

# ENDÜSTRİDE NÜKLEER TEKNOLOJİ





## TAEK'in Görev, Yetki ve Sorumlulukları

- Atom enerjisinin barışçıl amaçlarla ülke yararına kullanılmasında izlenecek ulusal nükleer politikanın esaslarını belirlemek,
- Nükleer güç ve araştırma reaktörleri ile yakıt çevrimi tesisleri için yer, inşaat ve işletme lisansı vermek; gerekli inceleme ve denetimi yapmak, izin ve lisansa uyulmayan hallerde işletme yetkisini geçici veya sürekli olarak iptal etmek,
- Halkın, radyasyonla çalışanların ve çevrenin radyasyondan korunmasını sağlamak için alınması gereken önlemleri belirlemek,
- Nükleer madde ve tesislerin güvenliği ile ilgili esasları belirlemek ve denetlemek,
- Ülkenin nükleer tehlikelere karşı korunma stratejisini belirlemek ,
- Nükleer bilim ve teknoloji alanlarında araştırma yapmak, yaptırmak ve teşvik etmek ,
- Ülkenin nükleer ve radyolojik tekniklerden faydalanmasına yönelik çalışmaları teşvik etmek,
- Nükleer alanda görev yapacak personel yetiştirmek ,
- Uluslararası kuruluşlarla nükleer alanda işbirliği yapmak,
- Ulusal ve uluslararası nükleer hukuk ile ilgili çalışmalar yapmak,
- Nükleer konularda halkı bilgilendirmektir.

TAEK  
Eskişehir Yolu 9. km  
06530, Ankara  
Tel : (0312) 2958700  
Faks : (0312) 2958958  
www.taek.gov.tr





# ENDÜSTRİDE NÜKLEER TEKNOLOJİ

Nükleer teknikler, endüstride her gün daha da artarak kullanılmaktadır. Analiz, kontrol ve ölçümlerde süreklilik sağlanması ve hızlı bir şekilde sonuç alınabilmesi, nükleer teknikleri en hassas ve güvenilir teknikler sınıfına dahil etmiştir. Modern endüstri, üretimde verimliliği artırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için, günümüzde giderek daha fazla radyoizotoplardan yararlanmaya başlamıştır. Genellikle, nükleer tekniklerin kullanımı radyoizotop uygulamalarına dayanmaktadır.

## Radyoizotop nedir ?

Kararlı hale geçerken radyasyon yayan kararsız elementlere radyoizotop denir. Radyoizotoplar değişik türde ve enerjide radyasyon yayarlar ve radyasyon yayma süreleri, yani ömürleri uzun veya kısa, ama sınırlıdır. Radyoizotoplar alfa, beta veya nötron parçacıkları ile gama ışınları yayabilirler. Yayılan parçacık radyasyonu veya gama ışınlarının enerjisi radyoizotop türüne göre farklı olabilmektedir. Radyoizotopların aktiviteleri saniyedeki bozunma sayısı, kullanım süreleri ise yarı-ömür terimleri ile ifade edilir. Yarı ömür, radyoizotop aktivitesinin yarıya inmesi için geçen süredir. Yarı-ömür, radyoizotop tipine bağlı olarak, saniye altı sürelerden milyarlarca yıla kadar değişebilmektedir.

Endüstride kullanılan radyoizotoplar doğal ve yapay olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bazı radyoizotopların kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

### Doğal radyoizotoplar:

- Klor-36 (Cl-36): Suyun yaşını ve klorun kaynağını bulmak için kullanılır (2 milyon yıla kadar yaş tayini yapılabilir).
- Karbon-14 (C-14): Yaş tayininde kullanılır (50 bin yıla kadar yaş tayini yapılabilir) .
- Tritiyum (H-3 veya T): Genç yer altı sularının yaş tayininde kullanılır (30 yıla kadar yaş tayini yapılabilir).
- Kurşun-210 (Pb-210): Kum ve toprak katmanlarının oluşum tarihinin belirlenmesinde kullanılır (80 yıla kadar yaş tayini yapılabilir).

### Yapay radyoizotoplar:

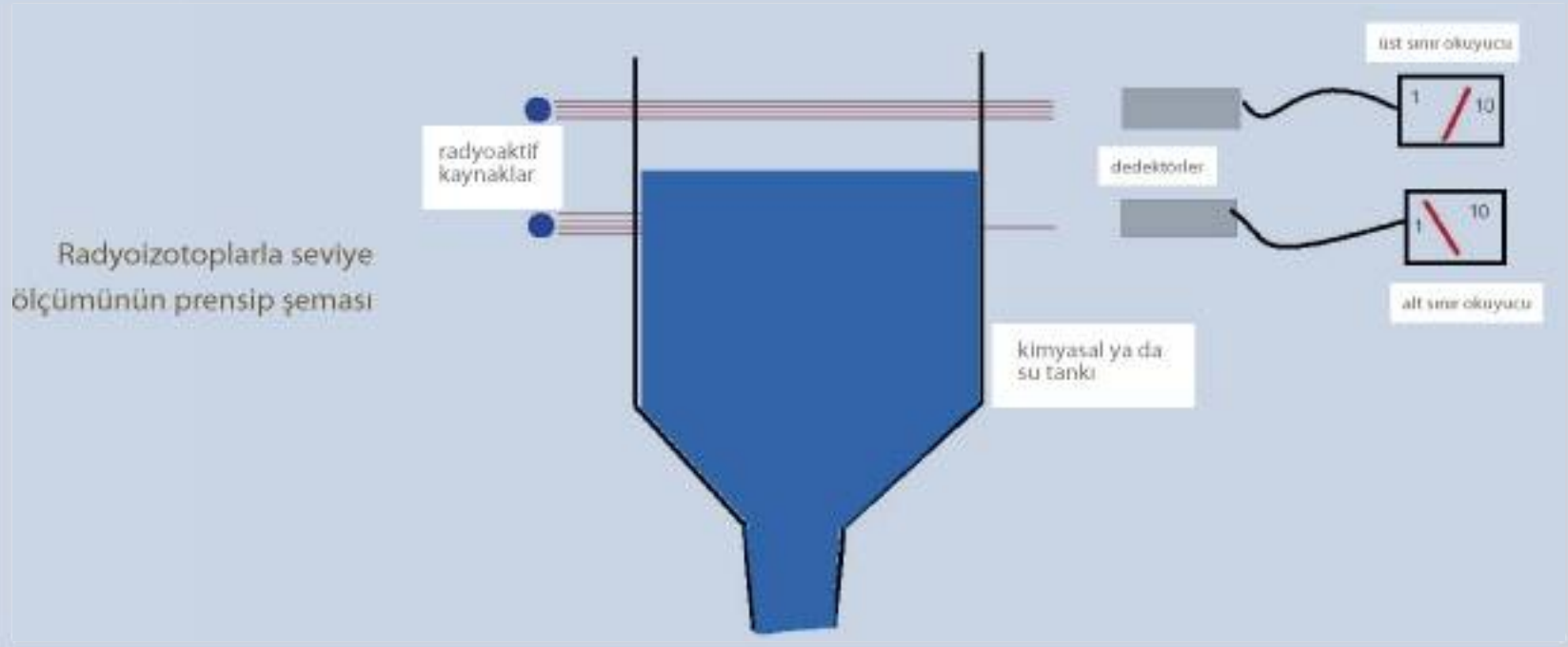
- Amerisyum-241 (Am-241): Geri saçılma tekniğine dayanan ölçümlerde, duman dedektörü (yangın alarmı) olarak, paratonerlerde, soğuk haddeleme tesislerinde ve metal kaplama işlemlerinde gama-ışınları kalınlık ölçer cihazlarında, doluluk seviyesini belirlemede ve kömürdeki kül içeriğini ölçmede kullanılır.
- Sezyum-137 (Cs-137): Toprak erozyonunun ve birikiminin kaynağını tespit etmede izleyici olarak, seviye ve yoğunluk ölçümünde, endüstriyel radyografide kullanılır.
- Kobalt-60 (Co-60): Gama sterilizasyonunda, endüstriyel radyografide, seviye ve yoğunluk ölçümünde kullanılır.
- Altın-198 (Au-198): Deniz kirliliği yaratan fabrika atıklarının izlenmesinde, deniz tabanı ve nehir yataklarında kum hareketlerinin izlenmesinde kullanılır.
- Teknesyum-99m (Tc-99m): Kısa yarı-ömrü nedeniyle izleme tekniğinin bazı uygulamalarında kullanılır.
- Stronsiyum-90 (Sr-90), Kripton-85 (Kr-85) ve Talyum-204 (Tl-204): Endüstriyel ölçümlerde kullanılır.
- İterbiyum-169 (Yb-169), İridyum-192 (Ir-192) ve Selenyum-75 (Se-75): Tahribatsız test tekniği olarak gama radyografisinde kullanılır.

Radyasyon ve radyoizotop kullanımına dayanan nükleer uygulamaların, aşağıda verilen örneklerden anlaşılacağı gibi, sosyal ve ekonomik gelişmeye büyük katkıları olmaktadır.



## Seviye Ölçümü

Seviye ölçümü, genellikle kapalı tank veya silolardaki madde seviyesinin ölçümünde kullanılır. Örneğin, termik santrallerdeki kömür veya kül silolarının, gübre fabrikalarındaki üre tanklarının ve kağıt fabrikalarındaki selüloz tanklarının seviyeleri bu yöntemle ölçülmektedir. Seviye ölçümünde genellikle bir Kobalt-60 veya Sezyum-137 radyoizotopu radyasyon kaynağı olarak kullanılmaktadır. Radyasyon kaynağı ve radyasyon dedektörü, seviyesi ölçülecek tankın dış yüzeyine ve karşı karşıya gelecek şekilde yerleştirilir. Tankın dolu veya boş olması durumuna göre radyasyon kaynağından dedektöre ulaşan radyasyon miktarına göre tankın doluluk seviyesi tespit edilmektedir. Bu metotta radyasyon kaynağı tankın merkezine ve dedektör dış yüzeyine yerleştirilerek ölçüm yapılabilmektedir.



## Deniz Suyundan Tatlı Su Elde Etme İşlemi

Bu işlemde deniz suyundan damıtma yoluyla saf su elde ederken nükleer reaktörler suyun buharlaştırılmasında ısı kaynağı olarak kullanılır.

Deniz suyundan tatlı su elde etme tesisi boşaltma ünitesi





# ENDÜSTRİDE NÜKLEER TEKNOLOJİ

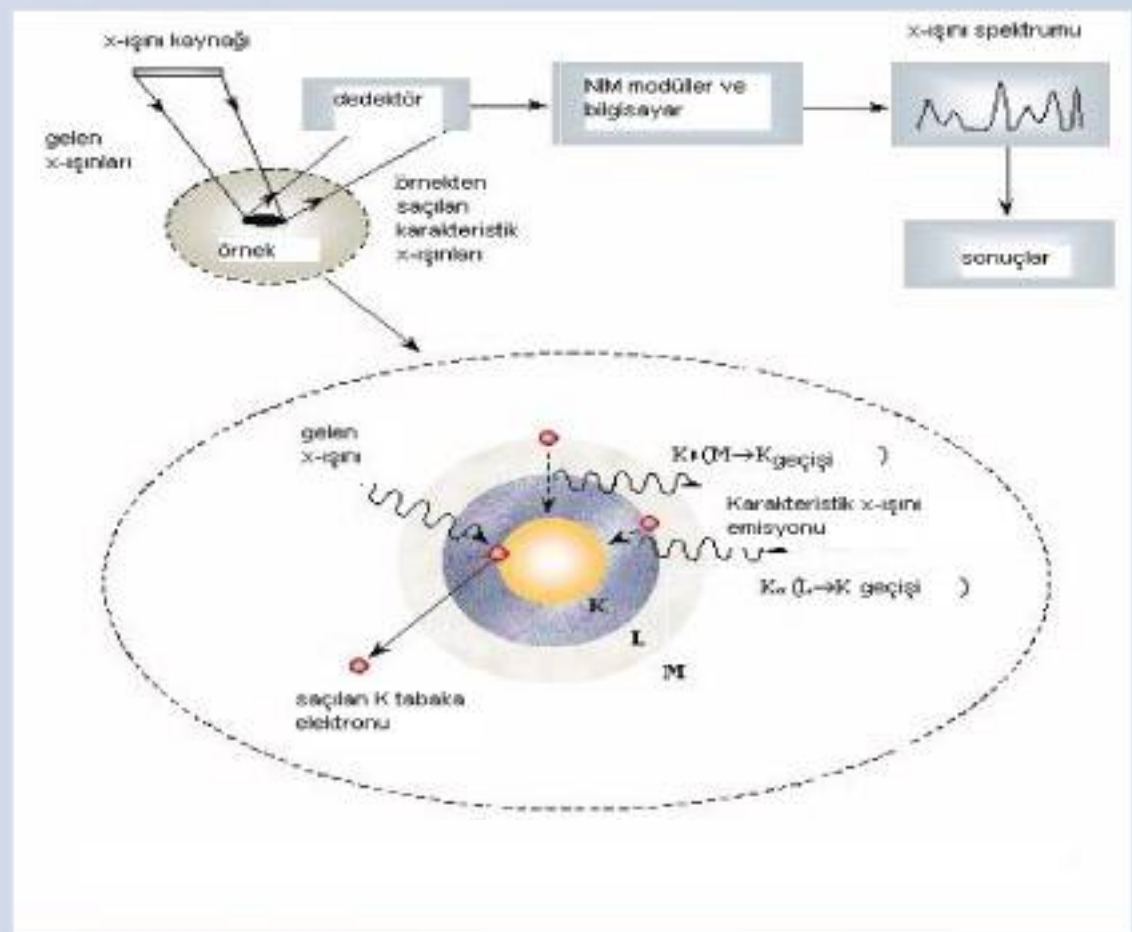


ÇNAEM Nötron Aktivasyon Analizi  
Laboratuvarından bir görünüm

## X-ışını Floresans Analizi

X-ışını Floresans Analiz (XRF) tekniği, analiz edilecek numune içindeki elementlerin karakteristik X-ışınlarının uyarılması ve şiddetlerinin ölçülmesi temeline dayanır. Atomun iç tabakalarından sökülen elektronların yerine dıştaki yörüngelerden elektronların geçmesi olayındaki enerji fazlalığı her geçiş için karakteristik X-ışını fotonu şeklinde yayımlanır. X-ışınları Floresans Spektroskopisi günümüzde kullanılan son geliştirilmiş tiplerinde atom numarası (  $N=5$  ) olan bor elementinden, atom numarası (  $N=92$  ) olan uranyuma kadar olan elementlerin hızlı ve doğru olarak nitel ve nicel analizlerinin yapılmasına olanak sağlar. Jeolojik çalışmalarda maden arama, işletme ve zenginleştirme tesislerinde cevher ve ürünlerin seri analizlerinde, mineral tiplerinin belirlenmesi, hammadde ve alaşımların bileşimlerinin araştırılması ve saptanması, çimento, seramik, petro-kimya vb. gibi bir çok kimya sanayi dallarında hammadde ve ürün kontrolü, rafinerilerde petrol ürünlerinin istenmeyen safsızlık elementlerinin miktarlarının saptanması, adli tıpta, organizma yapılarında eser element araştırmalarında, çevre kirliliği araştırmalarında, reaktörlerde kullanılan her türlü metal, yakıt çubuklarının safsızlık analizlerinde çok kullanılan bir analiz yöntemidir.

Karakteristik X-ışınlarının oluşumu  
ve XRF analizi prensip şeması







X-ışını Floresans Analizi  
Laboratuvarından bir  
görünüm

### X-ışınları Tomografisi

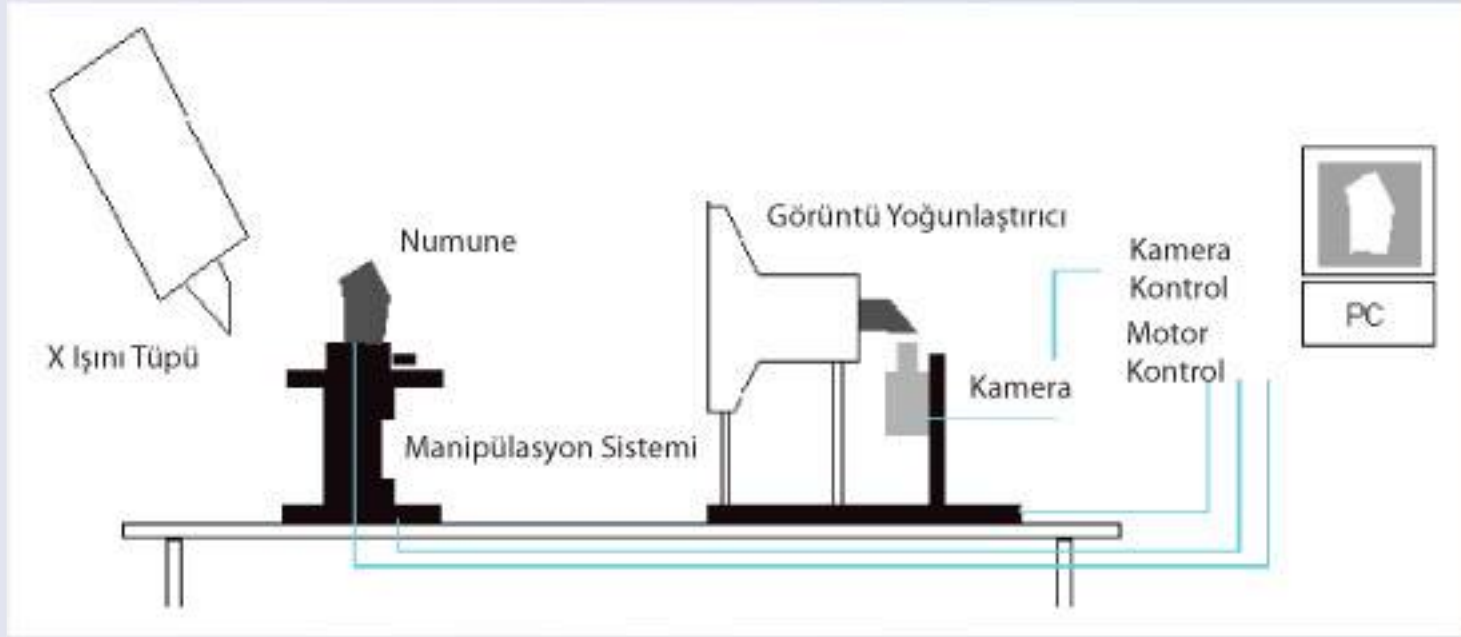
Tomografi bir malzemenin 2 veya 3 boyutlu görüntüsünü oluşturmada kullanılan hassas bir tahribatsız test metodudur. X-ışını tomografisinde, malzeme döndürülerek her pozisyonda çok sayıda kesit görüntüsü alınır ve görüntü lineer veya düzlemsel elektronik dedektörler tarafından algılanarak gri değerlere dönüştürülür. Bilgisayar programları yardımıyla malzeme iç yapısını temsil eden 3 boyutlu bir gri değer matrisi oluşturulur. Bu matris yardımıyla malzemenin istenilen bölgesinin kesit görüntüsünü elde etmek mümkündür.



Fraunhofer Enstitüsü  
(Almanya) X-ışını tomografi  
sistemi



# ENDÜSTRİDE NÜKLEER TEKNOLOJİ



X-Işını Tomografi sisteminin şematik görünümü

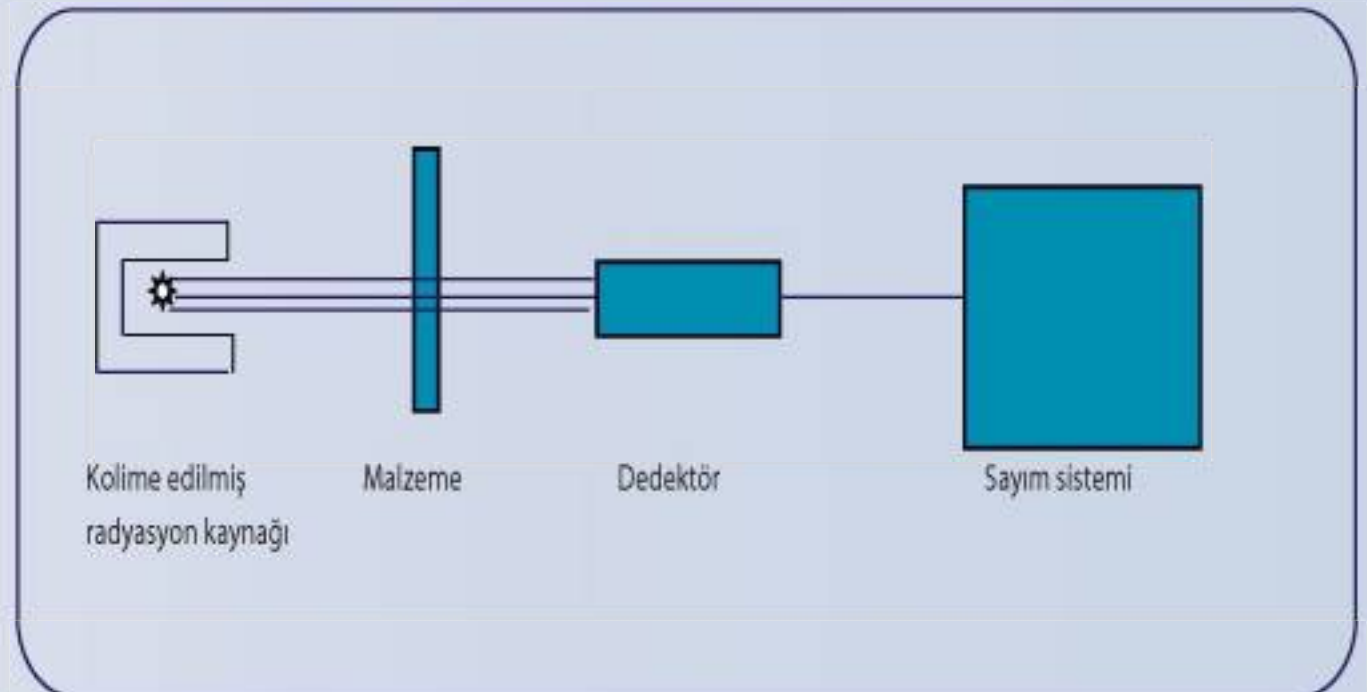
## İzleme Teknikleri

Radyoaktivitenin çok az miktarda olsa bile ölçülebilmesi, radyoizotopların endüstride çok geniş bir alanda izleyici olarak kullanılması imkanını sağlamıştır. Az miktarda bir radyoaktif maddenin çeşitli proseslerde kullanılan maddelerin içine katılmasıyla, sıvı, toz ve gaz olmak üzere çeşitli maddelerin karışımlarını ve akış hızlarını incelemek ve kaçak yerlerini belirlemek mümkündür. T-3, Br-82, Tc-99m, La-140, Na-24, I-131 radyoizotopları endüstriyel ve çevre uygulamalarında radyoaktif izleyici olarak kullanılmaktadır. Petrokimya ve petrol endüstrileri, kimya ve metalurji sektörleri ile atık su temizleme prosesleri radyoaktif izleyici kullanım alanlarından bazılarıdır. Bu teknikte izleyici olarak kullanılacak olan bir radyoizotop sisteme ilave edilir. Kaçak testinde, radyoizotop sızıntısı, doğrudan radyasyon dedektörleri ile yerinde tespit edilebilir. Dedektörle doğrudan izleme yapılamıyorsa, sızıntı olabilecek bölgeden alınacak örnekler radyasyon sayım ve analiz sistemlerinde kontrol edilerek kaçak olup olmadığına karar verilir. Motorların, ekipmanların ve tesislerin yağlama yağına radyoaktif izleyici ilavesiyle, aşınma hızlarını ölçmek mümkündür. İzleme teknikleri tesislerin işletilmesinde ekipmanların performansını ölçmek ve verimlerini artırmak için kullanılmakta, dolayısıyla enerji ve hammadde tasarrufu sağlanmaktadır.

## Yoğunluk, Kalınlık ve Kaplama Kalınlığı Ölçümü

Yoğunluk ve kalınlık ölçümü malzemenin radyasyon şiddetini zayıflatması esasına dayanır. Artan yoğunluk veya kalınlık ile radyasyon şiddeti azalacağından, bir radyoizotop kaynak ve dedektör yardımıyla malzeme kalınlığına veya yoğunluğuna bağlı olarak radyasyon sayım eğrisi çizilir. Bu eğri referans eğri olarak kullanılarak, kalınlığı bilinmeyen malzemenin kalınlığı doğrudan radyasyon sayım değerinden tespit edilir. Kaplama kalınlığı ölçümü ise geri saçılma tekniği yardımıyla tespit edilir.

Kalınlık ölçümü şematik gösterimi





- Tıbbi ürünlerin, kan ve transplantasyon dokularının (Kobalt-60 kullanarak) radyasyonla sterilizasyonu,
- Çevre Koruması: Baca gazlarında ve atık sularında çevreye zararlı radikallerin elektron demeti ile temizlenmesi, gama ışınları ile tortu hijyenizasyonu,
- Endüstriyel tesislerin temizliği ve güvenliği: Radyoizotop izleyicilerle kaçak testleri, tank, boru, tesis, vb. sistemlerin tahribatsız testleri, Gamagrafi ve X-grafi ile tahribatsız testler (NDT),
- Nükleer Analitik Teknikler: X-Işını Floresans Analizi (XRF), Nötron Aktivasyon Analizi (NAA),
- İzleme teknikleri kullanarak proses optimizasyonu,
- Hammadde arama ve kazanımı,
- Güvenlik: Sınır kapılarında insan ve radyoaktif madde kaçakçılığı kontrolleri, havalimanlarında bagaj kontrolleri, kargo ve posta kontrolleri,
- Polimer ışınlaması: Polimer maddelere mekanik ve yüksek ısı mukavemeti kazandırmak için uygulanan gama ışınlamaları.

Endüstride kullanılan önemli nükleer tekniklerden bazılarının prensipleri aşağıda açıklanmıştır:

### X- ve Gama-Işınları Radyografisi

Radyografi tekniği, girici radyasyonlar kullanılarak malzemelerdeki hataların tahribatsız olarak tespit edilmesi esasına dayanır. Radyasyon kaynağı olarak X-ışını tüpleri veya gama ışınları yayan radyoizotop kaynaklar kullanılır. Bu teknikte, radyasyon kaynağından çıkan ışınlar malzeme içinden geçtikten sonra, malzeme ile sıkı temas halinde olan bir film üzerine gelirler. Malzemede bulunabilecek hatalar genellikle malzemeden daha az yoğun olduğundan sağlam bölgelere göre daha fazla radyasyonun geçmesine ve bu da film üzerine daha fazla bir radyasyon dozunun düşmesine neden olacaktır. Filmin banyo işleminden sonra hatalı bölgeler film üzerinde daha yoğun (siyah) belirtiler olarak gözükülecektir.

### Nötron Aktivasyon Analizi

Bu metotta, analize tabi tutulması istenilen numune nötron bombardımanı altında radyoaktif hale getirilir. Nötron kaynağı olarak bir nükleer reaktör veya bir nötron "Howitzer"i kullanılır. Reaktör kullanıldığı zaman, numune plastik bir kapsül içine konarak, basınçlı havalı transfer sistemi (Tavşan Sistemi) yardımı ile reaktör kalbine yollanır ve akışı bilinen bir yerde uygun bir süre ışınlanarak geri getirilir. Aktif hale getirilmiş olan numune detektöre yollanır ve sayımı tamamlandıktan sonra aktivitesi belli bir seviyeye düşünceye kadar saklanacağı depoya atılır. Sayım sonuçları çok kanallı bir analizörde incelenir. İncelenen örneğin içerdiği elementler, o elementin aktif izotopunun gama ışını enerjisinden belirlenir.

Radyografi tekniğinin prensip şeması

