

Türkiye'de Radyasyon Kaynakları 2015



Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

Mustafa Kemal Mah. Dumlupınar Bulvarı
No:192 06510 Çankaya/ANKARA

444TAEK(444 82 35)

0312 295 87 00

www.taek.gov.tr

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ	i
TABLolar DİZİNİ	ii
ÖZET / SUMMARY	iii
1. GİRİŞ.....	1
2. RADYASYON KAYNAKLARI.....	2
2.1 Tıbbi Radyoloji Cihazları	3
2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyoloji Cihazları	7
2.3 Radyoterapide Kullanılan Kaynaklar	9
2.4 Nükleer Tıp Uygulamaları	11
2.5 Endüstriyel Radyografi/Radyoskopi Cihazları	13
2.6 Nükleer Ölçüm Cihazları.....	14
2.7 Taşınabilir Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları.....	15
2.8 Işınlama Tesisleri / Cihazları.....	16
2.9 Güvenlik Amaçlı Kullanılan Cihazlar	17
3. RADYASYON KAYNAKLARINA İLİŞKİN YETKİLENDİRME VE DENETİM FAALİYETLERİ	18
4. SONUÇ.....	22



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Tıbbi radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı.....	3
Şekil 2.	Tıbbi grafi ve skopi cihazlarının illere göre dağılımı	4
Şekil 3.	Anjiyografi cihazlarının illere göre dağılımı	5
Şekil 4.	Bilgisayarlı tomografi cihazlarının illere göre dağılımı	5
Şekil 5.	Mamografi cihazlarının illere göre dağılımı.....	6
Şekil 6.	Kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının illere göre dağılımı.....	6
Şekil 7.	Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı	7
Şekil 8.	Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının illere göre dağılımı.....	8
Şekil 9.	Radyoterapi cihazlarının türlerine göre dağılımı	9
Şekil 10.	Radyoterapi cihazlarının illere göre dağılımı.....	10
Şekil 11.	Nükleer tıp cihazlarının türlerine göre dağılımı.....	11
Şekil 12.	Nükleer tıp cihazlarının illere göre dağılımı	12
Şekil 13.	I-131 tedavi merkezlerinin illere göre dağılımı	12
Şekil 14.	Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı	13
Şekil 15.	Nükleer ölçüm cihazlarının illere göre dağılımı	14
Şekil 16.	Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı	15
Şekil 17.	Kan ışınlama cihazlarının illere göre dağılımı.....	16
Şekil 18.	Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı.....	17
Şekil 19.	Lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı	18
Şekil 20.	İzinlerin türlerine göre dağılımı.....	19
Şekil 21.	İthal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri	19
Şekil 22.	İthal izni düzenlenen tıbbi amaçlı kapalı kaynaklar	20
Şekil 23.	İthal izni düzenlenen endüstriyel amaçlı kapalı kaynaklar	20
Şekil 24.	İthal izni düzenlenen açık kaynaklar ve aktiviteleri	20
Şekil 25.	Denetimi yapılan kuruluşların uygulama alanına göre dağılımı	21

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Tıbbi radyoloji cihazları.....	3
Tablo 2. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazları	7
Tablo 3. Radyoterapi cihazları	9
Tablo 4. Nükleer tıp cihazları.....	11



ÖZET / SUMMARY

Bu dokümanda, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu kayıtlarında yer alan radyasyon kaynaklarının 2015 yılı sonu itibarıyla ülke genelindeki dağılımları ile 2015 yılı içerisinde gerçekleştirilen yetkilendirme ve denetleme faaliyetlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu kayıtlarına göre, 2015 yılı sonu itibarıyla ülke genelinde toplam 20570 kuruluştaki X-ışını cihazları, kapalı ve açık radyoaktif maddeler ile kapalı radyoaktif madde bulunduran cihazlar kullanılmaktadır.

Bu kayıtlara göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde 14951 adet tıbbi radyoloji cihazı ve 9093 adet diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazı ile radyoterapide kullanılan 364 adet cihaz bulunmaktadır. Ayrıca, açık kaynakların kullanıldığı nükleer tıp laboratuvarlarında 512 adet cihaz ve FDG (florodeoksizükroz) üretimini yapan 16 üretim tesisi bulunmaktadır.

Öte yandan 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde toplam 699 adet endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazı, 3427 adet sabit nükleer ölçüm cihazı ile 232 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı bulunmaktadır. Ayrıca güvenlik amacıyla kullanılan 3669 adet paket kontrol cihazı ve 38 adet araç tarama sistemi bulunmaktadır. Gıda, tıbbi malzemeler ve diğer ürünlerin radyasyon ile ışınlanması amacıyla çalışmakta olan 4 ışınlama tesisi mevcuttur.

Ayrıca 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde radyasyon kaynaklarının imalat veya bakım ve onarımı için 20 adet, radyoaktif maddelerin ithalat, ihracat ve taşınması için 71 adet, kullanılmayacak kapalı radyoaktif kaynakların sökülmesi ve taşınmasına yönelik yetkilendirilmiş 14 adet kuruluş mevcuttur.

Diğer taraftan, sürdürülmekte olan yetkilendirme ve denetim faaliyetleri kapsamında 2015 yılı içerisinde yetkilendirmeye ilişkin 8057 işlem gerçekleştirilmiş, 4297 kuruluştaki 8265 radyasyon kaynağını kapsamak üzere radyasyon güvenliği denetimi ve radyasyon kontrolü faaliyeti yürütülmüştür.

In this document, the information on the nationwide distribution of the registered radiation sources placed in Turkish Atomic Energy Authority's archive as of the end of 2015 and authorization and inspection activities carried out in 2015 are presented.

According to Turkish Atomic Energy Authority's archive, as of the end of 2015; the number of installations using X-ray devices, sealed and unsealed radioactive sources and equipment which include radioactive sources is 20570.

According to the above mentioned archive, 14951 diagnostic and interventional radiology units in medicine, 9093 diagnostic radiology units in dentistry, and 364 radiotherapy equipment include radioactive sources or X-ray generators are in use as of the end of 2015. There are also 512 devices in nuclear medicine laboratories using unsealed radioactive sources and 16 FDG (fluorodeoxyglucose) production facilities in the country.

On the other hand, 699 industrial radiography/radioscopy units, 3427 sited nuclear gauges and 232 mobile density and moisture gauges are being used in the country as of the end of 2015. Also, there are 3669 X-ray devices for package control and 38 vehicle screening devices for the security purposes. The number of irradiation facilities which are used for irradiation of food, feed, medical devices and other goods is 4.

Besides, as of the end of 2015, 20 services are authorized for maintaining or manufacturing of radiation sources, 71 services are authorized for import, export and transport of radioactive sources, and 14 services are authorized for dismantling and transport of radioactive sources which are out of use.

As part of authorization and inspection activities, 8057 authorization procedures and radiation monitoring and inspection of 8265 radiation sources in 4297 installations have been carried out in 2015.

1 GİRİŞ

Radyasyon temel olarak iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan olarak iki sınıfa ayrılabilir. İyonlaştırıcı radyasyon, madde içerisinde geçerken enerjisini ortama aktarmak suretiyle ortamdaki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla etkileyerek iyon çiftleri oluşturabilen X-ışınları ve gama ışınları ile alfa parçacıkları, beta parçacıkları, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi parçacıklardır.

Canlıların doğal kaynaklardan meydana gelen iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaları kaçınılmaz bir süreç olup, canlılığın ortaya çıkmasıyla birlikte başlamıştır. Doğal radyasyon ışınlamasının iki önemli kaynağı bulunmaktadır. Bunlar dünya atmosferine giren yüksek enerjili kozmik ışınlar ve parçacıklar ile yer kabuğu kökenli olup, çevremizde her yerde hatta insan vücudunda bile bulunan radyoaktif maddelerdir.

Doğal radyoaktif maddelerin yanı sıra, X-ışınları ve radyoaktivitenin 19. yy sonlarında keşfedilmesinden bu yana radyasyonun ve radyoaktif maddelerin yapay olarak elde edilmesi de başarılmış, radyasyon ve radyoaktif maddeler, cihaz ve donanım

teknolojisi geliştirilerek çok farklı uygulama alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Radyasyon uygulamaları, iyonlaştırıcı radyasyonun bilinçli ve kontrollü olarak kullanıldığı yasal düzenlemelere tabi faaliyetlerdir. Bu düzenlemeler; mesleki, tıbbi ve toplum ışınlamalarına karşı radyasyondan korunmanın ve radyoaktif kaynakların güvenliğinin sağlanmasına ilişkin kural ve standartları kapsar, radyasyonun güvenli kullanımına yönelik bilimsel, teknik ve idari gereklilikleri belirler.

Bu doğrultuda, 2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu gereğince iyonlaştırıcı radyasyonun ve radyoaktif maddelerin güvenli kullanımına ilişkin düzenleme, yetkilendirme ve denetleme faaliyetleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi tarafından sürdürülmektedir.

Bu raporda, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu kayıtlarında yer alan radyasyon kaynaklarının 2015 yılı sonu itibarıyla ülke genelindeki dağılımları verilerek, 2015 yılı içinde gerçekleştirilmiş yetkilendirme ve denetim faaliyetleri özetlenmiştir.



2 RADYASYON KAYNAKLARI

X-ışınlarının ve radyoaktivitenin keşfedilmesinden bu yana radyasyon ve radyoaktif maddeler yaşıntımızda birçok farklı alanda giderek artan sayı ve çeşitlilikte kullanılmaktadır. X-ışınları, keşfedilmesinden sonraki altı ay içerisinde, ilk kez tıpta teşhis amacıyla kullanılmaya başlanmış; o zamandan beri radyasyonun ve radyoaktif maddelerin yapay olarak elde edilmesinin yolları bulunmuş ve çok farklı uygulama alanları geliştirilmiştir.

Günümüzde X-ışını cihazları ile kapalı ve açık radyoaktif kaynaklar endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

► **X-ışını Cihazları:** X-ışınları, havası boşaltılmış bir tüp içinde yüksek hızlı elektronların metal bir hedefe çarptırılmasıyla elde edilir. X-ışını cihazları; tıpta, radyoloji ve radyoterapi bölümleri ağırlıklı olmak üzere ameliyathaneler ve ortopedi, kardioloji gibi çeşitli kliniklerde, diş hekimliğinde ve veterinerlikte teşhis ve tedavi amaçlarıyla kullanılırlar. Endüstriyel radyografi ve

nükleer ölçüm sistemlerinin bazı modelleri ile paket, bagaj ve araçların güvenlik amaçlı taramalarında da X-ışınları kullanılmaktadır.

► **Kapalı Kaynaklar:** Normal kullanım ve olası kaza koşullarında sızdırmazlığı sağlamak üzere bir kapsül içerisine kapatılmış ya da kaplama malzemesi ile kaplanmış katı halde bulunan radyoaktif maddeler kapalı kaynak olarak adlandırılırlar. Radyoterapide kullanılan teleterapi cihazlarında bulunan yüksek aktiviteli kapalı kaynaklardan çeşitli cihazların kalibrasyonlarında kullanılan küçük miktarlardaki kaynaklara kadar çok farklı cins ve biçimde tıpta ve endüstride kontrollü şekilde kullanılmaktadırlar.

► **Açık Kaynaklar:** Kapalı kaynak formunda olmayan katı, sıvı, gaz veya toz halindeki her türlü radyoaktif madde açık kaynak olarak kabul edilmektedir. Açık kaynaklar, nükleer tıp ve bazı radyoterapi bölümlerinde teşhis ve tedavide, kan örneklerinin analizlerinde, araştırma amaçlı çalışmalarda kullanılırlar.

2.1 Tıbbi Radyoloji Cihazları

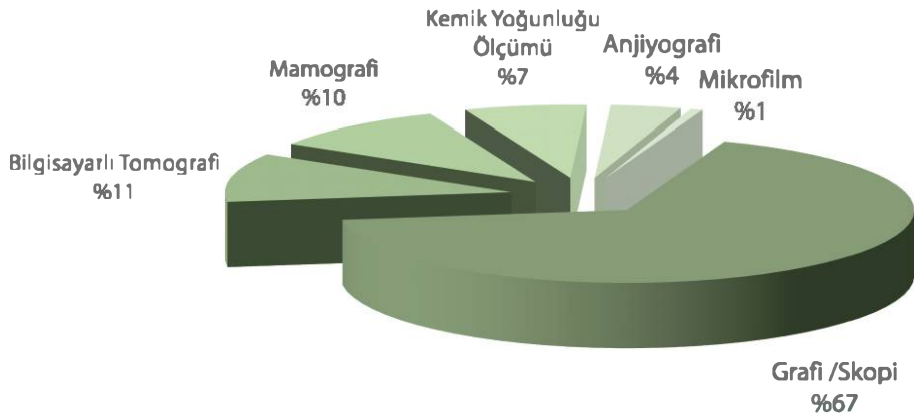
film üzerine düşürülerek (grafi) veya görüntü şiddetlendirici vasıtasıyla bir monitöre aktararak (skopi) görüntü elde edilmesi prensibiyle çalışır. Yeni gelişen teknolojiler ve bilgisayar yardımıyla sayısal görüntüleme yapan sistemler dijital radyoloji olarak adlandırılır.

Radyoloji cihazları X-ışınlarının hastada farklı doku yoğunluklarına göre farklı şekilde soğurulması sonucu hastadan geçen ışınların radyografik

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde kullanımda olan tıbbi radyoloji cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Tıbbi radyoloji cihazları

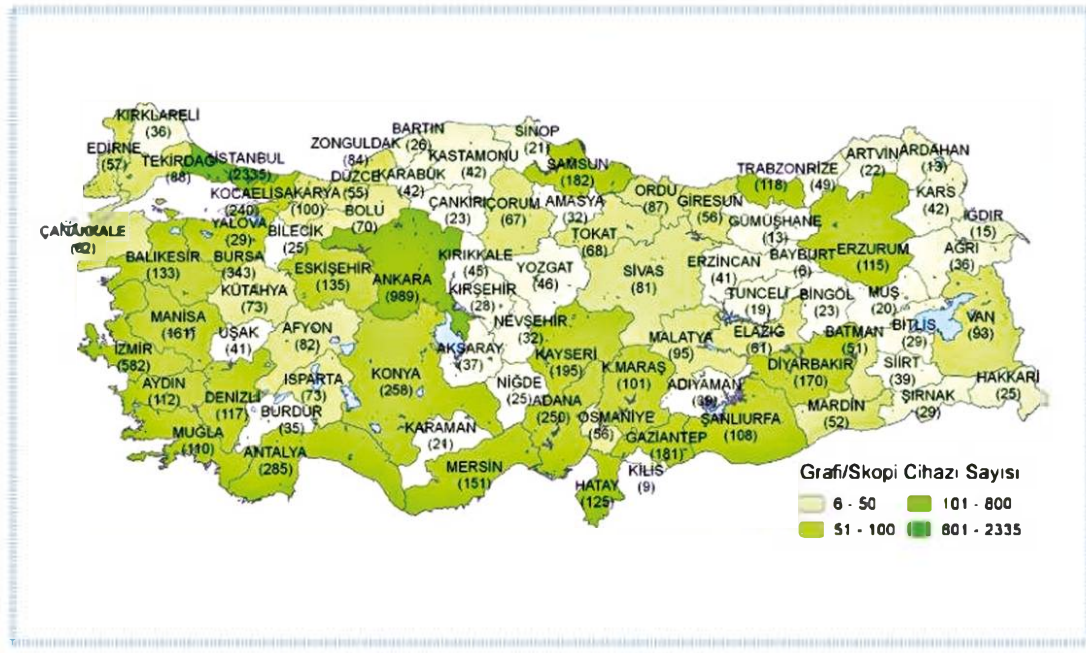
Grafi/Skopi	Anjiyografi	Bilgisayarlı Tomografi	Mamografi	Kemik Yoğunluğu Ölçümü	Mikrofilm	TOPLAM
10062	592	1623	1540	1031	103	14951



Şekil 1. Tıbbi radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı

Ülkemizde kullanılan tıbbi grafi ve skopi cihazlarının dağılımı Şekil 2'de, insan vücudundaki tüm damarların, içlerine yüksek yoğunlukta bir madde verilerek graflerinin çekilmesi amacıyla kullanılmakta olan anjiyografi cihazlarının dağılımı da Şekil 3'te verilmektedir. Değişik açılardan gelen X-ışınlarının bilgisayar yardımıyla değerlendirilmesiyle dokuların kesitler hâlinde görüntülerinin elde edilmesini sağlayan bilgisayarlı tomografi

cihazlarının dağılımı Şekil 4'te, yumuşak dokularda muayene ile saptanamayacak kadar küçük anormalliklerin tespit edilmesi amacı ile düşük dozda X-ışını üreterek çalışan mamografi cihazlarının dağılımı Şekil 5'te, kemik kütlesindeki kayıp oranını değerlendirmede kullanılan kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının dağılımı Şekil 6'da verilmektedir.



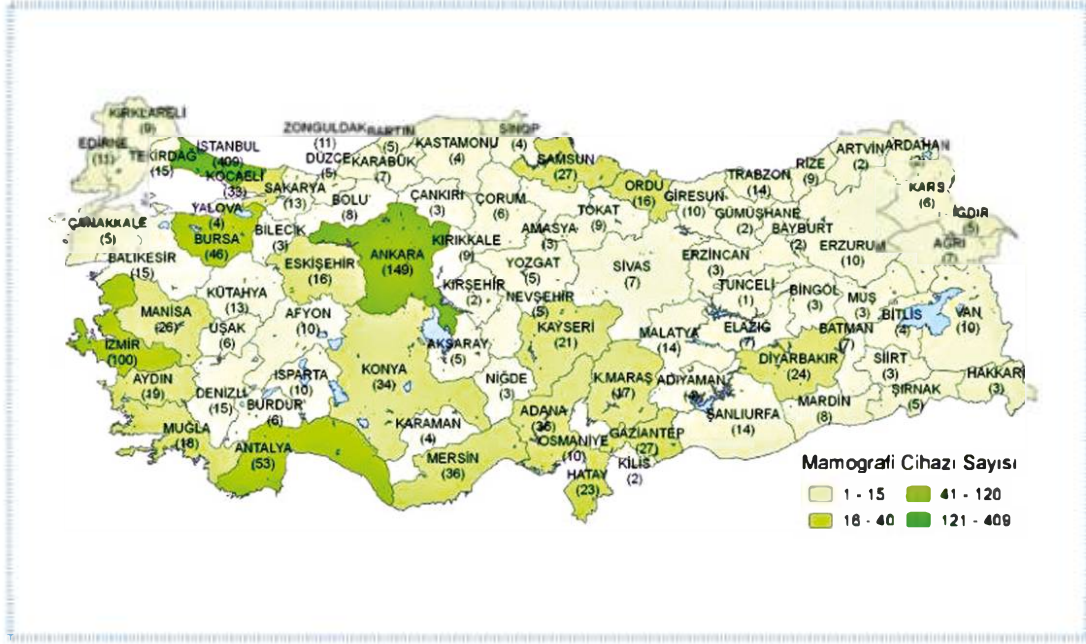
Şekil 2. Tıbbi grafi ve skopi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 3. Anjiyografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 4. Bilgisayarlı tomografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 5. Mamografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 6. Kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının illere göre dağılımı

2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyoloji Cihazları

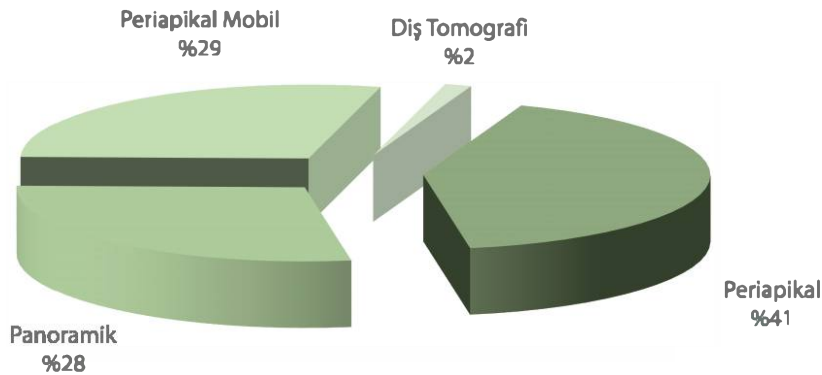
Diş hekimliğinde görüntüleme amaçlı olarak panoramik ve periapikal cihazlar ile volumetrik diş tomografi cihazları kullanılmaktadır.

radyoloji cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 2 ve Şekil 7'de verilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının ülke genelindeki dağılımı Şekil 8'de verilmektedir.

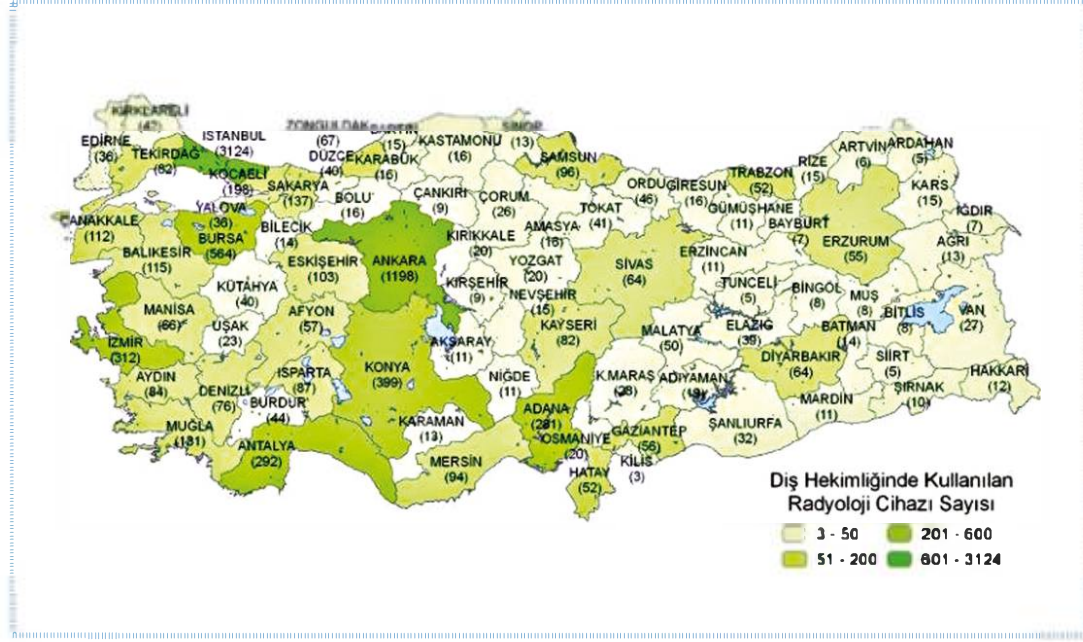
TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde diş hekimliğinde kullanımda olan

Tablo 2. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazları

Periapikal	Periapikal Mobil	Panoramik	Diş Tomografi	TOPLAM
3805	2611	2540	137	9093



Şekil 7. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı



Şekil 8. Dış hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının illere göre dağılımı

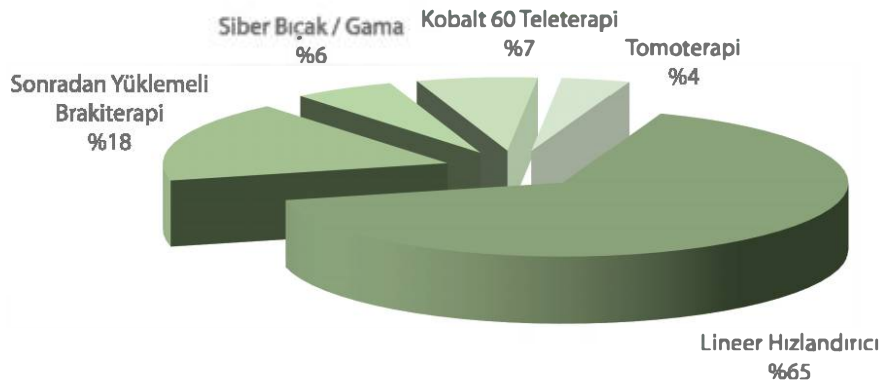
2.3 Radyoterapide Kullanılan Kaynaklar

Radyasyon kaynakları çeşitli biçimlerde radyasyon onkolojisi (radyoterapi) bölümlerinde hastaların tümör tedavilerinde kullanılır. Hastadan yaklaşık bir metre mesafedeki bir kaynaktan yayınlanan radyasyon demetleri kullanılarak yapılan tedaviye teleterapi yani uzaktan tedavi denir. En çok kullanılan teleterapi cihazları radyoaktif kobalt kaynağı içeren cihazlar ile lineer hızlandırıcılardır. Ayrıca son kuşak lineer hızlandırıcılar ile yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT) ve stereotaktik cerrahi yapılabilir. IMRT ile tedavi alanlarındaki radyasyonun yoğunluğu

ayarlanarak istenen doz dağılımı elde edilebilir yani tümöre yüksek dozlar uygulanırken, sağlıklı dokular maksimum oranda korunabilir. Stereotaktik cerrahi teknolojisi ile milimetrik düzeydeki çok küçük tümörlere noktasal ışınlama yapılabilir. Bu yöntem için ilk olarak tümü bir odaksal nokta üzerine yönlendirilmiş çok sayıda sabit kobalt-60 kaynağı içeren gama bıçağı (gama-knife) geliştirilmiştir. Son olarak radyo cerrahi tedaviler için robot kollu lineer hızlandırıcı siber bıçaklar (cyber-knife) ön plana çıkmıştır.

Tablo 3. Radyoterapi cihazları

Kobalt-60 Teleterapi	Lineer Hızlandırıcı	Sonradan Yükleli Brakiterapi	Siber Bıçak	Gama Bıçağı	Tomoterapi	TOPLAM
25	239	65	12	9	14	364



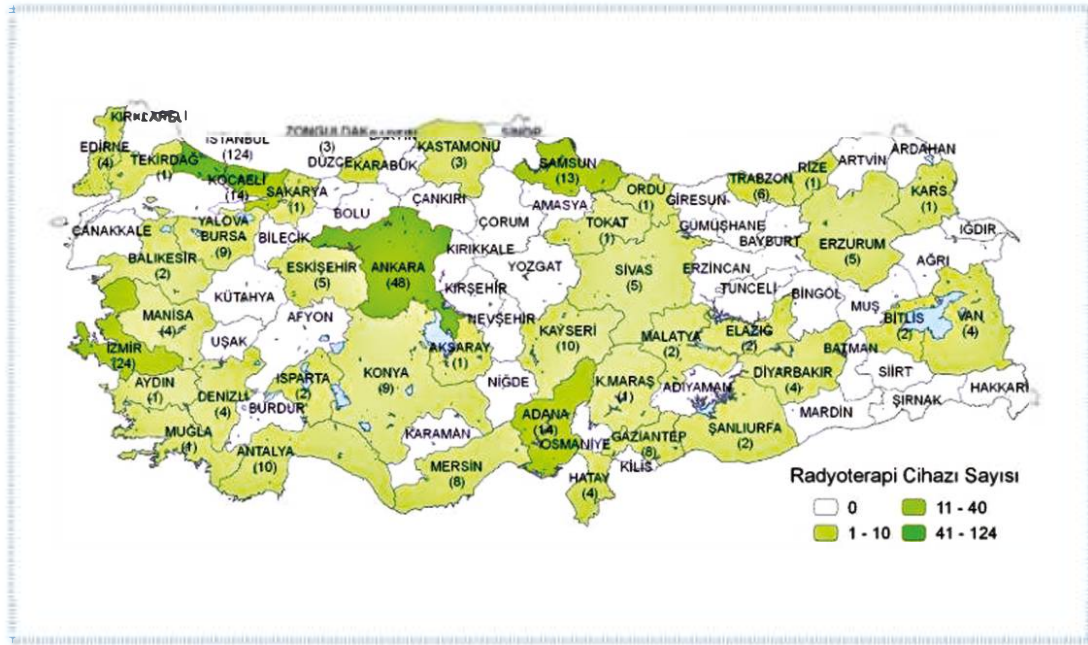
Şekil 9. Radyoterapi cihazlarının türlerine göre dağılımı



Radyasyonun kanser hücrelerine bir mesafeden değil de doğrudan kanser dokusunun içine veya çevresine verilmesi ile yapılan tedaviye ise brakiterapi yani yakın mesafeden tedavi denir. Bu yöntemde radyoaktif kaynaklar özel aplikatörlerle veya doğrudan iğne, tel, çekirdek şeklinde doku içerisine yerleştirilebilir. Brakiterapi uygulamaları sonradan kaynak yükleyen cihazlar ile yapılabilirdiği gibi herhangi bir cihaza gereksinim duymadan radyoaktif maddelerin doğrudan hastaya yerleştirilmesi (manuel brakiterapi) şeklinde de yapılabilmektedir.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde kullanımda olan radyoterapi cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 3 ve Şekil 9'da, illere göre dağılımı Şekil 10'da verilmektedir.

Ayrıca, TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizdeki radyoterapi merkezlerinde, simülasyon amaçlı olarak, 79'u tomografi olmak üzere 122 adet radyoloji cihazı kullanılmaktadır.



2.4 Nükleer Tıp Uygulamaları

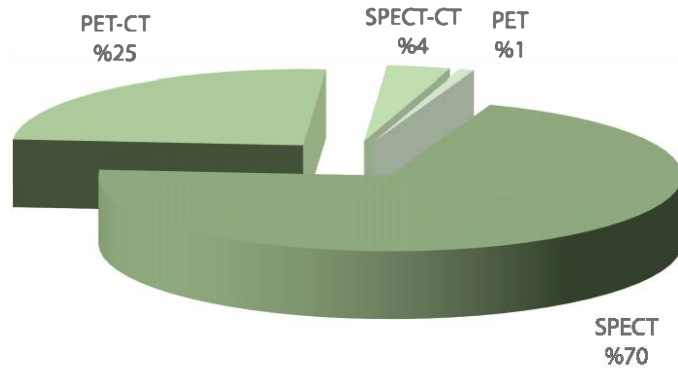
Nükleer tıp, radyofarmasötik kullanılarak in-vivo ve in-vitro yöntemlerle hastalıkların tanı ve tedavisinin yapıldığı bir yöntemdir. In-vitro uygulamalar, canlıdan alınan kan, idrar gibi biyolojik örneklerin radyoaktif maddelerle işaretlenerek incelenmesini; in-vivo uygulamalar ise radyoaktif kaynakların ağız, solunum veya damar yoluyla hastaya verilmesini takiben çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılarak incelenmesini ifade eder. Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif maddeler, hastaya genellikle sıvı halde teşhis amacıyla enjeksiyon yolu ile, tedavi amacıyla ise daha çok ağızdan verilir. Tanısal çalışmalarda en çok kullanılan radyoizotoplar başlıca Tc-99m ve F-18 olmak üzere I-131, I-125, Tl-201, Ga-67 ve In-111'dir.

Görüntüleme sistemleri tetkik edilecek organa göre seçilen radyofarmasötiğin radyoaktif bir izotop ile kimyasal olarak bağlanarak hastaya verilmesi ve kaynak haline gelen organdan çıkan ışınların algılanması prensibi ile çalışır. Radyofarmasötiğin normal yapıdaki bir organdaki tutulum mekanizması belli olduğundan elde edilen görüntüden organın şekli, büyüklüğü ve fonksiyonları ile ilgili önemli bilgiler elde edilir. Genel olarak, nükleer tıp görüntüleme sistemleri; tomografik tek foton görüntüleme (SPECT) ve pozitron emisyonu tomografisi (PET) olarak ayrılır.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde nükleer tıp laboratuvarlarında yaygın olarak kullanımda olan nükleer tıp cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 4 ve Şekil 11'de, illere göre dağılımı Şekil 12'de verilmektedir.

Tablo 4. Nükleer tıp cihazları

SPECT	SPECT-CT	PET	PET-CT	TOPLAM
362	18	4	128	512



Şekil 11. Nükleer tıp cihazlarının türlerine göre dağılımı



Ülkemizde PET ve PET/CT görüntülemesinde kullanılan FDG (florodeoksizglikoz) radyofarmasötikinin üretimini yapan; Kocaeli'de 5,

İstanbul'da 3, Ankara'da 3, İzmir'de 2 ve Antalya, Adana ve Malatya'da 1'er olmak üzere toplamda 16 adet üretim tesisi bulunmaktadır.



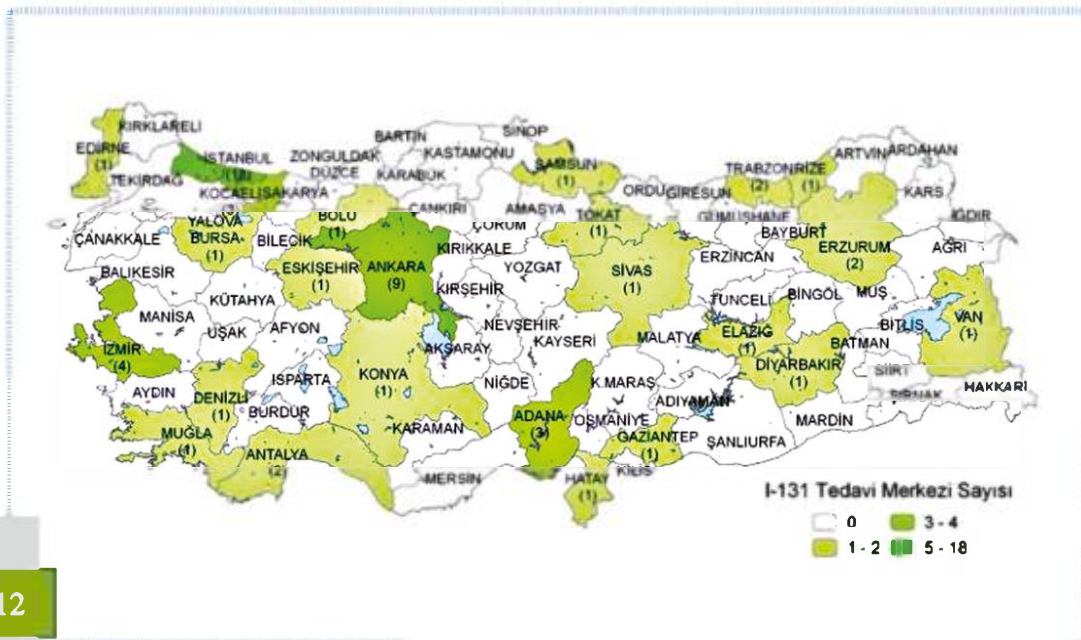
Şekil 12. Nükleer tıp cihazlarının illere göre dağılımı

Bazı nükleer tıp kliniklerinde tiroit tümör ve hastalıklarını tedavi etmek amacıyla daha yüksek dozlarda I-131 uygulamaları yapılır.

Tedavi amaçlı olarak radyoaktif madde verilen hastaların vücutlarındaki aktivitenin izin verilen sınırın altına indirilebilmesi amacıyla belirli bir

süre için özel koşullarda hazırlanmış hasta odalarında tutulması gerekir. Şekil 13'te yataklı I-131 tedavisi uygulanan toplam 59 merkezin Türkiye genelinde dağılımı verilmektedir.

Ülkemizde ayrıca I-125 ile RIA çalışması yapan 37 laboratuvar bulunmaktadır.



Şekil 13. I-131 tedavi merkezlerinin illere göre dağılımı

2.5 Endüstriyel Radyografi/Radyoskopi Cihazları

Radyografi tekniği, iyonlaştırıcı radyasyon kullanılarak malzemelerdeki hataların tahribatsız olarak tespit edilmesi esasına dayanır. Radyasyon kaynağı olarak X-ışını tüpleri veya gama ışınları yayan radyoizotoplar kullanılır.

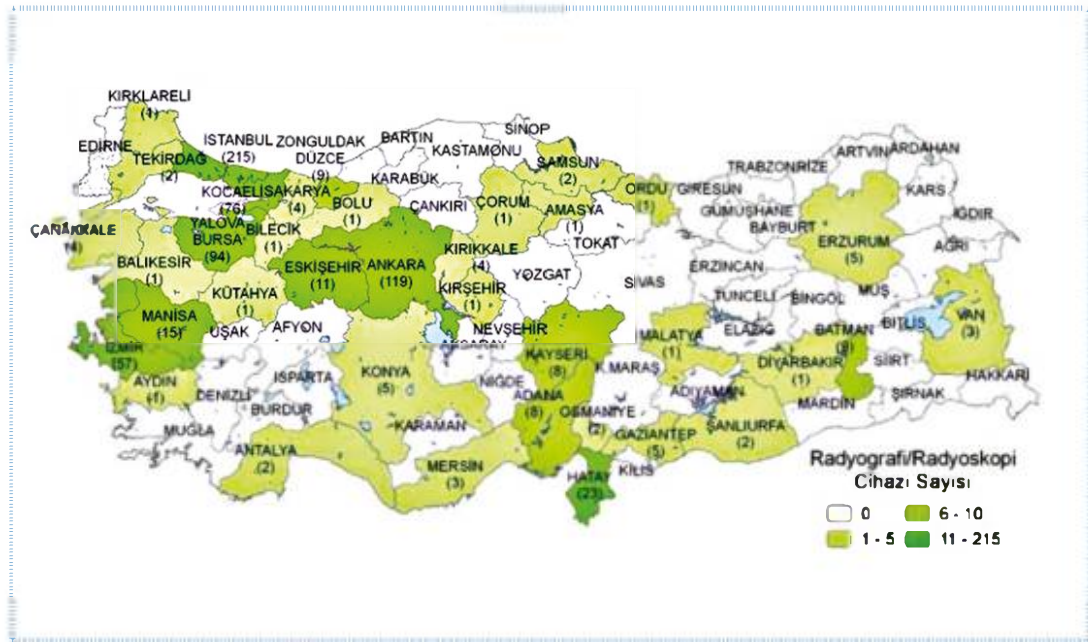
Bu teknikte radyasyon kaynağından çıkan ışınlar malzeme içinden geçtikten sonra, malzeme üzerine yerleştirilen bir film üzerine düşürülür. Malzemede bulunabilecek hatalar, yoğunluk farkı nedeniyle film üzerinde farklı kararmalar oluşmasına neden olur. X-ışını ile yapılan çalışmalar X-

ışını grafi, gama ışınları ile yapılan çalışmalar ise gamagrafi olarak, her ikisi birden ise radyografi olarak adlandırılır. Gamagrafide yaygın olarak kullanılan kaynak 192'dir.

Radyografi cihazları özellikle boruların, basınçlı kazanların, uçak kanatlarının ve her türlü makine aksamalarının kaynak dikişlerinin, malzeme hata ve aşınmalarını tespit etmekte kullanılır.

Radyasyonun malzemeden geçerek görüntünün film yerine monitörden alınması ise radyoskopi olarak adlandırılır. Bu teknik özellikle jant, lastik, elektronik kart gibi malzemelerin yapısındaki hataların izlenmesinde yaygın olarak kullanılır.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde toplam 699 endüstriyel radyografi/ radyoskopi cihazı kullanılmakta olup cihazların, bu cihazlara sahip kuruluşların bulunduğu illere göre dağılımları Şekil 14'te verilmektedir.





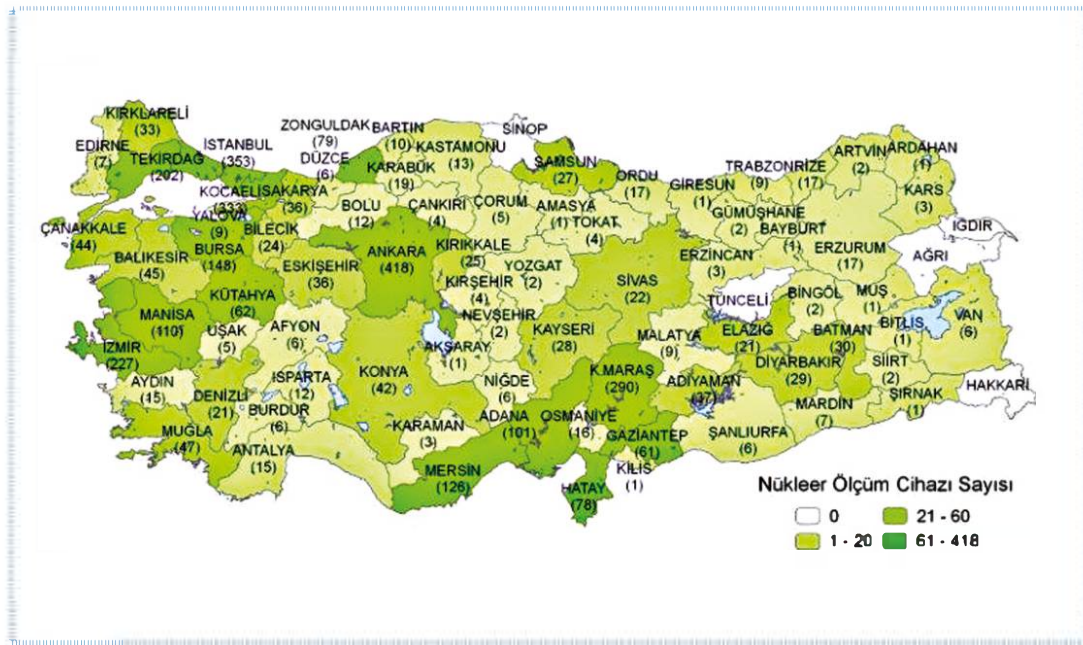
2.6 Nükleer Ölçüm Cihazları

Demir, çelik, lastik, kağıt, plastik, çimento, şeker gibi birçok sanayi ürününün üretim aşamasındaki kalınlık, seviye, nem, yoğunluk gibi ölçümler radyasyondan yararlanılarak yapılmaktadır. Bu ölçümlerde genellikle X-ışınları ve Cs-137, Sr-90, Kr-85, Co-60, Am-241, Am-241/Be, Cf-252 gibi radyoaktif maddeler kullanılmaktadır.

Kalınlık, seviye, nem ve yoğunluk ölçümü, malzemenin içerisinden geçen radyasyon şiddetinin zayıflaması esasına dayanmaktadır.

Ayrıca cevher ve mamul maddelerde hassas içerik analizleri de radyasyon kaynakları (X-ışını, Fe-55, Cd-109) kullanılarak yapılmaktadır.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde çeşitli amaçlarla kullanılan 3427 adet sabit nükleer ölçüm cihazı bulunmaktadır. Bunlardan 756'sı X-ışınlı ve 192'si radyoaktif kaynaklı olmak üzere toplam 948 adedi çeşitli laboratuvarlarda kullanılmakta olan analiz cihazlarıdır. Şekil 15'te nükleer ölçüm cihazlarının illere göre dağılımı verilmektedir.



Şekil 15. Nükleer ölçüm cihazlarının illere göre dağılımı

2.7 Taşınabilir Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları

Havaalanı pisti ve yol yapımı gibi çalışmalarda zemin malzemesinin nem ve yoğunluk ölçümleri taşınabilir (mobil) radyasyon kaynaklarından yararlanılarak yapılmaktadır. En yaygın kullanılan radyasyon kaynakları Cs-137, Cf-252 ve Am-241/Be'dir.

Akarsularda debi ölçümü, barajlarda su kaçaklarının tespiti, yeraltı sularının hareketlerinin takibi gibi diğer endüstriyel uygulamalar radyasyon sayesinde hem daha ucuz hem de daha kolay bir

şekilde yapılmaktadır. Petrol aramalarında belirli derinliklerdeki nem ve yoğunluk ölçümünde de radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır.

Bu cihazlarda dedektör, malzeme ile etkileşim sonucu geri saçılan ikincil radyasyon miktarını ölçerek malzemenin yoğunluğunu tespit eder. Nötron kaynağı kullanıldığında geri saçılan radyasyon şiddeti malzemede ne kadar hidrojen atomunun bulunduğunu gösterir. Böylece malzemenin içindeki su/nem miktarı tespit edilir.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla ülkemizde 232 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlara sahip kuruluşların illere göre dağılımı Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 16. Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı

TAEK kayıtlarında 2015 yılı sonu itibarıyla, hastanelerde kan değişimi yapılacak hastalara verilecek kanların ışınlanarak steril edilmesi için kullanılan ve Türkiye genelindeki dağılımları Şekil 17’de verilen toplam 46 adet kan ışınlama cihazı bulunmaktadır. Bunların dışında termolüminesans dozimetrelerin ve çeşitli malzemelerin ışınlanmasında kullanılan 17 adet ışınlama cihazı bulunmaktadır.



2.9 Güvenlik Amaçlı Kullanılan Cihazlar

Paket kontrol cihazlarında X-ışını kaynağı bulunmaktadır. Sınır kapılarında insan ve malzeme kaçakçılığının önlenmesi amacıyla tır, kamyon gibi yük taşıma araçlarının içerisinde görüntülenmesinde ise lineer hızlandırıcılar veya kobalt-60 kaynakları kullanılmaktadır.

Havaalanı, kargo, gümrük, liman, alışveriş merkezleri gibi yerlerde güvenlik amacı ile araç, çanta, bagaj ve paketlerin içlerinin görüntülenmesinde radyasyon kaynakları kullanılmaktadır.

TAEK kayıtlarına göre 2015 yılı sonu itibarıyla, ülkemizde 3669 adet paket kontrol cihazı ve 38 adet araç tarama sistemi bulunmaktadır. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımları Şekil 18'de verilmektedir.



Şekil 18. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı



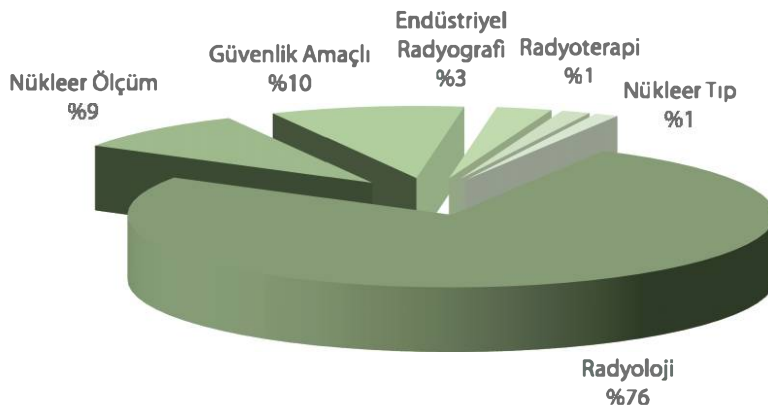
3 RADYASYON KAYNAKLARINA İLİŞKİN YETKİLENDİRME VE DENETİM FAALİYETLERİ

Radyasyon Güvenliği Tüzüğü ve 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 TAEK'ten lisans alınması zorunludur.

Faaliyetleri yürütecek kişiler, lisans almak için TAEK tarafından belirlenen radyasyon uygulamasına özgü olarak istenen bilgi ve belgelerle birlikte başvuruda bulunur. Radyasyon uygulamasına

ilişkin lisans başvurusunun ve yerinde yapılan radyasyon kontrolünün uygun bulunması halinde lisans belgesi düzenlenir. Düzenlenen lisans belgesi 5 yıl geçerlidir.

2015 yılında, radyasyon kaynakları ile sürdürülen uygulama ve faaliyetleri yürüten kişilerin lisanslanmasına ilişkin faaliyetler kapsamında 8057 işlem gerçekleştirilmiştir. Verilen lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı Şekil 19'da verilmektedir.



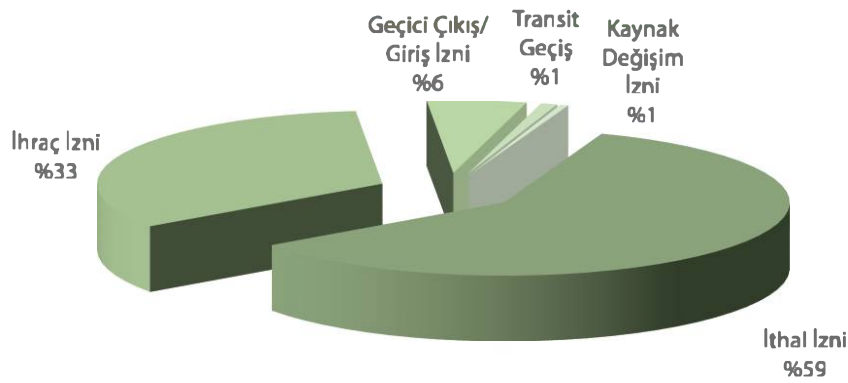
Şekil 19. Lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı

Radyasyon Güvenliği Tüzüğü ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği hükümleri gereğince radyoaktif kaynakların ithali, ihracı ve taşınması için lisans almış kişi ve kuruluşlar, ayrıca her ithal, ihrac ve taşıma için de izin almakla yükümlüdür.

Bu çerçevede radyoaktif kaynakların güvenliğinin ve emniyetinin sağlanması amacıyla kaynak

hareketlerinin takibi için radyoaktif kaynak ve kaynak içeren cihazlara ithal, ihrac, taşıma, transit geçiş, geçici giriş çıkış ve kaynak değişim izinleri düzenlenmektedir.

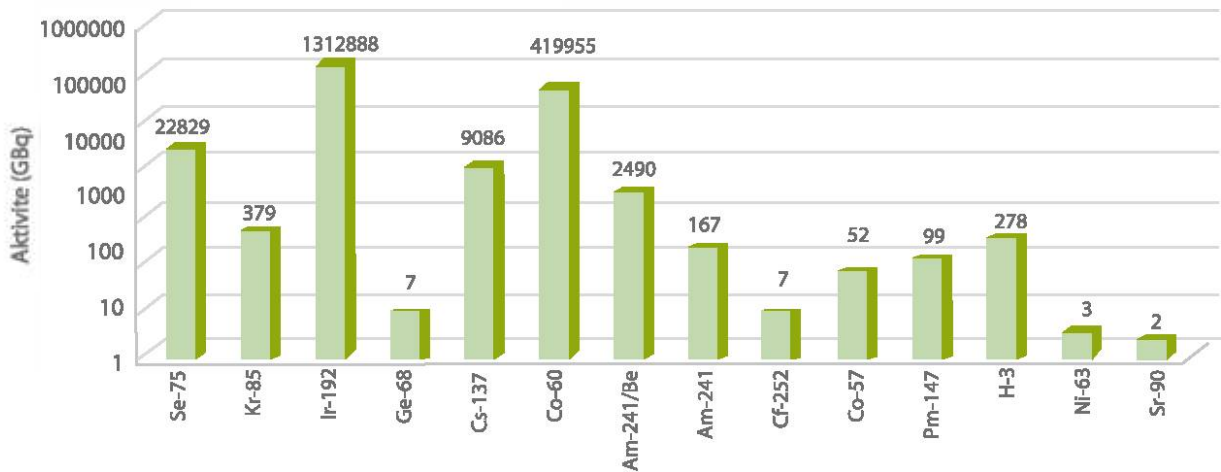
Bu kapsamda 2015 yılında 1240 izin işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilen izinlerin türlerine göre dağılımı Şekil 20'de verilmiştir.



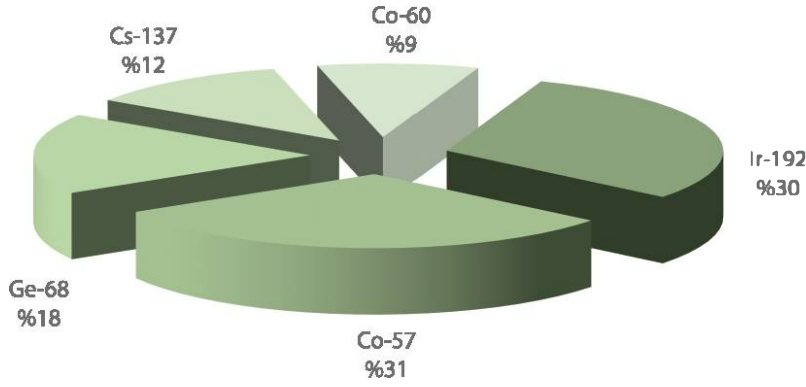
Şekil 20. İzinlerin türlerine göre dağılımı

2015 yılında ithal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri Şekil 21'de verilmiştir. Bu kaynakların tıbbi ve endüstriyel

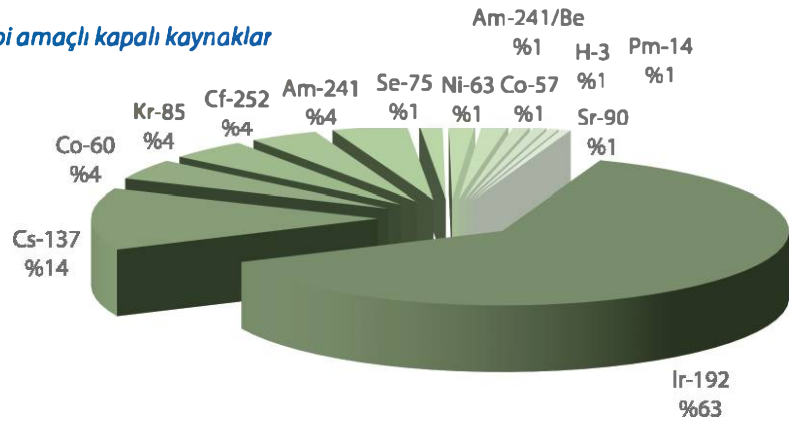
olmak üzere kullanım alanlarına göre dağılımları ise Şekil 22'de ve Şekil 23'te verilmektedir.



Şekil 21. İthal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri

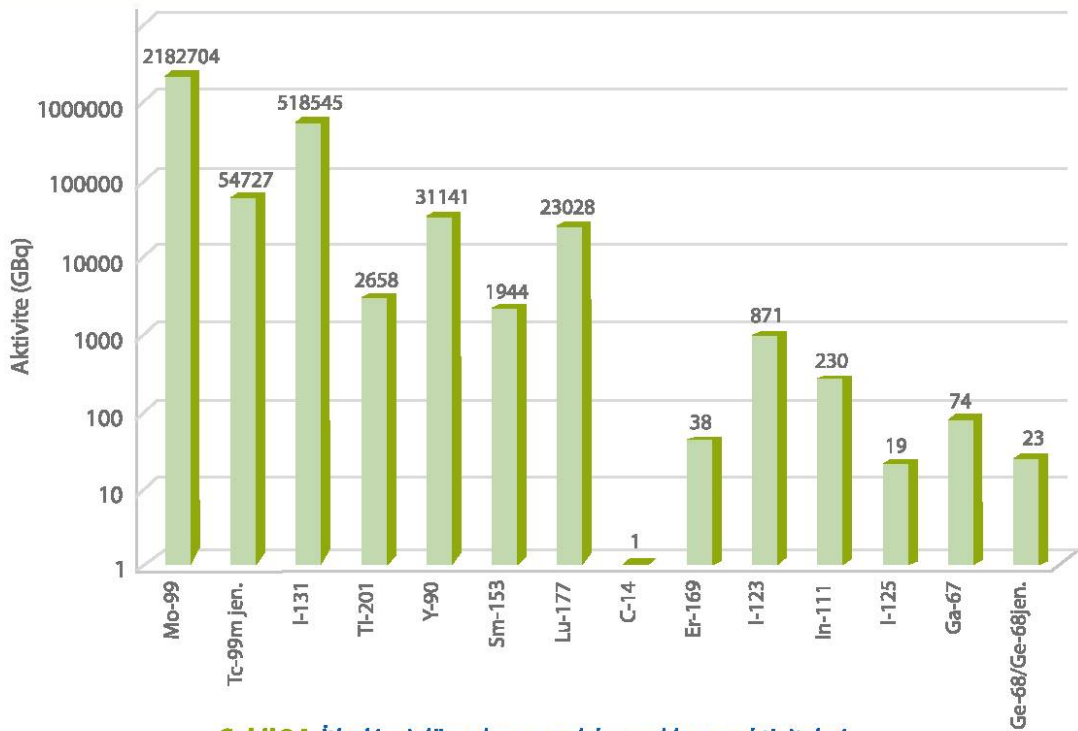


Şekil 22. İthal izni düzenlenen tıbbi amaçlı kapalı kaynaklar



Şekil 23. İthal izni düzenlenen endüstriyel amaçlı kapalı kaynaklar

Tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere ithal izni verilen açık radyoaktif kaynaklar ve toplam aktiviteleri Şekil 24'te verilmektedir.



Şekil 24. İthal izni düzenlenen açık kaynaklar ve aktiviteleri

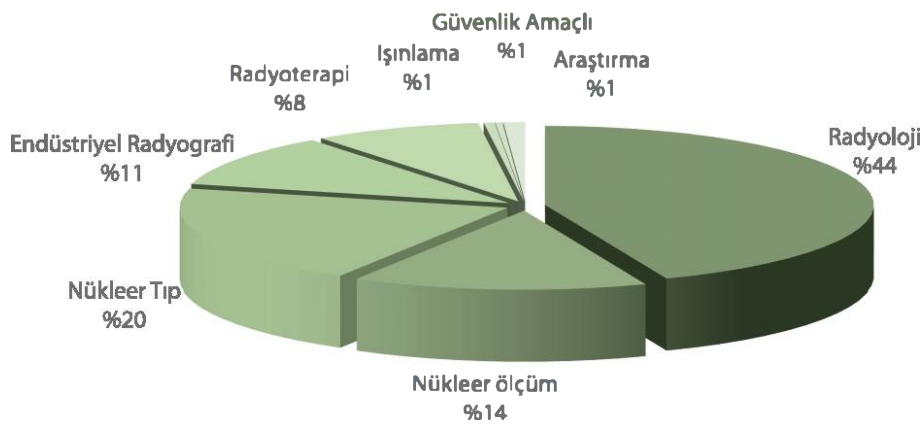
Ayrıca Arnavutluk, Azerbaycan, Bangladeş, Birleşik Arap Emirlikleri, Bosna Hersek, Cezayir, Fas, Filipinler, Gana, Gürcistan, Hindistan, Hong Kong, İran, Karadağ, KKTC, Kosova, Makedonya, Malezya, Mauritius, Mısır, Moldova, Myanmar, Nepal, Nijer, Pakistan, Romanya, Sırbistan, Singapur, Sri Lanka, Sudan, Ürdün, Tanzanya, Tayvan, Tunus, Vietnam ve Yemen'e gönderilmek üzere, ülkemizde üretim lisansına sahip kuruluşlarca üretimi gerçekleştirilen F-18, I-131, Tc-99m jeneratörü, Tl-201 gibi radyoaktif maddelerin ihracı için izin düzenlenmiştir.

Diğer taraftan, TAEK tarafından yürütülen düzenleme ve denetleme faaliyetleri kapsamında, çalışanların ve toplumun radyasyondan korunmasını sağlamak amacıyla; radyasyon kaynaklarının bulunduğu ve çalışıldığı yerlerde

koşulların yetkilendirilmeye uygunluğunun tespitine yönelik olarak radyasyon kontrolü ve yetkilendirme koşullarının devamlılığının sağlanıp sağlanmadığının tespitine yönelik olarak radyasyon güvenliği denetimleri yapılmaktadır.

Bu kapsamda, 2015 yılında ülke genelinde toplam 4297 kuruluşta 8265 radyasyon kaynağını kapsamak üzere radyasyon güvenliği denetimi ve radyasyon kontrolü faaliyeti gerçekleştirilmiştir.

Radyasyon güvenliği denetimi yapılan kuruluşların uygulama alanlarına göre dağılımları Şekil 25'te verilmektedir.



Şekil 25. Denetimi yapılan kuruluşların uygulama alanına göre dağılımı



4 SONUÇ

Bilim ve teknolojideki gelişmeler paralelinde günümüzde endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları artan sayı ve çeşitlilikle kullanılmaktadır.

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yakından takip edildiği ülkemizde en gelişmiş teknolojik imkânlar çerçevesinde kullanılan radyasyon kaynaklarının sayıları hızla artmaktadır.

Tıbbi, endüstriyel, güvenlik ve diğer amaçlarla kullanılan bütün radyasyon kaynaklarına ilişkin veri güvenliğinin temini ve radyoaktif kaynak takibinin sağlanması amacına yönelik olarak yürütülen çalışmalarda sistemin daha ileri seviyelere getirilmesi hedeflenmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyon kaynakları kullanılarak yürütülen uygulama ve faaliyetlerin TAEK tarafından lisanslama veya izin verme yoluyla yetkilendirilmesi gerek şart olmakla birlikte radyasyondan korunmanın sağlanması ancak uygulayıcıların bu konudaki mevzuatı ve temel kuralları benimseyerek günlük görevlerinin bir parçası olarak değerlendirmesi ve öncelik verilmesi ile başarılabilir. Bu nedenle radyasyondan korunmanın başarılmasında, radyasyon uygulaması yapan kuruluşların yönetimlerinin gerek personel gerekse ekipman açısından yeterli alt yapıyı oluşturarak belli bir kalite yönetimi sistemi çerçevesinde çalışanların yetki, görev ve sorumluluklarını belirlemesi, gerekli eğitimleri sağlaması, yeterli sıklıklarla güvenlik değerlendirmesi yaparak gerekli önlemleri alması en önemli husustur.