+02
Ge-68	7.E-02	2.E+01
Se-75	2.E-01	2.E+02
Kr-85	3.E+01	2.E+03
Sr-89	2.E+01	2.E+01
Sr-90 (Y-90)	4.E+00	1.E+00
Y-90	5.E+00	1.E+01
Y-91	8.E+00	2.E+01
Zr-95 (Nb-95m/Nb-95)	4.E-02	1.E+01
Nb-95	9.E-02	6.E+01
Mo-99 (Tc-99m)	3.E-01	2.E+01
Tc-99m	7.E-01	7.E+02
Ru-103 (Rh-103m)	1.E-01	3.E+01

YAPAY KAYNAKLARIN KATEGORİZASYONU

Yapay radyoaktif kaynaklar 5 farklı sınıfta kategorize edilir;

Kategori I
Kategori II
Kategori III
Kategori IV
Kategori V

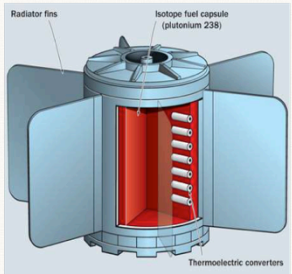
Radyonüklit	D değeri
Am-241	0.06
Co-60	0.03
Cs-137	0.1
Ir-192	0.08
Pu-238	0.06
Sr-90	1.0
$Tc-99^m$	0.7

KATEGORY	A/D Oranı
1	A/D ≥ 1000
2	1000 > A/D ≥ 10
3	10 > A/D ≥ 1
4	1 > A/D ≥ 0.01
5	0.01 > A/D and A > exempt

KATEGORİ 1

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse olağanüstü tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç dakikadan fazla tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç dakikadan 1 saate kadar süre boyunca bulunan kişi için muhtemelen ölümcül olacaktır.

A/D ≥ 1000





- Radyo izotoplu termoelektrik üreticiler (RTGs),
- Işınlayıcılar (Irradiators),
- Teleterapi

KATEGORİ 2

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse çok tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç dakikadan 1 saate kadar tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç saatten 1 güne kadar süre boyunca bulunan kişi için muhtemelen ölümcül olacaktır.



10 ≤ A/D < 1000

- Endüstriyel gama radyografi
- Yüksek/orta doz-şiddetinde brakiterapi



ALARA RGD

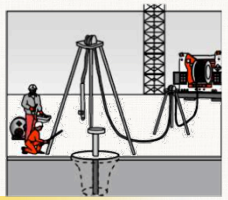
KATEGORİ 3

Güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korumalı değilse tehlikeli olarak değerlendirilen bu kaynaklar, birkaç saate kadar tutulduğunda veya temas halinde kişide kalıcı hasara sebep olabilecek kaynaklardır. Bu miktardaki zırhlanmamış radyoaktif madde, yakınında birkaç günden birkaç haftaya kadar süre boyunca bulunan kişi için olasılık düşük olsa da ölümcül olabilir.



1 ≤ A/D < 10

Sabit Endüstriyel ölçüm sistemleri : Seviye ölçerler, Taramalı ölçerler, Yüksek aktiviteli kaynak bulunduran taşıma bandında ölçerler, Petrol arama kuyularında kullanılan ölçerler



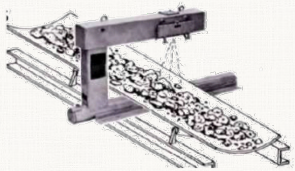
ALARA RGD

KATEGORİ 4

Bu kaynaklardan kişinin kalıcı hasar görme olasılığı düşüktür. Ancak bu kaynaklar, güvenli bir şekilde yönetilmiyor veya korunmuyorsa, saatler boyunca tutulduğunda veya haftalar boyunca temas halinde olan kişide geçici hasara sebep olabilecek kaynaklardır.

0,01 ≤ A/D < 1

- Düşük aktiviteye sahip brakiterapi cihazları
- Kemik dansitometri cihazları
- Düşük aktiviteli kaynak kullanan ölçüm düzenekleri



ALARA RGD

KATEGORİ 5

Bu kategorideki radyasyon kaynaklarının kişilerde kalıcı hasar bırakma olasılığı yok denecek kadar azdır.

Muaf ≤ A/D ve A < 0,01

- XRF (X ray Fluoresance) cihazları
- PET (Positron Emission Tomography)

Kalibrasyon kaynakları



ALARA RGD

Uygulama Alanları

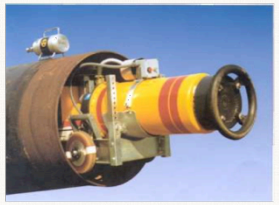
1- Endüstriyel Uygulamalar

- Radyografi / Radyoskopi Cihazları:
  X-Işınları, Co-60, Ir-192, Se-75, Yb-169
- Işınlama Sistemleri: Elektron demeti, Co-60
- Eğitim-Araştırma ve Analiz Cihazları :
  X-Işınları, Fe-55, Ni-63, P-32, Cl-36, H-3
- Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları:
  Cs^{137}, Am-241/Be
- Proses Kontrol (Kalınlık, Ağırlık, Seviye, v.b) Cihazları:
  Cs^{137}, Sr^{90}, Kr^{85}, Co^{60}, Am^{241}
- Paratonerler, Duman Dedektörleri ve Tüketici Ürünleri:
  Am-241, Th-232 , H-3, Sr-90, Pu-238, Pr-147, Co-60

- Radyografi / Radyoskopi Cihazları

✓ X-ışını Radyografi Cihazları;



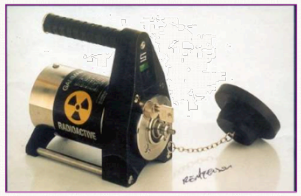


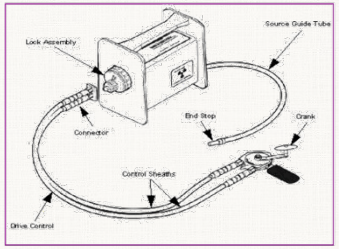




✓ Gamagrafi Cihazları;







✓ Endüstriyel Radyoskopi Cihazı;

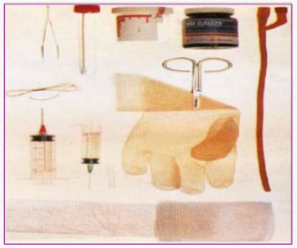


Işınlama Sistemleri;

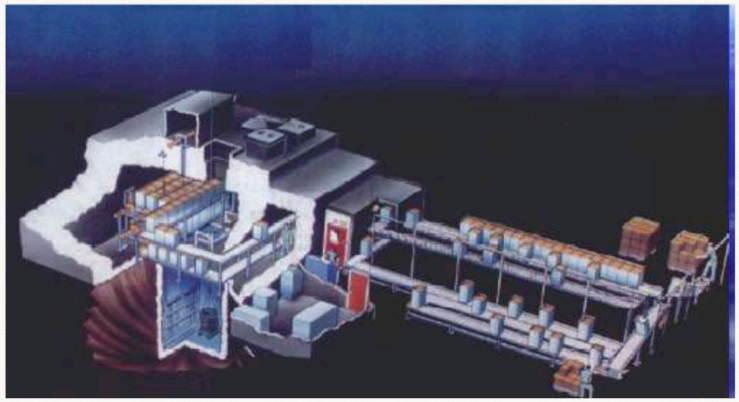
✓Gama Işınlaması ile;

- Korunma,
- Raf ömürlerinin uzatılması,
- Böceklenmenin önlenmesi,
- Mikroorganizmaların arındırılması,
- Plastik malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi,
- Sağlık bakım ürünlerinin sterilizasyonu,
- Tıbbi ürün / cihazların sterilizasyonu,
- Ambalaj maddelerinin sterilizasyonu,
- Laboratuvar ürünlerinin sterilizasyonu amaçlanır.





✓ Işınlama Tesisleri;



Gama Işınlama Cihazları



Cs-137



Co-60

✓ Kan Işınlama Cihazları;



Eğitim-Araştırma ve Analiz Cihazları

✓ Analiz Cihazları;

Çimento, bakır, demir v.b maden çıkarma, öğütme ve üretimlerinde, cevher ve mamul maddelerde bulunan element miktarlarının tayininde kullanılır.



Radyasyon Kaynakları;

X-ışını,
Fe-55,
Cd-109,
Ni-63,
P-32,
Cl-36,
H-3,
Cf-252 vb. olabilir

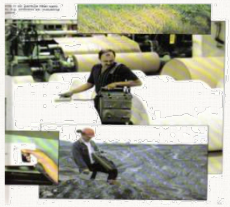




✓ X-Işını Analiz Cihazları;



X-Işını floresans cihazı (XRF)



Kalınlık ölçüm cihazı



X-ışını Difraktometre Cihazı (XRD)



Portatif XRF

✓ Analiz amaçlı cihazlar;

- Metal ve alaşım analizi
- Hurda metal tasnifi
- Alaşımların kalite kontrolü
- Maden uygulamaları
- Mineral ve toprak analizleri
- Keşif, maden haritalandırma
- Cevher sınıfı tespiti
- Tüketici plastiklerinin analizi
- Kurşun boya analizi





Radyoaktif Kaynaklı Cihazlar;

Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları

Cihazlar,
- Yol yapımlarında,
- Topraklı (mıcır, çakıl) dolgularda,
- Çimento-bitüm karışımlı kaplamalar v.b. uygulamalarda

kullanılır.



Proses Kontrol Cihazları

Üretim sırasında (demir, çelik, lastik, kağıt, sunta, şeker, iplik, cam, vb.) malzemenin yoğunluğunun, seviyesinin, kalınlığının, ağırlığının vb. ölçülmesinde radyasyon kaynaklı sistemler kullanılmaktadır.

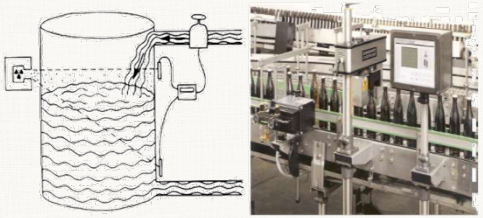
Radyasyon Kaynakları:
Cs-137, Sr-90, Kr-85, Co-60,
Am-241, Am-241/Be, X-ışını



Kalınlık Ölçümü



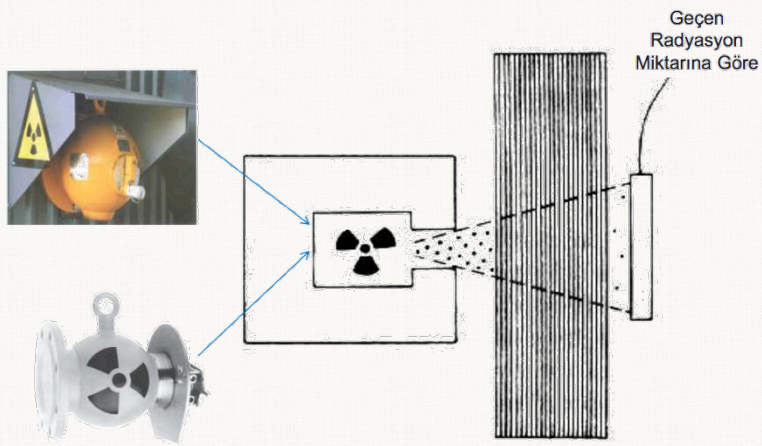
Yoğunluk Ölçümü



Seviye Ölçümü

ALARA RGD

✓ Otomatik Proses Kontrol Sistemleri;



ALARA RGD

Paratoner, Duman Dedektörü;

- Paratoner,
- Duman detektörleri



Duman Dedektörü



Paratoner (Am-241)

Am-241, Ra-226

ALARA RGD

2- Tıbbi Uygulamalar

✓ Teşhis amaçlı;

- **Radyoloji Bölümleri**
  (X-Işını Yayan Cihazlar)
- **Nükleer Tıp Laboratuvarları**
  (Tc-99m, Tl-202, I-131 ve Ga-67)
- **PET laboratuvarları**
  (F-18, N-13, O-15,Ga-68)

✓ Tedavi amaçlı;

- **Radyasyon Onkoloji Bölümleri**
  (Linak, Co-60)
- **I-131 Tedavi Odaları**

ALARA RGD

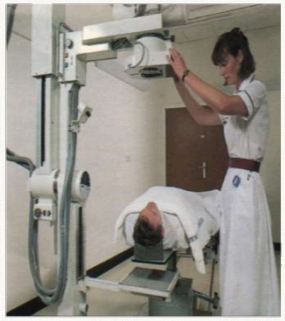
✓ Teşhis Amaçlı

Radyoloji;

- Filme Görüntü Alma
- Ekranda İzleme



Tomografi



Röntgen

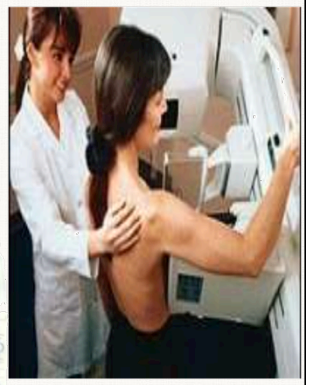
ALARA RGD



Periapikal Diş Röntgen



Panaromik Diş Röntgen



Mamografi

ALARA RGD



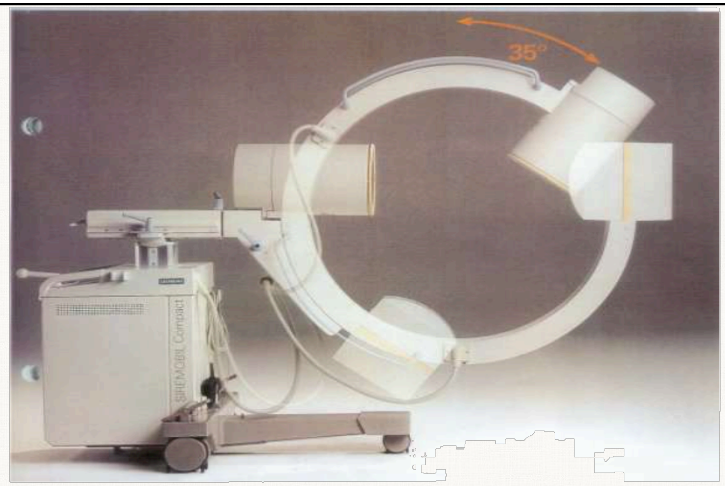


Kemik Yoğunluğu



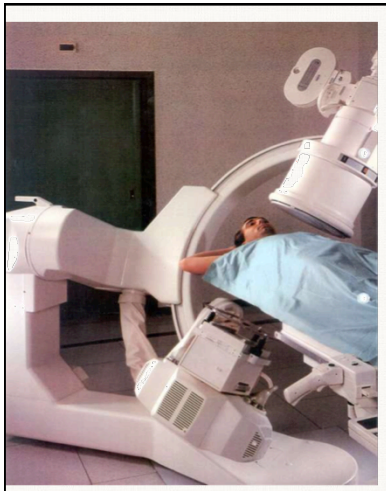
Mobil Röntgen

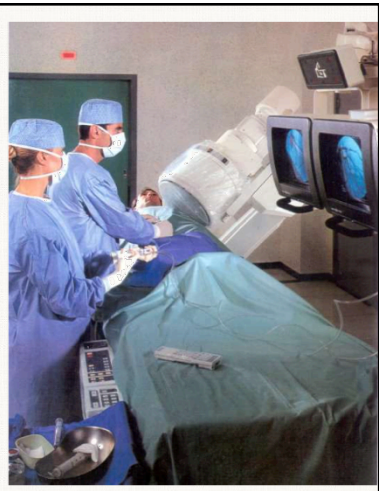
ALARA RGD



C-Kollu Mobil Radyoskopi

ALARA RGD





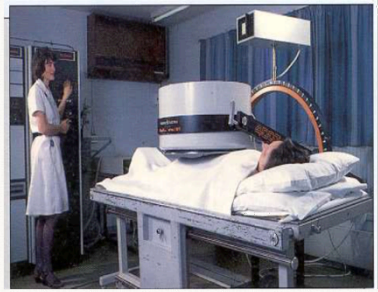
Anjiografi

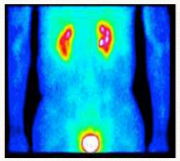
- Nükleer Tıp (NT)
- Radio Immuno Assay (RIA)

✓ **Teşhis;**

Kalp, karaciğer, böbrek, kemik vb. fonksiyon testleri

- Tc-99,
- Tl-201,
- I-125,
- I-131,
- F-18





✓ **Radyoterapi Laboratuarları;**



Lineer Hızlandırıcı



Co-60 Gamma Knife (Bıçağı)



Co-60 Elektron Demeti, X-Ray

3- Eğitim ve Araştırma

- DNA çalışmalarında **(genetik mühendisliği),**
- Tarımda **(tohum ıslahı),**
- Akarsularda debi ölçümünde,
- Barajlarda su kaçaklarının tespitinde,
- Yeraltı sularının hareketlerinin takibinde,
- Petrol aramalarında nem ve yoğunluk ölçümünde kullanılır.







✓ Petrol Arama Çalışmaları (oil well logging);

Radyasyon Kaynakları:

Ra-Be, Pu-Be, Am-Be, Cf-252, Cs-137,

✓Arkeometrik Çalışmalar;

- Buluntu tayini (gömü, höyük)
- Fiziksel özellik tayini (esere zarar vermeden tarihsel değerini ortaya çıkarmak)
- Yaş tayini
- Malzeme tayini (kimyasal özelliklerin tayini)
- İmal usulü tayini (metalürjik ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi)
- Kaynak tayini (buluntu yeri ile malzeme kaynağı veya imalatının yapıldığı yerin tayini)
- Gerçeklik tayini (gerçek mi, sahte mi)
- Restorasyon
- Buluntu ve eserlerin korunması (fiziksel koruma)

4- Tarım ve Hayvancılık

- Gıda maddelerinin bozulmasını önlemek
- Besin değeri kaybını önlemek
- Hasat sonu kayıpların önlenmesi (filizlenmeyi önleyerek veya olgunlaşmayı geciktirerek)
- Zararlı hayvanların üremesini veya yaşamasını engellemek
- Çeşitli bitkilerin ıslahı ve geliştirilmesi
- Hayvan hastalıkları teşhisi

5- Güvenlik Amaçlı Kontrol

Tır, kamyon gibi araçların ve çanta-valiz, bagajların, içinde saklanan uyuşturucu, bomba vb. şüphe duyulan paketlerin monitörde izlenmesinde kullanılmaktadır.



Paket-bagaj Kontrol Cihazları

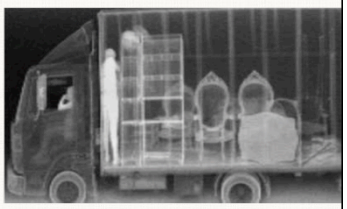


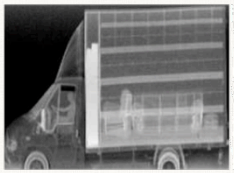
Araç Tarama

X-Işınları, elektron demeti, vb. kullanılır.

✓ **TIR Tarama Sistemleri (Geri Saçılma);**





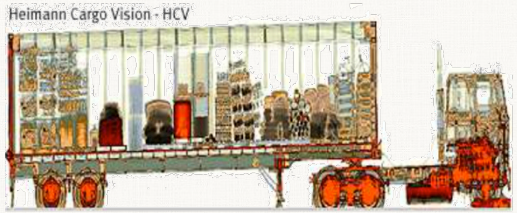




✓ **Güvenlik amaçlı X-Işını, Co-60;**







Linac (Hızlandırıcı)



RADYASYON KAZALARININ NEDENLERİ, SONUÇLARI VE ÖNLENMESİ

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

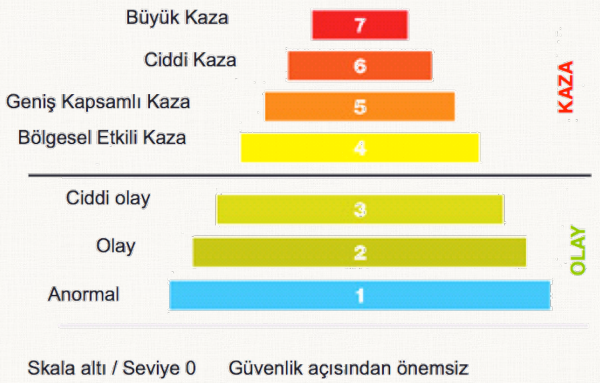
- Radyasyon Kazası Nedir?
- Radyasyon Kazaları'nın Sınıflandırılması
- Radyasyon Kazalarının Aşamaları
- Radyasyon Kazalarının Nedenleri
- Kaza Örnekleri ve Önlemler



RADYASYON KAZASI NEDİR

İyonize edici radyasyon ile yapılan çalışmalar esnasında, müsaade edilen sınırların üzerinde ışınlamaya (radyasyon dozuna) maruz kalma veya radyasyon kaynağının kontrol dışına çıkması durumudur.

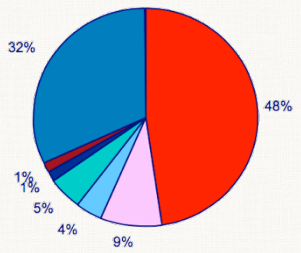
Kaza Ölçeği



Kaza Çeşitleri

Radyolojik Kazalar

- Tıbbi kuruluşlarda
- Endüstriyel kuruluşlarda
- Araştırma ve eğitim merkezlerinde
- Işınlama tesislerinde
- Malzeme testi çalışmalarında
- İzotop üretim tesislerinde
- Radyoaktif madde taşınmasında
- Gama radyografisinin saha çalışmalarında
- Askeri tesislerde
- Yasadışı veya terörist kullanımlarda
- Hurda yığınlarında
- Kaybolan veya çalınan kaynaklarla



Nükleer Reaktör Kazaları

- Nükleer reaktörlerde
- Nükleer yakıt çevrim tesislerinde

Kaza Örnekleri

1987 - 2001 Yılları Arasında Meydana Gelen Ölümcül Radyasyon Kazaları (Nükleer ve Radyolojik)

			Radyasyon Nedeni ile Ölümler		
Yıl	Yer	Kaynak	Görevli	Halk	Hasta
1987	Goiana, Brezilya	Radyoterapi	-	4	-
1989	San Salvador, El Salvador	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1990	Zaragoza, İspanya	Tıbbi Lineer Hızlandırıcı	-	-	x
1990	Soreq, İsrail	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1991	Nesvizh, Beyaz Rusya	Endüstriyel Sterilizasyon	1	-	-
1992	Çin	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	-	3	-
1992	ABD	Brakiterapi	-	-	1
1994	Tammiku, Estonya	Atık Deposundan Çıkarılan Kaynak	-	1	-
1996	San Jose, Kosta Rika	Radyoterapi	-	-	x
1997	Sarov, Rusya	Kritiklik	1	-	-
1999	Toakimura, Japonya	Kritiklik	2	-	-
2000	Tayland	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	-	3	-
2000	Mısır	Kayıp Kobalt-60 Kaynağı	2	-	-
2001	Panama	Radyoterapi	-	-	x

Radyasyon Kazalarının Aşamaları

1. OLUŞ AŞAMASI
   (Haber Verme)

2. ACİL DURUM AŞAMASI
   (Bilgilendirme v.s.)

3. İYİLEŞTİRME AŞAMASI
   (Yardım Sağlanması)

4. ONARIM AŞAMASI
   (Değerlendirme)

Oluş Aşaması

- Kazanın fiziksel olarak meydana gelmesi olup, şekline göre anında haberdar olunduğu gibi, belirli bir süre sonra da farkedilebilir.
- Sesli ve ışıklı uyarı sistemleri ve ölçüm cihazlarının bulunması halinde anında haberdar olunabilir.
- Olay yerinin ivedilikle boşaltılması ve yetkili kişi ve kuruluşlara en kısa yoldan **HABER VERİLMESİ** gerekmektedir.

Acil Durum Aşaması

- Güvenliğin devamı ve çevrenin korunması için her türlü çalışmanın yapılması
- Kazanın sınıfına ve oluş şekline göre çalışanların ve halkın güvenlik altına alınması
- Çalışmalarla ilgili **BİLGİ AKIŞI** sağlanması

İyileştirme Aşaması

Acil durum aşamasının devamı olup, kaza nedeninin ortadan kaldırılması ve güvenliğin sağlanması için plan, organizasyon ve uygulamanın gerektiği durumlarda **YARDIM** alarak yapıldığı aşamadır.

Onarım Aşaması

Kaza durumunun, kaza öncesi duruma dönmesi için gerekli programların yapıldığı, uygulandığı ve DEĞERLENDİRİLDİĞİ aşamadır.

Kazalara Karşı Başarılı Olabilmek İçin

- Eğitilmiş İnsan Potansiyeli
- Acil Durum Plânı
- Yeterli sayıda Radyasyon Ölçüm Aleti ve Yardımcı Donanımlar
- Cihazların Bakım ve Onarımlarının Düzenli Yapılması
- Faktörlerinin **TAMAMLANMIŞ OLMASI GEREKMEKTEDİR**

Acil Durum Planları Hazırlanırken

- Radyasyon Kaynağının ve Kullanıldığı Cihazın Yapısı
- Kaynak Güvenliğinin Kaybolması
- Güvenliğin Kaybolmasının Sonuçları
- **Faktörleri Gözönünde Bulundurulmalıdır.**

Acil Durum Planları

- NE YAPILMALIDIR ?
- NİÇİN YAPILMALIDIR ?
- NE ZAMAN YAPILMALIDIR?
- KİMLERLE YAPILMALIDIR?
- NASIL YAPILMALIDIR ?

- **Sorularına Cevap Verecek Şekilde Hazırlanmalıdır.**

Radyasyon Kaynağının Yapısı

- Radyasyon Üreten Cihazlar
- Zırhlanmamış Açık Kaynaklar
- Zırhlı Kapalı Kaynaklar

Güvenliğin Kaybolması

- İnsan Faktörü
- Cihaz veya Kaynaktaki Teknik Arıza
- Diğer Nedenler
  (Taşıma kazası, yangın v.b),

İnsan Faktörü

- Yetersiz Eğitim
- İhmal- Aşırı Güven
- İletişim Eksikliği

Kaynak veya Cihazdaki Teknik Arıza

- Cihazın Çok İyi Tanınmaması
- Periyodik Kontrol ve Sızıntı Testlerinin Zamanında Yapılmaması
- Çalışma Kurallarına Uyulmaması

Çalışma Kurallarına Uymak

1. Çalışmalara başlamadan önce, çalışmalar sırasında ve sonrasında rutin kontrollerin yapılması
2. Çalışma sonunda ölçüm cihazı ile kaynağın kontrolü
3. Dozimetrelerin amaca uygun olarak kullanılması
4. Radyasyon ölçüm aletlerinin ve alarmlı dozimetrelerin çalışmalarda sürekli olarak çalışır durumda tutulması
5. Çalışmaların ciddiyetine önem vermek
6. İşveren-Sorumlu Kişi-İşçi arasında iyi bir ilişki ve iletişimin kurulması

Radyasyon kazalarına örnekler

- 1979 USA
- KAYNAK: Ir-192
- AKTİVİTE : 1 TBq (28 Ci) NEDEN : Kaynağı 45 dakika pantolonun arka cebinde taşınıyor
- Sağ kalçanın 200 Gy doz aldığı tahmin ediliyor
- 31 gün, 50 gün 6 ay ve 19 ay sonra sağ kalçanın görüntüleri resimlerde verilmiştir.



Kazadan 31 Gün Sonra

Yaranın ciddiyeti görülüyor



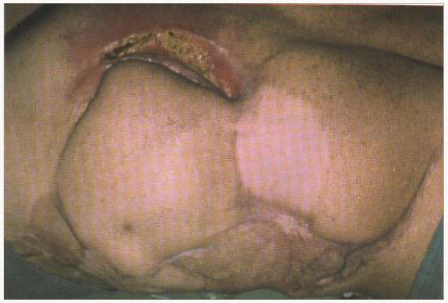
Kazadan 50 gün sonra

Doktor ölü dokuyu alıyor. Ayağından kalın bir deri parçası alarak bu bölgeye dikiyor



Kazadan 6 ay sonra

Yara kenarlarında tekrarlama görülüyor. 10 ay sonra ikinci deri ilâvesi yapılıyor



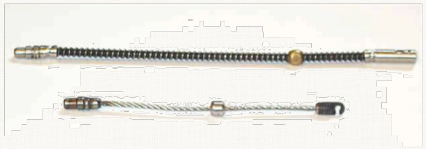
Kazadan 19 ay sonra

Yaranın tamamen kapanması mümkün olmuyor. Gelecekte daha başka ameliyat gerekebilir. İki yıl sonra bile topallayarak yürüyor

Ocak 1996 ÇİN

- Kaynak pantolonun cebinde bulunuyor.
- Ayak ve eller 2 – 9 Gy (200 – 900 rad) doza maruz kalıyor.
- Cerrahi müdahale yapılıyor.







Temmuz 1996 İRAN

Kaynak : Ir-192

Aktivite : 185 GBq (5 Ci)

Neden : Termik santralda çalışmaların bitiminde kaynak kılavuz hortumdan düşüyor. Tutucusu ile birlikte bulan kişi (izolasyon işinde çalışan kişi) tarafından 1,5 saat sağ göğüs cebinde taşıyor.





12 gün sonra

6 gün sonra

Göğüste kızarmalar

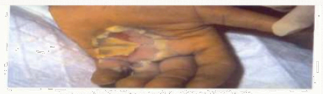


15 gün sonra nekroz.

(Beyazlıklar gümüş melhem)



19 gün sonra elde eritem (iltihaplanma sonrası kızarmalar





35 gün sonra nemli deri döküntüsü

Kasım 1997 de görünüm-1,5 yıl sonra



PHOTO 24. Contracture of the right elbow in November 1997.

Ohio (Eylül 1998);

✓ **Yanlış uygulama (^{131}I)**

- Hastaya ölümcül doz veriliyor tüm vücut dozu 0.02 Gy (2.3 rad),
- Thyroid dozu 88 Gy (8800 rad)

✓ **Yanlış uygulama (^{131}I)**

- 20 haftalık hamile bayana 11.8 mCi ^{131}I
- Fatal Doz
- WB 0.03 Gy (3 rad),
- Tiroid 253 Gy (25,330 rad)

Indiana, PA (1992);

- Brakiterapide kullanılan 4,2 C'i lik ^{192}Ir kaynağı kayıp oluyor.

Sonuçları;

- 90 kişi yüksek dozlara maruz kalıyor (> 20 cGy)
- 1 ölüm

Türkiye'de Meydana Gelen Kazalardan Örnekler

1. TAŞIMA SIRASINDA TRAFİK KAZASI SONUCUNDA **KAYNAK ARABADAN DÜŞÜYOR.**
2. KAZANDA ÇEKİM SONRASI KAYNAK KILAVUZ **HORTUMDAN DÜŞÜYOR.**
3. ACEMİ RADYOGRAFCI **AÇARKEN KAPATIYOR-KAPATIRKEN AÇIYOR**, KAYNAK DIŞARDA İKEN FİLM YERLEŞTİRİLİYOR.



İstanbul, 1998



- Eylül 1998: iki konteyner hurdacıya veriliyor parçalanıp açılıyor.
- 3.3 TBq (88 Ci) Co-60 kaynağı zırh dışına çıkıyor.
- 10 kişide akut radyasyon sendromu görülüyor.
- 404 kişi medikal muayeneden geçiriliyor.









ALARA RGD

❖ Nükleer Santral Kazaları

Chernobyl, SSCB (Nisan 1986), Fukuşima, JAPONYA (Mart 2011) (Sonuçları değerlendirilmektedir)

- ✓ 1000 MW RMBK üst kritik oluyor.
- ✓ Soğutma suyu devre dışı kalıyor kor eriyor.
- ✓ Atmosfere radyoaktif maddeler salınıyor.

116,500 tahliye edildi,

- 2 ölü (Travma)
- 28 ölü (ışınlama),
- 115 ARS, 56 Burns
- 145 kişi doz aldı. (0.7 – 1.6 Gy)



ALARA RGD

Kazaların Önlenmesi İçin Yapılması Gerekli Hususlar

1. Çalışanların konu ile ilgili eğitimlerinin tamamlanması ve periyodik olarak tekrarlanması

2. Çalışmalarda radyasyon ölçü aleti, kişisel dozimetre, alarmlı dozimetre, uyarı ikaz levha, etiket ve ışıkları kullanılması

ALARA RGD

3. Kullanılan cihazların ve donanımların teknik yapısının çok iyi bilinmesi.

4. İşveren-Sorumlu Şahıs-Görevli arasında çok iyi bir iletişim kurulması

5. Şüpheli durumlarda yetkili kişilere/otoriteye (TAEK)'e bilgi verilmesi

Tel : 444 82 35 TAEK ACİL BİLDİRİM HATTI
444 TAEK

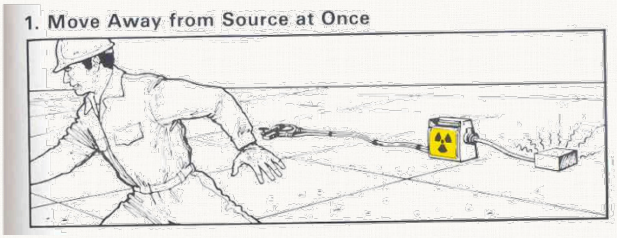
6. Radyasyonla ilgili konularda halkın bilgilendirilmesi

ALARA RGD

KAZA SONRASI YAPILMASI GEREKENLER

1- HEMEN ALANI TERKET

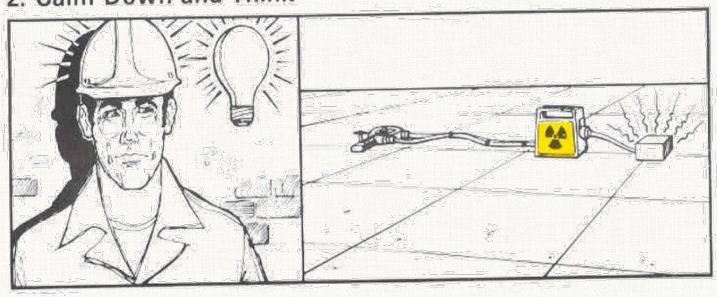
1. Move Away from Source at Once



ALARA RGD

2- SAKİN OL VE DÜŞÜN

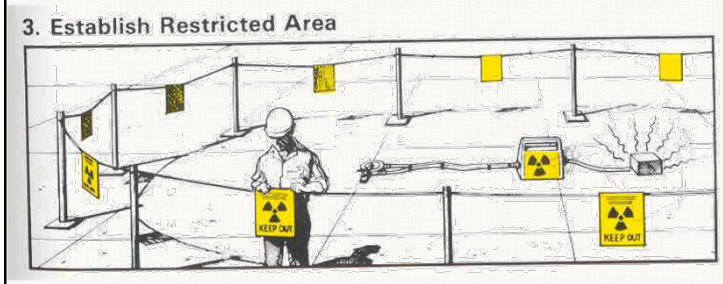
2. Calm Down and Think



ALARA RGD

3- GÜVENLİK ALANINI BELİRLE

3. Establish Restricted Area



ALARA RGD

4- YARDIM ÇAĞIR

4. Call for Help



ALARA RGD

KİŞİSEL DOZİMETRİ VE KULLANIMI

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Amaç
- Radyasyon nedir?
- Tanımlar
- Doz Limitleri
- Kişisel Dozimetreler
- Akreditasyon
- Dozimetre kullanımı
- Hizmet akışı
- Yüksek dozlar
- Önemli notlar



AMAÇ

- İyonlaştırıcı radyasyonla çalışanların maruz kaldıkları doz değerlerini izlemede kullanılan kişisel dozimetreleri tanıtmak,
- Kişisel dozimetreler kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlara dikkat çekmek,
- Dozimetri sistemin işleyişini açıklamaktır.

TANIMLAR

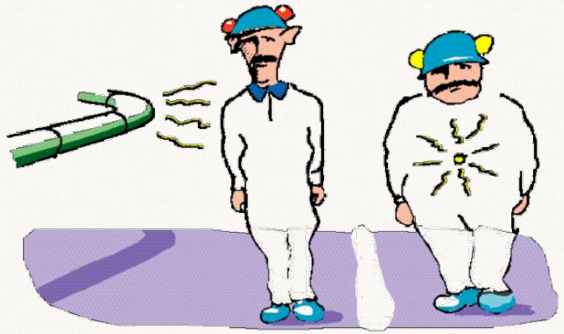
İyonlaştırıcı radyasyon: Bir maddenin veya canlı dokunun atomundan bir elektronu uzaklaştırmak (koparmak) için yeterli enerjiye sahip radyasyon dur.

Doz: Bir maddenin veya canlı dokunun, radyasyonla etkileşmesi sonucunda, madde veya doku içerisinde depolanmış enerjinin bir ölçümüdür.

Kişisel Dozimetre: Mesleki ışınlamalardan kaynaklanan personelin maruz kaldığı radyasyon dozunu ölçmede kullanılan cihaz veya düzenektir.

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

Harici ve Dahili Dozimetri



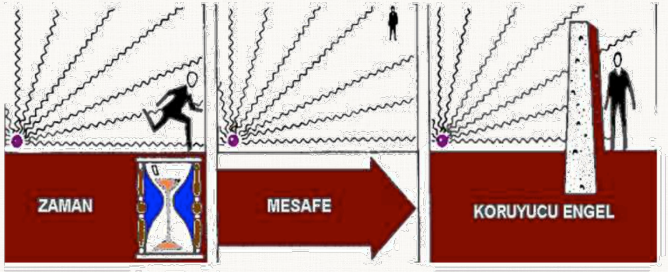
Dış ışınlanma İç ışınlanma

ALARA RGD

Dış ışınlanma

Radyoaktif maddelerden veya radyasyon üreten cihazlardan (radyasyon kaynaklarından) çıkan gama, X-ışınları, nötron vs. ışınların vücuda dışardan ulaşmasıdır.

Dış ışınlanmadan korunmanın 3 temel kuralı vardır.



ALARA RGD

Korunma







- Yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılır.

ALARA RGD

ZORUNLULUK

Çalışma koşulu "A": Yılda 6 mSv'ten daha fazla etkin doza veya göz merceği, cilt, el ve ayaklar için yıllık eşdeğer doz sınırlarının 3/10'undan daha fazla doza maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşuludur.

ÇALIŞMA KOŞULU "A" DURUMUNA UYAN TÜM ÇALIŞANLAR KİŞİSEL DOZİMETRE KULLANMAK ZORUNDADIR.

Dozimetre kullanma zorunluluğuna karar vermek RKS'nin sorumluluğudur.

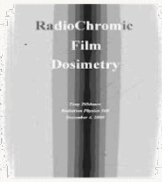
RADYASYON GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ MADDE 21...

ALARA RGD

Kişisel Dozimetreler

Film Dozimetre





Termo Lüminesans Dozimetre





Optik Uyarmalı Lüminesans Dozimetre



Elektronik Dozimetre



Cep Dozimetre



Extremite TLD



ALARA RGD

Kişisel dozimetre tipleri ve çeşitleri :

Kişilerin dış ışınlama ile aldıkları dozların ölçülmesinde pasif ve aktif dozimetreler kullanılır.

Pasif dozimetreler : Alınan dozların okunmasında ek bir cihaza ihtiyaç gösteren, bir zaman aralığında alınan toplam radyasyon dozunu ölçen cihazlardır. Yaygın olarak kullanılanlar,

- **Film**
- **TLD**
- **OSL**

Aktif dozimetreler : Alınan radyasyon dozlarını doğrudan doğruya okumayı mümkün kılan cihazlardır. Bu dozimetreler gerektiğinde 2. dozimetre olarak kullanılmaktadır.

- **Elektronik**
- **Cep-kalem dozimetreleri**

ALARA RGD

Akreditasyon

- SONUÇLARIN DOĞRULUĞU
- ULUSLARARASI İZLENEBİLİRLİK
- DÜZENLİ İŞLEYİŞ ANLAYIŞI
- İSTİKRAR
- GÜVENİLİRLİK
- HİZMET KALİTE GÜVENCESİ

demektir.

Türkiye Genelinde hizmet vermeye yetkili kuruluşların AKREDİTE olması zorunluluktur.

ALARA RGD

Kişisel Dozimetrelerin kullanım şekli

- Tüm vücut dozimetresi göğüs cebi hizasına takılır. Koruyucu giysinin altında kalmalıdır.
- Yüzük dozimetre radyasyona maruz kalan elde kullanılır.
- Kullanıcılar adına kayıtlı gelen dozimetre sadece çalışma alanında kullanılır. Çalışma süresi sonunda radyasyon alanı dışarısında muhafaza edilir.



ALARA RGD

Kişisel Dozimetrelerin kullanım şekli

- Sadece bir kişi kullanmalıdır. Ortak kullanım olmamalıdır.
- Her personel mutlaka kendi adına gönderilen dozimetreyi kullanmalıdır.
- Sadece çalışma alanında kullanılmalıdır.
- Nem, sıcaklık, darbe gibi hasar kaynaklarından uzak tutulmalıdır.
- Özellikle kalem, kimlik kartı kılıfı gibi metal tutaçları olan eşyaların yanına takılmamalı, önünde veya arkasında radyasyonu engelleyecek cisimler olamamalıdır. Tek başına takılmalıdır.
- Kullanım süresi sonunda, yeni dozimetre ile değiştirildiğinde en kısa sürede Dozimetre Servisine iletilmelidir.
- Elektronik dozimetrelerin kullanılması durumunda kalibrasyon ve pil durumları kontrol edilmelidir.

Dozimetreler açılmamalı, üzerine yazı yazılmamalı ve etiket yapıştırılmamalıdır.

Hizmet nasıl yürüyor?



Yüksek Doz !

Doz sonucu dönemlik limitleri aşıyorsa; Dozimetri Servisi tarafından İnceleme Düzeyi Doz Araştırma Formu gönderilir.

•Çalışma şartları
•Lisans koşullarında değişiklik
•Kaza durumu
•Hatalı kullanım

durumlarını ayırt etmek için sorular vardır.

Yüksek Doz !

- Hatalı kullanım ise TAHMİNİ DOZ uygulanmalıdır. Tahmini doz, RKS tarafından alan ölçümleri, çalışılan kaynak, çalışma düzeni, çalışma saatleri, aynı yerde çalışan diğer personelin doz değerleri vs. bilgileri dikkate alınarak hesaplanmalıdır.
- Yüksek Doz incelemesi sonucunda gerekli olur ise kullanıcı sağlık kontrolü/tıbbi müdahaleye yönlendirilir.
- İnceleme düzeyi doz araştırma formundaki bilgiler mutlaka doğru ve eksiksiz doldurulup, dozimetre kullanıcısı, radyasyondan korunma sorumlusu ve lisans sahibi tarafından imzalanmalıdır.

Önemli Notlar

RADYASYONDAN KORUNMADA VE DOZUN DOĞRU ÖLÇÜLEBİLMESİNDE İLK SORUMLULUK KULLANICININDIR.

DOZİMETRE SONUÇLARINDA DOZ DEĞERİNİN **0.1 mSv** ALTINDA VEYA **(C)** OLMASI SAĞLIĞINIZ İÇİN GEREKLİ ÖNLEMLERİ ALDIĞINIZI,
KURALLARA UYDUĞUNUZU GÖSTERİR.

RADYASYONDAN KORUNMA İLKELERİ (ZIRHLAMA, KORUYUCU GİYSİLER VE TEÇHİZAT KULLANILMASI, ÇALIŞMA SAATLERİNİN DÜZENLENMESİ, GÜVENLİK TALİMATLARINA UYULMASI VS…) DOĞRU UYGULANDIĞINDA DOZİMETRE DEĞERLENDİRMESİ SONUCU İZİN VERİLEN YILLIK DOZ SINIRLARINDA OLMASI GEREKİR.



RADYASYON GÜVENLİĞİ MEVZUATI (EURK)

TEMEL GÜVENLİK STANDARTLARI VE DOZ SINIRLAMA SİSTEMİ

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP)

The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3

TAEK mevzuatında revizyon çalışmaları devam etmektedir.

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

13/7/1982 tarihli ve 17753 sayılı Resmi Gazete, Kanun No: 2690

Amacı:
Atom enerjisinin barışçıl amaçlarla ülke yararına kullanılmasında izlenecek ulusal politikanın esaslarını ve bu konudaki plan ve programları belirlemek,

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

2690 Sayılı Kanunun 4. Maddesi: Görev, Yetki ve Sorumluluklar

d bendi (Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi tarafından yerine getirilen)

Radyoaktif maddeleri ve radyasyon cihazlarını
- ❖bulunduran,
- ❖kullanan,
- ❖ithal ve ihraç eden,
- ❖taşıyan,
- ❖ticaretini yapan

resmi ve özel kurum, kuruluş ve kişilere ruhsata esas olacak lisans vermek,

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

Görev, Yetki ve Sorumluluklar (devam)

- radyasyon güvenliği bakımından bu Kurum ve Kuruluşları denetlemek,
- radyasyon güvenliği mevzuatına aykırı hallerde, verilmiş olan lisansı geçici veya sürekli olarak iptal etmek,
- söz konusu kurum ve kuruluş hakkında , gerekirse kapatma kararı almak ve genel hukuk esasları dahilinde kanuni kovuşturmaya geçilmesini sağlamak,
- Bu amaçlarla gerekli teknik mevzuat, tüzük ve yönetmelikleri hazırlamak.

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

2690 Sayılı Kanunun 8. Maddesi: İhtisas Daireleri

• Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi:

• Bu Kanunun 4 üncü maddesinde belirtilen görevlerden; lisanslama, radyasyondan korunma mevzuatı ve esaslarını tespit, radyoaktif maddelerin taşınma ve depolanması, radyasyon çıkaran cihaz ve sistemlerin denetimi hizmetlerini ve diğer ilgili görevleri yapmak.

RADYASYON GÜVENLİĞİ MEVZUATI

- **Radyasyon Güvenliği Tüzüğü**
  7/9/1985 tarihli ve 18861 sayılı Resmi Gazete
- **Gama ve Elektron Demeti Işınlama Tesislerinin Güvenliği ve Lisanslanması Yönetmeliği**
  18/6/1994 tarihli ve 21964 sayılı Resmi Gazete
- **Tıpta Tedavi Amacıyla Kullanılan İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynaklarını İçeren Tesislere Lisans Verme Yönetmeliği** 21/7/1994 tarihli ve 21997 RG sayılı Resmi Gazete
- **Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği**
  24/3/2000 tarihli 23999 sayılı Resmi Gazete
- **Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması Yönetmeliği** 8/7/2005 tarihli ve 25869 sayılı Resmi Gazete

TAEK mevzuat bilgisi için; http://www.taek.gov.tr

RADYASYON GÜVENLİĞİ MEVZUATI

- **Endüstriyel Radyografide Radyasyondan Korunma ve Lisanslama Yönetmeliği**
  8/7/2005 tarihli ve 25869 sayılı Resmi Gazete
- **Yüksek Aktiviteli Kapalı Radyoaktif Kaynakların ve Sahipsiz Kaynakların Kontrolü Yönetmeliği**
  21/3/2009 tarihli ve 27176 sayılı Resmi Gazete
- **Radyasyon Güvenliği Denetimleri ve Yaptırımları Yönetmeliği** 31/7/2010 tarihli ve 27658 sayılı Resmi Gazete
- **Kontrollü Alanlarda Çalışan Harici Görevlilerin İyonlaştırıcı Radyasyondan Kaynaklanabilecek Risklere Karşı Korunmasına Dair Yönetmelik**
  18/6/2011 tarihli ve 27968 sayılı Resmi Gazete
- **Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği**
  9/3/2013 tarihli ve 28582 sayılı Resmi Gazete

TAEK mevzuat bilgisi için; http://www.taek.gov.tr

RADYASYON GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ

- İyonlaştırıcı radyasyon ışınlamalarına karşı kişilerin ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamayı amaçlar,
- Radyasyon güvenliğinin sağlanmasını gerektiren her türlü tesis ve radyasyon kaynağının zararlı etkilerinden kişileri ve çevreyi korumak için alınması gereken her türlü tedbiri ve yapılması gereken faaliyetlerle ilgili hususları kapsar,
- 2690 sayılı Yasa'nın 4 (d) maddesine dayanır.

RADYASYON GÜVENLİĞİ YÖNETMELİĞİ

TANIMLAR

Lisans Sahibi: Radyasyon güvenliği mevzuatının uygulanmasında Kuruma karşı sorumlu olan (gerçek veya tüzel) kişi.

Yönetim: Lisanslı faaliyetlerin mevzuata uygun olarak yürütülmesini ve sürekliliğini sağlamak için gerekli insan gücü ile teknik ve finansal altyapıyı temin etme yetkisi ve sorumluluğuna sahip olan lisans sahibinin kendisini veya onun bağlı olduğu Yönetim kademesi/kişi.

Radyasyon Görevlisi: 1 mSv'in üzerinde yıllık doza maruz kalma olasılığı bulunan ve denetimli ve gözetimli alanlarda görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişi.

Radyasyondan Korunma Sorumlusu: Radyasyondan korunmada temel güvenlik standartlarını yapılan işin niteliklerine göre uygulayacak, bu alandaki eğitim ve deneyimi lisanslama aşamasında Kurum tarafından değerlendirilerek uygun görülen kişi.

DOZ SINIRLAMA SİSTEMİNİN TEMEL İLKELERİ

a) Uygulamaların Gerekliliği:

Net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilemez.

b) Optimizasyon:

Radyasyona maruz kalmaya sebep olan uygulamalarda, olası tüm ışınlanmalar için

- **bireysel dozların büyüklüğü,**
- **ışınlanacak kişilerin sayısı,**
- **ekonomik ve sosyal faktörler**

göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanır.

DOZ SINIRLAMA SİSTEMİNİN TEMEL İLKELERİ

c) Doz Sınırlaması:

Tıbbi ışınlamalar ve doğal radyasyon hariç, izin verilen tüm ışınlamaların neden olduğu ilgili organ veya dokudaki eşdeğer doz ve etkin doz, yıllık doz sınırlarını aşamaz.

	Radyasyon görevlileri	Toplum üyesi kişiler	Stajyerler
Tüm Vücut	20 mSv (50 mSv)	1 mSv (5 mSv)	6 mSv
El ve ayak veya cilt	500 mSv	50 mSv	150 mSv
Göz merceği	150 mSv	15 mSv	50 mSv

DOZ SINILAMA SİSTEMİNİN TEMEL İLKELERİ

Hamilelik

- Çalışmasına engel teşkil etmez, çalışma şartlarının yeniden düzenlenebilmesi amacıyla yönetimi haberdar eder.
- Toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulur (1 mSv). Bu nedenle, doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması sağlanır.
- Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmaz.

RADYASYON ALANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Radyasyon Alanı: Yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar

a)Denetimli Alanlar:

- Giriş çıkış kontrollü
- Özel kurallar
- > 3/10 yıllık doz (tüm vücut > 6 mSv)
- Radyasyon uyarı levhaları

b) Gözetimli Alanlar:

- 1/20-3/10 yıllık doz (tüm vücut 1-6 mSv)
- Çevresel radyasyonun izlenmesi gereken

RADYASYON ALANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Denetimli ve Gözetimli Alan Tespiti;

Radyasyon alanları, radyasyon kaynaklarının özellikleri, kaynağın ve kullanıldıkları alanın zırhlama özellikleri göz önüne alınarak belirlenir.

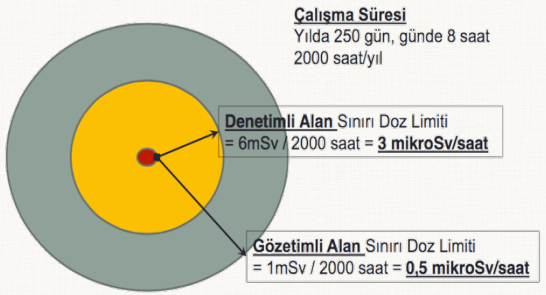
Uyulamaya ve radyasyon kaynağının türüne göre değişmekle birlikte,

Genellikle radyasyon kaynaklarının bulunduğu odalar **denetimli alanlar**, bu odalara komşu olan alanlar da **gözetimli alanlar** olarak sınıflandırılabilir.

RADYASYON ALANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Tüm uygulamalar için geçerli olmamakla birlikte, radyasyon kaynağıyla sürekli çalışıldığı (radyasyon kaynağının hep açık olduğu) kabul edilerek kabaca bir yaklaşımla alanların tespiti aşağıdaki şekilde yapılabilir.

RKS tarafından uygulamaya özgü olarak daha detaylı bir iş yükü hesabı yapılması daha doğru sonuçlar verecektir.



ÇALIŞMA KOŞULLARI

Görevleri gereği radyasyona maruz kalan kişilerin çalışma koşulları;

Çalışma Koşulu A:
>3/10 yıllık doz (tüm vücut > 6 mSv)

Çalışma Koşulu B:
1/20-3/10 yıllık doz (tüm vücut 1-6 mSv)
maruz kalma olasılığı bulunan çalışma koşulu.

KİŞİSEL DOZİMETRE ZORUNLULUĞU

Çalışma Koşulu A durumunda görev yapan kişilerin, kişisel **dozimetre kullanması zorunludur.**

Sadece adına dozimetre başvurusu yapılmış görevli tarafından ve bir iş yerinde kullanılabilir.

Kişisel dozimetrelerin haricinde elektronik dozimetreler de kullanılabilir.

RADYASYON ALANLARININ İZLENMESİ

Kalibrasyonu düzenli olarak yapılan uygun radyasyon ölçüm cihazları.

Örneğin: İyon odası, Geiger Müller dedektörü, kontaminasyon dedektörü, vb.

ÖĞRENCİLER, ZİYARETÇİLER VE GÖNÜLLÜLER

16-18 yaş arası Öğrenciler ve stajyerler
Sadece gözetimli alanlarda eğitim alabilirler.

Ziyaretçiler
Denetimli ve gözetimli alanlara RKS izni ile girebilirler
(giriş çıkış kayıtları tutulmalıdır)

Bu kişilere elektronik dozimetre temin edilmesi önerilir.

KORUYUCU GİYSİ VE TECHİZAT

Yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılır.

Kurşun Önlük/Gonad –Tiroid Koruyucu/ Eldiven/ Gözlük

Otomatik Devre Kesici/ Manuel durdurma

TV Sistemi/Sesli ışıklı uyarılar

TIBBİ GÖZETİM

Çalışma koşulu A'da çalışan radyasyon görevlilerinin sağlık durumlarının yapacakları göreve uygunluğunu belirlemek amacıyla işe başlamadan önce ve çalıştığı süre boyunca yılda en az bir kez tıbbi muayeneleri yaptırılır.

REFERANS DÜZEYLERİ

Kayıt Düzeyi: Aylık dönemlerde radyasyon görevlileri için 0.2 mSv, halk için 0.01 mSv'i aşması durumları.

İnceleme Düzeyi: Yıllık eşdeğer doz sınırının 1/10'u. (2 mSv) (TAEK İnceleme Düzeyi Doz Araştırma Formu).

Müdahale Düzeyi: Yıllık eşdeğer doz sınırının bir defada alınması ve aynı yıl süresince bu değerin aşılması durumu (> 50 mSv).

REFERANS DÜZEYLERİ

İnceleme düzeyi üzerinde doz
(2 mSv/ay)

Sistem Analizi (TAEK)
- Yazılı açıklama (form)
- Denetim

Tıbbi Gözetim
- 2-100 mSv kan testi
- 100 mSv≤ sağlık raporu (GATA) Kromozom aberasyon testi

Sonuç:	Çözüm:
➢Gerçek doz aşımı (<10%) ➢Yanlış Kullanım/ kasıtlı ışınlama (500-600 doz aşımı sayısı/ay)	➢Radyasyonlu çalışma ortamından uzaklaştırma/ Sistem iyileştirme ➢Personel Eğitimi

RADYASYON UYARI LEVHALARI

Denetimli alanların girişlerinde ve bu alanlarda aşağıda belirtilen radyasyon uyarı levhaları bulunması zorunludur:

1. Radyasyon alanı olduğunu gösteren temel radyasyon simgeleri,
2. Radyasyona maruz kalma olasılığının büyüklüğünü ve özelliklerini anlaşılabilir şekilde göstermek üzere gerekli bilgi, simge ve renkleri taşıyan işaretler,
3. Denetimli alanlar içinde radyasyon ve bulaşma tehlikesi bulunan bölgelerde geçirilecek sürenin sınırlandırılması ile koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri.

TEHLİKE DURUMU PLANI

RGY Madde 39

Lisans sahibi tarafından tesislerde kullanılan radyoaktif kaynakların özelliklerine göre tehlike durumu veya kaza durumlarında uygulanmak üzere bir "Tehlike Durumu Planı" hazırlanır.

Planda Yer Alması Gereken Hususlar

RGY Madde 40

a) Tehlike durumu veya kaza ile ilgili olarak görevlendirilen kişiler, unvanları, adres ve telefon numaraları,
b) Tesis içindeki ve dışındaki sorumlu kişilerle haberleşme sistemi,
c) Uygulanacak radyasyon ölçüm programları,
d) Muhtemel kaza senaryoları ve alınacak önlemler,
e) Gerekli ekipman ile araç ve gereçler.

TEHLİKE DURUMU VE KAZAYA İLİŞKİN RAPOR

Radyasyondan korunma sorumlusu ve lisans sahibi tarafından;

Kazanın oluş şekli ve maruz kalınan dozlar araştırılır.

Görevlilerin dozimetre ve gerekirse kromozom aberasyonu test sonuçları bir rapor ile birlikte en kısa zamanda Kuruma bildirilir.

RADYASYONA MARUZ KALAN GÖREVLİLERİN DURUMU

Belirtilen sınırlar üzerinde radyasyona maruz kalan radyasyon görevlileri Kurumun önerdiği resmi sağlık kuruluşu tarafından bir raporla belirlenmesi halinde; eski görevlerine devam edebilirler veya radyasyona maruz kalmalarını gerektirmeyecek başka bir görevde çalıştırılırlar.

RADYASYONDAN KORUNMA PROGRAMI

- Radyasyon tesislerinin ve radyasyon uygulamalarının sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre lisanslama prosedürü oluşturulması.

- Tehlike durumu planını da içerecek şekilde radyasyon kaynağının özellikleri ve çalışma koşullarına özgü olarak uygulama spesifik kapsamlı bir radyasyondan korunma programı hazırlanması.

Bu kapsamda mevzuatın güncellenmesi çalışmaları devam etmektedir.

DÖRDÜNCÜ KISIM: LİSANS, İZİN, DENETİM, KAYITLAR

BİRİNCİ BÖLÜM
- Lisans
- Lisans yükümlülüğü

RGY Madde 50., 51., 52., 53., 54., 55., 56., 57., 58., 59., 60. madde hükümleri doğrultusunda;

- İlk lisans,
- Lisans belgesinde değişiklik,
- Süre uzatımı,
- Lisans iptali vb.

lisanslamaya ilişkin işlemler yapılmaktadır.

LİSANS

RGY MADDE 50 : Lisans yükümlülüğü
RGY MADDE 51 : Lisans başvurusu
RGY MADDE 52 : Başvuruların incelenmesi
RGY MADDE 53 : Lisansın verilmesi
RGY MADDE 54 : Lisans koşullarında değişiklik
RGY MADDE 55: Lisans sahibinin veya radyasyondan korunma sorumlusunun değişmesi
RGY MADDE 56 : Lisansın yenilenmesi
RGY MADDE 57 : Lisansın vize edilmesi
RGY MADDE 58 : Vize süresinin aşılması
RGY MADDE 59 : Lisansın iptali
RGY MADDE 60 : İstek üzerine lisans iptali

Ayrıntılar «lisanslama sistemi» dersinde anlatılacaktır.

İZİN

RGY MADDE 61 : İthal - ihraç izini
RGY MADDE 62 : İthal izni başvurusu
RGY MADDE 63 : Ticari amaçlı olmayan ithal izini
RGY MADDE 64 : Radyoaktif madde teslimat koşulu
RGY MADDE 65 : Taşıma izini
RGY MADDE 66 : Radyoaktif maddeler için ihraç izini

Ayrıntılar «lisanslama sistemi» dersinde anlatılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: DENETİM

Denetimin genel esasları
RGY Madde 67

Tüzüğün ilgili maddeleri hükümlerine göre yapılır ve ilaveten aşağıdaki hususları kapsar:

- Radyasyon kaynaklarının bulundurulduğu yerlerin fiziksel yönden incelenmesi,
- Çeşitli yer ve noktalarda, radyasyon düzeyleri, radyoaktivite miktarları ve/veya konsantrasyonlarının belirlenmesi,
- Lisansın koşulları ile lisans türüne göre ilgili bölümlerde verilen özel koşullara uyulup uyulmadığının tespiti,

DENETİMİN GENEL ESASLARI

- Kayıtların bu Yönetmeliğin 69 uncu maddesinde öngörülen şekilde ve usulüne uygun olarak tutulup tutulmadığının incelenmesi,
- Radyasyonla çalışanların, toplumun ve çevrenin radyasyon güvenliğini korumak üzere İlgili Tüzük ve bu Yönetmelikle öngörülen önlemlerin alınıp alınmadığının incelenmesi,
- Radyasyon kaynaklarının ülkeye giriş, çıkış, taşıma ve transit geçişi sırasında, Tüzük ve bu Yönetmelik hükümleri ile radyasyon güvenliğine ilişkin diğer mevzuat hükümlerine uyulup uyulmadığının incelenmesi.

DENETİM SONUÇLARI

RGY Madde 68

- Yapılan denetim sonunda Kurumun denetim işlemlerini yürüten personel tarafından denetime ilişkin rapor düzenlenir.
- Raporun değerlendirilmesi sonucunda, tespit edilen eksiklikler denetlenene yazılı olarak bildirilir ve eksikliklerin giderilmesi için en fazla üç ay süre verilir.
- Belirlenen eksiklikler nedeniyle radyasyon güvenliğinin sağlanamadığı değerlendirilirse eksiklikler giderilene kadar radyasyon uygulaması geçici olarak durdurulur.
- Tespit edilen hususların verilen sürede tamamlanması durumunda geçici durdurma kararı kaldırılır. Verilen sürede eksikliklerin giderilmemesi durumunda lisans iptal edilir.
- Raporun değerlendirilmesi sonucunda, radyasyon güvenliğinin sağlanamadığının ve bu durumun toplumun ve çevrenin radyasyondan korunmasını tehdit edebileceğinin değerlendirilmesi durumunda lisans iptal edilir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: KAYITLAR

RGY Madde 69

Bu Yönetmelik kapsamına giren gerçek kişiler, resmi, özel kurum veya kuruluşlar, aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak kayıt tutmakla yükümlüdürler. Bu kayıtlar 30 yıl süre ile saklanır.

KAYITLAR

Personele İlişkin Kayıtlar:

1) Verilen lisans belgelerinin tarih, sayı ve içeriği ile lisans belgesi üzerinde ismi belirtilen kişiler,
2) Radyasyon görevlilerinin isimleri ile işe giriş ve işten ayrılış tarihleri,
3) Radyasyon görevlilerinin kişisel dozimetri raporları,
4) Radyasyon görevlilerinin ilk defa işe başlamadan önce bu Yönetmeliğin 23üncü maddesine göre yapılan tüm tıbbi muayene sonuçları,
5) Radyasyon görevlilerinin bu Yönetmeliğin 23 üncü maddesine göre yaptırılan periyodik tıbbi muayeneleri ile Kurum tarafından gerekli görülen durumlarda yaptırılan tıbbi muayenelerin sonuçları ve varsa diğer tıbbi ışınlanma sonuçları.

KAYITLAR

Radyasyon Kaynaklarına İlişkin Kayıtlar:

1) Verilen lisans belgelerinin tarih, sayı ve kullanım amaçları ile lisans belgesi üzerinde belirtilen radyasyon kaynaklarının cinsi ve radyoaktiviteleri,

2) Radyasyon kaynağının yurda girişi, satın alınması, kurulması ve kalibrasyonuna ilişkin tarih ve işlemler ile konu ile ilgili kişilerin isimleri,

3) Radyasyon kaynağının bakımı, onarımı, sızıntı testi, tüp ve kaynak değişimi gibi işlemlerinin tarihleri, yapılan işlerin içeriği ve konu ile ilgili kişilerin isimleri.

KAYITLAR

Radyoaktif Atıklara İlişkin Kayıtlar:

1) Meydana gelen radyoaktif atığın cinsi, miktarı, radyoaktivitesi ve tarihleri,

2) Depolanmak ve işlenmek üzere Kuruma gönderilen veya çevreye verilen radyoaktif atıkların miktarları.

KAYITLAR

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.

BEŞİNCİ BÖLÜM: GÖREV VE SORUMLULUKLAR

Lisans sahibinin sorumlulukları

RGY Madde 71 - Lisans sahibinin sorumlulukları aşağıda belirtilmiştir.

a) Radyasyon kaynaklarının emniyeti ve radyasyon güvenliğine ilişkin standart ve mevzuatın uygulanması için radyasyondan korunma sorumlusu ile birlikte yerel talimatları hazırlamak, hazırlanan planlar doğrultusunda çalışanları bilgilendirmek, uygulanmasını sağlamak ve tehlike veya kaza durumu için "Tehlike Durum Planı"nı hazırlamak, planda belirtilen hususlarla ilgili tatbikatları yapmak ve gerektiğinde uygulanmasını sağlamak,

b) İşe alınacak radyasyon görevlilerinin sağlık durumunun yapacağı işe uygun olduğu hakkında sağlık raporu alınmasını sağlamak ve çalıştıkları süre içinde bu Yönetmeliğin 23 üncü maddesine göre tıbbi muayenelerini yaptırmak,

Lisans sahibinin sorumlulukları (devam)

c) Bu Yönetmeliğin 11inci maddesi ile ilgili uygulamalarda ışınlanacak kişileri korumak üzere her türlü önlemi almak ve ışınlanmaya maruz kalacak radyasyon görevlisine, bu önlemler ile uygulamanın olası tehlikeleri hakkında bilgi vermek,

ç) Radyasyon görevlilerinin istifa, emeklilik ve sağlık gibi nedenlerle görevlerinden ayrılmaları halinde, muayene sonucunda hekim tarafından gerekli görüldüğü takdirde radyasyon etkisi ile ortaya çıkabilecek durumların takibi veya tedavisine devam edilmesini sağlamak,

d) Kurum tarafından belirlenen referans seviyeleri veya doz seviyelerinin aşılması veya aşılmasından şüphe duyulması halinde Kuruma haber vermek ve Kurum tarafından önerilen önlemleri almak,

Lisans sahibinin sorumlulukları (devam)

e) Radyoaktif maddelerin çevreye verilmesinin söz konusu olduğu hallerde bu Yönetmeliğin 34 üncü maddesi ile diğer ilgili yönetmeliklerde belirtilen bilgi ve belgeleri tamamlayarak izin almak ve Kuruma bilgi vermek,

f) Radyasyon Korunması Sorumlusu ile birlikte tesisin Kaza ve Tehlike Durumu Planı'nı hazırlayarak Kuruma onaylatmak ve böyle bir durumun ortaya çıkması halinde bu Yönetmeliğin 42 nci maddesinde belirtilen hususları yerine getirmek,

Lisans sahibinin sorumlulukları (devam)

g) Kullanılan radyasyon kaynak ve cihazlarının sayısı ve cinsine, çalışan radyasyon görevlilerinin eğitim durumlarına ve yapılan çalışmaların riskine göre Radyasyon Korunması Uzmanı, Radyasyondan Korunma Sorumlusu, Tıbbi Fizik Uzmanı, Tahribatsız Muayene Metotları Uzmanı, Reaktör Sağlık Fizikçisi, Kalite Kontrol Uzmanı gibi elemanları çalıştırmak,

ğ) Radyasyon görevlilerinin Radyasyondan Korunma ile ilgili eğitiminin yapılmasını ve/veya yaptırılmasını sağlamak,

h) Tesiste bulunan radyasyon kaynaklarının bakım, onarım ve kaynak değişim işlemlerinin Kurumdan lisans/izin almış kişi ve kuruluşlar tarafından yapılmasını sağlamak,

Lisans sahibinin sorumlulukları (devam)

ı) Bu Yönetmeliğin 69 uncu maddesinde belirtilen kayıtların tutulmasını sağlamak,

i) Kurum tarafından yayımlanmış olan radyasyon güvenliğine ilişkin tüzük ve yönetmelikleri tesiste bulundurmak.

j) Kalite kontrol ve kalite temini programlarının hazırlanmasını sağlamak ve yürütmek.

k) Radyoaktif kaynak ihtiva eden cihazların kurulması, sökülmesi, kaynak değişimi ve kaynağa müdahaleyi gerektiren her türlü faaliyet için Kuruma bildirimde bulunmak.

YÖNETİMİN SORUMLULUKLARI

RGY Madde-72

Lisanslı faaliyetlerin mevzuata uygun olarak yürütülmesini ve sürekliliğini sağlamak için gerekli insan gücü ile teknik ve finansal altyapıyı temin etmek ve lisans sahibi ve Yönetimin farklı olması durumunda, bu Yönetmeliğin 71 inci maddesinde belirtilen hususları yerine getirmekle yükümlüdür.

RADYASYONDAN KORUNMA SORUMLUSUNUN GÖREVLERİ

RGY- Madde 73

a) Tesisin, sistemlerin, çalışanların ve hastaların radyasyon ölçümleri için uygun cihazların bulundurulmasını, kullanılmasını ve mevcut cihazların gerekli kalibrasyonlarının yapılmasını sağlamak,

b) Tesiste radyasyondan korunma ile ilgili ölçüm programlarını hazırlamak ve uygulamak,

c) Radyasyon kaynaklarının emniyeti ve radyasyon güvenliğine ilişkin standart ve mevzuatın uygulanması için lisans sahibi ile birlikte yerel talimatları hazırlamak, hazırlanan planlar doğrultusunda çalışanları bilgilendirmek, uygulanmasını sağlamak ve tehlike veya kaza durumu için "Tehlike Durum Planı"nı hazırlamak, planda belirtilen hususlarla ilgili tatbikatları yapmak ve gerektiğinde uygulanmasını sağlamak

RADYASYONDAN KORUNMA SORUMLUSUNUN GÖREVLERİ

d) Radyasyon alanlarına uygun ikaz etiketleri, çalışma talimatları ve kaza durumu müdahale planını kolayca görülecek yerlere asmak, e) Yeni radyasyon kaynakları ve/veya cihazların seçimi ile radyasyon alanlarının planlanmasında radyasyon güvenliği kriterlerinin uygulanmasını sağlamak,

f) Radyasyon kaynaklarının emniyetini ve güvenliğini sağlamak, sızıntı testini, depolanmasını ve takibini yapmak,

g) Radyoaktif atıkların yönetimi için gerekli işlemleri yürütmek, zorunlu nedenlerle tesis içinde geçici olarak depolanmak durumunda kalan kapalı radyoaktif kaynakların emniyetini ve güvenliğini sağlamak,

RADYASYONDAN KORUNMA SORUMLUSUNUN GÖREVLERİ

h) Radyasyon görevlileri ve ziyaretçiler için radyasyon güvenliği ile ilgili önlemler almak,

ı) Radyasyon görevlilerinin radyasyondan korunma konusunda eğitiminde görev almak,

i) Bu Yönetmeliğin 69 uncu maddesinde belirtilen kayıtları tutmak.

AYKIRI DAVRANIŞLAR

Lisanssız çalıştığı veya lisans koşullarına aykırı hususların tespit edildiği ve Yönetmelikte yer alan diğer hükümlere uyulmadığı belirlenen durumlarda hukuki işlem yapılmak üzere Kurum tarafından genel hukuk esasları dahilinde kanuni kovuşturmaya geçilmesini sağlamak üzere yetkili mercilere başvurulur.



RADYASYON KAYNAKLARININ LİSANLAMA SİSTEMİ (EURK VE RMTRK)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

1) Giriş
- Yasal Dayanak
- Lisans Yükümlülüğü
- Sorumluluklar

2) Lisans Başvurusu ve Diğer İşlemler
- Lisans başvurusu
- Lisans belgesinin yeniden düzenlenmesi
- Lisans belgesinde değişiklik
- Lisans süre uzatımı (vize)
- Satış/devir işlemleri

3) Denetim
- Denetim / Radyasyon Kontrolü

4) İzinler
- İthal, ihraç, geçici çıkış-giriş izni
- Taşıma

5) Lisans İptali ve Atık İşlemleri
- Lisans iptali
- Atık işlemleri

YASAL DAYANAK

2690 sayılı TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) Kanunu'na dayanarak yayımlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği kapsamına giren radyasyon kaynaklarının imal, ithal ve ihraç edilmesi, alınması, satılması, taşınması, depolanması, bakımı, onarımı, kurulması, sökülmesi, değiştirilmesi, radyasyon kaynaklarıyla çalışılabilmesi ve her türlü amaçla bulundurulması ve kullanılması için Kurum'dan lisans alınması zorunludur.

http://www.taek.gov.tr

LİSANS YÜKÜMLÜLÜĞÜ

Radyasyon Güvenliği Tüzüğü ve Yönetmeliği kapsamına giren radyasyon kaynaklarının;

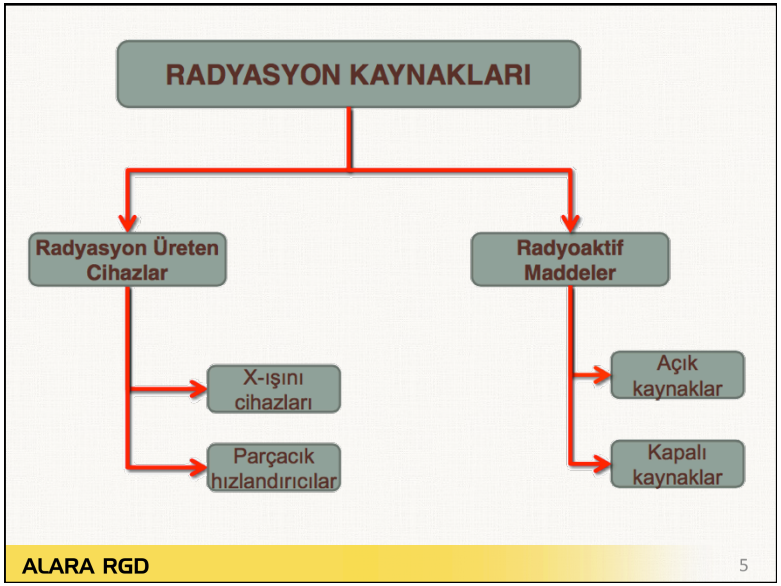
- Radyasyon kaynaklarıyla çalışılabilmesi ve her türlü amaçla bulundurulması ve kullanılması

ve

- İthalatı ihracatı ve taşıması (açık kaynak, kapalı kaynak)
- İmalat veya bakım ve onarım (radyoaktif kaynak içeren cihaz ve x- ışını cihazları)
- Üretimi (açık kaynak)

için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'ndan lisans alınması zorunludur.

Radyasyon üretmeyen ve/veya radyoaktif kaynak içermeyen cihazlar TAEK lisansı kapsamında değildir. Bu cihazlar için lisans/izin belgesi düzenlenmez.



SORUMLULUKLAR

Lisans sahibi, radyasyon kaynağı kullanmak veya bulundurmak üzere TAEK'e lisans başvurusunda bulunan gerçek veya tüzel kişiyi tarif eder.

- Lisans sahibi tarafından bildirilen tesis sorumlusu lisanslamaya ilişkin tüm işlemlerden lisans sahibi ile birlikte sorumludur.
- Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 71 inci maddesinde görev ve sorumlulukları tanımlıdır.

SORUMLULUKLAR

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) olarak Kurum tarafından onaylanan kişi;

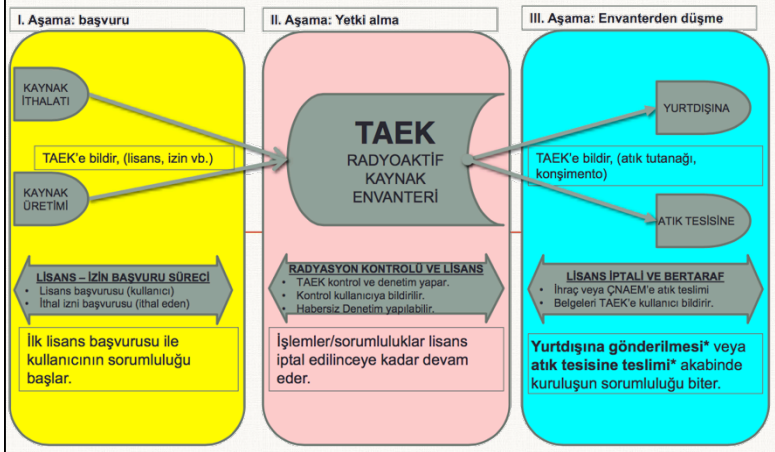
- Lisans sahibi başvuru esnasında kişiyi önerir, başvuru uygun bulunursa lisans verilerek TAEK tarafından görevlendirilir.
- Uygulama türüne göre (analiz, radyografi, sabit proses kontrol vb.) aranan nitelikler değişir.
- RKS işten ayrılsa dahi işten ayrıldığı kendisi ya da Lisans sahibi kuruluş tarafından TAEK'e bildirilmediği müddetçe sorumluluğu devam eder,
- Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 73 üncü maddesinde görev/sorumlulukları tanımlıdır.
- Lisans sahibi kişi ile birlikte TAEK'e karşı sorumludur.

SORUMLULUKLAR

Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) olarak Kurum tarafından onaylanan kişi;

- Birden fazla radyasyon kaynağı için aynı RKS görev alabilir.
- Tek bir kuruluşta RKS görevi yürütebilir.
- Sabit radyasyon kaynakları için her şube/tesiste bir RKS olmalıdır. Aynı kişi farklı illerde ki radyasyon kaynakları (aynı kuruluş olsa dahi) ile ilgili RKS görevi yürütemez.
- Taşınabilir/mobil radyasyon kaynakları için; tek kuruluş bünyesinde olmak koşuluyla farklı adreslerde kullanılan cihazlar için aynı kişi RKS olarak görev yapabilir. Ancak her cihazı kullanan personelin EURK başarı belgesi olması gereklidir.

RADYASYON KAYNAĞI LİSANSLAMA SÜRECİ



* Kuruluş her işlemin gerçekleştiğine dair belgeleri Kuruma yazılı olarak bildirmekle ve bu kayıtları saklamakla yükümlüdür.

LİSANS İŞLEMLERİ

1. **İlk lisans başvurusu:** Radyasyon kaynağı için ilk kez lisans alınması,
2. **Lisans belgesi yeniden düzenlemesi:** kaybedilmesi veya kuruluşa ulaşmaması,
3. **Lisans süre uzatımı (vize):** Lisans süresinin (5 yıl) uzatılması,
4. **Lisans belgesinde değişiklik:** Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS), kuruluş (lisans sahibi) ticari adresinin veya ünvanının değişmesi
5. **Satış/devir işlemi:** Radyasyon kaynağının başka bir kuruluşa veya şubeye satışı/devri

İLK LİSANS

LİSANS BAŞVURUSU

Radyasyon kaynaklarının her türlü amaçla kullanımı ve bulundurulması için TAEK'ten Kullanma ve Bulundurma Lisansı alınması zorunludur.

http://www.taek.gov.tr internet sayfasında her uygulama için hazırlanmış lisans başvuru belge seti bulunur.

Kullanma ve Bulundurma Lisansı İşlemleri

- Araştırma ve Eğitim Uygulamaları
- Endüstriyel Uygulamalar
- Güvenlik Uygulamaları
- Tıbbi Uygulamalar
- Veterinerlik Uygulamaları

İLK LİSANS

LİSANS BAŞVURUSU

Endüstriyel Uygulamalar

- Kabinli radyoskopi cihazları
- Analiz cihazları (x-ışını tüpü veya kaynak içeren)
- Sabit proses kontrol cihazları (sabit seviye, yoğunluk, kalınlık ölçüm)
- Kuyu tipi ölçüm cihazları (sondaj/yer altı arama inceleme) Taşınabilir nükleer ölçüm sistemleri (rutubet ve/veya nem ölçümü)
- Radyografi / radyoskopi cihazları (tahribatsız muayene)

Güvenlik Amaçlı

- Paket kontrol ve patlayıcı/kaçak madde kontrol cihazları
- Araç tarama cihazları

İLK LİSANS

LİSANS BAŞVURUSU

Aşağıdaki durumlarda başvuru setinde yer alan tüm belgeler ile başvuruda bulunulur.

- Yurtdışından yeni cihaz getirilmesi veya yurtiçinde başka bir kuruluştan cihaz alınması,
- Lisans süresi aşımı akabinde yeniden lisans alınması,
- Sabit cihazların taşınması

İLK LİSANS

LİSANS BAŞVURUSU

Lisans başvuru dilekçesi ekinde yer alacak belgeler;

- Lisans başvuru formu (her cihaz için),
- Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) diploma ve EURK başarı belgesi,
- Radyasyon ölçüm cihazlarının (dedektör, alarmlı dozimetre) güncel kalibrasyon belgeleri,
- Kişisel dozimetre hizmeti alımına ilişkin belge,
- Acil durum planı,
- Takip sistemi hizmet sözleşmesi (GPS, GPRS, Wi-fi vb.),
- Geçerli B tipi taşıma kabı sertifikası,
- Lisans ücreti dekontu,
- Sabit cihazlar için ölçekli kat planı

Not: Uygulama türüne göre olabilecek değişiklikler için internet sayfasındaki başvuru işlemleri sayfası incelenmelidir.

http://www.taek.gov.tr

İLK LİSANS

BAŞVURU DEĞERLENDİRMESİ

- Lisans başvurusu **eksiksiz** yapılmış olmalıdır.
- Lisans başvurusunda tespit edilen eksikler başvuru sahibine yazılı olarak bildirilir. Eksiklerin üç ay içinde tamamlanması gerekir.
- Eksiklerin verilen sürede tamamlanamaz ise geçerli bir mazeret ile süre uzatımı için TAEK'e başvurulur. TAEK başvuruyu uygun görürse **ek süre** verilir.
- Geçerli mazeret bildirilmeksizin, eksiklerin verilen süre içerisinde tamamlanmaması durumunda
  - Lisans başvurusu iptal edilir.
  - Lisans ücreti Kuruma gelir kaydedilir,
  - Kuruluşun bulunduğu ildeki Valiliğe kuruluş ve yetkilileri hakkında işlem yapılması için durum bildirilir.

İLK LİSANS

LİSANSIN VERİLMESİ

- Başvurusunda eksik bulunmayan ya da tespit edilen eksiklerini tamamlamış kuruluşta lisansa esas radyasyon kontrolü yapılır ve kontrol raporu düzenlenir.
- Kontrol raporunun değerlendirilmesi sonucu, radyasyon uygulamasına yönelik koşulların lisanslanmaya uygun bulunması durumunda lisans belgesi düzenlenir.
- Lisans belgesi, lisansa esas koşulların aynı kalması şartıyla, verildiği tarihten itibaren 5 yıl süreyle geçerlidir.

http://www.taek.gov.tr

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS BELGESİNİN YENİDEN DÜZENLENMESİ

Lisans verildikten sonra, lisans koşullarında değişiklik olmaması koşuluyla;

- Belgenin kuruluşa ulaşmadığı durumda Kuruma yazılı olarak başvurulması,
- Belgenin kuruluş tarafından teslim alınması sonrası kaybedilmesi durumunda ise, belge düzenleme ücreti ile birlikte Kuruma yazılı olarak başvurulması

halinde lisans belgesi yeniden düzenlenir, lisans vize tarihi değişmez.

http://www.taek.gov.tr

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS BAŞVURUSU

Lisans verildikten sonra;

- Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) değişikliği,
- Kuruluş (lisans sahibi) ticari adresinin değişmesi,
- Kuruluş (lisans sahibi) ünvanının değişmesi durumunda lisans belgesi geçerliliğini kaybeder.

Ancak, lisans sahibi tarafından gerekli bilgiler ile TAEK'e bildirilmesi halinde, radyasyon kontrolü yapılmadan lisans belgesi yeniden düzenlenir.

Yeniden düzenlenen lisans belgesinin vize tarihi (geçerlilik süresi) değişmez.

http://www.taek.gov.tr

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS BELGE DEĞİŞİKLİĞİ

- Sabit veya belirli bir adreste kullanılan cihazların taşınması durumunda yeni adreste kullanım için yeni lisans başvurusu yapılması ve mevcut lisansın iptali gereklidir.
- Taşınabilir cihazlar için, şirket merkez adresinin değişmesi durumunda yeniden lisans alınması gerekmez. Lisans belge değişikliği yapılmalıdır.
- Taşınabilir cihazlar için, cihazların kullanılmadıklarında emniyetini sağlamak üzere bekletileceği depo yerinin değişmesi durumunda yeniden lisans alınması gerekmez, durum TAEK'e yazılı olarak bildirilir. TAEK denetim görevlilerince depo uygunluğunun kontrolü yapılır.

http://www.taek.gov.tr

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS KOŞULLARINDAKİ DEĞİŞİKLİĞİN KURUMA BİLDİRİLMESİ

Lisans verildikten sonra;

- Lisans koşullarında değişiklik yapılmadan önceki onbeş gün içinde, değişikliğin TAEK'e yazılı olarak değişikliğe ilişkin belgeler ile birlikte bildirilmesi gerekir.
- Aksi halde, lisans koşullarında meydana gelen değişikliğin bildirilmediği döneme ait faaliyetler ve sonuçlarından lisans sahibi ve radyasyondan korunma sorumlusu personel sorumlu olur.

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS KOŞULLARINDAKİ DEĞİŞİKLİK

Lisans verildikten sonra, koşullarda değişiklik olması durumunda lisans sahibi gerekli belgeler ile durumu TAEK'e bildirir;

- Lisans belgesi yeniden düzenlenir,
- Gerekli görülmesi halinde yeniden radyasyon kontrolü yapılır, koşulların uygunluğu tespit edilerek lisans belgesi yeniden düzenlenir,

yeniden düzenlenen lisans belgesinin geçerlilik süresi değişmez.

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS SÜRE UZATIMI (VİZE)

Lisans sahibi tarafından lisans koşullarında değişiklik olmadığı bildirilerek lisansın vize edilmesi için, süre bitiminden önceki 6 (altı) ay içerisinde;

- Lisans başvuru formu,
- Vize ücreti (lisans ücretinin yarısı) ödeme belgesi (dekont),
- Kurumdan alınan lisans belgesinin aslı,
- Radyasyon ölçüm cihazının güncel kalibrasyon belgesi (geçerlilik süresi 2 yıl),

ile birlikte Kuruma yazılı olarak başvurulur.

Gerekirse yapılacak bir denetim sonucunda lisans belgesi vize edilir (lisans belgesinde belirtilen vize tarihi 5 yıl uzatılır).

LİSANS SONRASI İŞLEMLER

LİSANS VİZE TARİHİNİN GEÇİRİLMESİ

- Vize tarihinden önceki 6 ay içerisinde vize edilmeyen lisans iptal edilir.
- Yeniden lisans alınıncaya kadar faaliyet gösterilemez.
- Lisans sahibi tarafından ilk lisans başvurusunda istenilen tüm belgeler ve lisans belgesi aslı ile birlikte Kuruma yeni lisans başvurusunda bulunulması gerekir.

http://www.taek.gov.tr

MUAFİYET

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 5 inci maddesinde belirtilen

- Yönetmeliğin Ek-1 tablosunda belirtilen aktivite sınırlarını aşmayan radyasyon kaynakları,
- En fazla 30 kV gerilimle çalışan elektrikli cihazlar,
- Ve bu maddede belirtilen diğer koşulları taşıyan cihaz veya düzenekler

lisanslama hükümlerinden muaftır.

Ancak muafiyet, gerekli sertifika/kalite belgelerinin TAEK tarafından uygun görülmesi ile mümkündür.

Muaf radyoaktif kaynak/cihazların satışı/devri, kullanılmaması vb. durumlarda TAEK'e bilgi verilmesi gereklidir.

http://www.taek.gov.tr

DİĞER HUSUSLAR

- Lisans; kuruluşa belirli bir adreste, belirli kişilerin sorumluluğunda belirli radyasyon kaynaklarının kullanımı ve bulundurulması için verilir.
- Lisans başka bir kuruluşa devredilemez,
- Lisans belgesi kapsamında verilen yetki başka bir kuruluşa kullandırılamaz/devredilemez.

http://www.taek.gov.tr

DENETİM KONTROL

Kurum gerekli gördüğü hallerde yerinde denetim/radyasyon kontrolü yapar.

- Lisansa esas radyasyon kontrolü,
- Lisans sonrası işlemler için (vize/değişiklik),
- Şikayet üzerine,
- Rutin denetim planına göre,
- Rutin dışı, gerek görülmesi halinde

DENETİM KONTROL

- Lisans başvuru formunda belirtilen beyan esaslı kuruluş ve atölye bilgilerinin yerinde tespiti,
- Kuruluşa ait genel bilgiler,
- Kayıtların yeterliliği, (Radyasyon görevlileri eğitim belgeleri, dozimetre kayıtları, tehlike acil durum planları vb.),
- Radyasyon kaynakları ile ilgili kayıtlar (bakım onarım, kalite kontrol, kalibrasyon, sızıntı testleri, tehlike durum planları, varsa depo koşulları),
- Bitişik alanlar ve çalışma koşulları göz önüne alınarak radyasyon kontrolünün yapılması,
- Korunma önlemleri
  -Çalışanlar (eğitim, dozimetre, sağlık kontrolü, korunma donanımları)
  -Halk ve çevre (ölçümler, giriş-çıkış kontrolü, ikaz işaretleri)
- Korunma ekipmanları
  -Taşıma (etiketler, paket sabitleme ekipmanları vb.)
  -Kaynakla çalışma (maşa, kurşun kap vb.)

İZİNLER

- İthal izni (taşımayı içerir),
- İhraç izni (taşımayı içerir),
- Geçici çıkış ve giriş izni (taşımayı içerir),
- Transit geçiş izni (taşımayı içerir),

İZİNLER

Kullanılacak radyoaktif kaynaklar/cihazların yurda girişi için ithal izini alınması gereklidir.

Neler için ithal izni alınacak?

- Açık veya kapalı radyoaktif kaynaklar **(GTİP: 2844 ve 2845),**
- Radyoaktif kaynak içeren cihazlar, zırhlar ve sensörler **(GTİP: 9022.21 ve 9022.29),**
- Radyoaktif kaynak taşımada kullanılan taşıma kapları **(GTİP: 7806.00.10),**
- **X-ışını cihazları ithalatı için izin gerekmemektedir.** (Ekonomi Bakanlığı, 2013/3 Tebliği, **tebliğ her yıl yenilenir**.)

İZİNLER

İzin başvurusu;
İthal izini istendiğine dair dilekçe,
Ekinde aşağıdaki belgeler ithalattan en az 10 gün önce;

- İthal izin başvuru formu (cihaz/kaynak bilgileri, giriş gümrüğü adı, GTİP No, kullanıcı kuruluş),
- Radyoaktif kaynak sertifikası (kapalı kaynaklar için)
- Taşıma kabı/cihaz sertifikası, kalite belgesi,
- Proforma fatura veya fatura,
- Radyoaktif kaynak üreticisi yurtdışı firma tarafından, radyasyon kaynağının geri alınacağına dair taahhütname veya kabul belgesi,
- İzin ücreti dekontu
- Taşıma işinin; kim tarafından, hangi araç ekipman ile kimin sorumluluğunda yapılacağına dair bilgiler

X-ışını cihazlarına ithal izni verilmemektedir. (Ekonomi Bakanlığı, 2013/3 Tebliği, tebliğ her yıl yenilenir.)

İTHAL İZNİ

İthal izni alınabilmesi için;

- Radyoaktif kaynak/cihaz ithalat izni, ya kullanıcı kuruluş ya da ithalat işine yönelik lisans almış kuruluş tarafından alınabilir.
- Kullanıcı kuruluş ya Kullanma ve Bulundurma Lisansına sahip olmalı ya da lisans başvurusu (eksiksiz) yapmış olmalıdır.
- Kullanım ömrünü tamamlamış kaynaklar; ya ihraç edilmeli ya da atık tesisine teslim edilmeli ve tutanakları da Kuruma iletilmiş olmalıdır.

Yukarıdaki koşullarında eksik olan kuruluşlar için ithal izni başvurusu eksiksiz dahi olsa ithal izni verilmez.

İTHAL İZNİ

- İthal izni süresi 3 aydır.
- Süresi içerisinde başvurulması koşuluyla izin süresi uzatılabilir.
- **Kullanılmayan izin belgeleri**; ithalatın yapılmadığı TAEK'e bildirilmelidir.

İHRAÇ İZNİ

Kullanım ömrünü tamamlayan radyoaktif kaynaklar/cihazlar menşei ülkeye (üretici) geri gönderilebilmesi için ihraç izni alınmalıdır.

Neler için ihraç izni alınacak?

- Açık veya kapalı radyoaktif kaynaklar **(GTİP: 2844 ve 2845)**,
- Radyoaktif kaynak içeren cihazlar, sensörler **(GTİP: 9022.21 ve 9022.29),**
- Radyoaktif kaynak taşımada kullanılan taşıma kapları **(GTİP: 7806.00.10),**
- X-ışını cihazları (GTİP: 9022.19) (x-ışını cihazlarının ihracatı için izin alınmalıdır). X-ışını cihazları ithalatı için izin gerekmemektedir. (Ekonomi Bakanlığı, 2013/3 Tebliği, **tebliğ her yıl yenilenir.**)

İHRAÇ İZNİ

İzin başvurusu;

İhraç izni istendiğine dair dilekçe,
Ekinde aşağıdaki belgeler ihracattan en az 10 gün önce;

- İhraç izni başvuru formu, (kullanıcı firma, cihaz/kaynak bilgileri, gümrük bilgileri, gönderildiği ülke vb.)
- Yurtdışı kuruluşun kaynağı kabul ettiğine dair belge,
- Gönderici Beyannamesi form (Consignor's Decleration)
- İhraç izin ücreti,
- İhraç edilecek kaynaklar için verilmiş ithal izninin bir sureti.
- Kullanım yerinden gümrüğe kadar taşıma işinin nasıl, kim tarafından, hangi koşullarda yapılacağına ilişkin bilgiler

İHRAÇ İZNİ

Kaynağın yurt dışına gönderilmesini takiben;

- Konşimento, gümrük çıkış beyannamesi, veya
- Yurt dışı firmasının radyoaktif kaynağı aldığına dair belge

15 gün içerisinde TAEK'e gönderilmelidir.

İhracatın gerçekleşmemesi durumunda, durum TAEK'e bildirilmelidir.

Daha önce verilmiş ihraç izinleri ile ilgili konşimento belgesi göndermeyen kuruluşa **yeni ihraç izni verilmez.**

GEÇİCİ GİRİŞ ÇIKIŞ İZNİ

Cihazın geçici süreyle kullanımı (veya bakım/onarımı) için yurtdışına gönderilmesi için geçici çıkış-giriş izni alınmalıdır.

- İzin süresi 6 aydır.
- Süresi dolmadan başvuruda bulunulması halinde süre 6 ay daha uzatılır.
- Süresinde yurda giriş yapmamış cihaz/kaynaklar için **«ithal izni»** alınması gerekir.

GEÇİCİ GİRİŞ ÇIKIŞ İZNİ

İzin başvurusu;

Geçici çıkış-giriş izni istendiğine dair dilekçe,
Ekinde aşağıdaki belgeler

- İzin başvuru formu,
- Gönderilen kuruluşun açık isim ve adresi,
- Gönderilecek cihaz içerisinde yer alan kaynağa ait kaynak sertifikası,
- İzin ücreti

GEÇİCİ GİRİŞ ÇIKIŞ İZNİ

GEÇİCİ GİRİŞ ÇIKIŞ İZNİ

İzin verilebilmesi için;

Varsa daha önce düzenlenen izinlere ait konşimento ve/veya yurtdışı teslim alındı belgelerinin

Cihazın/kaynağın yurt dışına gönderilmesini takiben;

- Konşimento, gümrük çıkış beyannamesinin (gönderildikten sonra 15 gün içinde),
- Cihazın yurda girişine dair belgenin (yurda giriş yaptıktan sonra 15 gün içinde)

TAEK'e iletilmelidir.

TAŞIMA

- Mobil/taşınabilir cihazların taşınmasında **http://www.taek.gov.tr** web sayfasında yer **alan E-TAEK/E-Lisans işlemleri/Taşıma Formu** bağlantısında Kurum tarafından verilen **"kullanıcı adı"** ve **"şifre"** bilgisi kullanılarak giriş yapılarak ilgili cihaz için taşıma formu doldurulmalıdır. Bu cihazlar kullanıcıları tarafından taşınabilir.
- Mobil olmayan cihazların TAEK'ten gerekli satış/devir/yer değişikliğine ilişkin iznin alınması şartıyla taşımaya ilişkin lisans almış kuruluşlarca taşınabilir.

Yurtiçinde, radyoaktif kaynak/cihazlar için taşıma izin belgesi düzenlenmez.

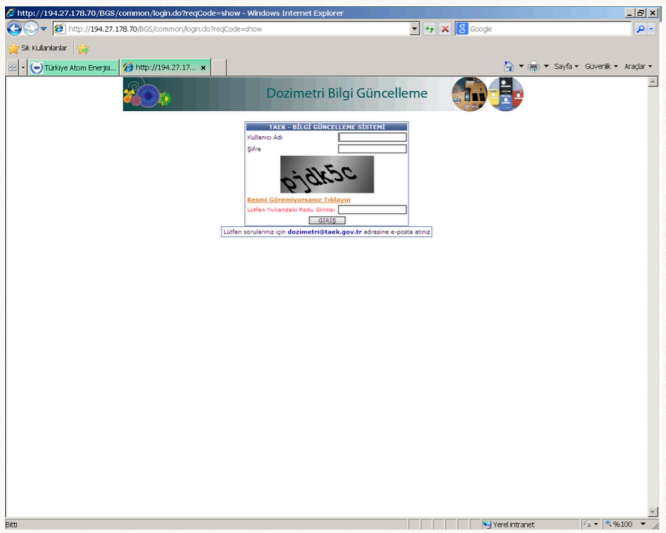
TAŞIMA



TAŞIMA



TAŞIMA



LİSANS İPTALİ VE ATIK İŞLEMLERİ

LİSANS İPTALİ

LİSANS İPTALİ VE ATIK İŞLEMLERİ

LİSANS İPTALİ

Kuruluşun isteği üzerine
(Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği 60 ıncı madde)

Lisans koşullarının devam etmediğinin tespiti üzerine
(Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinin 59 uncu ve 75 inci madde)

Lisans sahibi, lisans iptal edilse dahi radyasyon kaynaklarının uygun şekilde bertaraf edilmesinden mali ve idari olarak sorumludur.

LİSANS İPTALİ

LİSANS İPTALİ (İSTEK ÜZERİNE)

Kullanım ömrü tamamlanmış **radyoaktif kaynakların** lisans iptali;

- Radyoaktif kaynakların kullanım ömrü tamamladığında öncelikle menşei ülkeye (üretici) geri gönderilerek (ihraç) lisans iptal edilir.

LİSANS İPTALİ

LİSANS İPTALİ (İSTEK ÜZERİNE)

Kullanım ömrü tamamlanmış **radyoaktif kaynakların** lisans iptali;

- Menşei ülkeye gönderilememesi durumunda ise bu kaynaklar bertaraf edilmek üzere, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne (ÇNAEM) teslim edilerek lisans iptal edilir.

ATIK İŞLEMLERİ (RADYOAKTİF KAYNAK)

BERTARAF İŞLEMLERİ

Atık tesisine radyasyon kaynağı teslimatı için gerekli belgeler;

- Ücret dekontunun (radyoaktif kaynak aktivitesine göre belirlenecek),
- Lisans belgesi örneğinin **(dikkat: lisans aslı değil !)**

teslimat esnasında hazır bulundurulması gerekmektedir.

.

ATIK İŞLEMLERİ (RADYOAKTİF KAYNAK)

BERTARAF İŞLEMLERİ

Radyasyon kaynağının taşıma işleminde dikkat edilecek hususlar;

- Kuruluşun RKS'si tarafından yapılması veya
- Taşıma lisansı sahibi kuruluş tarafından yapılması
- Her durumda RKS uygun paketleme/ etiketleme işlemlerini tamamlanması
- Eğitimli Sürücü tarafından taşıma gerçekleştirilmesi
- Araçta paket emniyeti ve radyasyon güvenliği için gerekli ekipmanın bulundurulması gerekmektedir.

ATIK İŞLEMLERİ (RADYOAKTİF KAYNAK)

BERTARAF İŞLEMLERİ

Teslimat sonrası işlemleri;

Radyoaktif kaynağın Cihaz/kaynak; lisans belgesi örneği ile lisanslı taşıma firması aracılığıyla atık tesisine teslim edilir.

Atık tesisinden (ÇNAEM) kaynağın teslim edildiğine dair tutanak alınır.

Atık tutanağı ve lisans belgesi aslı; kaynağın atık yapıldığına dair dilekçe ile TAEK'e gönderilir.

LİSANS İPTALİ (X-IŞIN CİHAZLARI)

LİSANS İPTALİ VE BERTARAF İŞLEMLERİ

Lisans iptali (istek üzerine)

Kullanım ömrü tamamlanmış radyasyon kaynaklarının lisans iptali;

X-ışını cihazları için, cihazın kullanılmadığına, satış/devir yapıldığına dair dilekçe ile lisans belgesi aslının TAEK'e gönderilmesiyle lisans iptal edilir.

LİSANS İPTALİ (X-IŞIN CİHAZLARI)

X-IŞINI CİHAZLARI / TÜPLERİ

- X-ışını tüpleri elektrik enerjisi ile çalışır.
- Elektrik bağlantısı olmaksızın x-ışını üretemez.
- Radyoaktif madde içermez.
- Çalışmadıkları sürece de radyasyon yaymaz.

Bu nedenle atık tesisine (ÇNAEM) teslim edilmez.

- X-ışını tüpleri berilyum vb. kimyasal maddeleri içerir.
- Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren **"Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"** kapsamında kimyasal atık olarak bertaraf işlemi yapılır.



RADYOAKTİF MADDELERİN GÜVENLİ TAŞINMASI

İÇERİK

- Radyoaktif Madde Taşımacılığında Kullanılan Paket Tipleri
- Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerin Sınıflandırılması
- Paket Testleri
- Radyoaktif Madde Taşımacılığında Bazı Faydalı Bilgiler

AMAÇ

Radyoaktif maddenin karayolu, demiryolu, hava ve deniz yolu ile taşınması sırasında toplum bireylerinin, radyasyon görevlilerinin radyasyondan korunmasını ve çevrenin radyasyon güvenliğini sağlamaktır.

RADYOAKTİF MADDE TAŞIMACILIĞINDA KULLANILAN PAKET TİPLERİ

- Radyoaktif maddelerin fiziksel yapılarına ve aktivitelerine göre 4 tip paket vardır:
- Adi Paketler (Excepted Packages)
- Endüstriyel Paketler (Industrial Packages)
- A– Tipi Paketler (Type A – Packages)
- B – Tipi Paketler (Type B – Packages)

ADİ PAKETLER

- Adi paketler çok düşük radyoaktivite içeren maddelerin bulunduğu paketlerdir. Bunlar çevreyle etkileştiklerinde önemli bir tehlike oluşturmazlar.
- Radyoaktivite içeren saat, elektronik cihaz gibi mamul madde paketleri,
- Doğal uranyum, doğal toryum, tüketilmiş uranyum ve diğer radyoaktif maddeleri içeren paketler,
- Radyofarmasötikler, immunoassay takımları, küçük kapalı kontrol kaynakları içeren paketler,
- Daha önce içinde radyoaktif madde bulunan, fakat sonra temizlenmiş ve sabit olmayan yüzey bulaşması limitlerin 100'de birinin altına kadar indirilmiş olan paketler.

- **Adi paketler için önemli 2 nokta vardır:**

- Paketlenmemiş bir aletin yüzeyinden 10 cm uzaklıkta herhangi bir noktada radyasyon seviyesi 0.1 mSv/ h ' den daha fazla olamaz.

- Adi paket yüzeyinin herhangi bir noktasında radyasyon seviyesi 5 μSv/h ' den daha fazla olamaz.



Paket İçeriğinin Fiziksel Durumu	*Radyoaktivite Sınırı*		
	Cihaz ve Alet		*Madde*
	Paket İçindeki Parça Başına Sınır Değeri	*Paket İçin Toplam Sınır Değeri*	*Paket İçin Sınır Değeri*
Katılar			
Özel Hazırlanmış	10^{-2} A_1	A_1	10^{-3} A_1
Özel Hazırlanmış Olmayan	10^{-2} A_2	A_2	10^{-3} A_2
Sıvılar	10^{-3} A_2	10^{-1} A_2	10^{-4} A_2
Gazlar			
Özel Hazırlanmış	10^{-3} A_1	10^{-2} A_1	10^{-3} A_1
Özel Hazırlanmış Olmayan	10^{-3} A_2	10^{-2} A_2	10^{-3} A_2
Trityum	$2*10^{-2}$ A_2	$2*10^{-2}$ A_2	$2*10^{-2}$ A_2

ENDÜSTRİYEL PAKETLER

Endüstriyel paketler,

- Düşük özgül aktiviteli madde (Low Specific Activity Material - LSA) ya da,
- Yüzeyi bulaşmış cisimleri (Surface Contaminated Object - SCO) taşımada kullanılır.



Endüstriyel paketler 3 alt grupta toplanabilir:

1. Endüstriyel Paket Tip – I (IP - 1)
2. Endüstriyel Paket Tip – II (IP - 2)
3. Endüstriyel Paket Tip – III (IP - 3)

Bu paketler birbirlerinden, ikincil derecedeki hasarlara karşı gösterecekleri dirence göre farklılık gösterirler.

ENDÜSTRİYEL *PAKETLER*



Düşük Özgül Aktiviteli Madde (LSA):

Yapısı itibariyle birim kütlesi başına düşen aktivitenin çok düşük olduğu maddedir. 3 gruba ayrılır:

• LSA – I : Fiziksel olarak solunum ya da sindirim yoluyla meydana getirebileceği önemli bir doz etkisinin ortaya çıkması için oldukça büyük kütlesine maruz kalmayı gerektirecek ışınlanmamış doğal ya da tüketilmiş uranyum ve toryum bileşikleri ile yönetmelik çerçevesi dışında tutulan radyoaktif maddelerin özgül aktivitelerinin 30 katını aşmayacak aktiviteye sahip maddelerdir.

• LSA–II: Tahmini özgül aktivitesi katı ve gazlar için 10^{-4} A_2 / g ve sıvılar için ise 10^{-5} A_2 / g değerini aşmayan radyoaktif maddelerdir.

• LSA–III: Kendisi aktif olmayan, fakat radyoaktivitenin bünyesinde düzgün dağıldığı maddelerdir (çimento, zift gibi).

Yüzeyi Bulaşmış Cisim (SCO):

Kendisi radyoaktif olmayan, fakat radyoaktivitenin yüzeyinde dağıldığı cisim, cihaz ya da malzeme olup 2 gruba ayrılır:

* SCO - I
* SCO - II

- **SCO - I : Ortalama 300 cm^2 yüzey üzerinde,**

1. *Sabit Olmayan Bulaşma:* β ve γ yayıcılar ve düşük seviyede zehirleyici özelliğe sahip α yayıcıları için 4 Bq / cm^2 'yi veya yüksek seviyede zehirli α yayıcıları için 0,4 Bq / cm^2 ' yi geçmeyen katı cisimlerdir.

2. *Sabit Bulaşma:* β ,γ yayıcıları ve düşük seviyede zehirleyici özelliğe sahip α yayıcıları için $4x10^4$ Bq / cm^2 ' yi veya yüksek seviyede zehirleyici α yayıcıları ve diğer tüm α yayıcıları için $4x10^3$ Bq / cm^2 ' yi geçmeyen katı cisimlerdir.

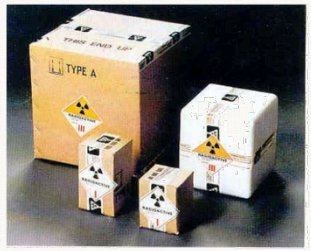
- SCO –II: Yüzeyi üzerinde sabit ve sabit olmayan bulaşma, SCO – I için belirlenen uygulanabilir sınırları aşan katı cisimlerdir.

A - TİPİ PAKETLER

Küçük fakat önemli aktiviteye sahip maddenin güvenli ve ekonomik taşınması için tasarlanmış paket tipidir.

* A_1, A Tipi Paketlerde özel formlu radyoaktif maddeler için izin verilen maksimum aktivite değeri.

* A_2, A Tipi Paketlerde özel formlu radyoaktif maddelerin haricindeki diğer radyoaktif maddeler için izin verilen maksimum aktivite değeri.



İçindekiler	A_1		A_2	
	TBq	(Ci)	TBq	(Ci)
Yalnızca β veya γ yayıcı radyoizotoplar varsa	0,2	(5)	0,02	(0,5)
α yayıcı izotoplar varsa ya da bulunduklarına dair bilgi yoksa	0,1	(2)	$2x10^{-5}$	$5x10^{-4}$

Tablo. A_1 ve A_2 İçin Genel Değerler

A - TİPİ PAKETLER

- Bu paketlerin içeriklerinin toplam aktivitesi, içerisindeki radyoaktif çekirdeklerin varlıklarına göre uygun olarak sınırlandırılmış olup; bu sınırlama özel formlu radyoaktif madde olup olmadığına bağlıdır.
- Bu limitler, radyoaktif maddenin çevreye yayılması sırasında dış radyasyonun ya da bulaşmanın en düşük seviyede olmasını sağlar.



A - TİPİ PAKETLER

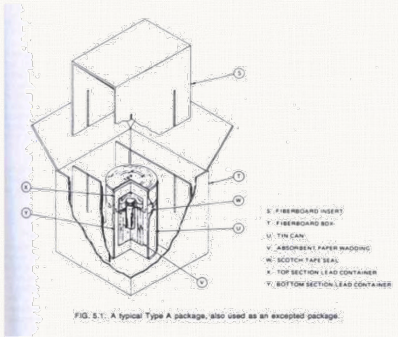
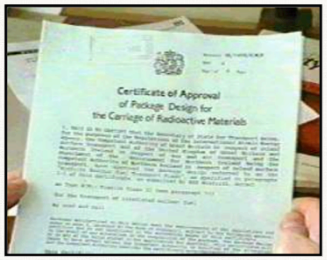


FIG. 5.1. A typical Type A package, also used as an excepted package.

B - TİPİ PAKETLER

Normal taşıma koşulları dışında ciddi kaza durumlarında taşıdığı radyoaktif maddenin açığa çıkmasını engelleyecek şekilde tasarlanmış paket tipidir.



B – Tipi Paketler tek taraflı onay B (U) ya da çok taraflı onay B (M) ile taşınır. Bunlar:

B (U): Yalnız paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin onayı yeterlidir.

B (M): Paket tasarımının yapıldığı ülkenin yetkili otorite onayının yanı sıra; sevkiyatın geçtiği yol üzerindeki ülkelerle birlikte, sevkiyatın yapıldığı ülkenin yetkili otoritesinin de onayı gerekmektedir.

B – Tipi Paket İçerikleri:

Radyoizotoplar……Tıbbi Amaçlı…….....Büyük boyutlu kaynaklar

Açık radyoaktif kaynaklar (I -131, H - 3)

Kapalı Araştırma Amaçlı…….....Na – 24

Kaynaklar…….. Endüstriyel Amaçlı…..…Ir-192 veya Co-60

Medikal Amaçlı…… Co-60 teleterapi

Araştırma……..Çeşitli

Nükleer Yakıt……. .Işınlanmamış……..Yüksek, zenginleştirilmiş Pu veya karışık okside yakıtlar

Işınlanmış……Harcanmış yakıtlar veya Araştırma örnekleri





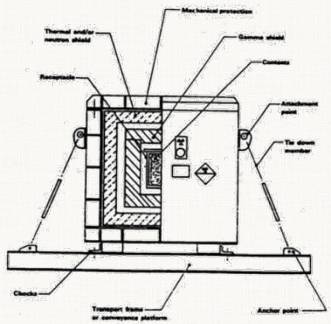


FIG. 14.6. Typical Type B packaging prepared for transport.

RADYOAKTİF MADDE TAŞIYAN PAKETLERİN SINIFLANDIRILMASI

Radyoaktif madde paket ve kolileri taşıma indisi (TI) ve yüzey radyasyon seviyelerine göre;

- I- BEYAZ (I – WHITE).....Sınıf – I
- II- SARI (II – YELLOW).....Sınıf – II
- III- SARI (III- YELLOW).....Sınıf – III

3 gruba ayrılır.

Taşıma İndisi (TI): Radyoaktif madde taşıyan paketin veya paketlenmemiş LSA – I madde veya SCO – I ' in yüzeyindeki radyasyon seviyesi kontrolünün bir ölçüsüdür.

Taşıma indisi (TI); yüzeyden 1 m mesafede olarak ölçülen radyasyon seviyesinin birimsiz değeridir.

Konteynır, Taşıma Kabı ve Paketlenmemiş

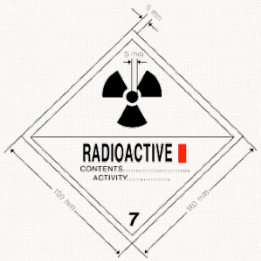
LSA – I, SCO – I Yük Boyutları

Yük Boyutu	Çarpım Faktörü
1 m^2 ve daha küçük	1
1 m^2 - 5 m^2	3
5 m^2 - 20 m^2	6
20 m^2 - 100 m^2	19

ŞARTLAR		*SINIF*
TI	*Yüzeyin herhangi bir noktasında en yüksek radyasyon seviyesi*	
0	≤ 0,005 mSv/h (0,5 mrem/h)	*I - BEYAZ*
0 - 1	(0,005-0,5) mSv/h (0,5 - 50) mrem/h	*II - SARI*
1- 10	(0,5 - 2) mSv/h (50 - 200 mrem/h	*III - SARI*
> 10	(2 – 10) mSv/h (200-1000) mrem/h	*III – SARI ve Özel Koşullu*

RADYOAKTİF MADDE TAŞIYAN PAKETLERİN SINIFLANDIRILMASI

Radyoaktif maddeleri içeren paketler, paketin yüzeyindeki ve paketten 1 m mesafedeki radyasyon seviyesine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla şöyledir:



Beyaz – I ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki maksimum radyasyon seviyesi ;

0,005 mSv / h ‘ i aşmamalıdır.



Sarı – II ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi;

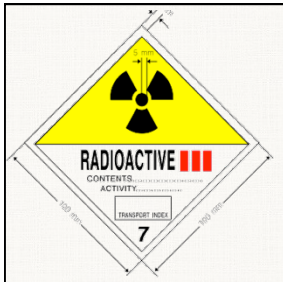
0,005 mSv / h ’ den büyük,

0,5 mSv / h ‘ den küçük

olmalıdır.

Bunların paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi;

0,01 mSv/h ’ i aşmamalıdır.



Sarı –III ile etiketlenmiş paketler için paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi;

0,5 mSv / h ’ den büyük,

2 mSv / h ‘ den küçük

olmalıdır.

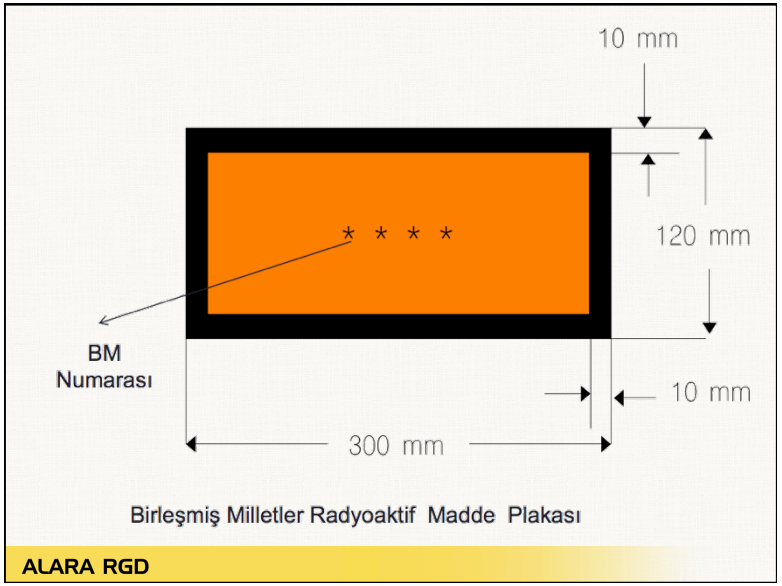
Paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi ise;

0,1 mSv / h ’ i geçmemelidir.



PLAKALAMA:

Adi paket dışında radyoaktif paket taşıyan büyük taşıma kabı ve tankların görünür yüzlerine model ve boyutları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi olan plakalar yapıştırılır.



Birleşmiş Milletler Radyoaktif Madde Plakası

ALARA RGD

Adi Paket

BM 2908 RADYOAKTİF MALZEME, BOŞ PAKET
BM 2909 RADYOAKTİF MALZEME, DOĞAL URANYUM veya TÜKENMİŞ URANYUM veya DOĞAL TORYUM'DAN YAPILMIŞ NESNELER
BM 2910 RADYOAKTİF MALZEME-MALZEME MİKTARI SINIRLANDIRILMIŞ
BM 2911 RADYOAKTİF MALZEME-ALETLER veya NESNELER

Düşük Özgül Aktiviteli Madde (LSA) (IP-1,IP-2,IP-3)

BM 2912 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-I), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3321 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-II), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3322 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-III), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3324 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-II), BÖLÜNEBİLİR
BM 3325 RADYOAKTİF MALZEME, DÜŞÜK ÖZGÜL AKTİVİTELİ (LSA-III), BÖLÜNEBİLİR

Yüzeyi Bulaşmış Cisim(SCO) (IP-1,IP-2,IP-3)

BM 2913 RADYOAKTİF MALZEME, YÜZEYİ BULAŞMIŞ NESNELER (SCO-I veya SCO-II), bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3326 RADYOAKTİF MALZEME, YÜZEYİ BULAŞMIŞ NESNELER (SCO-I veya SCO-II), BÖLÜNEBİLİR

ALARA RGD

A tipi paketler

BM 2915 RADYOAKTİF MALZEME, özel biçimde PAKETLENMEMİŞ, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3327 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir, özel biçimde PAKETLENMEMİŞ
BM 3332 RADYOAKTİF MALZEME, ÖZEL BİÇİMDE PAKETLENLENMİŞ, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3333 RADYOAKTİF MALZEME,ÖZEL BİÇİMDE PAKETLENLENMİŞ bölünebilir

B(U) tipi paketler

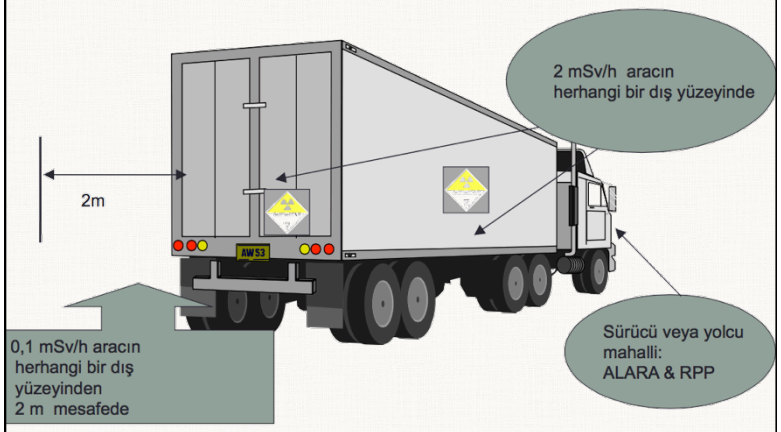
BM 2916 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3328 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir

B(M) tipi paketler

BM 2917 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir olmayan veya bölünebilir hariç
BM 3329 RADYOAKTİF MALZEME, bölünebilir

ALARA RGD

Taşıma Araçları İçin En Yüksek Radyasyon Seviyeleri

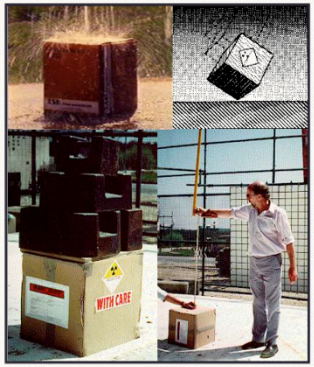


ALARA RGD

PAKET TESTLERİ

Normal Taşıma Koşullarına Yönelik Testler

1. Su Püskürtme Testi (Water Spray Test)
2. Serbest Düşme Testi (Free Drop Test)
3. Yığma Testi (Stacking Test)
4. Sızma Testi (Penetration Test)
5. Sıvı ve Gaz İçerikli Paketler İçin Ek Testler



Kaza Koşullarına Yönelik Taşıma Testleri

1. Mekanik Test
   - A. DÜŞME - I
   - B. DÜŞME - II
   - C. DÜŞME – III
2. Isıl Test
3. Batırma Testi
4. Zenginleştirilmiş Batırma Testi



RADYOAKTİF MADDE TAŞIMACILIĞINDA BAZI FAYDALI BİLGİLER

- Radyoaktif madde içeren paket, büyük boyutlarda da olabilir, paket kenar uzunlukları 10 cm'den küçük olmamalıdır.
- ALARA prensibinden hareketle alınacak küçük önlemler ile gereksiz radyasyon dozlarından korunmak gerekir.
- Paketlerin bekleme yerleri halk ve diğer çalışanlar tarafından girilip çıkılmayan, banyo edilmemiş fotoğraf filmlerinin ve diğer yüklerin bulunmadığı ayrı bir oda olmalıdır.
- Paketler yüklenip boşaltılırken bütün güvenlik önlemlerinin alındığına emin olunmalıdır.

Kargo taşıyıcılarının alması gereken önlemler:



1) Eğer kargo büyük ise yük taşıma araçlarıyla taşınır. Yine de kargonun üzerinde veya çok yakınında bulunulması gereken zamanlar olabilir. Bu durumda iş aksatılmadan en kısa zamanda bitirilmeye çalışılmalıdır. Gerekmedikçe yükten mümkün olduğunca uzakta durulmalıdır. (5 m uzaklık)



2) Ağır paketler ve varillerin yükleme-boşaltma çalışmalarında yükün sırtta taşınmasında bir sakınca olmamakla birlikte mümkün olduğu durumlarda taşıma araçlarından yararlanılmalıdır. Böylece hem yükle araya bir mesafe konulmuş olacak, hem de daha hızlı taşıma sağlanacaktır. Bu yolla, alınacak radyasyon dozu 10 kat azaltılabilir.

3) Küçük paketler elle taşınabilir. Ancak paket vücuda olabildiğince uzak tutulmalıdır. Çok sayıda küçük paket taşınacaksa taşıma aracı kullanılmalıdır.

4)Yapılan işlerin en kısa sürede bitirilmesi için işlerin nasıl yapılacağı hakkında önceden çalışma yapılmalıdır. İş bitirildiğinde paketten en az birkaç metre uzakta bulunulmalıdır.

5) Her taşıma sonrasında eller bol su ve sabunla yıkanmalıdır.

6)Taşıyıcılar pakette herhangi bir ıslaklık veya hasar gördüklerinde pakete dokunmadan, radyasyondan korunma konusunda bilgi sahibi olan görevlilere haber vererek gerekli radyasyon ölçümlerinin yapılmasını sağlamalıdır.

7)Yangın veya kaza durumlarında hemen konu ile ilgili acil müdahale ekiplerine ve radyasyondan korunma konusunda bilgi sahibi olan görevlilere haber vermelidir.

Araç Sürücülerinin Alması Gereken Önlemler:

1) Paketler araçta sürücüden mümkün olduğunca uzak ve güvenli bir pozisyonda yerleştirilmelidir. En yüksek TI' li paketler sürücüden en uzakta olacak şekilde konulmalıdır. Araçta aynı anda başka tehlikeli madde taşınmamalıdır.

2) Trafik yoğunluğunun en az olduğu en kısa yoldan ulaşım yapılmalıdır. Bu tür paketler trafik kazalarına dirençli olsalar bile ciddi kaza durumlarında radyasyon sızıntısına sebep olabilecek paket hasarı olabileceği düşünülmelidir.

3) Radyoaktif madde paketi taşıyan araç kalabalık alanlarda park edilmemelidir. Sürücünün araçtan uzaklaşması durumunda aracın kapılarının kilitli olduğundan emin olmalıdır.

Radyoaktif madde taşıyan paketin hasar görmesi veya bir radyoaktif bulaşmadan şüphelenilmesi durumunda:

1) Radyasyon dedektörü sayıma hazır hale getirildikten sonra paketlerin bulunduğu yere doğru yavaş yavaş yaklaşılarak doz hızındaki değişim gözlenmeli, önemli artışlar söz konusu ise doz hızının 0.02 mSv/h' a ulaştığı yerden itibaren alan belirlenerek giriş-çıkışlar kontrol altına alınmalıdır.

2) Oluşabilecek her türlü tehlike (yangın, patlama, zehirli gaz çıkışı, elektrik tehlikeleri, sıkışma vb.) belirlenmeye ve engellenmeye çalışılmalıdır.

3) Hasarlı ve radyoaktif bulaşma olmuş paketler belirlenerek kontrol altına alınmalı, yapılan doz hızı ölçümleri, yer ve miktarları kayıt edilmelidir.

4) Paketin üzerindeki radyasyon işaretli etiketten ve/veya yükleme belgelerinden paketin içerdiği radyoaktif madde cinsi, aktivitesi saptanmalıdır.

5) Acil ve tehlike durumu planında yer alan talimatlar doğrultusunda hareket edilmelidir.

ÖRNEK PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ (UYGULAMA)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Semboller
- Formüller
- Radyasyon dozları ile ilgili kavram ve tanımlar
- Denetimli ve Gözetimli Alan
- Aktivite, Yarılanma Süresi
- Gama sabiti
- Doz, Doz Şiddeti, Zaman
- Doz Şiddeti, Uzaklık
- Zırhlama ile ilgili problemler
- Taşıma indisi ve sınıfı ile ilgili problemler

SEMBOLLER

t : Zaman

h :Saat

I : Doz Hızı Şiddeti (Doz Hızı / mSv/h ; mR/h)

D : Belirli bir süre sonunda alınan toplam doz

Γ : Gama Sabiti (1GBq aktivite için 1 metrede mSv/h veya 1 Ci aktivite için 1 metrede R/h)

A : Aktivite (Bq veya Ci)

d : Uzaklık (m)

$t_{1/2}$: Yarılanma süresi (yarı ömür)

n : Yarılanma süresi sayısı

RADYASYONLA İLGİLİ KAVRAM VE TANIMLAR

$I = \Gamma x A / d^2$

Doz hızı şiddeti = Gama sabiti x Aktivite /Uzaklığın karesi

$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$

(Başlangıçtaki doz şiddeti x İlk uzaklığın karesi = İkinci doz şiddeti x İkinci uzaklığın karesi)

$D = I x t$

(Alınan toplam doz = Doz şiddeti x Zaman)

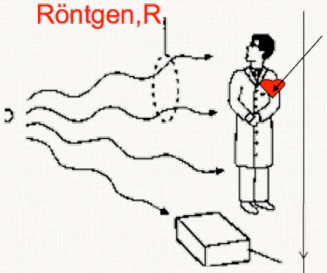
$A_S = A_0 / 2_n$

(AS = Son tarihteki aktivite, A0 = İlk Aktivite, n=Yarılanma süresi sayısı)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Kaynaktan çıkan radyasyon şiddeti : (Işınlama dozu) Röntgen,R

Radyasyon kaynağının gücü: Kaynak Aktivitesi (Bq, Ci)



Belirli bir organa Eşdeğer doz (rem,Sv)

$H_T = \Sigma_R D_{T,R} \times Q_R$

Tüm vücut dozu Etkin Doz (rem, Sv)

$E = \Sigma_T H_T \times W_T$

Herhangi bir madde tarafından Soğurulmuş doz D (Gy, rad)
D: Gray(J/kg)

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

Yıllık Doz Sınırı: 20 mSv

Denetimli Alan	Gözetimli Alan
6 mSv/Yıl	1 mSv /Yıl

Soru 1: Radyasyon görevlisi için müsaade edilen haftalık ve saatlik ışınlama dozu nedir?

Cevap 1:

Radyasyon görevlisi için yıllık izin verilen doz 20 mSv/ yıl dır.

1 yıl ➡ 50 hafta ; 1 hafta ➡ 5 gün ; 1 gün ➡ 8 saat
1 saat ➡ 60 dakika ; 1 dak. ➡ 60 saniye
olarak hesaplanır

➡ 20 mSv / 50 hafta = 0,4 mSv/hafta
0,4 mSv/ 5x8 = 0,01 mSv / saat

Aktivite, Yarılanma Süresi

Soru 2: 1 Haziran 2015 tarihinde , 370 GBq olan Ir-192 radyasyon kaynağı'nın aktivitesi, 13 Ağustos 2015 tarihinde kaç GBq olur ?

(Ir-192 'nin yarılanma süresi 74 gündür.)

Cevap 2:

1 Haziran -13 Ağustos arası
(30+31+13) = 74 gün

n= 1
A_i= 370 GBq
$A_s = A_i/2^n = 370/2 = 185$ GBq

Soru 3: 1 Kasım 2015 tarihinde , 80 Ci olan Ir-192 radyasyon kaynağı'nın aktivitesi, 5 Kasım 2016 tarihinde kaç Ci olur ?

Not: (Ir-192 'nin yarılanma süresi 74 gündür.)

Cevap 3:

5 Kasım 2015 – 11 Kasım 2016 arası 370 gün yapar.

370/74 = 5 yarılanma süresi geçmiştir.

$$A_s = A_i / 2^n$$

I.Yol;

A_i = 80 Ci

A_s= .....?

n = 5

$A_s = A_i/2^n = 80/2^5 = 80/32 = 2{,}5$ Ci

Cevap 3 :

II. Yol;

1 yarılanma süresinde 80/2 = 40
2 " " 40/2 = 20
3 " " 20/2 = 10
4 " " 10/2 = 5
5 " " 5/2 = 2,5 Ci olur.

Gama Sabiti

Soru 4: 10 Ci (370 GBq) aktivite şiddetindeki bir Ir-192 radyoaktif kaynağından 5 m uzaklıkta radyasyon ölçüm aleti ile okunması gerekli doz şiddeti;

a)R/h ve

b)mSv/h olarak nedir?

(Kaynağın nokta kaynak olduğu kabul ediliyor)

Ir-192'nin Gama sabiti :

Γ= 0,48 R/h 1 metrede 1 Ci aktivite için veya,

Γ = 0,13 mSv/h 1 metrede 1 GBq aktivite için

Cevap 4:

$I = \Gamma x A / d^2$

a) 1 Ci için 1 m'de 0,48 R/h ise,

10 Ci için 1 m uzaklıkta 10 x 0,48 = 4,8 R/h ve
5 m uzaklıkta ölçülecek doz hızı $4,8/5^2$ = *0,192 R/h*

b) 1 GBq için 1 m' de 0,13 ise,

370 GBq için 0,13 x 370 = 48 mSv/h ve
5 m uzaklıkta ölçülecek doz hızı $48/5^2$ = *1,92 mSv/h*

Soru 5: Noktasal tek enerjili bir radyasyon kaynağının Gamma sabiti K_Γ= 0,1 mSv/h dir. Bu kaynaktan 1 metre uzaklıkta ölçülen doz şiddeti 100 µSv/h ise kaynağın aktivitesi kaç GBq dir?

Cevap 5:

Γ = 1 GBq aktivite için 1 metrede mSv/h

Kullanılacak denklem : $I = \Gamma A / d^2$ veya $I = K_\Gamma A / d^2$

100 µSv/h = 0.1 mSv/h
$A = I \times d^2 / K_\Gamma$ yerlerine koyarsak
A= 0,1x1 / 0,1 = 1 GBq bulunur

Doz, Doz Şiddeti, Zaman

Soru 6: Radyasyon ölçüm cihazı ile 15 mR/h doz şiddeti okunan yerde 2 saat, 1 saat ve 30 dakika kalındığında alınacak doz miktarları ne kadardır ?

Cevap 6:

Verilenler :

I = 15 mR/h, t_1 = 2h, t_2 = 1 h, t_3= ½ h (30 dakika)

Toplam Doz formülü D = I x t idi.

Formülde yerine koyarsak:

15 mR/h x 2h = 30 mR
15 mR/h x 1h = 15 mR
15 mR/h x ½ h = 7,5 mR

Soru 7: Doz hızı 60 nGy/sn olan bir Gamma radyasyon alanında 1 saat, 1/2 saat ve 1 dakika kalınırsa ne kadar doz alınır?

Cevap 7:

t= 1 saat Doz= 60 nGy/sn x 3600 sn = 216000 nGy
= 216 μGy = 216 μSv

t= 1/2 saat Doz= 60 nGy/sn x 1800 sn = 108000 nGy
= 108 μGy = 108 μSv

t= 1 dakika Doz= 60 nGy/sn x 60 sn = 3600 nGy
= 3,6 μGy = 3,6 μSv

Gamma, X- ışını ve yüksek enerjili Betalar için radyasyon kalite faktörü 1 olduğundan, bu ışınlar için rad = rem, Gy=Sv alınır.

Doz Şiddeti, Uzaklık

Soru 8: Radyasyon kaynağından 8 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunan doz şiddeti 100 mR/h ise, radyasyon kaynağından 1 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunacak değer kaç mR/h olur ?

Cevap 8:

Verilenler;

I_1 = 100 mR/h, $d_1^2 = (8)2$, $d_2^2 = (1)^2$, I_2 = ? R/h

Bu değerleri formülde yerine koyalım

$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2 \rightarrow 100 \times (8)^2 = I_2 \times (1)^2$

$\rightarrow I_2 = 100 \times 64/1 = 6400$ mR/h = 6,4 R/h

Soru 9: 400 GBq aktiviteli I-192 radyasyon kaynağından 1 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunan doz hızı 50 mSv/h ise, 800 GBq lik başka bir I-192 radyasyon kaynağından 2 m uzaklıkta ölçüm aletinde okunacak değer kaç mSv/h olur ?

Cevap 9:

Veriler: I_1 = 50 mSv/h, A_1 = 400 GBq, d_1 = 1m

A_2 = 800 GBq, d_2 = 2m

$I_1 = \Gamma A_1 / d_1^2$

$I_2 = \Gamma A_2 / d_2^2$ Oranlarsak $I_2 \times d_2^2 / I_1 \times d_1^2 = \Gamma A_2 / \Gamma A_1$

Değerleri yerine koyup I_2'yi çektiğimizde;

$I_2 = 50x800 / 400x4$ = 25 mSv/h bulunur.

Soru 10: Radyasyon kaynağından 6 m uzaklıkta ölçüm aleti ile 36 mR/h doz şiddeti okunmuştur. Radyasyon kaynağından kaç metre uzaklığa güvenlik şeridinin çekilmesi gerekmektedir.

(Güvenlik şeridi için sınır değer 1 mR/h dir. Güvenliğin artırılması için 0,75 mR/h değerinde çekilmesi daha uygun olmaktadır).
Problemde 1 mR/h değeri esas alınacaktır.

Cevap 10 :

Verilenler :

I_1 = 36 mR/h, d_1 = 6 m, I_2 = 1 mR/h, d_2 = ...?

Formülde yerine koyalım:
$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$ ⟶ $36 \times (6)^2 = d_2^2 \times 1$

⟶ $d_2^2 = 36 \times 36$ veya $d_2 = \sqrt{36 \times 36}$ = **36 m**

Soru 11: X-Işını radyografi cihazı ile yapılan bir açık alan çalışmasında kaynaktan 1 m uzaklıkta ölçülen radyasyon doz hızı 1,6 mSv/h tir.
Çevrede bulunan halkın radyasyon güvenliği için güvenlik şeridi hangi mesafeden çevrilmelidir?

Cevap 11:

10.cu Soruda güvenlik şeridi için 1 mR/h verilmişti (1mR/h=1mRem/h= 0,01 mSv/h)

Çalışma açık alanda yapıldığından halk için bu dozun 1/10 'u (0,001 mSv/h) kabul edilmektedir.

I_1 = 1,6 mSv/h (1600 µSv/h) , d_1 = 1 m,
I_2 = 0,001 mSv/h=1µSv/h
d_2 = ...?

Formülde yerine koyalım :
$I_1 \times d_1^2 = I_2 \times d_2^2$ $1600 \times (1)^2 = d_2^2 \times 1$

$d_2^2 = 1600 m^2$ ⟶ $d_2 = \sqrt{1600} = \sqrt{\mathbf{4^2 x 10^2}} = \mathbf{40\ m}$

Zırhlama Hesabı

Soru 12:

Ir-192 rasyasyon kaynağından belirli bir uzaklıkta doz şiddeti (hızı) 128 mR/h dir.

Ir-192 için kurşun zırhlama malzemesinin her HVL (yarı tabaka) kalınlığı 0,5 cm olduğuna göre, doz şiddetini 1 mR/h'e düşürmek için kaç cm kalınlıkta zırh malzemesi gerekmektedir?

Cevap 12:

İlk durumdaki doz şiddeti 128 mR/h idi.

1 HVL uygulanırsa 64 mR/h
2 HVL uygulanırsa 32 mR/h
3 HVL uygulanırsa 16 mR/h
4 HVL uygulanırsa 8 mR/h
5 HVL uygulanırsa 4 mR/h
6 HVL uygulanırsa 2 mR/h
7 HVL uygulanırsa 1 mR/h

O halde;

zırh malzemesinin yarı tabaka kalınlığı 0,5 cm kurşun idi ve gerekli olan yarı tabaka sayısı 7 olduğuna göre 0,5 x 7 = 3,5 cm kalınlığında kurşun levhaya gereksinim vardır.

Soru 13:

12. soruda kullanılan kurşun malzeme yerine beton malzeme kullanılmak istenirse kaç cm kalınlığında beton engel gerekli olurdu?

(Ir-192 için beton malzemenin HVL kalınlığı 4,3 cm dir)

Not: Radyasyon korunması hesaplamalarında betonun yoğunluğu 2,35 g/cm^3 olarak alınır. Bu yoğunlukta bir beton için gerekli yarı tabaka kalınlığı (HVL) 4,3 cm dir.

Cevap 13:

12. sorunun cevabında 7 adet yarı tabaka 'ya gereksinim olduğu bulunmuştu.

Zırh kalınlığı = HVL x yarı tabaka sayısı olduğuna göre

= 4,3 x 7 = **30,1 cm**

kalınlığında beton engele gereksinim vardır.

Taşıma Etiketi ve İndisi

ŞARTLAR			SINIF
TI	Yüzeyden 1metre mesafedeki maksimum radyasyon seviyesi RL_{1m}	Yüzeyin herhangi bir noktasında en yüksek radyasyon seviyesi RL	
0	0,5 mrem / h	≤ 0,005 mSv/h (0,5 mrem/h)	I - BEYAZ
0 - 1	1 mrem / h	(0,005 – 0,5) mSv/h (0,5 - 50) mrem/h	II - SARI
1- 10	10 mrem / h	(0,5 - 2) mSv/h (50 – 200) mrem/h	III - SARI
> 10	> 10 mrem / h	(2 – 10) mSv/h (200-1000) mrem/h	III – SARI ve Özel Koşullu

TI : Taşıma İndisi Tayini

Paketin herhangi bir yüzeyinden 1 metre uzaklıkta ölçülen maksimum radyasyon seviyesinin mR/h olarak sayısal değeridir.

Diğer bir ifade;

$TI = RL_{1m}$ (mSv/h) X 100

RL_{1m} : 1 m de ölçülen maksimum radyasyon seviyesi

Eğer Paketin üzerinde okunan maksimum değer (taşıma sınıfını belirler) ile TI (taşıma indisi) değeri uyumsuz ise ; en yüksek değer hangisi ise o alınır.

Soru 14:

İçerisinde radyoaktif kaynak bulunan bir taşıma kabınıın dış yüzeyinde radyasyon ölçüm aleti ile 10 mR/h ve 1 metre uzağında 0,8 mR/h doz şiddeti okunuyorsa;

a) Taşıma kabının üzerinde hangi tip etiket bulunması gerekir?

b) Taşıma indisi kaç olur?

Cevap 14:

a) Yüzeyde 10 mR/h (~ 10 mrem/h) doz şiddeti okunduğuna göre tablodan **Sarı II** etiketi bulunması gerekir.

b) Taşıma kabından 1 metre uzaklıkta 0,8 mR/h

Taşıma indisi tanımına göre: **TI=0,8** yazabiliriz.

Açıklama:

(0,8 mR/h ≈ 0,8 mrem/h = 0,008 mSv/h) dir.

Soru 15: İçerisinde radyoaktif kaynak bulunan bir taşıma kabınıın dış yüzeyinde radyasyon ölçüm aleti ile 210 µSv/h ve 1 metre uzağında 70µ Sv/h doz şiddeti okunuyorsa;

a) Taşıma kabının üzerinde hangi tip etiket bulunması gerekir ?

b) Taşıma indisinin değeri nedir?

Cevap 15:

a) Yüzeyde 210 µSv/h (=0,21 mSv/h) doz şiddeti okunduğuna göre tablodan Sarı II etiketi bulunması gerekir.

b) Taşıma kabından 1 metre uzaklıkta 70 µSv/h (=0,07 mSv/h) cinsinden okunan değer verdiğine göre (tanımdan yola çıkılırsa)

$TI = RL_{1m}$ (mSv/h) X 100

TI = 0.07x 100 = 7 dir.

Hesaplanan TI'nın bu değerine göre ise; etiket **Sarı III** olmalı !

O zaman büyük olanı göz önüne alınır. Sonuç olarak: Etiketi **Sarı III** seçilir.

Soru 16:

Taşıma indisi TI= 1,5 olan konteynır'ın üzerinde hangi tip ip etiket bulunmalı ?

Cevap 16:

TI : 1 < 1,5 < 10 aralığında olduğundan bu aralık

Hatırlatma:

T=0 Beyaz I

0≤ T ≤ 1 Sarı II

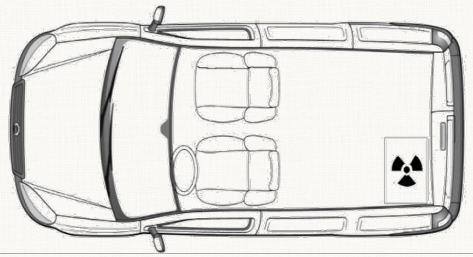
1≤ T ≤ 10 Sarı III idi

➡ **Sarı III**'e karşılık gelmektedir.

Radyoaktif Madde Taşınmasında Kullanılan Cihazın Taşınması

Yıllık taşıma süresi 100 saat den küçük ise; taşınan cihazdan yayılan radyasyonun doz hızı 7,5 µSv/h geçemez.

Yıllık taşıma süresi 100 saatten büyük 300 saatten küçük ise; taşınan cihazdan yayılan radyasyonun doz hızı 2,5 µSv/h geçemez



Gama Radyografi

Gamma kaynakları için verilen uzaklıktaki doz hızı ile kaynağın aktivitesi doğru orantılıdır.

Örnek: İridyum-192

Aktivite (GBq)	Doz hızı (1,0 m'de)
800	100 mSv/h
400	50 mSv/h
200	25 mSv/h
100	12,5 mSv/h

Doz hızı $\propto$ Aktivite

Soru 17: 400 GBq aktiviteye sahip Co-60 için 1m'deki doz hızı 138 mSv/h ise, 280 GBq aktiviteli Co-60 için aynı noktadaki doz hızı nedir?

Cevap 17:

400 GBq için 138 mSv/h
280 GBq için ?

$138 \times \frac{280}{400}$ mSv/h = **97 mSv/h**

Soru 18: 1 metre uzaklıktaki doz hızı 500 mSv/h olan bir kaynağı 1m'lik maşa kullanarak zırh içine alınmak isteniyor. Bu işlemi yapan kişiye ne kadar süre verirsiniz?

Cevap 18:

Yıllık doz sınırı 20 mSv'in altında olmalıdır.

1 saat de 500 mSv ise 1 dakikada: ⟶

500mSv/60 = ➡ 8,3 mSv dir.

20 mSv / 8,3mSv = 2,4 dak.

Maksimum 2,4 dakika

Soru 19: 100 Ci'lik Ir-192 kaynağını yanlışlıkla 2 saniye elimize alsak elimiz ne kadar doz alır?

Cevap 19:

1m (100 cm) de 1 saateki doz 500 mSv ise

1 cm deki doz = 500 x $(100)^2$ / $(1)^2$ = 5.000.000 mSv

= 5.000 Sv

1 saniyedeki doz 5.000 /3600 = 1.388 mSv

2 saniyede 2 x 1,388 = 2.776 mSv

➡ ≈ 2,8 Sv => 3,0 Sv Eritem dozu!

X-Işınında ise; verilen uzaklıktaki doz hızı ile uygulanan akım doğru orantılıdır. (belirtilen voltajda)

Örnek: 150 kV, 2mm Al filtre

Tüp akımı (mA)	Doz hızı (1,0 m'de)
1	1 mSv/h
5	5 mSv/h
10	10 mSv/h
20	20 mSv/h
40	40 mSv/h

Doz Hızı $\propto$ [kV x Tüp Akımı (mA)]

Soru 20: 5 kV, 10 mA'de (2mm Al filtreli) bir X-ışını setinde 1m'deki doz hızı 3,5 mSv/h ise , 4 mA'e düşürünce aynı noktadaki doz hızı ne olur?

Cevap 20:

10 mA için 3,5 mSv/h
4 mA için ?

$4 \times \frac{3.5}{10}$ mSv/h = 1,4 mSv/h

Soru 21: Tahribatsız test laboratuvarında kurulu olan, maksimum 250 kV ve 5 mA değerine sahip ve 0,5 mm Cu filtrasyonu olan X-ışını radyografi cihazı çalışırken 1 m uzaklıkta 3 dakika süresince bulunmak zorunda kalan bir radyografçının aldığı dozu mSv cinsinden hesaplayınız.

Not: 0,5 mm Cu filtrasyonu olan ve 250 kV, 10 mA max. değerine sahip X-ışını tüpünün 1 m uzaklığındaki doz hızı 10 Sv/h dir.

Cevap 21:

Akımla doz hızı doğru orantılı olduğundan;

10 mA için 10 Sv/h
5 mA için ? İçler dışlar çarpımı ile

$5 \times \frac{10}{10}$ Sv/h = 5 Sv/h = 5000 mSv/h (1m' deki doz hızı)

60 dakika(1 saat) 5000 mSv alırsa
3 dak ?

$3 \times \frac{5000\ mSv}{60}$ = 250 mSv 'lik doz alır

Soru 22: 150 kV 10 mA'de çalışan bir X-ışını radyografi cihazının tüp çıkışında yaklaşık 10 cm. de bilmeden 3 saniye duran bir kişi ne kadar doz alır?

Not: 150 kV , 10mA'de çalışan bir X-ışını cihazının 1m uzaklığında okunan saatlik doz yaklaşık 40 Sv dir.

Cevap 22:

$$(D_1 x d_1^2 = D_2 x d_2^2)$$

1m (100 cm) de 1 saat deki doz: 40 Sv

10 cm de

$40x\ (100)^2 / (10)^2 = 4.000$ Sv

1 saniyedeki doz 4,000 / 3600 = 1,11 Sv

3 saniyedeki doz ise 1,11 x 3 = 3,3 Sv !!!

Eritem dozu!

A-Cihaz Deposu Örnek Hesaplama

Cihazdan 1 m uzaklıktaki doz hızı: I_1=0,003 mSv/h (0,3 mR/h)

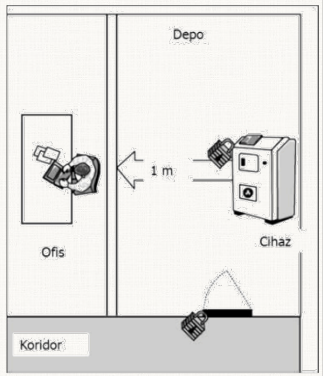
Günde 8 saat

Yılda 250 gün çalışma

Cihazdan 1 m uzaklıktaki oturan personelin yıllık alacağı doz :

D_1= 0,003 mSv x 8 x 250 =

6 mSv



Doz 1 mSv'den büyük

⟶ DEPO UYGUN DEĞİL

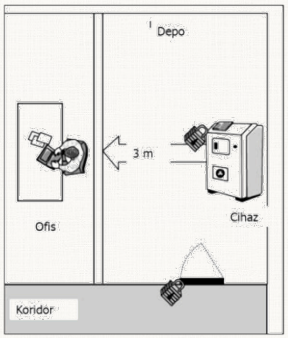
B-Cihaz Deposu Örnek Hesaplama

Cihaz personelden 3 m uzaklığa alınırsa doz hızı uzaklığın karesi ile azalacaktır.

Doz hızı I_2= 0,3/ 3^2 = 0,033 mrem

Alınan Doz ;

D_2= 0,033x8x250/100= **0,66 mSv**



Başka bir yol ise:

Kurşun için: TVL = 2 cm

Beton için: TVL = 15 cm

Cihaz ile personel arasına 2 cm kurşun veya 15 cm beton yapılırsa;

Alınan doz onda bir azalır.

D_1 = 6mSv ⟶ Doz 1 mSv'den küçük ⟶ DEPO UYGUN

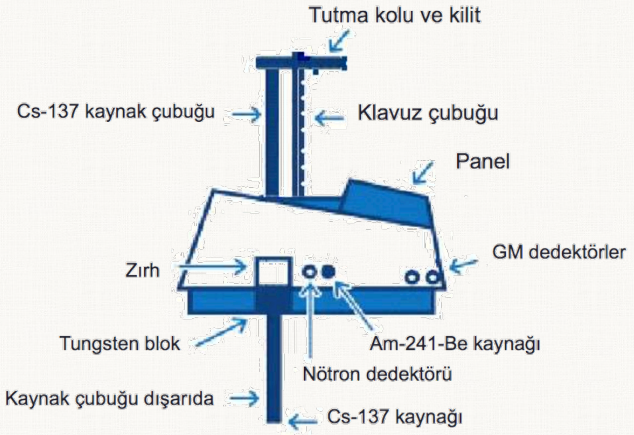
D_2 = 6 / 10 = 0,6 mSv

ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA RADYASYONDAN KORUNMA

EĞİTİMİN İÇERİĞİ

- Yoğunluk ve Rutubet Ölçüm Cihazları ve
  - Yoğunluk ve Rutubet Ölçüm Cihazı Yapısı
  - Cihazın Kullanımı Sırasında Yapılması Gerekenler
  - Cihazın Depolanması Sırasında Yapılması Gerekenler
  - Cihazın Taşınması Sırasında Yapılması Gerekenler
  - Cihazın Bakımı Sırasında Yapılması Gerekenler
- Proses Kontrol Cihazları
- Kuyu Logu Cihazları
- X-ışını Analiz Cihazlar
- X-ışını Paket Kontrol Cihazları
- TIR Tarama Sistemleri
- Araştırma ve Eğitim Amaçlı Kullanılan Kaynaklar

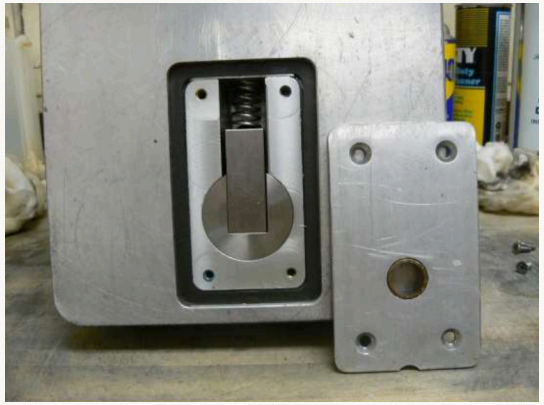
YOĞUNLUK VE RUTUBET ÖLÇÜM CİHAZININ YAPISI



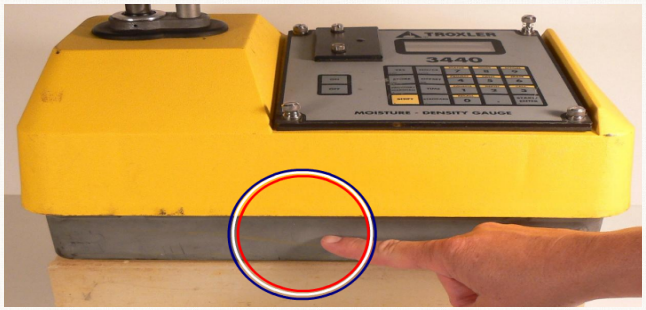
Cs-137 GAMA KAYNAĞININ YERİ



Cs-137 KAYNAĞININ ALTINDAKİ TUNGSTEN BLOK



Am-241/Be NÖTRON KAYNAĞININ YERİ













CİHAZIN KULLANIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

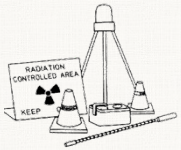
- Çalışmalar, radyasyon korunması konularında eğitilmiş kişiler tarafından yapılmalıdır.
- Çalışan kişiler işe alınırken ve yetkili otoritenin belirlediği aralıklarla tıbbi kontrolden geçirilmeli
- Kişisel dozimetreler kullanılmalıdır.
- Çalışmalara başlamadan önce iş planlaması yapılmalıdır.



CİHAZIN KULLANIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

- Çalışmalarda önceden belirlenmiş yöntemler ve sistemler kullanılmalı
- Çalışmalar sırasında radyoaktif kaynak taşıma kabı,
- Koruyucu engeller,
- İkaz lambaları,
- İşaret ve uyarı levhaları,
- Şablon, kazık, el arabası gibi gerekli aksesuarlar ile uygun yedek parçalar

hazır bulundurulmalıdır.



CİHAZIN KULLANIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

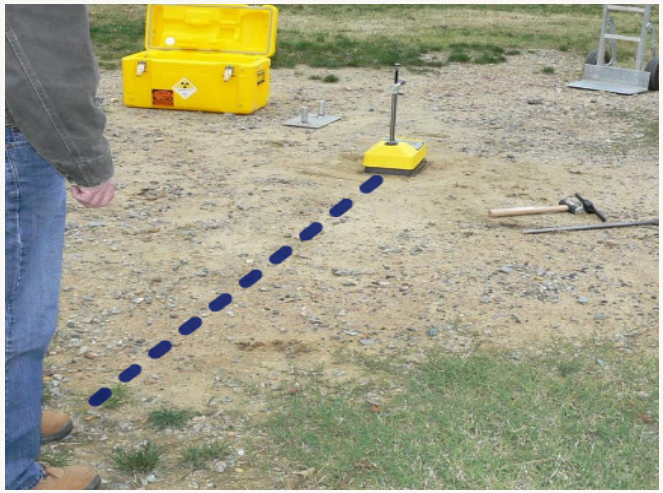


- Taşınabilir ölçüm sistemlerini çalıştırmadan önce, çevresel güvenlik önlemleri alınmalı,
- Radyoaktif kaynak içeren ölçüm sistemleri ile çalışırken taşınabilir bir radyasyon ölçüm cihazı açık ve çalışır olarak hazır bulundurulmalı,
- Çalışma sonunda radyasyon kaynağı önündeki güvenlik sisteminin kapatıldığı ve kilitli duruma getirildiği kontrol edilmelidir.

CİHAZIN KULLANIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

- Taşınabilir ölçüm sistemlerini çalıştırıldıktan sonra gerek olmadıkça yanında beklenilmemelidir.
- Gerekli durumlarda mümkün olan en kısa sürede işlem bitirilmelidir.





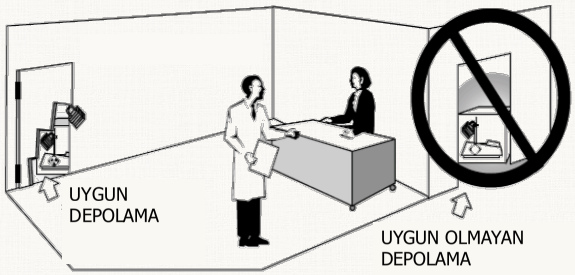


CİHAZIN DEPOLANMASI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

- Cihaz her kullanım sonunda radyasyon ölçüm cihazı ile kontrol edilmeli, kaynağın kapalı durumda ve güvenli olduğundan emin olunmalıdır.
- Cihazlar kullanılmadığı zaman güvenli bir depoda, uygun şekilde korunmalıdır.
- Bu cihazlara ait bilgiler kayıt defterine işlenmeli ve düzenli olarak kontrol edilmelidir.



CİHAZIN DEPOLANMASI



Cihazların fiziksel güvenliğinin sağlanması ve kayıt altına alınması gerekmektedir.

CİHAZIN DEPOLANMASI







CİHAZ DEPOSU İÇİN ÖRNEK HESAPLAMA

Cihazdan 1 m uzaklıktaki doz hızı :

0,003 mSv/h (0,3 mR/h)

Günde 8 saat

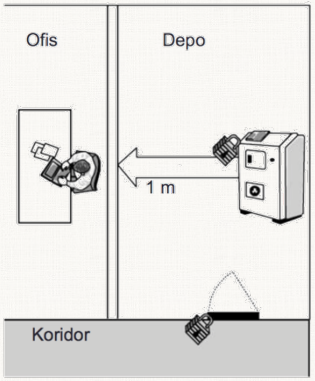
Yılda 250 gün bulunan

Cihazdan 1 m uzaklıktaki oturan personelin yıllık alacağı doz :

0,003 mSv x 8 x 250 = 6 mSv

Doz 1 mSv'den büyük

DEPO UYGUN DEĞİL



CİHAZ DEPOSU İÇİN ÖRNEK HESAPLAMA

Cihaz personelden 3 m uzaklığa alınırsa uzaklığın karesi ile azalacaktır. Doz hızı

$0,3/ 3^2 = 0,033$ mrem

Alınan Doz ;

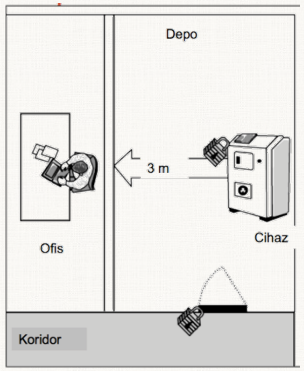
0,033x8x250/100= 0,66 mSv

Cihaz ile personel arasına 2 cm kurşun veya 15 cm beton yapılırsa;

Alınan doz onda bir azalır.

Doz = 6 / 10 = 0,6 mSv

Doz 1 mSv'den küçük **DEPO UYGUN**



CİHAZIN DEPOLANMASI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

- Cihazlar kullanılmadığı uzun süreler için korunmasını sağlamak amacıyla özel bir depoda tutulması,
- Depoda; basınçlı gaz veya kimyasal malzeme gibi diğer tehlikeli malzemelerin bulunmaması,
- Deponun kuru olması ve gerekiyorsa havalandırılması,
- Depo girişine radyasyon uyarı işaret ve levhaları asılması,
- Mesken ve personel ofislerine yeterli uzaklıkta olan bir deponun dışındaki doz şiddeti 2,5 µSv/h değerinden az olması gerekmektedir.

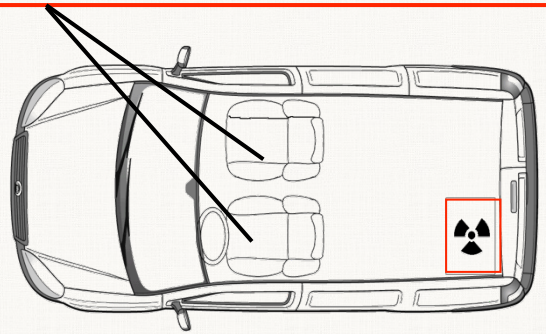
CİHAZIN TAŞINMASI



CİHAZIN TAŞINMASI

Yıllık taşıma süresi 100 saat den küçük ise 7,5 µSv/h geçemez.

Yıllık taşıma süresi 100 saatten büyük ise 2,5 µSv/h geçemez.



CİHAZIN BAKIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

- Üretici firma tarafından tavsiye edilen ve yetkili otorite tarafından onaylanmış yöntemler kullanılmalı ve uygun tamir bakım cihazları ile çalışılmalıdır.
- Radyoaktif kaynağın herhangi bir kişinin vücudunun herhangi bir kısmına temas etmesine hiçbir şekilde izin verilmemelidir.
- Hiçbir şekilde radyoaktif kaynak yuvasına müdahale edilmemelidir.
- Düzenli bakım yapıldığını gösteren kayıtlar tutulmalıdır.

CİHAZIN BAKIMI SIRASINDA YAPILMASI GEREKENLER

Bakım için dikkat edilecek konular aşağıda verilmiştir.

1. Kaynak yuvası etrafındaki kirlilik ve rutubet temizlenmeli,
2. Sistemin dış yüzeyindeki radyasyon uyarı işaretleri ve kaynakla ilgili detaylı bilgi veren etiketlerin temiz ve düzgün olduğu kontrol edilmeli,
3. Hareketli parçaların bakım ve temizliğinde belirli ve üretici firma tarafından önerilen yağlar kullanılmalı,
4. Bütün cıvata ve somunların sıkılığı kontrol edilmeli,
5. Kaynağın yuvasına güvenli olarak yerleştiği kontrol edilmeli ve cihazın dış yüzeyinde yönetmeliklerde izin verilen doz değerleri ölçülerek kontrol edilmeli,
6. Kaynak tutma aletlerinin hasarlı olup olmadığı düzenli aralıklarla kontrol edilmeli,
7. Üretici firma tarafından önerilen aralıklarla ve belirtilen yöntemlerle sızıntı testleri yapılmalı,

KAYNAK KAÇAK TESTİ

1) Pamuk veya filtre kağıdı alkol ile ıslatılır.



2) Maşa ile kaynak çıkış yerinin kenarlarına sürterek kirler toplanır.



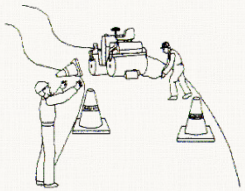
3) Alınan örnekler naylon poşet içine konularak Ölçüm Lab. gönderilir.

Bulaşma sınırı : 0.005 µCi (185Bq)

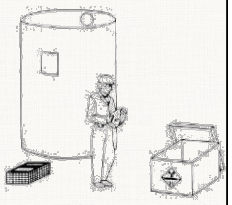


KAZA DURUMLARI

- Cihazda, radyasyon ölçüm cihazı ile radyasyon miktarı ölçülmelidir.
- Kontrollu bölgeler işaretlenmeli ve koruyucu engeller ile etrafı çevrilmelidir.
- En kısa sürede ortamdan uzaklaşarak başkalarının yaklaşması engellenmelidir.
- Yetkili kişilere haber verilmeli ve yardım istenmelidir.



- Radyoaktif kaynak kullanım süreleri bittiğinde veya kullanma amacı ortadan kalktığında üretici veya satıcı firmaya geri gönderilmelidir.
- Söz konusu kaynakların geri gönderilmemeleri durumunda bertaraf işlemleri, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Tüzük ve Yönetmeliklerinde belirtilmiştir.
- Radyoaktif kaynakların ortadan kaldırılması ve son depolama yerlerine gönderilmesi TAEK Yönetmeliklerinde belirtilen taşıma kurallarına uygun paket ve araçlarla yapılmalıdır.



PROSES KONTROL CİHAZLARI

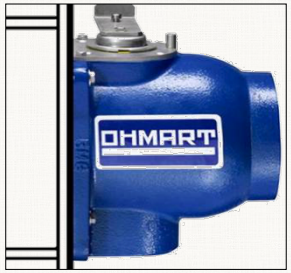
Ohmart Cs137 Aktivite 1,33 Ci

•Kaynak açık

Kazan kısmı	20 Sv/h
Zırh yüzeyi	<2 mSv/h
Operatör	<0,5 µSv/h

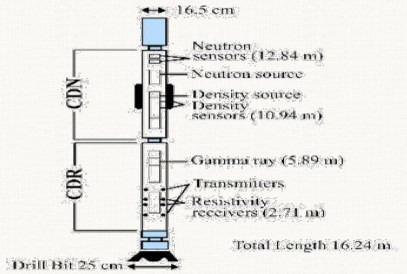
•Kaynak kapalı

Kazan kısmı	5 - 2 mSv/h
Operatör	0,5 µSv/h



KUYU LOGU CİHAZLARI





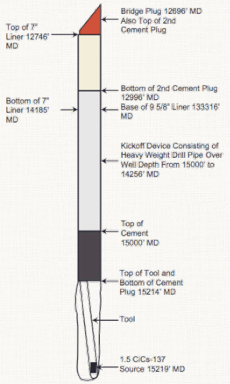


KUYU LOGU CİHAZLARI

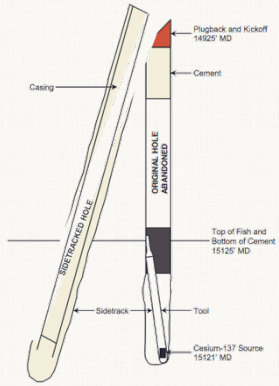
Kaynak	1 m deki doz değerleri
80 GBq Sezyum-137 (2 Ci)	6,8 mSv/h gama
550 GBq Am-241/ Be (15 Ci)	300 µSv/h gama + nötron

KAYNAĞIN KUYUDA KALMASI

YÖNTEM 1



YÖNTEM 2



X-IŞINLI ANALİZ CİHAZLARI

XRF X-IŞINI

X-ışını tüp çıkışı 10 Sv/h

Cihaz dışı <0,5 µSv/h



X-ışını tüp çıkışı 10 Sv/h

Kurşun Cam <0,5 µSv/h

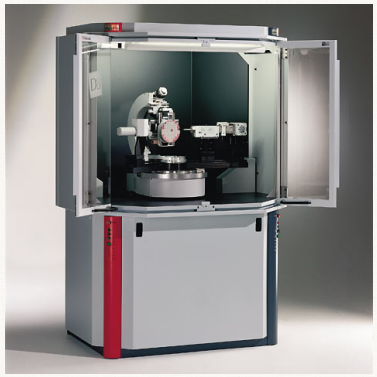


X-IŞINLI ANALİZ CİHAZLARI

X-ışını Difraktometre cihazı (XRD)

X-ışını tüp çıkışı 10 Sv/h

Kurşun Cam <0,5 µSv/h



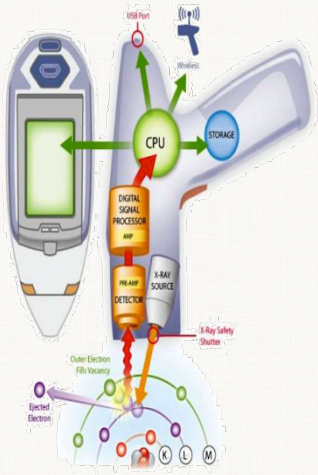
X-IŞINLI ANALİZ CİHAZLARI KURALLARI

- Cihazın radyasyon güvenliğine ilişkin işlevlerinin (zırhlaması, devre kesici, güvenlik ışığı, acil durdurma düğmesi radyasyon uyarı işaret ve etiketleri vb.) tam olarak yerine getirildiğinin (çalıştığının) her yıl kontrol edilmesi,
- Cihazların kullanma kılavuzunda verilen işlemler dışında kullanılmaması,
- Cihazların dış yüzeyindeki radyasyon dozu hızı (taşınabilir cihazlarda el dozu) 1µSv/h'den küçük olması,
- Olağandışı veya kullanım dışı kalması durumlarını TAEK'e bildirmesi.

X-ışını Analiz Cihazları

Portatif XRF





X-ışını tüp çıkışı 5 mSv/h

El dozu <0,5µSv/h

X-IŞINLI PAKET KONTROL SİSTEMLERİ



Panelden 5 cm <5 µSv/h

Operatör <0,5 µSv/h

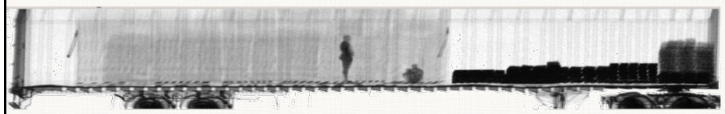
MOBİL VE SABİT GAMA KAYNAKLI TIR TARAMA SİSTEMLERİ





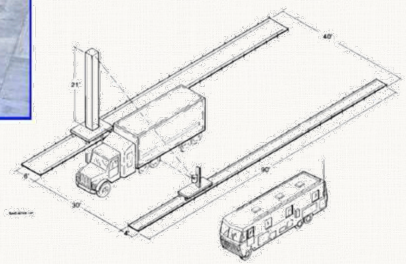
0,04 µSv

0,05 µSv



RADYOAKTİF KAYNAKLI TARAMA





X-IŞINLI TIR TARAMA SİSTEMLERİ





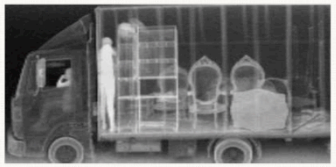
0,4- 2 µSv

100 µSv

TIR TARAMA SİSTEMLERİ (GERİ SAÇILMA)

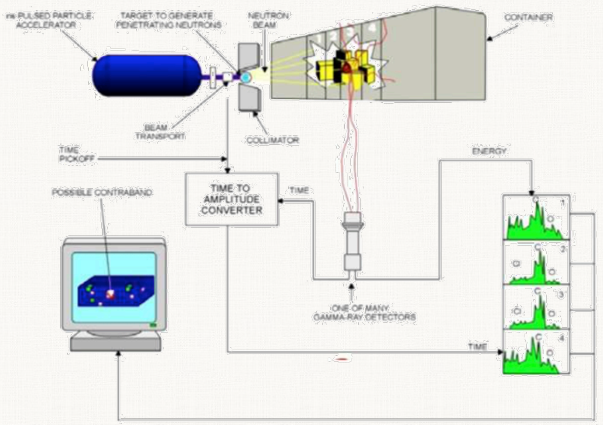


0,03- 0,6 µSv





NÖTRON KAYNAKLI TARAMA - PFNA



ARAŞTIRMA VE EĞİTİM AMAÇLI KULLANILAN KAYNAKLAR

Kapalı kaynaklar

Açık kaynaklar

AÇIK KAYNAKLARLA ÇALIŞMA





RADYOİZOTOP TABLOSU

Caesium - 137 / Barium - 137m $^{137}Cs_{55}/^{137m}Ba_{56}$

Half life: 30.2 years — Risk group: 1
Specific activity: 3.20E+12 Bq.g^{-1} — Risk colour: Red

Main emissions (keV)	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	32	6	512	95	624	8		
E2	36	1	1173	5	656	1		
E3	662	85			660	< 1		
% omitted		< 1		0		< 1		

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+04
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+01

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	2E+0
IAEA ST1 A_2 value	6E-1

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

Point source (30 cm)		Infinite plane source		10 ml glass vial	Contact with 50 ml glass beaker	Contact with 5 ml plastic syringe
Betas, electrons (skin dose)	2.13E-1	Betas, electrons (skin)				
		10 cm	9.0E-02			
		1 m	6.0E-03			
		Photons (skin)				
		10 cm	3.9E-03			
		1 m	2.5E-03	100 cm		
Gammas, X rays (deep tissue dose)	1.07E-3	Photons (deep dose)				
		10 cm	3.7E-03	9.19E-5	3.30E-1	1.66E+0
		1 m	2.4E-03			

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})	
Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	1.57E+0
0.05 ml droplet (1 kBq)	7.08E-1

Detection: Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+ +
Gamma	+ +
X rays	+ +

Derived limits (Bq.cm^{-2})	
Removable contamination	4E+1
Fixed contamination	4E+3

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption):	
Glass	2.1
Plastic	3.8

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)



TEHLİKE VE ACİL DURUM TALİMATI

ACİL DURUM ÖNLEMLERİ

Cihazın fiziksel zarar görmesi, çalınması, kaybolması, kaza ve cihaz yüzeyindeki radyasyon dozları düşük (<1mR/h) veya yüksek (>20 mR/h) olması veya diğer acil durumlarda aşağıdaki adımları uygulayın:

- Öncelikle İlk yardım uygula.
- İnsanları cihazdan 5 m uzaklıkta tut.
- Gözle ve ölçüm cihazı kullanarak radyasyon kaynakları parçanmış ve etrafa bulaşmış ise cihaza müdahale yapılmaz. TAEK'in teknik desteği veya talimatına göre hareket edilir.
- Durum derhal Lisans sahibine, Radyasyondan Korunma Sorumlusu (RKS) na ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)'e bildir.
- Cihazın zırhı sağlam veya radyasyon kaynakları zırh içinde taşına bilecek durumda ise ya onarım ya da atık için taşıma işlemi uygulanır.
- Kaza raporu hazırlanır ve TAEK'e gönderilir.

İLK YARDIM

- Yaralanma durumda önce ilk yardım uygulanır veya yapılması sağlanır.
- Yaralanmalarda düşük seviyeli radyoaktif madde bulaşması olasılığı ilk yardım ekibine bildirilmeli.
- İlk yardım almayan kişilerin bulaşma olasılığı nedeniyle Yetkili Otorite kontrol edene kadar olay mahallinde tutulmalı.
- Kazaya maruz kalan kişilerde radyoaktif bulaşma varsa TAEK'in talimatlarını uygula.
- Kaza durumunda yaralı varsa önce ilk yardım yapılır Hayati tehlikesi olanlar varsa onların müdahaleleri yapılır. Durum ilk yardım ve hastane personeline radyoaktif bulaşma olasılığı haber verilir.

YANGIN PATLAMA

- Patlama ve yangın çıkarmaz.
- Radyoaktivite maddelerin özelliğini ve yanma durumlarını değiştirmez..
- Hasar görüşmüş cihazları yerinde bırak, sağlamları yangın alanından uzaklaştır.
- Küçük yangınlarda: Kuru kimyasallar, CO_2, su veya köpük.
- Büyük yangınlarda: Su, köpük.

TEHLİKE VE OLAĞANDIŞI DURUMLARDA ARANACAK TELEFONLARI

TAEK ACİL DURUM BİLDİRİM HATTI :	**444 TAEK 444 8 2 3 5**
Lisans Sahibi :	
RKS :	
TAEK SANTRAL :	0 312 295 87 00
TAEK FAX :	0 312 295 89 56

Çalışma Talimatı

- Radyasyon ölçüm cihazı ve dozimetreni al.
- Cihaz yüzeyindeki radyasyon dozlarının ölçümünü yap.
- Cihaz pillerini kontrol et.
- Şablon, çekiç ve çekme kolunu al.
- İşaretleme yapılacaksa uygula.
- Ölçümü yapılırken cihazdan uzak dur.
- Ölçüm biter bitmez, kaynağı geri çek.
- Ölçüm değerlerini kaydet.
- Cihaz kullanılmadığı zaman kilit altında tut.
- Taşıma çantasına koymadan önce tungsten bloğun tam olarak kapalı olduğuna emin ol.
- Cihaz, taşıma çantası ve depo üzerindeki etiketleri kontrol et.
- Taşıma çantasını araca bağla.
- Cihazın temizliğini ve periyodik bakımlarını yap.
- Kaza ve olağandışı durumlarda Tehlike ve Acil Durum Planını uygula.

TEHLİKE DURUMU VE OLAĞANDIŞI DURUMLARDA ARANACAK TELEFONLARI

Lisans Sahibi :	
RKS :	
Depo Sorumlusu :	
Güvenlik Amiri :	
TAEK ACİL DURUM BİLDİRİM HATTI :	**444 TAEK** **444 8 2 3 5**

ÇALIŞMA ÖNCESİ KONTROL LİSTESİ

CİHAZ	SERİ NO

- ☐ Radyasyon Ölçüm Cihazı (yedek pil)
- ☐ Taşıma Çantası ve Cihaz Yüzeyindeki Radyasyon Dozları Normal
- ☐ Taşıma Çantası Sağlam
- ☐ Taşıma Çantası ve Cihaz Üzerindeki Etiketler
- ☐ Şablon – Delme çubuğu – Çekme kolu
- ☐ Cihaz Bataryası (Pilleri) Tam Dolu
- ☐ Cihaz Kilidi
- ☐ Taşıma Çantası Kilitleri (2 adet)
- ☐ Araç Sabitleme Bağları
- ☐ TAEK Taşıma Formu (Şehirlerarası)
- ☐ Dozimetreler
- ☐ Lisans Fotokopisi
- ☐ Çalışma Talimatı
- ☐ Acil Durum Talimatı
- ☐ Acil Durum Planı
- ☐ Cihaz Kullanma Kılavuzu

Teslim Alan Personelin

Adı Soyadı	
İmza	
Tarih	/ /20

RADYASYONDAN KORUNMA PROGRAMI İÇTETKİK KONTROL LİSTESİ

I. *GİRİŞ*

Bu form her yıl Radyasyon Korunma Programının lisans şartlarının, çalışanların ve halkın mümkün olan en düşük dozları aldıklarının (ALARA) etkin bir şekilde denetimi için Lisans sahibi ile RKS tarafından doldurulmalıdır.

Lisans Sahibi :_____

RKS :_____ İçtetkik Tarihi :____/___/_____

Lisans Sahibi Onayı:_____

II. *İÇTETKİK GEÇMİŞİ*

A. Bir önceki iç tetkik tarihi:_____

B. Bir önceki tetkikte uygunsuzluk tespit edildi mi?…… Evet Hayır

C. Düzeltici faaliyet yapıldı mı ?……Evet Hayır Yok
(tekrarlama kontrolu)

D. Uygunsuzlukların ve düzeltici faaliyetlerin özeti:_____

_____

_____

_____

III. *ORGANIZASYON*

A. Lisans adresi değişti mi? ..... Evet Hayır

B. Lisans sahibi ve RKS değişti mi.....Evet Hayır

C. A ve B deki değişiklikler TAEK'e bildirildi mi? ..... Evet Hayır Yok

C. RKS'nin görev tanımları yönetmelikteki sorumluğunu kapsıyor mu? ..... Evet Hayır

D. RKS görev sorumluklarını yapmada bağımsız hareket ediyor mu ?.....Evet Hayır

E. RKS 'ye görevleri yeterli zaman veriliyor mu? ..... Evet Hayır

F. Yönetim TAEK lisansı hakkında bilgiye sahip mi? ..... Evet Hayır

G. Yönetim personel eğitimi için yeterli kaynak sağlıyor mu? ..... Evet Hayır

H. Yönetim yeterli donanım sağlıyor mu? ..... Evet Hayır

I. Yönetim yeterli düzeyde görevli sağlıyor mu? ..... Evet Hayır

J. Çalışanlar Radyasyondan Korunma Programına yeterli destek veriyorlar mı? .. Evet Hayır

IV. *EĞİTİM PROGRAMI*

A. RKS, TAEK'in lisans şartlarında istenen özeliklere sahip ve Radyasyondan Korunma Eğitimi almış mı? ..... Evet Hayır

B. Cihazı kullanan cihazın kullanımı ve radyasyon güvenliği konularında bilgi sahibi mi ? ..... Evet Hayır

C. Cihazı kullanmayan kişiler cihazın radyoaktivite içeridiği ve güvenliği konusunda bilgi sahibi mi ?..... Evet Hayır

V. *HALK İÇİN DOZ SINIRLARI*

A. Halkın alacağı dozlar olası durumlar için hesaplandı mı? ..... Evet Hayır

B. Hesaplanan durumlarda halk için yıllık doz sınırı aşıldı mı?..... Evet Hayır

C. B sorusunun cevabı Evet ise düzetici faaliyet yapıldı mı?..... Evet Hayır

VI. *KİŞİSEL İZLEME (DOZİMETRİ)*

1. Kişisel dozimetreler kullanma talimatına uygun kullanılıyor mu? ..... Evet Hayır

2. Dozimetreler kullanılmadığı zaman radyasyon alanı dışında tutuluyor mu?..... Evet Hayır

3. Dozimetreler düzenli olarak değişiyor mu?..... Evet Hayır

4. Kayıp veya hasarı dozimetre oldu mu?..... Evet Hayır

5. 4. sorunun cevabı Evet ise, RKS çalışan kişinin o dönem için aldığı dozu hesaplayarak TAEK'e bildirdi mi..... Evet Hayır

6. Doz raporları RKS tarafından gözden geçiliyor mu? ..... Evet Hayır

7. Çalışanlar dozlarından haberdar mı? ..... Evet Hayır

8. Hamilelerin cihazlarla çalışma durumları var mı?... ..... Evet Hayır Yok

9. İncelenen doz raporu (yıl/periyot): _____/ _____

10. Yıllık en yüksek doz : _____mSv Dönemi: _____

11. Dozlar sınırlar altında mı? ..... Evet Hayır

12. Alınan dozlar ALARA prensibine uygun mu? ..... Evet Hayır

13. Radyasyon alanında zaman çalışanların aldıkları dozlar hesaplanıyor mu?.... Evet Hayır

14. 13.Soruda çalışanların aldıkları dozlar yıllık 1 mSv'in altında mı?..... Evet Hayır

15. Çalışanların her sene tıbbi muayeneleri yapılıyor mu? ..... Evet Hayır

VII. *BİLDİRİM VE ETİKETLEME*

1. Acil durum planı ve talimatı var mı?..... Evet Hayır

2. Çalışma talimatı çalışanlara imzalatıldı mı?..... Evet Hayır

3. TAEK lisansı ve lisans koşulları, denetim yazıları çalışanlar tarafından görülüp, incelenebilecek durumda mı? .... Evet Hayır

4. Cihazların depolandığı yerde radyasyon işareti ve "Dikkat Radyoaktif Madde" etiketi ve acil durum telefonları var mı?..... Evet Hayır

5. Cihaz üzerinde uygun etiketler var mı? ..... Evet Hayır

6. Cihaz ile çalışma sırasında uygun etiket ve işaretler kullanılıyor mu? ..... Evet Hayır

VIII. *CİHAZ EMNİYETİ*

A. Tüm cihazlar kilitli çantalar içinde mi saklanıyor?..... Evet Hayır

B. Cihazların hırsızlık veya terör olaylarına karşı taşıma ve depolamada birbirinden bağımsız en az iki fiziksel engel (kilit) mevcut mu?..... Evet Hayır

C. Riskli olan bölgelerde taşıma ve depolamada cihazların güvenlik önlemleri daha fazla mı? ..... Evet Hayır

D. Depolar yangın, sel, su baskını, nem, aşırı sıcak veya soğuk hava koşullarından etkileniyor mu? ..... Evet Hayır

E. Kaynakların depolandığı alanda yangın ikaz ve önleme sistemi var mı? ..... Evet Hayır

IX. *ÇALIŞMA VE ACİL DURUM TALİMATLARI*

A. Çalışma ve Acil durum talimatları güncelleniyor mu?..... Evet Hayır

B. Çalışma ve Acil durum talimatlarındaki telefon numaraları güncel mi?..... Evet Hayır

C. Talimatlar sürekli cihazla birlikte bulunuyor mu?..... Evet Hayır

X. *TAŞIMA*

1. Cihazlar uygun taşıma çantaları ile taşınıyor mu?..... ..... Evet Hayır

2. Taşıma çantaları ve araçlar, Radyoaktif Madde Taşıma Yönetmeliğe uygun etiketlenmiş mi? ..... Evet Hayır

3. Cihazlar Radyoaktif Madde Taşıma Yönetmeliğe uygun taşınıyor mu? ..... Evet Hayır

4. Taşıma çantaları araca bağlanıp sabitleniyor mu? ..... Evet Hayır

5. Tüm taşımalar RKS'nin bilgisi içinde mi yapılıyor?..... Evet Hayır

6. Şehirlerarası taşımalarda TAEK'e bilgi veriliyor mu?..... Evet Hayır

7. Taşıma formları ve acil durum talimatları araç içinde şoförün ulaşabileceği yerde mi? ..... Evet Hayır

XI. *CİHAZ KULLANMA KURALLARI*

A. Yönetim veya RKS, çalışanlara ALARA prensibine uyulmasının önemini vurgulandı mı? ..... Evet Hayır

B. Çalışanların sahadaki çalışma performansları gözleniyor mu? ..... Evet Hayır

C. Çalışanların talimatlara uymama durumlarında herhangi bir yaptırım uygulanıyor mu? ..... Evet Hayır

XII. *KAYNAK KAÇAK TESTİ*

A. Radyoaktif kaynaklara yılda bir kez kaçak (sızıntı) test yapıldı mı?..... Evet Hayır

B. Herhangi bir kaçak tespit edilip, TAEK'e bildirildi mi? ..... Evet Hayır

XIII. *KAYITLAR*

A. Cihazların Alındı/Taşıma/Atık işlem kayıtları mevcut mu?..... Evet Hayır

B. Cihazların 6 ayda bir envanteri çıkartılıyor mu? ..... Evet Hayır

C. Envanterde gerekli tüm bilgiler mevcut mu ? ..... Evet Hayır

D. Kuruluş yönetmelikte verilen sürece ilgili kayıtlar saklıyor mu? ..... Evet Hayır

E. En son yapılan iç tetkikten sonra herhangi bir olağandışı olay veya kaza oldu mu? ..... Evet Hayır

F. E sorusunun cevabı Evet ise, acil durum talimatları uygulandı mı? ..... Evet Hayır

G. Kaza raporu tutuldu ? ..... Evet Hayır

H. Gerekli önlemler alındı mı ? ..... Evet Hayır

XIV. *CİHAZLARIN BAKIMI*

A. Cihazların kullanma ve bakım kılavuzları mevcut mu?..... Evet Hayır

B. Cihazların rutin temizliği, yağlama ve bakımı üreticinin tavsiyeleri doğrultusunda yapılıyor mı? ..... Evet Hayır

C. Kuruluşta cihazların rutin olmayan (kaynakların cihazdan ayrılarak) bakımı yapılıyor mu? ..... Evet Hayır

D. C sorusunun cevabı evet ise TAEK'den bakım onarım lisansı var mı ? ..... Evet Hayır

XV. *RADYASYON ÖLÇÜM CİHAZLARI*

1. Çalışır durumda radyasyon ölçüm cihazı mevcut mu?..... Evet Hayır

2. Is Cihazın güncel kalibrasyon sertifikası var mı?..... Evet Hayır

3. Kalibrasyon geçerlilik tarihi : _____

XVI. *DENETİM*

A. TAEK tarafından denetim yapıldı mı?..... Evet Hayır

B. A sorusunun cevabı Evet ise denetimde belirlenen eksik hususlar ve düzeltici faaliyetler:

_____

_____

_____

XVII. *İÇTETKİK UYGUNSUZLUKLAR VE DÜZELTİCİ FAALİYETLER*

A. İç tetkik sırasında tespit edilen uygunsuzluklar : _____

_____

_____

CİHAZ KULLANMA KAYITLARI

MARKA :_____ MODEL :_____ SERİ NO :_____

DEPODAN ALINMA TARİHİ SAATİ	M*	ADI SOYADI	İMZA	ŞANTİYE ADRESİ	DEPO DÖNÜŞ TARİHİ ve SAATİ	M*	AÇIKLAMA

(*) Taşıma çantası üzerinde okunan en yüksek değer (Tungsten blok tarafı)

KAZA RAPORU VE KAYITLAR

Öncelikle, kayıtlardan kimin sorumlu olduğunun ve nasıl tutulması gerektiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

A. KAZANIN TANIMLANMASI :
Kaza raporu hazırlanırken ilk olarak kazanın nedenleri, yapılan çalışmalar ve kaza sonucu yazılacaktır .

B. KAZAYA NEDEN OLAN KAYNAK/CİHAZ :
Kazaya neden olan; cihaz/kaynak hakkında açıklayıcı bilgi (cinsi, aktivitesi vb.)

C. HASAR TESBİTİ :

Kaza sonucunda oluşan hasarın tesbiti yapılacak ve rapora yazılacaktır.

D. IŞINLANAN KİŞİLERİN VE IŞINLANMA DÜZEYLERİNİN TESBİTİ :

Bunun için yukarıda belirtildiği üzere kaza neticesinde en yakın tıbbi kuruluşa gönderilen kazaya maruz kalan kişilerle ilgili olarak, kuruluştan ışınlanma düzeyleri ile ilgili olarak bir rapor alınır ve bu rapor kaza raporunun arkasına eklenir.

E. KAZA DEĞERLENDİRMESİNİN KURUMA BİLDiRİLMESİ :

Kaza ile ilgili olarak hazırlanan bu rapor Kuruma gönderilir ve ayrıca telefon ile bilgi verilir.

Cobalt - 60

$^{60}Co_{27}$

Half life: 5.27 years
Specific activity: 4.18E+13 Bq.g^{-1}

Risk group: 2
Risk colour: Orange

Main emissions (keV)

	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	1173	100	318	100				
E2	1333	100	1491	< 1				
E3								
% omitted		< 1		0				

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+05
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+01

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	4E-1
IAEA ST1 A_2 value	4E-1

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

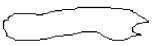
Point source (30 cm)



Betas, electrons (skin dose): 1.26E-2

Gammas, X rays (deep tissue dose): 3.86E-3

Infinite plane source



Betas, electrons (skin)

10 cm	2.6E-02
1 m	0.0E+00

Photons (skin)

10 cm	1.6E-02
1 m	1.0E-02

Photons (deep dose)

10 cm	1.5E-02
1 m	9.6E-03

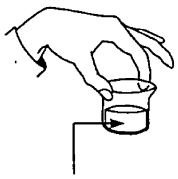
10 ml glass vial



100 cm

3.32E-4

Contact with 50 ml glass beaker



1.19E+0

Contact with 5 ml plastic syringe



5.67E+0

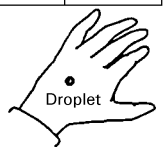
The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})

Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	7.84E-1
0.05 ml droplet (1 kBq)	2.22E-1





Detection

Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+ +
Gamma	+ +
X rays	+

Derived limits (Bq.cm^{-2})

Removable contamination	
9E+0	
Fixed contamination	
1E+1	

* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption)

Glass	0.4
Plastic	0.7

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)

	½	1/10
Lead	16	46
Steel	36	93

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})

Ingestion	f_1	
All unspec. compounds	0.100	3.4E-09
Oxid., hydrox. & inorg. compounds	0.050	2.5E-09

Inhalation		1 µm	5 µm
All unspec. compounds	M	9.6E-09	7.1E-09
Oxid., hydrox., halid. & nitrat.	S	2.9E-08	1.7E-08

Highest dose organ Lungs **20 mSv ALI$_{ingestion}$** 5.9E+06 (Bq) **20 mSv ALI$_{inhalation}$** 6.9E+05 (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

PHYSICOCHEMICAL STATE	*Subject to external exposure requirements which may be more restrictive*					
	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area		
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood	Glove box
Oxid., hydroxid., halog. & nitrat.	0.01	2E+05	2E+06	5E+05	5E+06	5E+08
Other compounds	0.01	3E+05	3E+06	1E+06	1E+07	1E+09

Caesium - 137 / Barium - 137m

$^{137}Cs_{55}/^{137m}Ba_{56}$

Half life: 30.2 years
Specific activity: 3.20E+12 Bq.g^{-1}

Risk group: 1
Risk colour: Red

Main emissions (keV)								
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	32	6	512	95	624	8		
E2	36	1	1173	5	656	1		
E3	662	85			660	<1		
% omitted		<1		0		<1		

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+04
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+01

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	2E+0
IAEA ST1 A_2 value	6E-1

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

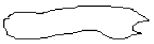
Point source (30 cm)



Betas, electrons (skin dose): 2.13E-1

Gammas, X rays (deep tissue dose): 1.07E-3

Infinite plane source



Betas, electrons (skin)

10 cm	9.0E-02
1 m	6.0E-03

Photons (skin)

10 cm	3.9E-03
1 m	2.5E-03

Photons (deep dose)

10 cm	3.7E-03
1 m	2.4E-03

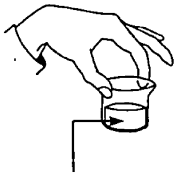
10 ml glass vial



100 cm

9.19E-5

Contact with 50 ml glass beaker



3.30E-1

Contact with 5 ml plastic syringe



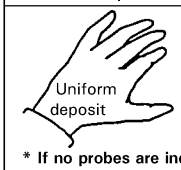
1.66E+0

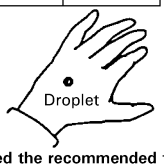
The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})

Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	1.57E+0
0.05 ml droplet (1 kBq)	7.08E-1





Detection

Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+ +
Gamma	+ +
X rays	+ +

Derived limits (Bq.cm^{-2})

Removable contamination: 4E+1

Fixed contamination: 4E+3

*** If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique**

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption)

Glass	2.1
Plastic	3.8

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)

	½	1/10
Lead	8	24
Steel	29	72

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})

Ingestion	f_1		Inhalation		1 µm	5 µm
All compounds	1.000	1.3E-08	All compounds	F	4.8E-09	6.7E-09
				M		
				S		

Highest dose organ Soft tissues **20 mSv ALI$_{ingestion}$** 1.5E+06 (Bq) **20 mSv ALI$_{inhalation}$** 3.0E+06 (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

PHYSICOCHEMICAL STATE	*Subject to external exposure requirements which may be more restrictive*					
	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area		
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood	Glove box
All compounds	0.01	2E+05	2E+06	8E+05	8E+06	5E+08

Krypton - 85

$^{85}Kr_{36}$

Half life: 10.7 years
Specific activity: 1.45E+13 Bq.g^{-1}

Risk group: 1
Risk colour: Red

Main emissions (keV)							
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	514	< 1	687	100				
E2			173	< 1				
E3								
% omitted		0		0				

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+04
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+05

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	1E+1
IAEA ST1 A_2 value	1E+1

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

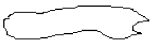
Point source (30 cm)



Betas, electrons (skin dose): 1.15E-1

Gammas, X rays (deep tissue dose): 4.09E-6

Infinite plane source



Betas, electrons (skin)

10 cm	-
1 m	-

Photons (skin)

10 cm	-
1 m	-

Photons (deep dose)

10 cm	-
1 m	-

10 ml glass vial



100 cm: -

Contact with 50 ml glass beaker



-

Contact with 5 ml plastic syringe



-

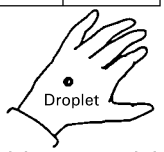
The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})

Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	-
0.05 ml droplet (1 kBq)	-





Detection

Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+ +
Gamma	
X rays	

Derived limits (Bq.cm^{-2})	
Removable contamination	-
Fixed contamination	-

* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption)

Glass	1
Plastic	1.9

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)

	½	1/10
Lead	6	17
Steel	27	64

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})

Ingestion	f_1	

SUBMERSION DOSE RATE (Sv per day)

Sv.d^{-1} per Bq.m^{-3}	2.2E-11

Highest dose organ - **20 mSv ALI$_{ingestion}$** - (Bq) **20 mSv ALI$_{inhalation}$** - (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

PHYSICOCHEMICAL STATE	*Subject to external exposure requirements which may be more restrictive*					
	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area		
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood	Glove box
All compounds	1	Forbidden	6E+06	Forbidden	2E+07	5E+08

Americium - 241

$^{241}Am_{95}$

Half life: 432.7 years
Specific activity: 1.27E+11 Bq.g^{-1}

Risk group: 1
Risk colour: Red

Main emissions (keV)								
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	14	13					5388	1.4
E2	18	18					5443	12.8
E3	60	36					5486	85.2
% omitted		8.2						<1

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+04
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+00

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	1E+1
IAEA ST1 A_2 value	1E-3

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

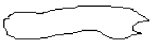
Point source (30 cm)



Betas, electrons (skin dose): 0.00E+0

Gammas, X rays (deep tissue dose): 1.49E-4

Infinite plane source



Betas, electrons (skin)

10 cm	0.0E+00
1 m	0.0E+00

Photons (skin)

10 cm	1.2E-03
1 m	5.1E-04

Photons (deep dose)

10 cm	3.8E-04
1 m	1.9E-04

10 ml glass vial



100 cm

5.65E-6

Contact with 50 ml glass beaker



1.81E-2

Contact with 5 ml plastic syringe



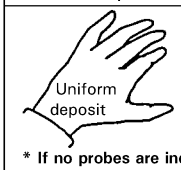
8.80E-2

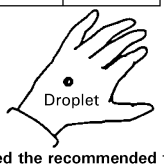
The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})

Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	1.95E-2
0.05 ml droplet (1 kBq)	6.05E-3





Detection

Recommended probes*	
Alpha	+ +
Beta	
Gamma	
X rays	+ +

Derived limits (Bq.cm^{-2})

Removable contamination
4E-2
Fixed contamination
4E+0

* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption)

Glass	-
Plastic	-

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)

	½	1/10
Lead	<1	<1
Steel	1	3

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})

Ingestion	f_1	
All compounds	0.0005	2.0E-07

Inhalation		1 µm	5 µm
	F		
All compounds	M	3.9E-05	2.7E-05
	S		

Highest dose organ Bone surfaces **20 mSv ALI$_{ingestion}$** 1.0E+05 (Bq) **20 mSv ALI$_{inhalation}$** 5.1E+02 (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

PHYSICOCHEMICAL STATE	*Subject to external exposure requirements which may be more restrictive*					
	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area		
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood	Glove box
All compounds	0.001	2E+03	2E+04	5E+03	5E+04	5E+06

Nickel - 63

$^{63}Ni_{28}$

Half life: 100 years
Specific activity: 2.10E+12 Bq.g^{-1}

Risk group: 5
Risk colour: Blue

Main emissions (keV)							
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1			66	100				
E2								
E3								
% omitted				0				

Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+08
Concentration (Bq.g^{-1})	1E+05

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A_1 value	4E+1
IAEA ST1 A_2 value	3E+1

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

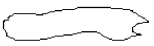
Point source (30 cm)



Betas, electrons (skin dose): 0.00E+0

Gammas, X rays (deep tissue dose): 0.00E+0

Infinite plane source



Betas, electrons (skin)

10 cm	0.0E+00
1 m	0.0E+00

Photons (skin)

10 cm	0.0E+00
1 m	0.0E+00

Photons (deep dose)

10 cm	0.0E+00
1 m	0.0E+00

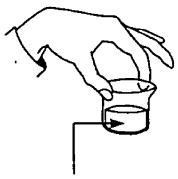
10 ml glass vial



100 cm

Brem. Rad.

Contact with 50 ml glass beaker



Brem. Rad.

Contact with 5 ml plastic syringe



Brem. Rad.

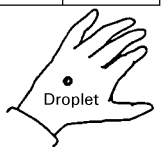
The values above do not include Bremsstrahlung radiation. Brem. Rad. indicates that it may be significant.

CONTAMINATION

Contamination skin dose (mSv.h^{-1})

Uniform deposit (1kBq.cm^{-2})	0.00E+0
0.05 ml droplet (1 kBq)	0.00E+0





Detection

Recommended probes*	
Alpha	
Beta	+
Gamma	
X rays	

Derived limits (Bq.cm^{-2})

Removable contamination: 1E+3

Fixed contamination: 1E+5

*** If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique**

SHIELDING (mm)

Betas and electrons (Total absorption)

Glass	< 0.1
Plastic	0.1

Gamma and X rays (half and tenth value thickness)

	½	1/10
Lead	-	-
Steel	-	-

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})

Ingestion	f_1	
All compounds	0.050	1.5E-10

Inhalation		1 µm	5 µm
All unspec. compounds	F	4.4E-10	5.2E-10
Oxid., hydrox. & carbides	M	4.4E-10	3.1E-10
	S		

Highest dose organ Lower large intestine **20 mSv ALI$_{ingestion}$** 1.3E+08 (Bq) **20 mSv ALI$_{inhalation}$** 3.8E+07 (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

PHYSICOCHEMICAL STATE	*Subject to external exposure requirements which may be more restrictive*					
	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area		
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood	Glove box
All compounds except below	0.01	1E+07	1E+08	4E+07	4E+08	4E+10
Vapour	1	Forbidden	1E+06	Forbidden	4E+06	4E+08

TOPLAM DOZ HESAPLAMASI

Vucüd Dozu

İŞLEMLER	İŞLEM SAYISI	DOZ HIZI	SÜRE	DOZ
Taşıma				
Depo- Araç				
Araç- Depo				
Araç- Arazi				
Arazi-Araç				
Kullanma				
Kalibrasyon				
Sıkışma Ölçümü 0				
Sıkışma Ölçümü 1				
Sıkışma Ölçümü 2				
Nem ölçümü				
			Toplam Doz	

Göz lensi Dozu

İŞLEMLER	İŞLEM SAYISI	DOZ HIZI	SÜRE	DOZ
Taşıma				
Depo- Araç				
Araç- Depo				
Araç- Arazi				
Arazi-Araç				
Kullanma				
Kalibrasyon				
Sıkışma Ölçümü 0				
Sıkışma Ölçümü 1				
Sıkışma Ölçümü 2				
Nem ölçümü				
			Toplam Doz	

El/Ayak Dozu

İŞLEMLER	İŞLEM SAYISI	DOZ HIZI	SÜRE	DOZ
Taşıma				
Depo- Araç				
Araç- Depo				
Araç- Arazi				
Arazi-Araç				
Kullanma				
Kalibrasyon				
Sıkışma Ölçümü 0				
Sıkışma Ölçümü 1				
Sıkışma Ölçümü 2				
Nem ölçümü				
			Toplam Doz	

Bir Önceki Periyod Dozimetre Sonucu _____ .

Dozimetre Kullanım Süresi _____.

Radyasyondan Korunma Sorumlusu _____.

Tarih _____ İmza _____ .

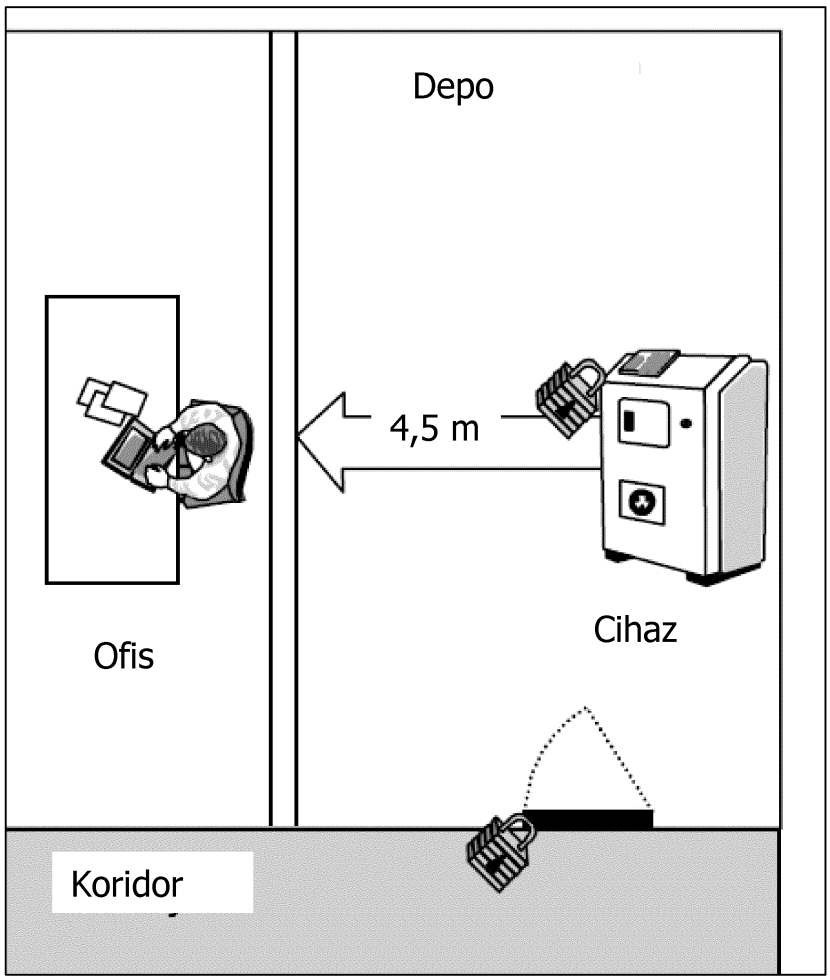
HARİCİ ÇALIŞANLAR TOPLAM DOZ HESAPLAMASI

1) Bakım Onarım Yapan Personel

2) Temizlik vb. Çalışan Personel

HALK İÇİN TOPLAM DOZ HESAPLAMASI

1) Depo



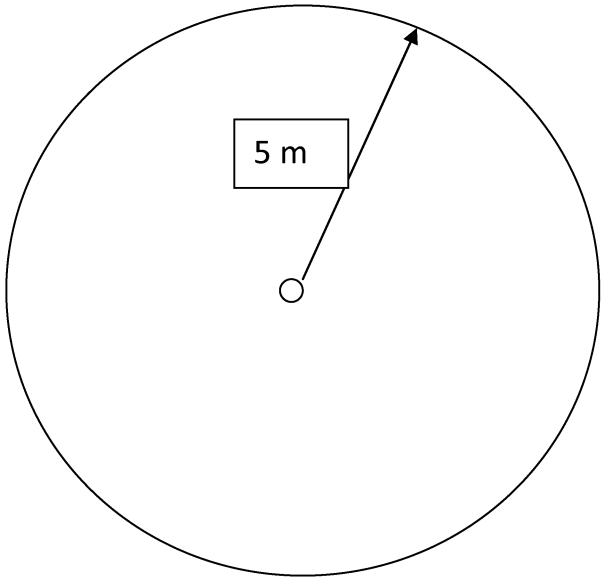
Cihaz personelden 4,5 m uzakta

Doz hızı ;

20 µR/h = 0,020 mrem

Alınan Doz ;

0,020x8x250/100= 0,4 mSv



Radyasyondan Korunma Sorumlusu _____.

Tarih _____ İmza _____ .

OLD UNITS to NEW UNITS

rem → sievert (Sv) and rad → gray (Gy)

1 rem = .01 Sv = 1 centi Sv = 10 milli Sv = 10^4 micro Sv

10 rem = .1 Sv = 10 centi Sv = 100 milli Sv = 10^5 micro Sv

100 rem = 1 Sv = 100 centi Sv = 1000 milli Sv = 10^6 micro Sv

1 millirem = .01 milli Sv = 10 micro Sv

10 millirem = .1 milli Sv = 100 micro Sv

100 millirem = 1 milli Sv = 1000 micro Sv

1 microrem = .01 micro Sv = 10 nano Sv = 10^{-8} Sv

roentgen (R) → coulomb (C) per kilogram (kg)

1 R = 2.58 X 10^{-4} C/kg = .258 milli C/kg = 258 micro C/kg ≈ 260 $\frac{\mu C}{kg}$

10 R = 2.58 X 10^{-3} C/kg = 2.58 milli C/kg = 2580 micro C/kg

100 R = 2.58 X 10^{-2} C/kg = 25.8 milli C/kg

1 milli R = 2.58 X 10^{-7} C/kg = 2.58 X 10^{-4} milli C/kg = .258 micro C/kg

10 milli R = 2.58 X 10^{-6} C/kg = 2.58 X 10^{-3} milli C/kg = 2.58 micro C/kg

100 milli R = 2.58 X 10^{-5} C/kg = 2.58 X 10^{-2} milli C/kg = 25.8 micro C/kg

curie (Ci) → becquerel (Bq)

1 curie = 3.7 X 10^{10} dis/sec = 3.7 X 10^{10} Bq = .037 tera Bq

10 curie = 3.7 X 10^{11} dis/sec = 3.7 X 10^{11} Bq = .37 tera Bq

100 curie = 3.7 X 10^{12} dis/sec = 3.7 X 10^{12} Bq = 3.7 tera Bq

1000 curie = 3.7 X 10^{13} dis/sec = 3.7 X 10^{13} Bq = 37 tera Bq

1 milli Ci = 3.7 X 10^7 Bq = 37 mega Bq

1 micro Ci = 3.7 X 10^4 Bq = .037 mega Bq = 37 kilo Bq

1 nano Ci = 37 Bq

1 pico Ci = .037 Bq = 37 milli Bq

100 milli Ci = 3.7 giga Bq

100 micro Ci = 3.7 mega Bq

NEW UNITS to OLD UNITS

1 gray = 1 Gy = 1 joule/kilogram = 1 J/kg = 100 rad

1 milli Gy = 100 millirad = .1 rad

1 micro Gy = .1 millirad = 10^{-4} rad

ALSO: sievert (Sv) → rem

1 C/kg = 3876R

1 milli C/kg = 3.876 R

1 micro C/kg = 3.876 X 10^{-3} R = 3.876 milli R

1 nano C/kg = 3.876 X 10^{-6} R = 3.876 micro R

1 Bq = 1 dis/sec = 2.7 X 10^{-11} Ci = 27 pico Ci

1 kilo Bq = 27 nano Ci

1 mega Bq = 27 micro Ci

1 giga Bq = 27 milli Ci

1 tera Bq = 27 Ci

1 peta Bq = 27,000 Ci

Roentgen (R)



milli coulomb / kilogram = mC / kg

3 kilo (k)	—3 milli (m)
6 mega (M)	—6 micro (μ)
9 giga (G)	—9 nano (n)
12 tera (T)	—12 pico (p)
15 peta (P)	—15 femto (f)
18 exa (E)	—18 atto (a)

The numbers indicate powers of 10.
Example: exa — 10^{18} nano — 10^{-9}

1 attoCi	1 femtoCi	1 picoCi	1 nanoCi	1 microCi	1 milliCi	1 Ci	10 Ci	100 Ci	1000 Ci	1 megaCi	1 gigaCi
37	37	37	37	37	37	37	.37	3.7	37	37	37
nanoBq	microBq	milliBq	Bq	kiloBq	megaBq	gigaBq .037 teraBq	teraBq	teraBq	teraBq	petaBq	exaBq

rad or rem

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

milligray or millisievert

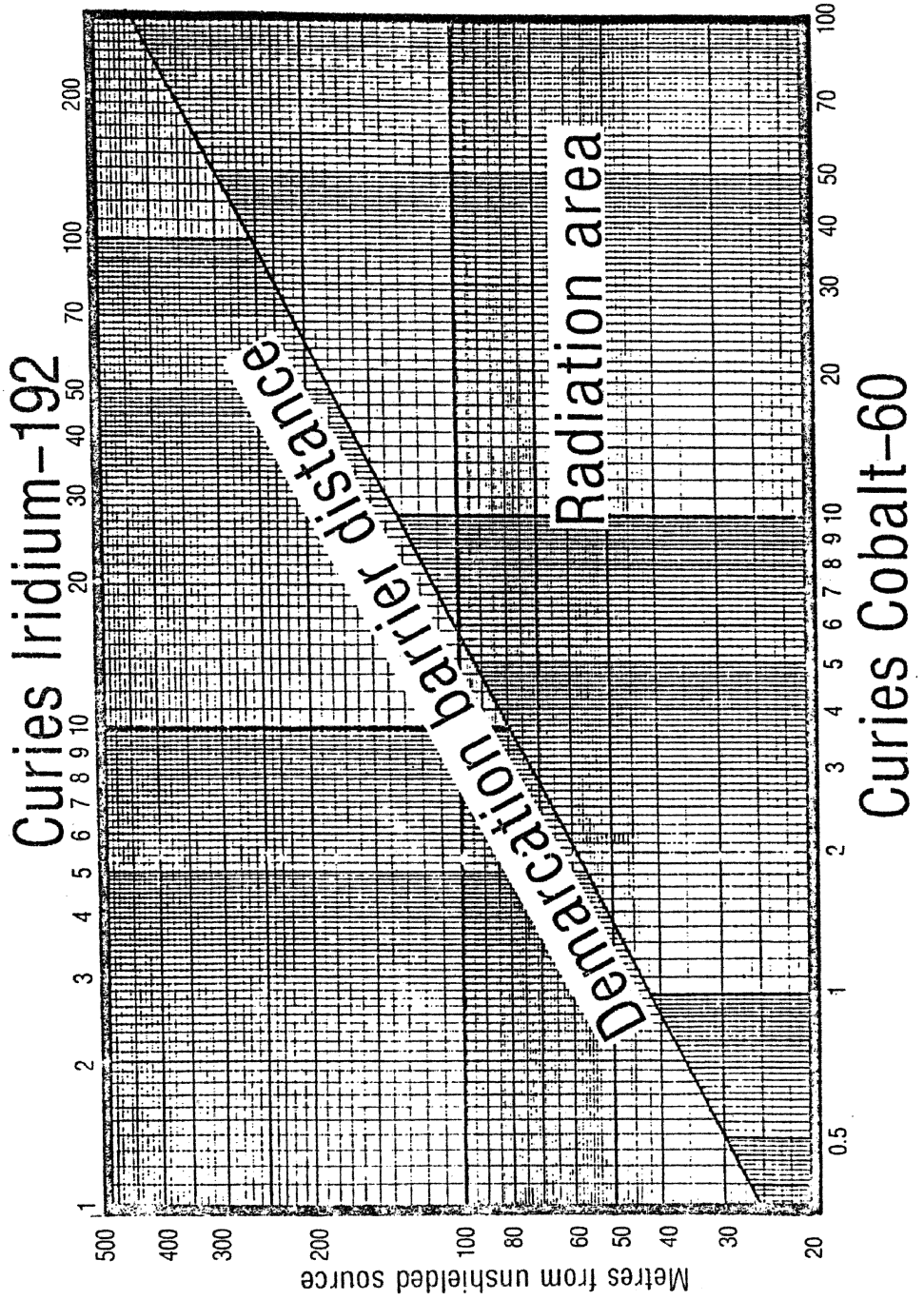


Figure 5. Barrier distances (For conversion to SI Units 1 Curie = 3.7×10^{10} becquerels (Bq).)

1. RADYASYON KORUNMASINDA KULLANILAN BİRİMLER

Fiziki Büyüklük	SI Birimi	Eski Özel Birim	Dönüşüm
Aktivite	Becquerel (Bq) 1 Becquerel = 1/sn	Curie (Ci)	1 Bq = $2.70*10^{-11}$ Ci = 27 pCi 1 Ci = $3.7*10^{10}$ Bq = 37 GBq
Absorblanmış Doz	Gray (Gy) 1 Gy = 1 J/kg	Rad (rad)	1 Gy = 100 rad 1 rad = 0.01 Gy = 10 mGy
Doz Eşdeğeri	Sievert (Sv) 1 Sv = 1 J/kg	Rem (rem)	1 Sv = 100 rem 1 rem = 0.01 Sv = 10 mSv
Işınlama	Coulomb/kilogram (C/kg)	Roentgen (R)	1C/kg = 3876 R = 3.876 kR 1 R = $2.58*10^{-4}$ C/kg = 258 µC/kg

2. BİRİM SİSTEMİNDE KULLANILAN ÖNEKLER

Faktör	Önek	Sembol	Faktör	Önek	Sembol
10^{18}	***exa***	E	10^{-3}	***mili***	m
10^{15}	***peta***	P	10^{-6}	***mikro***	µ
10^{12}	***tera***	T	10^{-9}	***nano***	n
10^{9}	***giga***	G	10^{-12}	***piko***	p
10^{6}	***mega***	M	10^{-15}	***femto***	f
10^{3}	***kilo***	k	10^{-18}	***atto***	a

3. BAZI RADYOİZOTOPLARIN GAMA SABİTİ DEĞERLERİ

Gama yayan radyoizotop	Gama faktörü (Aktivite Ci alındığında R/Saat)	Gama faktörü (Aktivite Bq alındığında- Sv/saat)
Sezyum-137	0.33	0.081
İridyum-192	0.48	0.13
Kobalt-60	1.32	0.351

[redacted] IRIDIUM 192

Half-Life: 73.83 days

Days	Days									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.0000	0.9907	0.9814	0.9722	0.9631	0.9541	0.9452	0.9364	0.9276	0.9190
10	0.9104	0.9019	0.8935	0.8851	0.8768	0.8686	0.8605	0.8525	0.8445	0.8366
20	0.8288	0.8211	0.8134	0.8058	0.7983	0.7908	0.7834	0.7761	0.7688	0.7617
30	0.7545	0.7475	0.7405	0.7336	0.7267	0.7199	0.7132	0.7065	0.6999	0.6934
40	0.6869	0.6805	0.6741	0.6678	0.6616	0.6554	0.6493	0.6432	0.6372	0.6313
50	0.6254	0.6195	0.6137	0.6080	0.6023	0.5967	0.5911	0.5856	0.5801	0.5747
60	0.5693	0.5640	0.5587	0.5535	0.5483	0.5432	0.5381	0.5331	0.5281	0.5232
70	0.5183	0.5135	0.5087	0.5039	0.4992	0.4945	0.4899	0.4853	0.4808	0.4763
80	0.4719	0.4674	0.4631	0.4588	0.4545	0.4502	0.4460	0.4418	0.4377	0.4336
90	0.4296	0.4256	0.4216	0.4176	0.4137	0.4099	0.4060	0.4023	0.3985	0.3948
100	0.3911	0.3874	0.3838	0.3802	0.3767	0.3731	0.3697	0.3662	0.3628	0.3594
110	0.3560	0.3527	0.3494	0.3461	0.3429	0.3397	0.3365	0.3334	0.3303	0.3272
120	0.3241	0.3211	0.3181	0.3151	0.3122	0.3093	0.3064	0.3035	0.3007	0.2979
130	0.2951	0.2923	0.2896	0.2869	0.2842	0.2816	0.2789	0.2763	0.2737	0.2712
140	0.2686	0.2661	0.2636	0.2612	0.2587	0.2563	0.2539	0.2516	0.2492	0.2469
150	0.2446	0.2423	0.2400	0.2378	0.2356	0.2334	0.2312	0.2290	0.2269	0.2248
160	0.2227	0.2206	0.2185	0.2165	0.2144	0.2124	0.2105	0.2085	0.2065	0.2046
170	0.2027	0.2008	0.1989	0.1971	0.1952	0.1934	0.1916	0.1898	0.1880	0.1863
180	0.1845	0.1828	0.1811	0.1794	0.1777	0.1761	0.1744	0.1728	0.1712	0.1696
190	0.1680	0.1664	0.1649	0.1633	0.1618	0.1603	0.1588	0.1573	0.1558	0.1544

[redacted] COBALT 60

Half-Life: 5.26 years

Years	Months											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1.0000	0.9891	0.9783	0.9676	0.9570	0.9466	0.9362	0.9260	0.9159	0.9059	0.8960	0.8862
1	0.8765	0.8670	0.8575	0.8481	0.8389	0.8297	0.8206	0.8117	0.8028	0.7940	0.7854	0.7768
2	0.7683	0.7599	0.7516	0.7434	0.7353	0.7273	0.7193	0.7115	0.7037	0.6960	0.6884	0.6809
3	0.6735	0.6661	0.6588	0.6516	0.6445	0.6375	0.6305	0.6236	0.6168	0.6101	0.6034	0.5968
4	0.5903	0.5839	0.5775	0.5712	0.5649	0.5588	0.5527	0.5466	0.5407	0.5348	0.5289	0.5231
5	0.5174	0.5118	0.5062	0.5007	0.4952	0.4898	0.4844	0.4791	0.4739	0.4687	0.4636	0.4586
6	0.4535	0.4486	0.4437	0.4388	0.4341	0.4293	0.4246	0.4200	0.4154	0.4109	0.4064	0.4019
7	0.3975	0.3932	0.3889	0.3847	0.3805	0.3763	0.3722	0.3681	0.3641	0.3601	0.3562	0.3523
8	0.3485	0.3447	0.3409	0.3372	0.3335	0.3298	0.3262	0.3227	0.3192	0.3157	0.3122	0.3088
9	0.3054	0.3021	0.2988	0.2955	0.2923	0.2891	0.2860	0.2828	0.2798	0.2767	0.2737	0.2707
10	0.2677	0.2648	0.2619	0.2591	0.2562	0.2534	0.2507	0.2479	0.2452	0.2425	0.2399	0.2373
11	0.2347	0.2321	0.2296	0.2271	0.2246	0.2221	0.2197	0.2173	0.2149	0.2126	0.2103	0.2080
12	0.2057	0.2035	0.2012	0.1990	0.1969	0.1947	0.1926	0.1905	0.1884	0.1863	0.1843	0.1823
13	0.1803	0.1783	0.1764	0.1745	0.1726	0.1707	0.1688	0.1670	0.1651	0.1633	0.1616	0.1598
14	0.1580	0.1563	0.1546	0.1529	0.1513	0.1496	0.1480	0.1463	0.1448	0.1432	0.1416	0.1401
15	0.1385	0.1370	0.1355	0.1340	0.1326	0.1311	0.1297	0.1283	0.1269	0.1255	0.1241	0.1228
16	0.1214	0.1201	0.1188	0.1175	0.1162	0.1149	0.1137	0.1124	0.1112	0.1100	0.1088	0.1076
17	0.1064	0.1053	0.1041	0.1030	0.1019	0.1007	0.0996	0.0986	0.0975	0.0964	0.0954	0.0943
18	0.0933	0.0923	0.0913	0.0903	0.0893	0.0883	0.0873	0.0864	0.0854	0.0845	0.0836	0.0827
19	0.0818	0.0809	0.0800	0.0791	0.0783	0.0774	0.0766	0.0757	0.0749	0.0741	0.0733	0.0725