

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

RADYASYON KAYNAKLARI VE KULLANIM ALANLARI

İçerik

- Radyasyon Kaynakları
 - Doğal Radyasyon Kaynakları,
 - Yapay Radyasyon Kaynakları
- Uygulama Alanları
 - Endüstriyel Uygulamalar
 - Tıbbi Uygulamalar
 - Eğitim ve Araştırma
 - Tarım ve Hayvancılık
 - Güvenlik Amaçlı Kontrol

Radyasyon kaynağı

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.

Radyasyon Kaynakları

Doğal

Yapay

Doğal Radyasyon Kaynakları

Yerkürede Bulunan;

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

Kozmik Işınlardan Neden Olduğu;

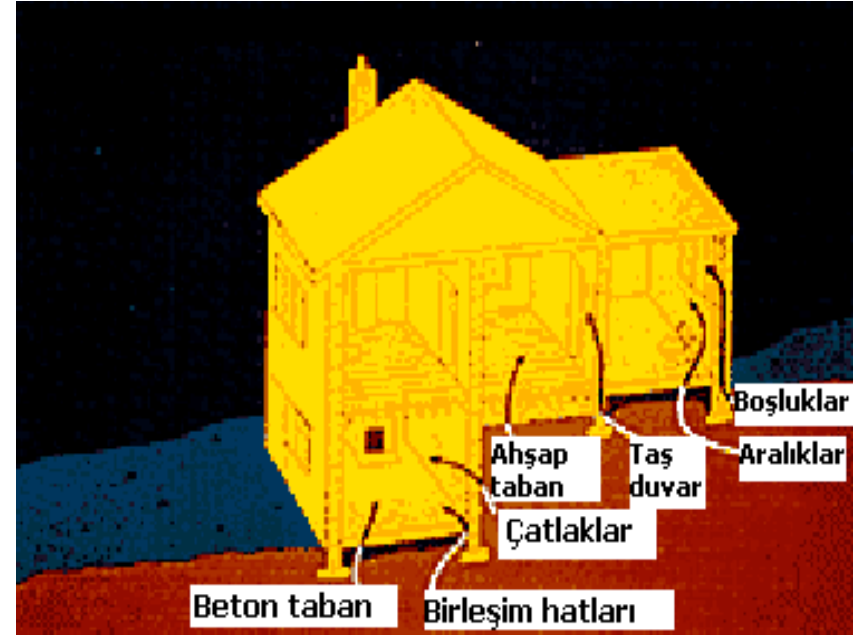
Karbon-14, Tritiyum-3, Berilyum-7

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 Kaynakları

➤ 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 Kaynakları

- 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.

Radyoaktif maddenin tehlikeli miktarı (D-değeri)

- D-değeri (D-value); Kontrol edilmediği durumda, radyasyona maruz kalan bireyin ölümü veya yaşam kalitesini düşüren kalıcı yaralanması ile sonuçlanabilecek etkiler oluşturabilen **radyoaktif madde miktarı**dır.
- 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 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

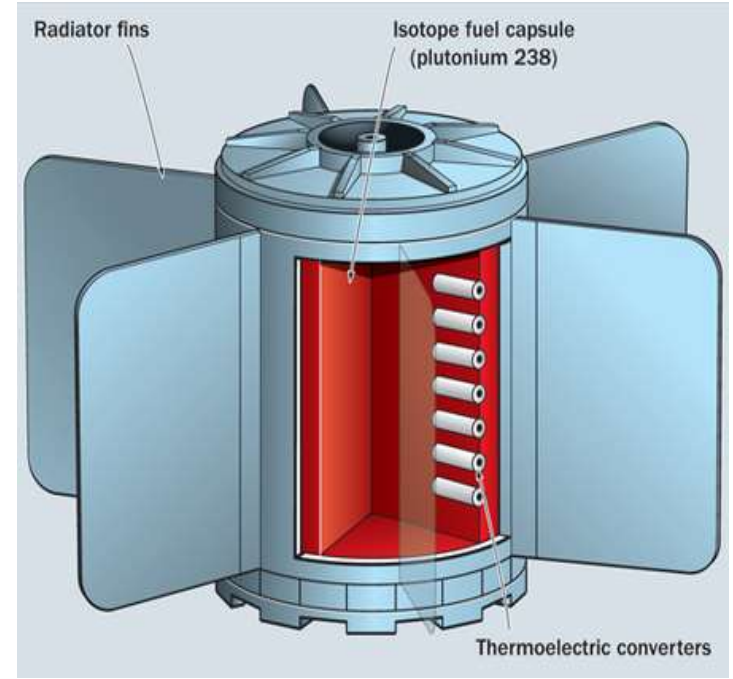
KATEGORY	A/D Oranı
1	$A/D \geq 1000$
2	$1000 > A/D \geq 10$
3	$10 > A/D \geq 1$
4	$1 > A/D \geq 0.01$
5	$0.01 > A/D$ and $A > \text{exempt}$

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.

$A/D \geq 1000$

- 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.

$10 \leq A/D < 1000$

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

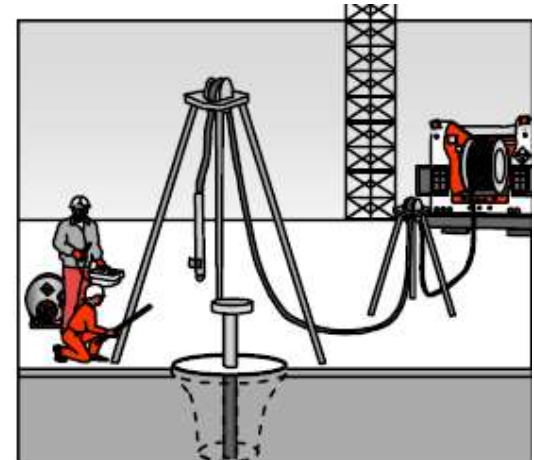


KATEGORİ 3

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.

$$1 \leq A/D < 10$$

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

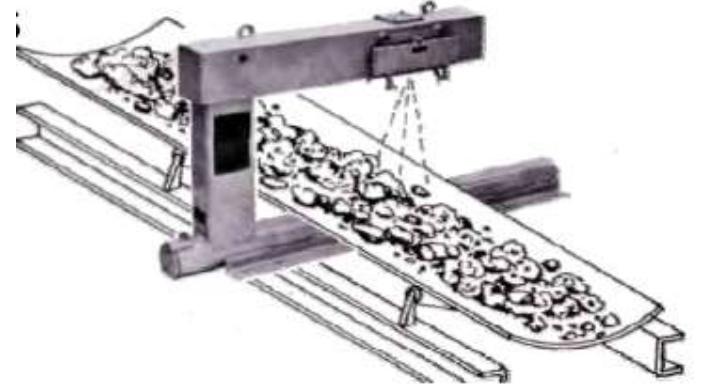


KATEGORİ 4

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.

$$0,01 \leq A/D < 1$$

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



KATEGORİ 5

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

Muaf $\leq A/D$ ve $A < 0,01$

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



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:

Cs¹³⁷, Am-241/Be

➤ Proses Kontrol (Kalınlık, Ağırlık, Seviye, v.b) Cihazları:

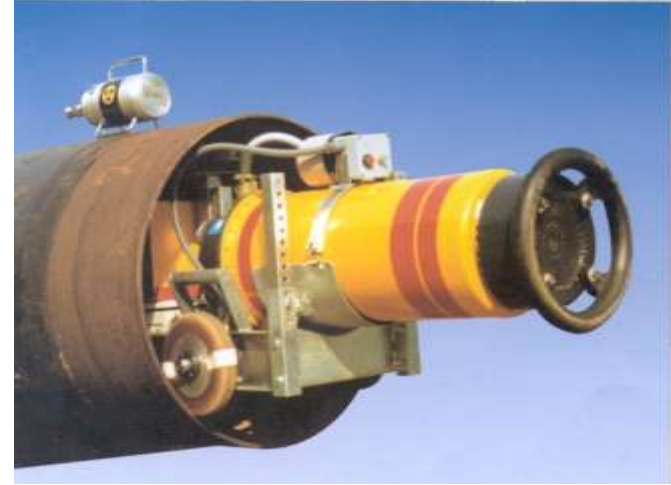
Cs¹³⁷, Sr⁹⁰, Kr⁸⁵, Co⁶⁰, Am²⁴¹

➤ Paratonerler, Duman Dedektörleri ve Tüketici Ürünleri:

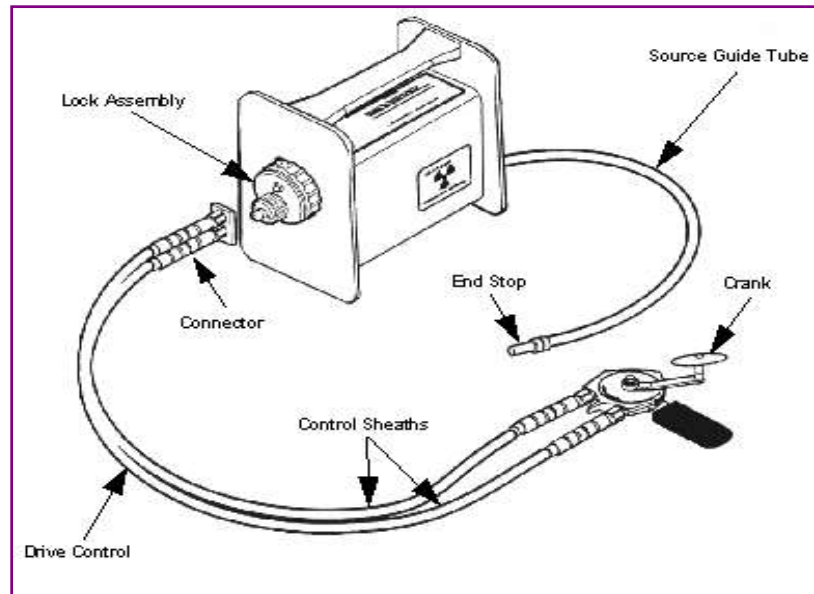
Am-241, Th-232 , H-3, Sr-90, Pu-238, Pr-147, Co-60

➤ Radyografi / Radyoskopi Cihazları

✓ X-ışını Radyografi Cihazları;



✓ Gamagrafi Cihazları;



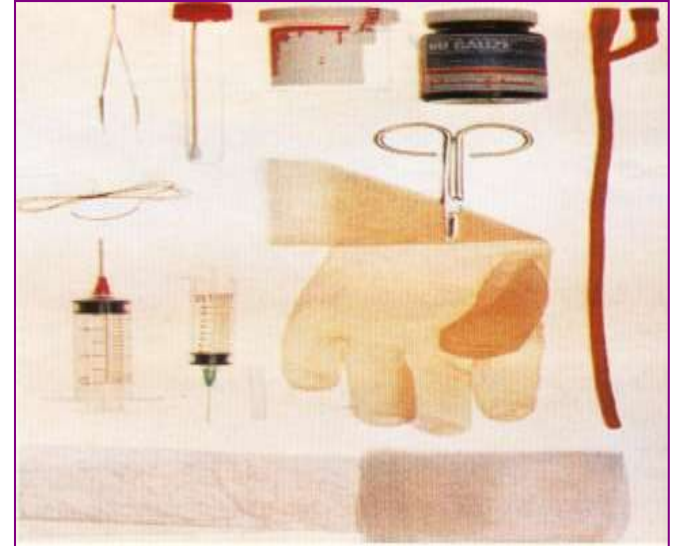
✓ Endüstriyel Radyoskopi Cihazı;



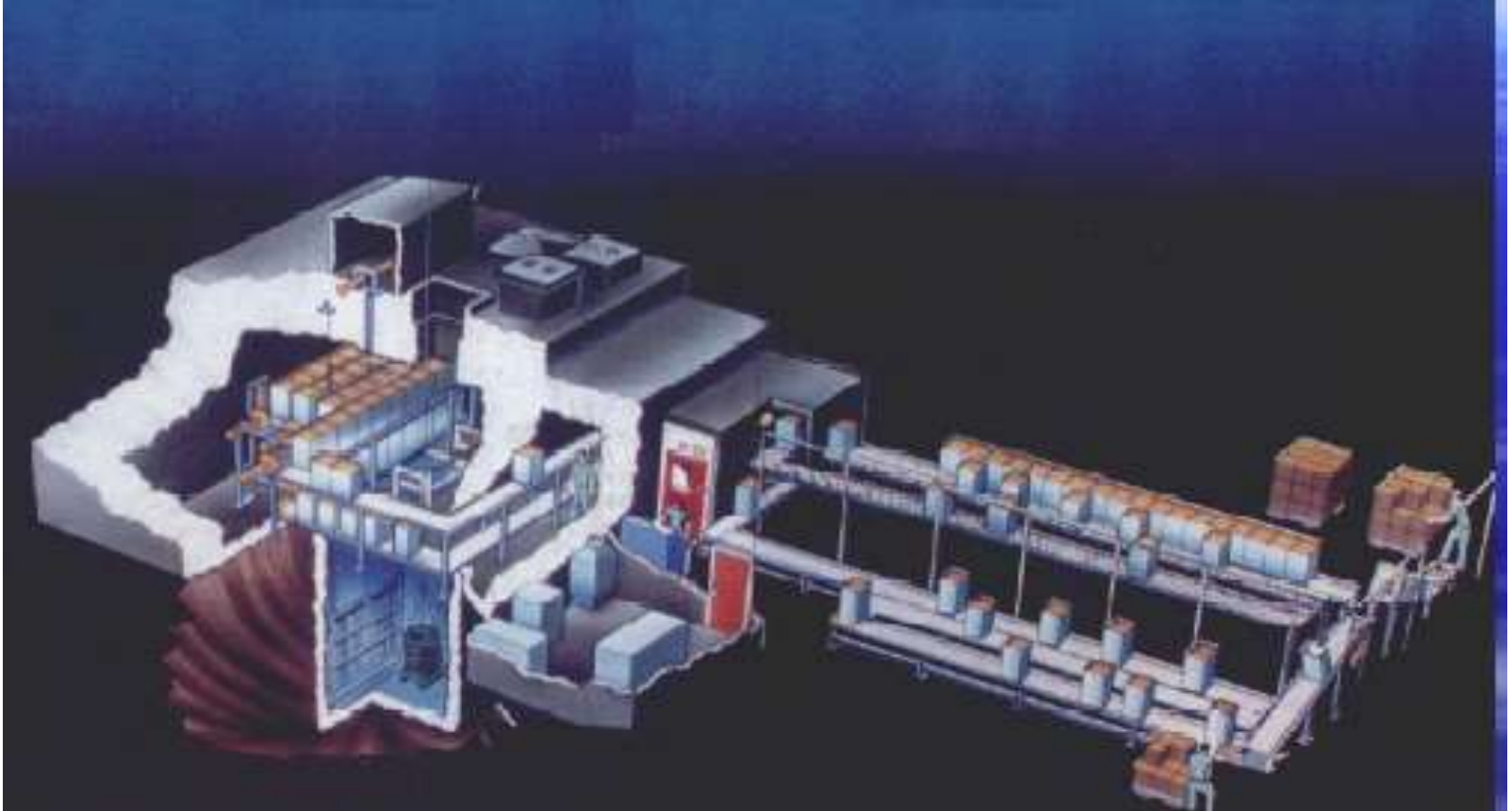
Işınlama Sistemleri;

✓ 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;



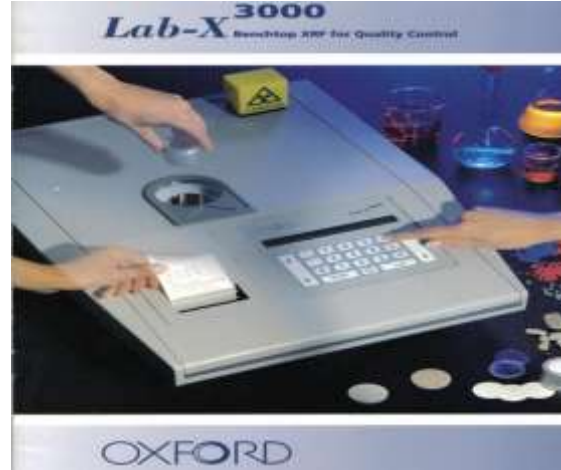
Eğitim-Araştırma ve Analiz Cihazları

✓ 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)



**X-Işını Difraktometre
Cihazı (XRD)**



Kalınlık ölçüm cihazı



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 karışımli 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:

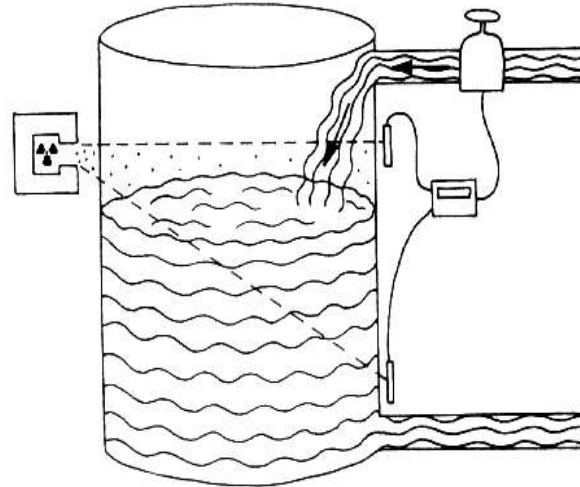
Cs-137, Sr-90, Kr-85, Co-60, Am-241, Am-241/Be, X-ışını



Kalınlık Ölçümü



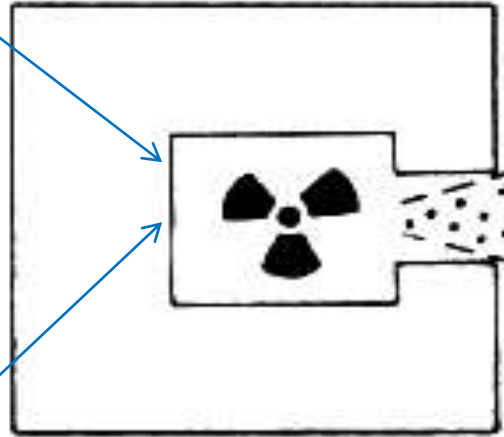
Yoğunluk Ölçümü



Seviye Ölçümü



✓ Otomatik Proses Kontrol Sistemleri;



Geçen
Radyasyon
Miktarına Göre

Paratoner, Duman Dedektörü;

- Paratoner,
- Duman detektörleri



Duman Dedektörü



Paratoner (Am-241)

Am-241, Ra-226

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**

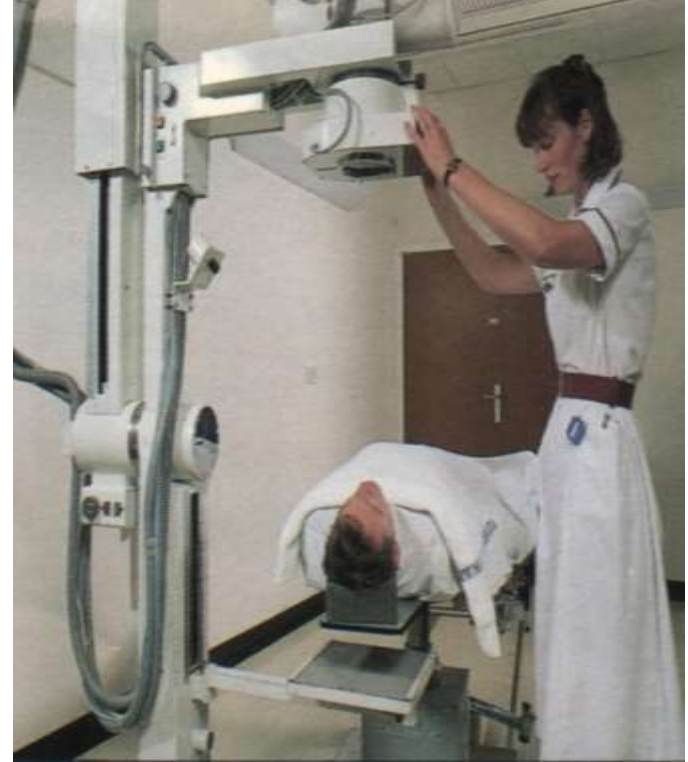
✓ Teşhis Amaçlı

Radyoloji;

- Filme Görüntü Alma
- Ekranda İzleme



Tomografi



Röntgen



Periapikal Diş
Röntgen



Panaromik Diş Röntgen



Mamografi



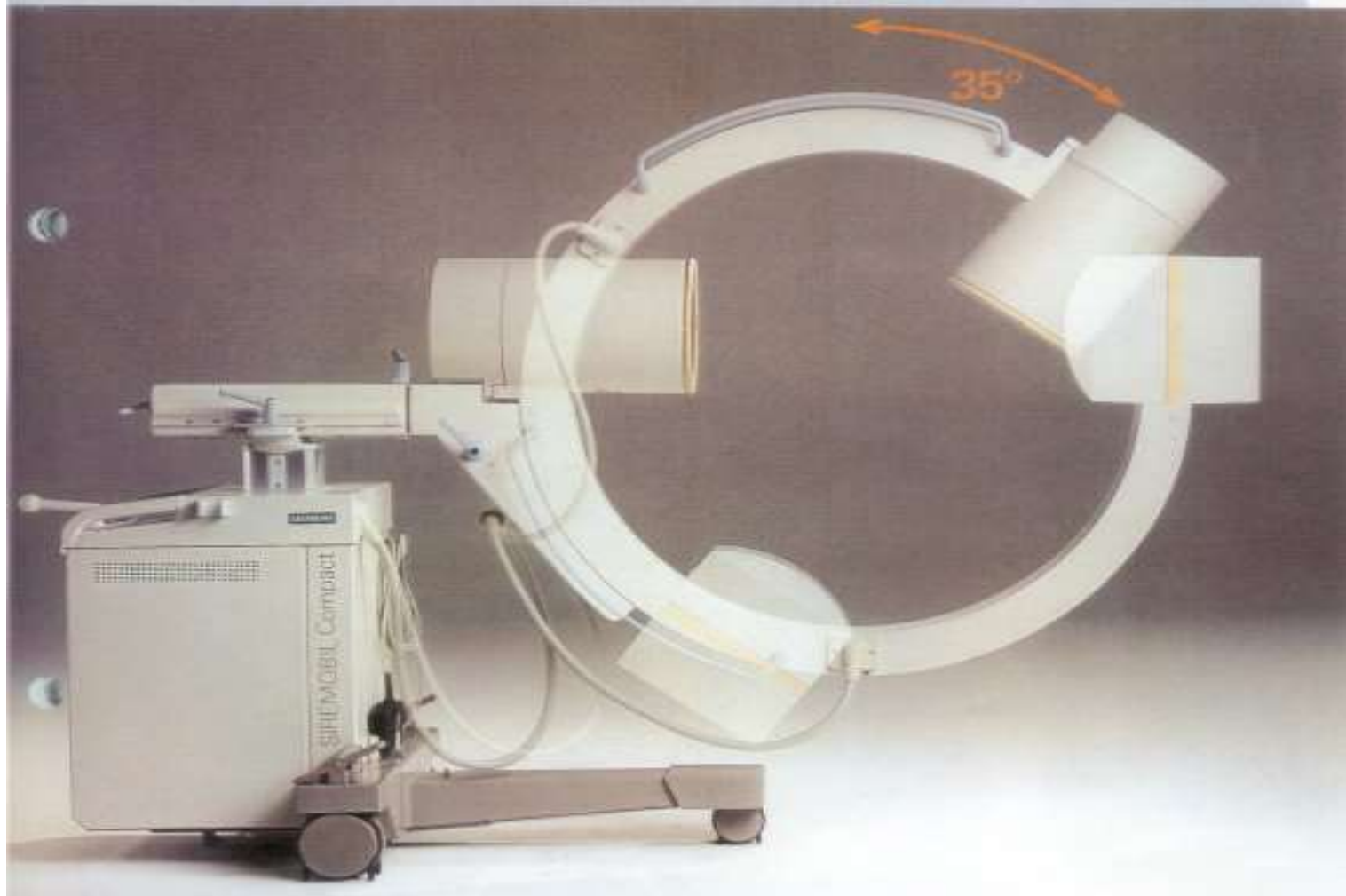
DPX - Quality, Cost-Effective Bone Densitometry



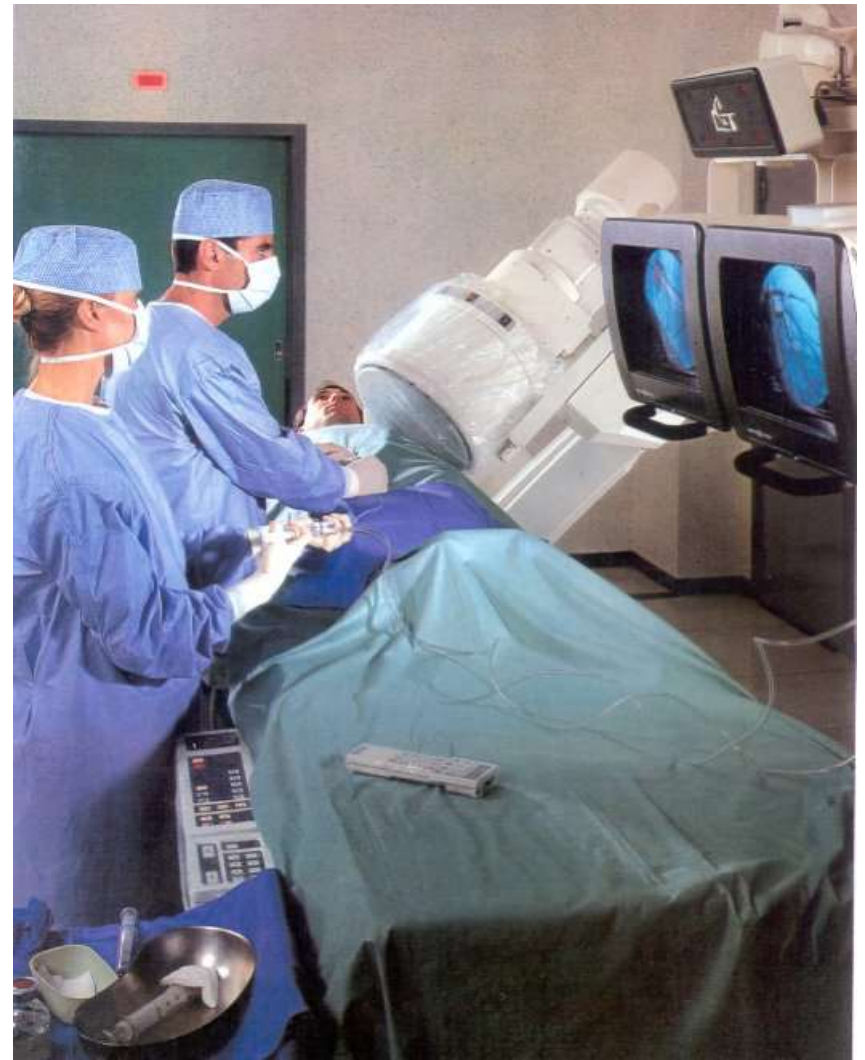
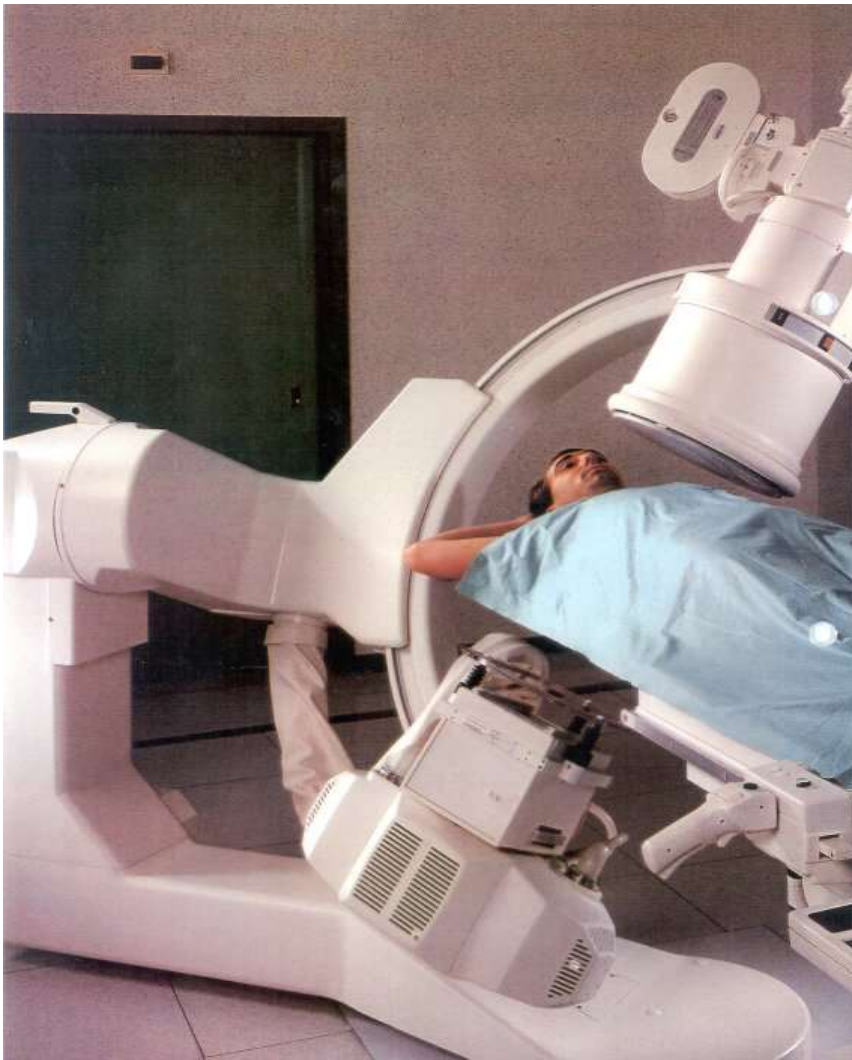
Kemik Yoğunluğu



Mobil Röntgen



C-Kollu Mobil Radyoskopi



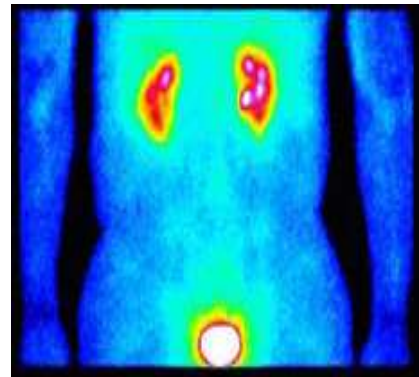
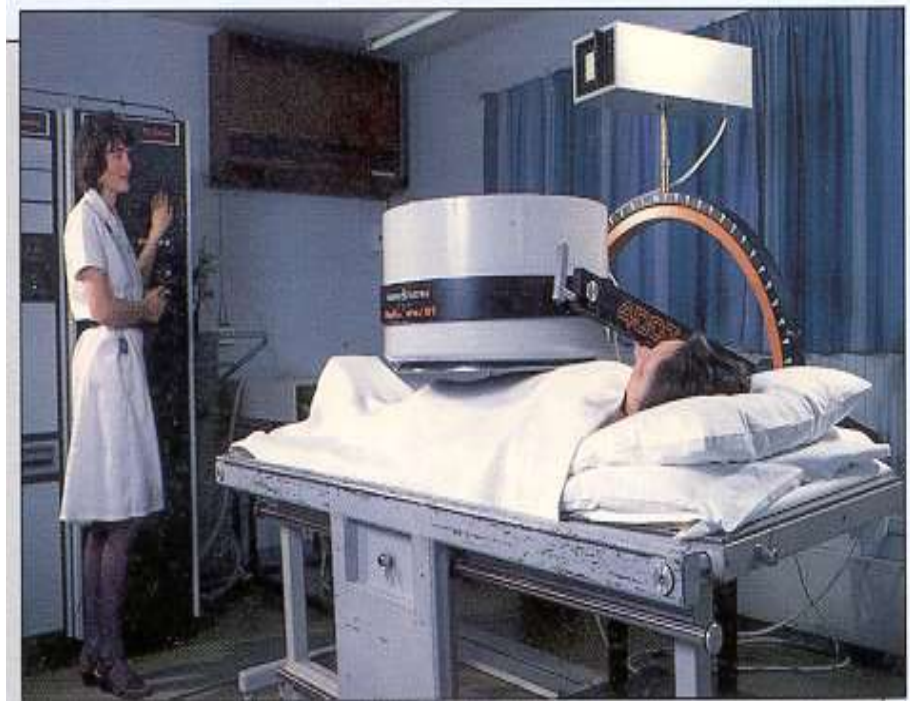
Anjiografi

- 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 Laboratuvarları;



Lineer Hızlandırıcı



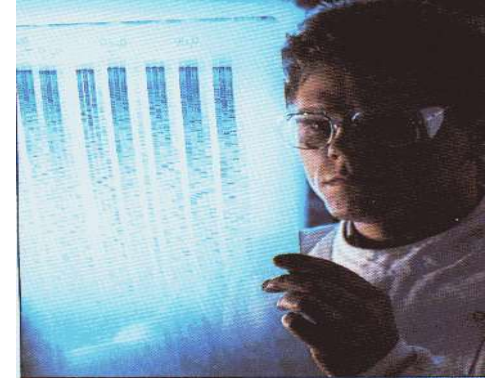
Co-60 Gamma Knife (Bıçağı)



Co-60 Elektron Demeti, X-Ray

3- Eğitim ve Araştırma

- DNA çalışmalarında (**genetik mhendisliği**),
- Tarımda (**tohum ıslahı**),
- Akarsularda debi ۆlmnde,
- Barajlarda su kaçaklarının tespitinde,
- Yeraltı sularının hareketlerinin takibinde,
- Petrol aramalarında nem ve yoğunluk ۆlmnde 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.



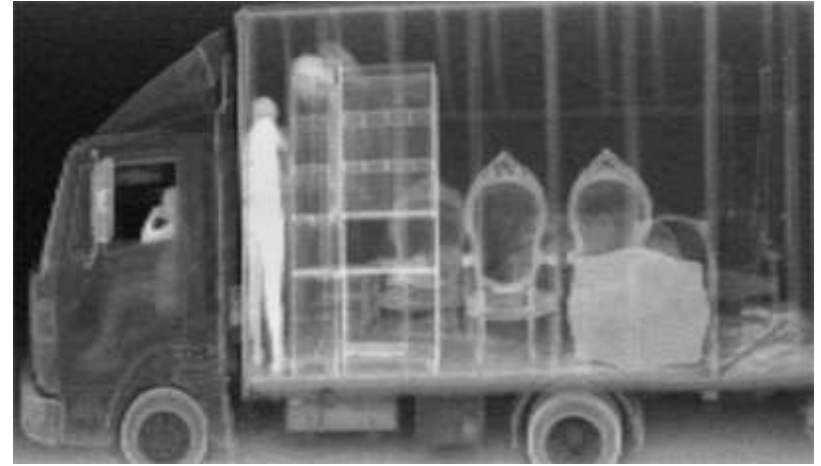
Paket-bagaj Kontrol Cihazları



Araç Tarama

X-Işınları, elektron demeti, vb. kullanılır.

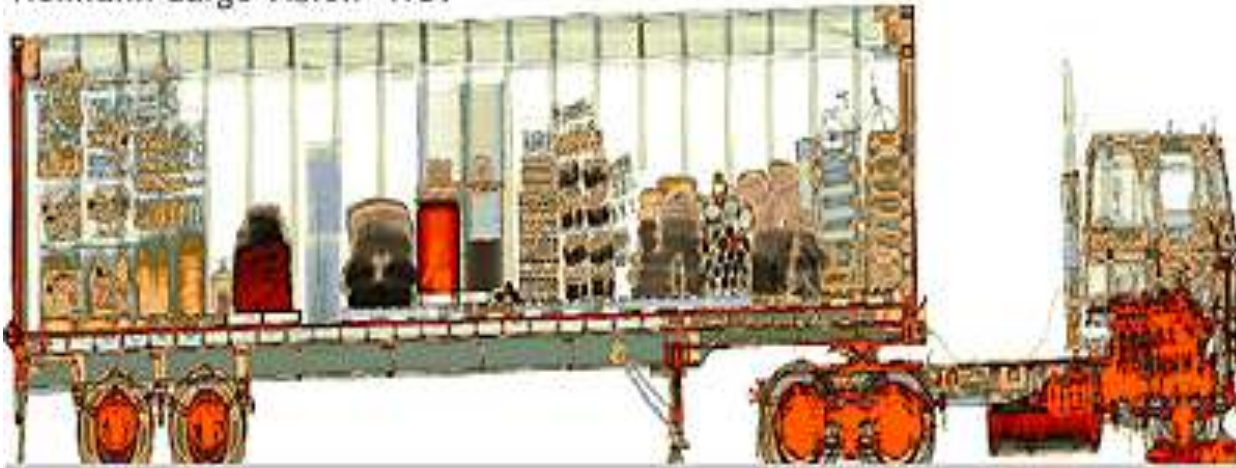
✓ TIR Tarama Sistemleri (Geri Saçılma);



✓ Güvenlik amaçlı X-Işını, Co-60;



Heimann Cargo Vision - HCV



Linac (Hızlandırıcı)

SORULAR ?

