

NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYETİNE İLİŞKİN KILAVUZ

RSGD-KLV-023



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

İÇİNDEKİLER

1.	KILAVUZUN AMACI	1
2.	GİRİŞ	1
3.	NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYET PLANININ HAZIRLANMASI	1
3.1.	Kaynakların Sınıflandırılması	1
3.2.	Radyoaktif Kaynakların Emniyet Planının İçeriği	2
3.2.1.	Radyoaktif kaynakların envanteri.....	2
3.2.2.	Tehlike durumu ve acil durumlarda kullanılacak radyasyon ölçüm cihazları	2
3.2.3.	Radyoaktif kaynakların emniyeti için kişilerin görevlendirilmesi	3
3.3.	Radyoaktif Kaynakların Emniyet Önlemleri	3
3.3.1.	Giriş-çıkışların kontrolü	3
3.3.2.	Kapalı devre kamera sistemi ile gözetim	3
3.3.3.	Çalışanların gözetilmesi	4
3.3.4.	Erişim yetkisi olmayan kişilerin denetimli alanlara girişlerinde izlenecek prosedürler	4
3.4.	Nükleer Tıp Ünitelerinde Olası Tehlike Durumu veya Acil Durumlar İçin Hazırlanması Gereken Planlar	4
3.4.1.	Yangın, deprem, patlama gibi acil durumlar	4
3.4.2.	Sipariş edilen radyoaktif kaynağın gelmemesi	4
3.4.3.	Radyoaktif kaynakların çalınması veya kaybolması.....	5
3.4.4.	Tehlike durumu ve acil durumlarda aranacak TAEK telefonları	5
	KAYNAKÇA.....	6
	EKLER	7
	EK-1 NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYET PLANI	7
	EK-2 RADYOAKTİF KAYNAKLARIN SINIFLANDIRILMASI	8
	EK-3 RADYONÜKLİTLERİN D-DEĞERİ.....	9

1. KILAVUZUN AMACI

Bu kılavuz; nükleer tıp ünitelerinde kullanılan radyoaktif kaynakların kaybolması, yetkisiz kişiler tarafından alınması veya çalınmasının önlenerek emniyetinin sağlanması amacıyla Ek-1'de formatı verilen "Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif kaynakların emniyet planı"nın oluşturulmasında kuruluşlara yol göstermek için hazırlanmıştır.

2. GİRİŞ

Nükleer tıp uygulamalarını yürüten gerçek ve tüzel kişilerin; kullanılan radyoaktif kaynakların kaybolması, yetkisiz kişiler tarafından alınması veya çalınmasını önlemek amacıyla emniyetinin sağlanması için radyasyondan korunma programı kapsamında kuruluşa özgü, etkin, kapsamlı, uygulanabilir ve içeriği Ek-1'de verilen "Radyoaktif Kaynakların Emniyet Planı"nı hazırlayıp lisans başvuru dökümanları ile birlikte TAEK'e sunması istenmektedir.

TAEK tarafından yapılan değerlendirme sonucunda planda uygun olmayan veya eksik görülen kısımlar olması halinde bu hususlar kuruluşa bildirilir ve belirli bir süre içerisinde eksikliklerin tamamlanması istenir.

"Radyoaktif kaynakların emniyet planı", kuruluşun alacağı emniyet önlemleri için bir rehber niteliği taşımalı, planda yer alan bilgiler doğru ve eksiksiz olmalı, planın ilgililer tarafından anlaşılabilir ve uygulanabilir ve her daim erişime açık olması sağlanmalıdır. Radyoaktif kaynakların emniyetinin sağlanması sorumluluğu lisans sahibine aittir.

3. NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYET PLANININ HAZIRLANMASI

3.1. Kaynakların Sınıflandırılması

Nükleer tıp uygulamalarında genel olarak; teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan açık radyoaktif kaynaklar ile görüntüleme cihazı, doz kalibratörü vb. cihazların kalite kontrolü/kalibrasyonu amacıyla kullanılan kapalı radyoaktif kaynaklar bulunmaktadır. Nükleer tıp ünitelerinde yaygın olarak kullanılan kapalı radyoaktif kaynakların aktivite değerleri incelendiğinde, bu kaynakların Ek-2'de verilen Radyoaktif Kaynakların Sınıflandırılması tablosuna göre 5 sınıf olduğu görülecektir.

Kaynak sınıflandırması detayları için RSGD-KLV-011 numaralı "**Kapalı Radyoaktif Kaynakların Sınıflandırılmasına İlişkin Kılavuz**" dan faydalanılabilir. Kapalı kaynaklar için hazırlanmış olmakla beraber, aktivitesi belirli olan açık kaynaklar içinde kılavuzdaki değerlendirme parametreleri kullanılabilir.

Nükleer tıp ünitesinde bulunan açık radyoaktif kaynakların yarı ömürlerinin kısa olması nedeniyle birarada veya ayrı ayrı bulundurulması durumunda yapılan hesaplama sonucunda kaynakların emniyet kategorisi değişmemiş ve açık radyoaktif kaynakların genel olarak kategori 4 sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Ancak tereddüt halinde, nükleer tıp ünitesinde birden fazla açık radyoaktif kaynağın birarada bulundurulduğu durumlarda kaynakların sınıflandırılması için açık radyoaktif kaynakların toplam aktivitesi ile aşağıdaki denklemde Ek-3'te verilen D-değerleri kullanılarak hesaplanan toplam A/D değeri, Ek-2'de verilen Radyoaktif Kaynakların Sınıflandırılması tablosundaki A/D değerleriyle karşılaştırılarak nükleer tıp ünitesinde kullanılan açık radyoaktif kaynakların kategorisi belirlenir.

$$\text{Toplam } \frac{A}{D} = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

Burada; $A_{i,n}$ = n radyonüklitinin her bir kaynağının i aktivitesi ve D_n = n radyonüklitinin D-değeridir.

3.2. Radyoaktif Kaynakların Emniyet Planının İçeriği

Lisans alacak kişilerin lisans başvuru dökümanları ile birlikte TAEK'e göndermesi gereken radyoaktif kaynakların emniyet planı aşağıdaki başlıkları içerecek şekilde hazırlanmalıdır;

1. Radyoaktif kaynakların envanteri
2. Tehlike durumu ve acil durumlarda kullanılacak radyasyon ölçüm cihazları
3. Radyoaktif kaynakların emniyeti için kişilerin görevlendirilmesi
4. Radyoaktif kaynakların emniyet önlemleri
 - 4.1 Giriş-çıkışların kontrolü
 - 4.2 Kapalı devre kamera sistemi ile gözetim
 - 4.3 Çalışanların gözetilmesi
 - 4.4 Erişim yetkisi olmayan kişilerin denetimli alanlara girişlerinde izlenecek prosedürler
5. Nükleer tıp ünitelerinde olası tehlike durumu veya acil durumlar için hazırlanması gereken planlar
 - 5.1 Yangın, deprem, patlama gibi acil durumlar
 - 5.2 Sipariş edilen radyoaktif kaynağın gelmemesi
 - 5.3 Radyoaktif maddenin çalınması veya kaybolması
 - 5.4 Tehlike durumu ve acil durumlarda aranacak TAEK telefonları

3.2.1. Radyoaktif kaynakların envanteri

Nükleer tıp uygulamalarını yürüten gerçek ve tüzel kişiler nükleer tıp ünitesinde bulunan radyoaktif kaynakların cinsi, aktivitesi, üretim tarihi, seri numarası ve kullanım amacı bilgilerini içeren radyoaktif kaynakların kayıtlarını tutar, radyoaktif kaynakları düzenli olarak kontrol eder, envanteri yeniler ve denetimlerde TAEK'e bilgi verir. **Radyoaktif kaynaklar, TAEK'den gerekli izinler alınmadan yetkilendirilmiş veya yetkilendirilmemiş kişilere devredilemez.**

Radyoaktif kaynakların dağıtıcı tarafından doğrudan nükleer tıp laboratuvarına ulaştırılması ve yetkili kişiler tarafından paket güvenlik kontrolleri ve ölçümler yapılarak teslim alınmasının sağlanması için gerekli düzenlemeler sağlık kuruluşu yönetimi tarafından yapılır ve bu hususlar emniyet planı içinde yer alır.

Tablo 1. Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif kaynakların envanteri örnek tablo

	Cinsi	Üretim Aktivitesi	Üretim tarihi	Markası	Modeli	Seri numarası	Kullanım amacı
1-	Ge-68 Fantom	2 mCi	01.01.2016	Eckert Ziegler	EG-0318	1111	Kalite kontrol
2-							

Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif kaynakların cinsi ve kullanım amacı Tablo.1'e yazılacak olup, kaynakların kayıtları ek olarak veya elektronik ortamda saklanabilecektir.

3.2.2. Tehlike durumu ve acil durumlarda kullanılacak radyasyon ölçüm cihazları

Tehlike durumu ve acil durumlarda kullanılacak radyasyon ölçüm cihazlarının cinsi, markası, modeli, seri numarası ve kalibrasyon tarihi/geçerlilik süresine ilişkin bilgiler belirtilmelidir. Kalibrasyon sertifikasında belirtilen kalibrasyon süresinin geçirilmemesine dikkat edilmelidir.

Tablo 2. Radyasyon ölçüm cihazları örnek tablo

	Cinsi	Markası	Modeli	Seri numarası	Kalibrasyon geçerlilik tarihi
1-	Radyasyon ölçüm cihazı	TAEK-ÇNAEM	NEB 211	1111	01.01 2020
2-					

3.2.3. Radyoaktif kaynakların emniyeti için kişilerin görevlendirilmesi

Lisans sahibi, nükleer tıp ünitesinde kullanılan radyoaktif kaynakların emniyetinin sağlanmasında radyasyondan korunma sorumlusunu görevlendirir ve emniyet planı doğrultusunda bilgilendirilerek gerekli eğitimleri almasını sağlar. Ayrıca, radyoaktif kaynakları kullanan veya radyoaktif kaynaklara erişim yetkisi olan kişileri belirler, bu kişilerin görevlendirmelerini yapar ve fiziksel korunma tedbirleri doğrultusunda bilgilendirilerek **gereklî eğitimleri almalarını sağlar**. Radyoaktif kaynakların teslim alınması, kullanılması, bulundurulması, yer değişikliği veya taşınmasına ilişkin kayıtları tutar ve kayıtların güncel olmasını sağlar. Teslim alınan, üretilen ve kullanılan açık radyoaktif kaynakların kayıtlarının düzenli olarak tutulduğu bir kayıt sistemi kurulur, bu konuda talimatlar oluşturulur ve personel bilgilendirilir.

Emniyet planında, nükleer tıp ünitesinde kullanılan radyoaktif kaynakların çalınması veya kaybolması ya da yetkisiz olarak kullanıldığına tespit edilmesi durumunda sorumlu kişilerin iletişim bilgileri, en hızlı şekilde nasıl ulaşacağı ve ne yapması gerektiği yer alır. Lisans sahibinin emniyet planında görevlendirdiği kişiler tarafından söz konusu radyoaktif kaynaklara ilişkin inceleme sonucunda akıbetinin belirlenememesi durumunda ivedilikle kolluk kuvvetlerine, adli mercilere ve TAEK'e gerekli bildirimde bulunulur. Olayın meydana gelişi, kaynakların son durumu ve gelişmelere ilişkin bir rapor hazırlanarak TAEK'e sunulur. Bu tür olayların yaşanması durumunda zayıf ve eksik hususlar belirlenerek tekrarlanmaması için gerekli önlemler alınır ve emniyet planı bu doğrultuda yenilenir.

3.3. Radyoaktif Kaynakların Emniyet Önlemleri

Nükleer tıp ünitesinde kullanılan radyoaktif kaynakların teslim alınmasından oluşan radyoaktif atıkların bertarafına kadar emniyet önlemleri radyasyondan korunma sorumlusu tarafından ayrıntılı şekilde belirlenerek ünite de çalışan diğer radyasyon görevlileri radyasyondan korunma eğitimi dahilinde periyodik şekilde detaylı olarak bilgilendirilir. Emniyet planı düzenli olarak gözden geçirilip, gereklilikler doğrultusunda yenilenerek devamlılığı sağlanır.

3.3.1. Giriş-çıkışların kontrolü

Nükleer tıp ünitesi; hem radyasyon güvenliği hem de radyoaktif kaynak emniyetinin sağlanması için tercihen müstakil bir bina içerisinde, bunun mümkün olmadığı durumlarda ise, binanın zemin katında, diğer bölümlerden bağımsız, hasta ve personel trafiğinin en az olduğu yerde kurulmalı, bölüm dışı hastaların girişleri engellenebilecek, diğer hastane çalışanlarının girişleri sınırlandırılabilir ve nükleer tıp hastalarının giriş-çıkışları yalnızca görevli personelin gözetimindeki kapıdan sağlanarak kontrol altında tutulabilecek şekilde planlanmalıdır.

Nükleer tıp ünitesinde radyoaktif kaynakların bulundurulduğu odalara (Örn. Sıcak oda, katı radyoaktif atık odası, sıvı radyoaktif atık tank odası) giriş yapanların, yetkili kişiler olduğunun teyidine yönelik, elektronik kişisel giriş kartı, şifreyle giriş veya kişiye özel anahtar gibi yöntemlerle gerekli tedbirler alınmalı ve uygulanmalıdır.

3.3.2. Kapalı devre kamera sistemi ile gözetim

Nükleer tıp ünitesinin ana giriş-çıkış kapısının veya koridorun 7/24 kapalı devre kamera sistemiyle gözetiminin yapılması ve görüntülerin kaydedilmesi sağlanmalıdır. Kapalı devre

kamera görüntülerinin radyasyondan korunma sorumlusu ve hastane güvenlik görevlileri tarafından izlenmesiyle, personel de dahil olmak üzere, radyoaktif kaynakların yetkisiz kişiler tarafından alınmasına ilişkin herhangi bir teşebbüsün anında tespit edilmesi ve korunan alana yetkisiz girişin tespiti ve teyidi sonrası, karşılık verecek personelin müdahale etmesi ve radyoaktif kaynağın yetkisiz kişilerce alınmasını engellemesi için yeterli zamanın sağlanmasına yönelik tedbirler alınmalı ve uygulanmalıdır.

Yetkisiz girişe ilişkin alarm veya tespit durumunda görevli personel veya koruma görevlisi tarafından alarmın nedeni, kapalı devre görüntüleme sistemi ile veya bizzat yerinde araştırılması ve radyoaktif kaynağa ilişkin kontrollerin yapılması sağlanmalıdır.

3.3.3. Çalışanların gözetilmesi

Radyoaktif kaynağın bulunduğu veya kullanıldığı yere girme, radyoaktif kaynağı kullanma veya radyoaktif kaynağın emniyetinin sağlanması gibi görevlerin verileceği kişilerin güvenilirlik kontrolü yapılmalıdır. Bu kapsamda bu kişilerin güvenilirliği; görevlendirilecek kişilerin adli sicil kaydı uygun olanlardan seçilmeli ve kimliklerinin doğrulanması gibi yöntemlerle kontrol edilmelidir. Çalışma süresince personelin güvenilirliğine ilişkin kontroller gerekirse gözetim ve yeniden değerlendirmeye tabi tutularak düzenli olarak tekrarlanır. Gerek görülmesi halinde psikolojik testler de yapılarak, çalışanların göreve uygun nitelikte sağlık sorunu olmayan kişiler arasından seçilmesine dikkat edilmelidir.

3.3.4. Erişim yetkisi olmayan kişilerin denetimli alanlara girişlerinde izlenecek prosedürler

Ziyaretçi, stajyer, harici çalışanlar gibi erişim yetkisi olmayan kişilerin denetimli alana girişlerinin, radyoaktif kaynağı kullanma yetkisi olan veya diğer görevli personelin nezaretinde olması sağlanır, giriş-çıkış ve elektronik dozimetre kayıtları tutulur.

3.4. Nükleer Tıp Ünitelerinde Olası Tehlike Durumu veya Acil Durumlar İçin Hazırlanması Gereken Planlar

Tehlike durumu veya acil durumlarda uygulanacak yöntemler belirlenmeli ve çalışan kişiler bu yöntemler hakkında bilgilendirilmelidir. Hazırlanan yöntemler herkes tarafından görülebilecek şekilde bulundurulmalıdır. Aşağıda bu yöntemlere esas teşkil edecek öneriler verilmiştir. Nükleer tıp ünitesinde bu yöntemler, uygulayacak kişilerin yetki ve sorumluluk esaslarını içerecek şekilde hazırlanmalıdır.

3.4.1. Yangın, deprem, patlama gibi acil durumlar

Kurtarma işlemini yapacak olan teknik personel, radyoaktif maddelerin bulunduğu alanlar ve acil durumlarda radyasyonun sebep olabileceği tehlikeler hakkında bilgilendirilmeli ve uyulması gereken hususlar önceden belirlenmelidir. Bu gibi acil durumlarda, derhal lisans sahibi tarafından önceden belirlenecek önlemler alınmalıdır.

Radyoaktif maddeler koruyucu kapların içinde taşınmalıdır. Radyoaktif kaynakların sahipsiz bir şekilde bırakılmaması için taşınan radyoaktif kaynakların Tablo 1'de hazırlanan radyoaktif kaynak envanteri ile karşılaştırılarak varsa eksik radyoaktif kaynak tespit edilip, acil durum sona erdiğinde bulunması sağlanır. Lisans sahibi; kullanımından vazgeçilen/kullanılmayacak tüm radyoaktif kaynakların atık işlemi görmek üzere Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezine teslim edilinceye kadar ki süreçte emniyetini sağlamalıdır.

3.4.2. Sipariş edilen radyoaktif kaynağın gelmemesi

Sipariş edilmiş olan radyoaktif kaynak, belirtilen zamanda veya kabul edilebilir bir zaman geçmiş olmasına rağmen gelmemişse; önce hastanedeki tüm olasılıklar kontrol edilir, sonra ilgili firma aranarak siparişin gelmediği bildirilir, böylece firma radyoaktif kaynağın izini takip ederek, nerede olduğunu bulabilir. Bulunamadığı takdirde ivedilikle TAEK'e haber verilir.

3.4.3. Radyoaktif kaynakların çalınması veya kaybolması

Radyoaktif kaynakların bulunabilmesi için araştırma başlatılmalı ve ivedilikle TAEK'e haber verilerek durum bildirilmelidir. Aranan radyoaktif madde bulunduğunda, taşıma kabının hasar görüp görmediği incelenmeli ve yarılanma süresi göz önünde tutularak, orijinal aktivitenin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir. Kabin zarar görme durumu, aktivite miktarının azalmış olması gibi durumlara karşı inceleme yapılmalı, kullanımının uygun olmadığına karar verilmesi halinde gerekli tedbirler alınarak radyoaktif kaynağın atık işleme görmek üzere işlemleri başlatılmalıdır. Bu süre zarfında emniyeti sağlanmalı ve olaya ilişkin rapor düzenlenerek ivedilikle TAEK'e bildirilmelidir. TAEK yetkilileri tarafından ayrıca bir talimat verilmesi halinde bu doğrultuda gerekli tedbirler alınmalıdır.

3.4.4. Tehlike durumu ve acil durumlarda aranacak TAEK telefonları

TAEK ACİL DURUM BİLDİRİM HATTI	: 444 TAEK (444 8235) arayarak "1"i tuşlayınız.
E-posta	: 444taek@taek.gov.tr
TAEK Başkanlığı	: 0 312 295 89 90, 295 89 89
Santral	: 0 312 295 87 00

KAYNAKÇA

1. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği (24/3/2000, 23999)
2. Radyoaktif Kaynakların Emniyetine İlişkin Usul ve Esaslar (12/6/2018)
3. IAEA, Security of Radioactive Sources, Nuclear Security Series No. 11, 2009, Vienna

EKLER

EK-1 NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYET PLANI FORMATI

NÜKLEER TIPTA KULLANILAN RADYOAKTİF KAYNAKLARIN EMNİYET PLANI FORMATI							
1	Radyoaktif kaynakların envanteri						
	Cinsi	Üretim Aktivitesi	Üretim tarihi	Markası	Modeli	Seri numarası	Kullanım amacı
2	Tehlike durumu ve acil durumlarda kullanılacak radyasyon ölçüm cihazları						
	Cinsi	Markası	Modeli	Seri numarası	Kalibrasyon geçerlilik tarihi		
3	Radyoaktif kaynakların emniyeti için kişilerin görevlendirilmesi						
			Tesis sorumlusu	Radyasyondan korunma sorumlusu			
	Ad-Soyad						
	Mesleği						
	Eğitimi						
	Telefon numarası						
	Tehlike durumu ve acil durumlarda görev alacak kişiler						
	Ad-Soyad		Mesleği	Eğitimi	Telefon numarası		
4	Radyoaktif kaynakların emniyet önlemleri						
4,1	Giriş-çıkışların kontrolü						
4,2	Kapalı devre kamera sistemi ile gözetim						
4,3	Çalışanların gözetilmesi						
4,4	Erişim yetkisi olmayan kişilerin denetimli alanlara girişlerinde izlenecek prosedürler						
5	Nükleer tıp ünitelerinde olası tehlike durumu veya acil durumlar için hazırlanması gereken planlar						
5,1	Yangın, deprem, patlama gibi acil durumlar						
5,2	Sipariş edilen radyoaktif kaynağın gelmemesi						
5,3	Radyoaktif maddenin çalınması veya kaybolması						
5,4	Tehlike durumu ve acil durumlarda aranacak TAEK telefonları						
	TAEK ACİL DURUM BİLDİRİM HATTI			: 444 TAEK (444 8235) arayarak "1"i tuşlayınız.			
	E-posta			: taek@taek.gov.tr			
	TAEK Başkanlığı			: 0 312 295 89 90, 295 89 89			
TAEK Santral			: 0 312 295 87 00				

EK-2 RADYOAKTİF KAYNAKLARIN SINIFLANDIRILMASI

Kategori	Radyoaktif kaynak ^a	A/D ^b
1	Radyoizotop termoelektrik jeneratörleri Işınlayıcılar Teleterapi kaynakları Gama bıçağı kaynakları	$A/D \geq 1000$
2	Endüstriyel gama radyografisi kaynakları Yüksek/orta doz brakiterapi kaynakları	$1000 > A/D \geq 10$
3	Sabit endüstriyel kaynaklar (Yüksek aktivite kaynakları içeren) Kuyu log ölçüm sistemleri	$10 > A/D \geq 1$
4	Düşük doz oranı olan brakiterapi kaynakları (Göz plakları ve daimi implantlar hariç) Sabit endüstriyel kaynaklar (Yüksek aktivite kaynakları içermeyen) Taşınabilir ölçüm cihazları (yoğunluk-nem ölçüm) Kemik yoğunluk ölçüm cihazı Statik eliminatör cihazları Nükleer tıp uygulamalarında kullanılan açık radyoaktif kaynaklar	$1 > A/D \geq 0,01$
5	Düşük doz oranı brakiterapi (Göz plakları ve kalıcı implant kaynakları) X-ışını floresans cihazları (XRF) Elektron yakalama cihazları (ECD) Pozitron emisyon tomografisi (PET) kontrol kaynakları	$0,01 > A/D$ ve $A > \text{muafiyet değerleri}^c$

a) A radyonüklitin aktivitesidir ve D radyonüklitin tehlikeli olarak kabul edilen aktivitesidir. D değerleri ek-3'te verilmiştir. Sınıflandırmada aktivite oranının dışındaki diğer faktörler de göz önüne alınmıştır.

b) Sınıflandırma A/D değerine göre yapılmıştır.

c) Muafiyet sınırları Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde belirtilmektedir.

EK-3 RADYONÜKLİTLERİN D-DEĞERİ

Radyonüklit	D-değeri (TBq)	Radyonüklit	D-değeri (TBq)
Amerisyum-241 (Am-241)	6×10^{-2}	Molibden-99 (Mo-99)	3×10^{-1}
Amerisyum 241/Berilyum (Am-241/Be)	6×10^{-3}	Nikel-63 (Ni-63)	6×10^1
Altın-198 (Au-198)	2×10^{-1}	Fosfor-32 (P-32)	1×10^1
Kadmiyum-109 (Cd-109)	2×10^1	Paladyum-103 (Pd-103)	9×10^1
Kaliforniyum-252 (Cf-252)	2×10^{-2}	Prometyum-147 (Pm-147)	4×10^1
Küryum-244 (Cm-244)	5×10^{-2}	Polonyum-210 (Po-210)	6×10^{-2}
Kobalt-57 (Co-57)	7×10^{-1}	Plütonyum-238 (Pu-238)	6×10^{-2}
Kobalt-60 (Co-60)	3×10^{-2}	Plütonyum-239/Berilyum (Pu-239/Be)	6×10^{-2}
Sezyum-137 (Cs-137)	1×10^{-1}	Radyum-226 (Ra-226)	4×10^{-2}
Demir-55 (Fe-55)	8×10^2	Rutenyum-106/Rodyum-106 (Ru-106/Rh-106)	3×10^{-1}
Gadolonyum-153 (Gd-153)	1×10^0	Selenyum-75 (Se-75)	2×10^{-1}
Germanyum-68 (Ge-68)	7×10^{-2}	Stronsiyum-90/Yitriyum-90 (Sr-90/Y-90)	1×10^0
Tritiyum (H-3)	2×10^3	Teknesyum-99m (Tc-99m)	7×10^{-1}
İyot-125 (I-125)	2×10^{-1}	Talyum-204 (Tl-204)	2×10^1
İyot-131 (I-131)	2×10^{-1}	Tulyum-170 (Tm-170)	2×10^1
İridiyum-192 (Ir-192)	8×10^{-2}	Ytterbiyum-169 (Yb-169)	3×10^{-1}
Kripton-85 (Kr-85)	3×10^1		