



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Türkiye'de Radyasyon Kaynakları 2019



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Nükleer Düzenleme Kurumu
Radyasyondan Korunma Dairesi Başkanlığı



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

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

0312 293 46 00

www.ndk.gov.tr
ndk@ndk.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	10
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. Nükleer tıp yataklı 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 toplam 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.....	10
Tablo 4. Nükleer tıp cihazları.....	11

ÖZET / SUMMARY

Bu dokümanda, Nükleer Düzenleme Kurumu kayıtlarında yer alan radyasyon kaynaklarının 2019 yılı sonu itibarıyla ülke genelindeki dağılımları ile 2019 yılı içerisinde gerçekleştirilen yetkilendirme ve denetleme faaliyetlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Nükleer Düzenleme Kurumu kayıtlarına göre, ülkemiz genelinde çeşitli kuruluşlarda X-ışını cihazları, kapalı ve açık radyoaktif maddeler ile kapalı radyoaktif madde bulunduran cihazlar kullanılmaktadır.

Bu kayıtlara göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde 17481 adet tıbbi radyoloji cihazı ve 15051 adet dış hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazı ile radyoterapide kullanılan 363 adet cihaz bulunmaktadır. Ayrıca, açık kaynakların kullanıldığı nükleer tıp laboratuvarlarında 595 adet cihaz ve radyofarmasötik üretimi yapan 14 üretim tesisi bulunmaktadır.

2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde toplam 784 adet endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazı, 4204 adet sabit nükleer ölçüm cihazı ile 284 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı bulunmaktadır. Ayrıca güvenlik amacıyla kullanılan 6048 adet paket kontrol cihazı ve 74 adet araç tarama sistemi bulunmaktadır. Gıda, tıbbi malzemeler ve diğer ürünlerin radyasyon ile ışınlanması amacıyla çalışmakta olan 5 ışınlama tesisi mevcuttur.

2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde radyasyon kaynaklarının imalat veya bakım ve onarımı için 17 adet, radyoaktif maddelerin ithalat, ihracat ve taşınması için 71 adet, kullanılmayacak kapalı radyoaktif kaynakların sökülmesi ve taşınmasına yönelik 12 adet yetkilendirilmiş kuruluş mevcuttur.

Sürdürülmekte olan yetkilendirme ve denetim faaliyetleri kapsamında 2019 yılı içerisinde yetkilendirmeye ilişkin 9265 işlem gerçekleştirilmiş, 3996 kuruluştaki 6432 radyasyon kaynağını kapsam 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 Nuclear Regulatory Authority's archive as of the end of 2019 and authorization and inspection activities carried out in 2019 are presented.

According to Nuclear Regulatory Authority's archive, X-ray devices, sealed and unsealed radioactive sources and equipment which include radioactive sources are used by a variety of institutions in our country.

According to the above mentioned archive, 17481 diagnostic and interventional radiology units in medicine, 15051 diagnostic radiology units in dentistry, and 363 radiotherapy equipment are in use as of the end of 2019. There are also 595 devices in nuclear medicine laboratories using unsealed radioactive sources and 14 radiopharmasotic production facilities in the country.

784 industrial radiography/radioscopy units, 4204 sited nuclear gauges and 284 mobile density and moisture gauges are being used in the country as of the end of 2019. Also, there are 6048 X-ray devices for package control and 74 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 5.

As of the end of 2019, 17 institutions are authorized for maintaining or manufacturing of radiation sources, 71 institutions are authorized for import, export and transport of radioactive sources, and 12 institutions are authorized for dismantling and transport of radioactive sources which are out of use.

As part of authorization and inspection activities, 9265 authorization procedures and radiation monitoring and inspection of 6432 radiation sources in 3996 installations have been carried out in 2019.

1 GİRİŞ

Radyasyon temel olarak iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak iki sınıfa ayrılabilir. İyonlaştırıcı radyasyon, madde içerisinden 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 ışınlanmasının 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 başarılı olmuş, radyasyon ve radyoaktif maddeler, cihaz ve donanım teknolojisi geliştirilerek çok farklı uygulama alan-

larında 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 ışınlanmalarına 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, iyonlaştırıcı radyasyonun ve radyoaktif maddelerin güvenli kullanımına ilişkin düzenleme, yetkilendirme ve denetleme faaliyetleri Nükleer Düzenleme Kurumu tarafından sürdürülmektedir.

Bu raporda, Nükleer Düzenleme Kurumu kayıtlarında yer alan radyasyon kaynaklarının 2019 yılı sonu itibarıyla ülke genelindeki dağılımları verilerek 2019 yılı içinde gerçekleştirilmiş yetkilendirme ve denetim faaliyetleri özetlenmiştir.

2 RADYASYON KAYNAKLARI

X-ışınlarının ve radyoaktivitenin keşfedilmesinden bu yana radyasyon ve radyoaktif maddeler yaşantımızda 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, kardiyoloji 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, araştırma, test, kalibrasyon amaçlı çalışmalarda kullanılırlar.

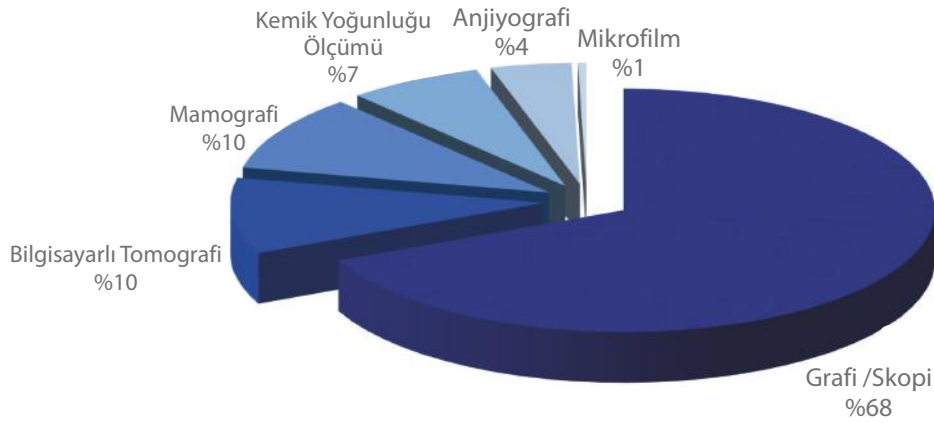
2.1 Tıbbi Radyoloji Cihazları

Radyoloji cihazları X-ışınlarının hastada farklı doku yoğunluklarına göre farklı şekilde soğurulması sonucu hastadan geçen ışınların radyografik film üzerine düşürülerek (grafi) veya görüntü şid-

detlendirici vasıtasıyla bir monitöre aktararak (skopi) görüntü elde edilmesi prensibiyle çalışır. Yeni gelişen teknolojiler ve bilgisayar yardımıyla sayısal görüntüleme yapan sistemler dijital radyoloji olarak adlandırılır. NDK kayıtlarına göre 2019 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

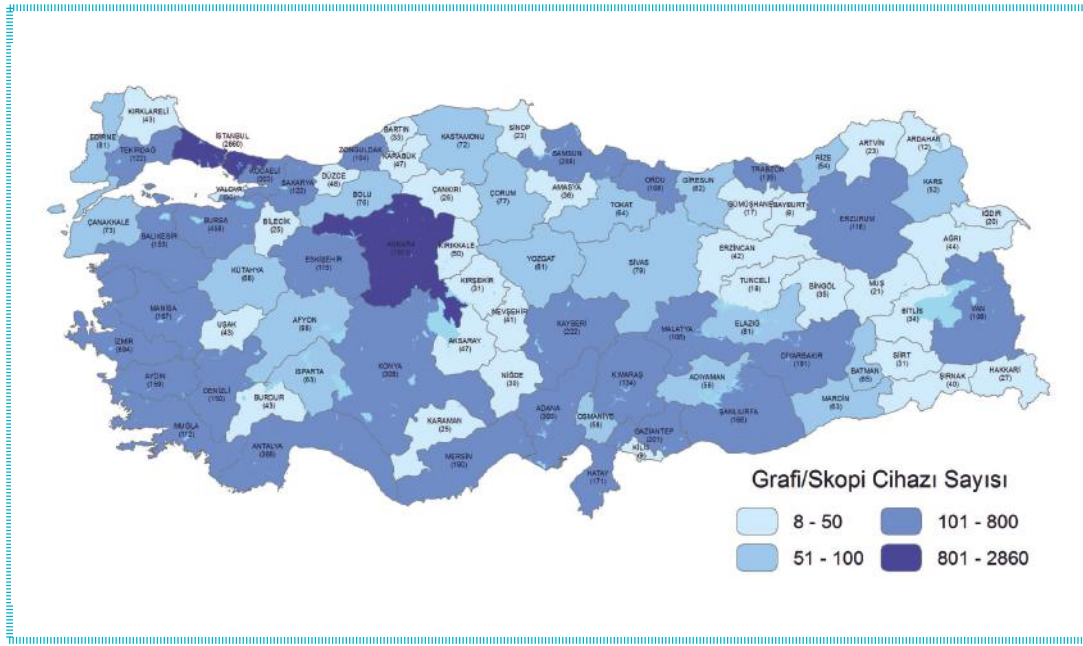
Grafi/Skopi	Anjiyografi	Bilgisayarlı Tomografi	Mamografi	Kemik Yoğunluğu Ölçümü	Mikrofilm	TOPLAM
11926	730	1761	1766	1223	75	17481



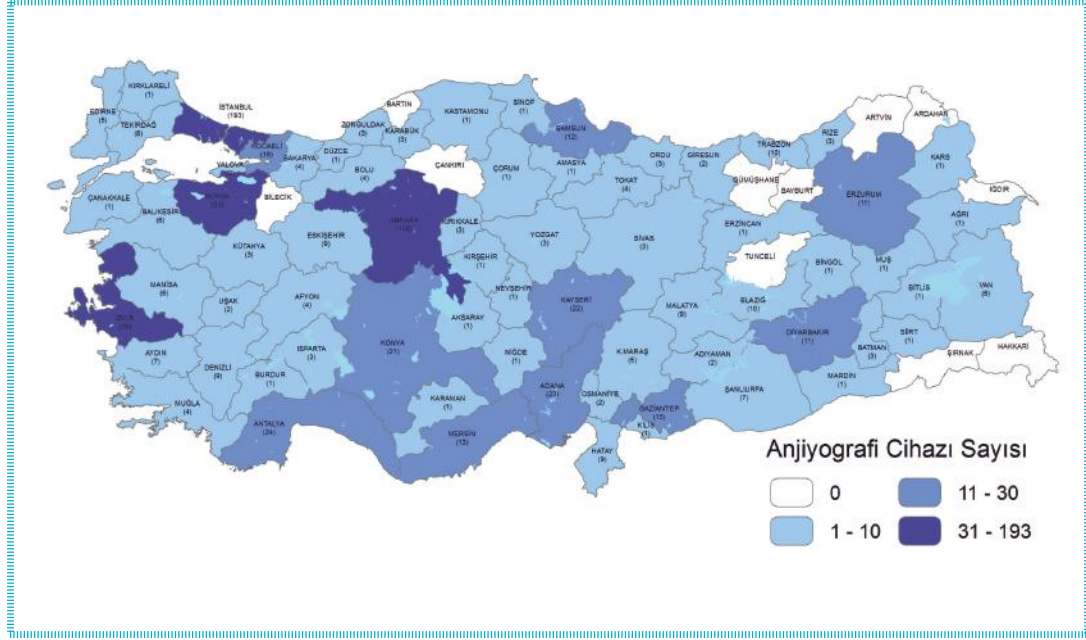
Şekil 1. Tıbbi radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı

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

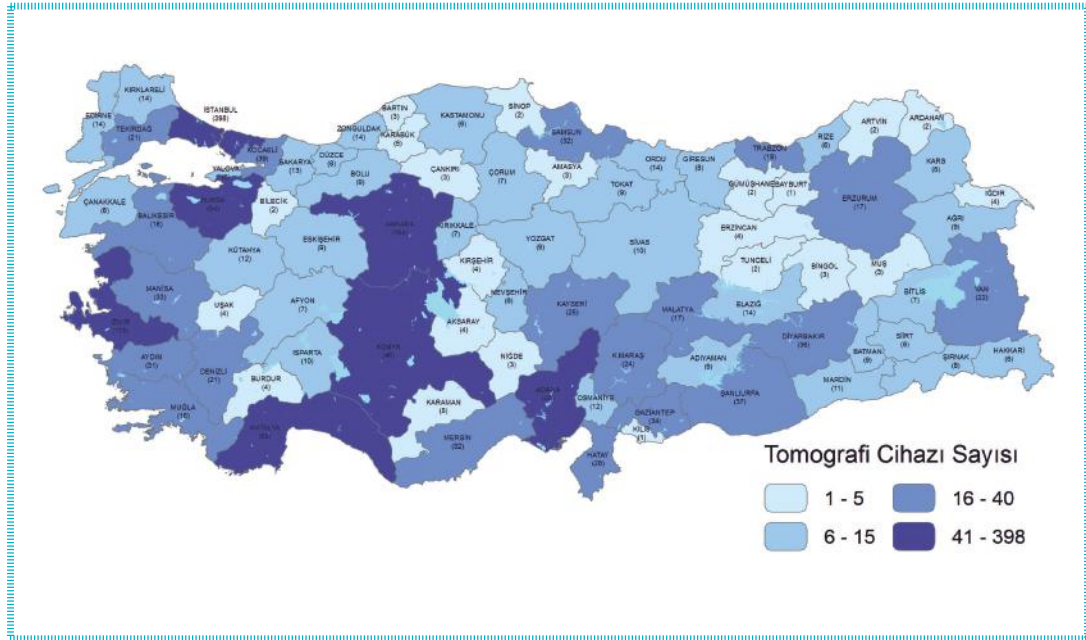
4'te, yumuşak dokularda muayene ile saptanamayacak kadar küçük anormalliklerin tespit edilmesi amacı ile düşük dozda X-ışını üreterek çalışan mamografi cihazlarının dağılımı Şekil 5'te, kemik kütlesindeki kayıp oranını değerlendirmede kullanılan kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının dağılımı Şekil 6'da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



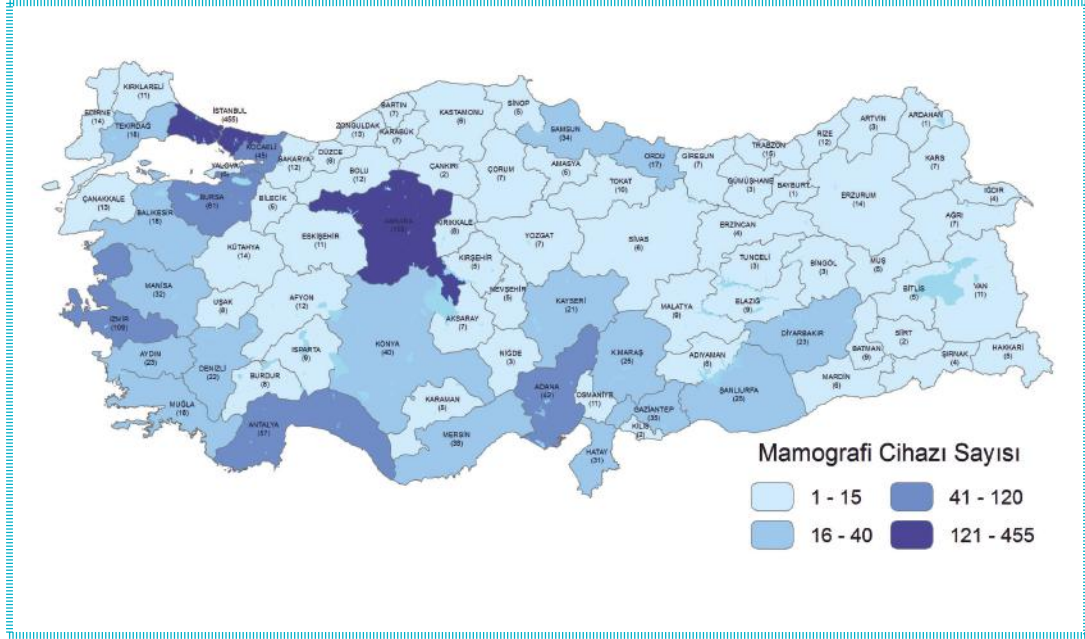
Şekil 2. Tıbbi grafi ve skopi cihazlarının illere göre dağılımı



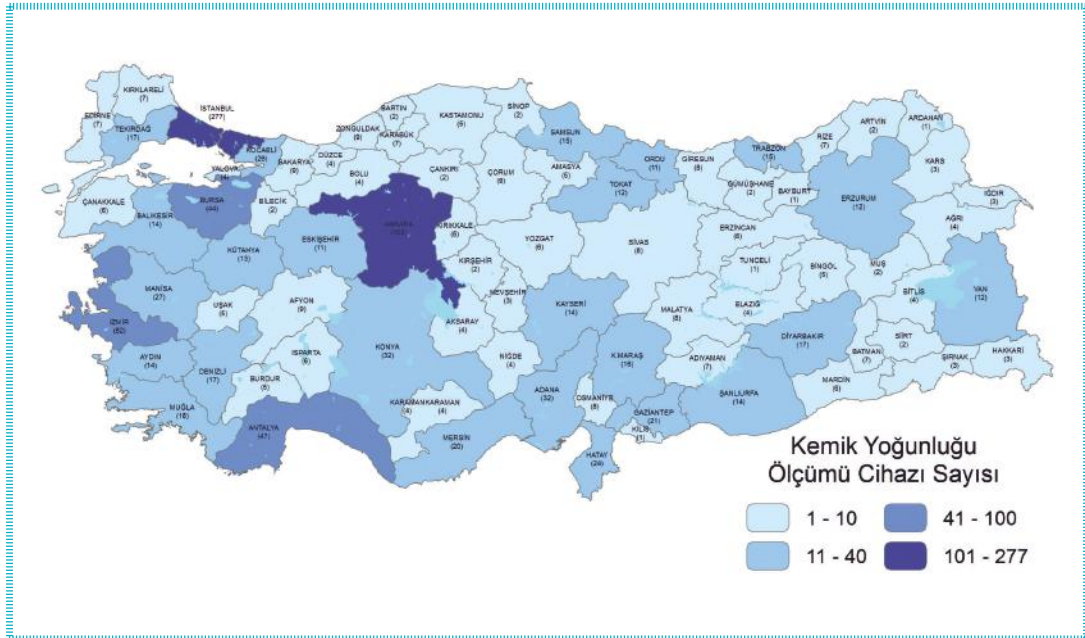
Şekil 3. Anjiyografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 4. Bilgisayarlı tomografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 5. Mamografi cihazlarının illere göre dağılımı



Şekil 6. Kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının illere göre dağılımı

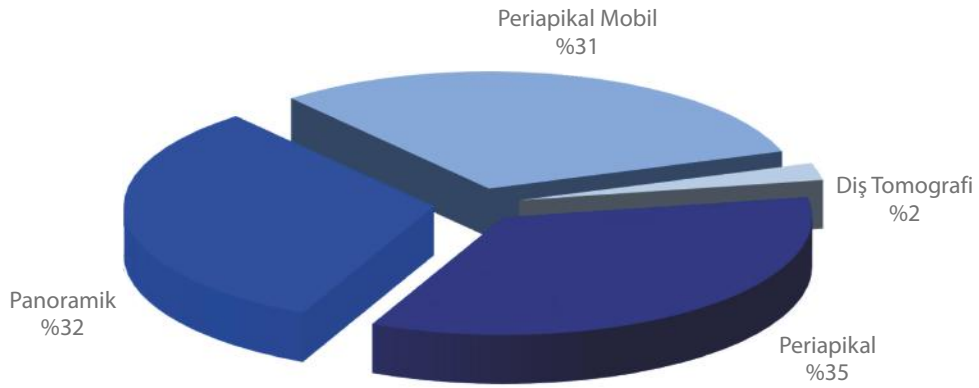
2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyoloji Cihazları

Diş hekimliğinde görüntüleme amaçlı olarak panoramik ve periapikal cihazlar ile volumetrik diş tomografi cihazları kullanılmaktadır. NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde diş hekimliğinde kullanımda olan radyoloji cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 2 ve

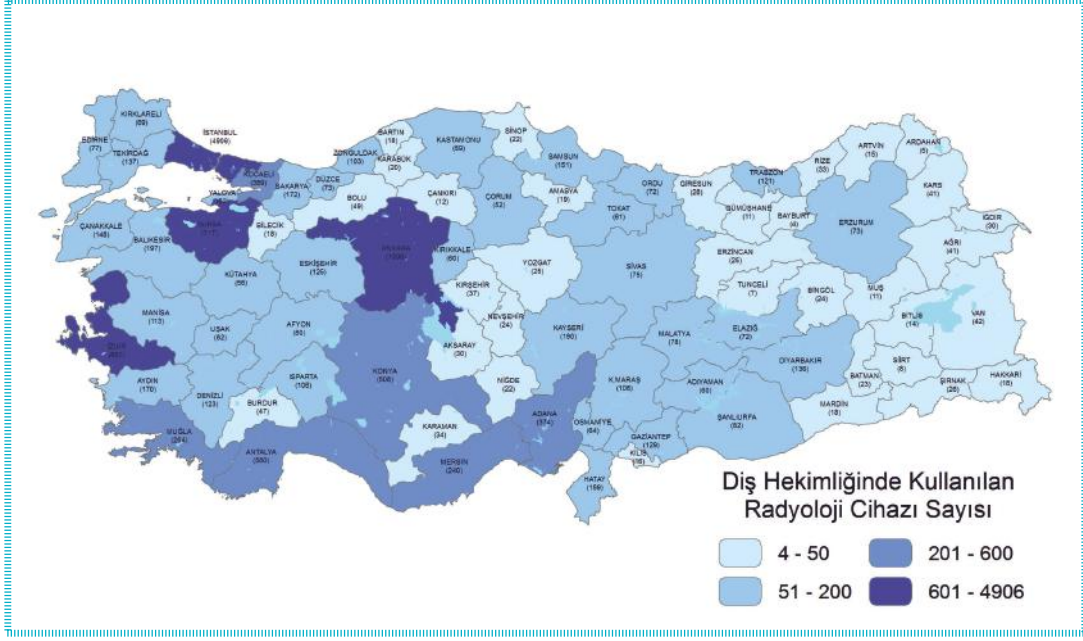
Şekil 7'de verilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının ülke genelindeki dağılımı Şekil 8'de verilmektedir.

Tablo 2. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazları

Periapikal	Periapikal Mobil	Panoramik	Diş Tomografi	TOPLAM
5225	4646	4823	357	15051



Şekil 7. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı



Şekil 8. Diş 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 yapılabilmektedir. IMRT ile tedavi alanlarındaki radyasyonun yoğunluğu ayarlanarak istenilen 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. Günümüzde, radyo cerrahi tedaviler için robot kollu lineer hızlandırıcı siber bıçaklar (cyber-knife) ön plana çıkmıştır.

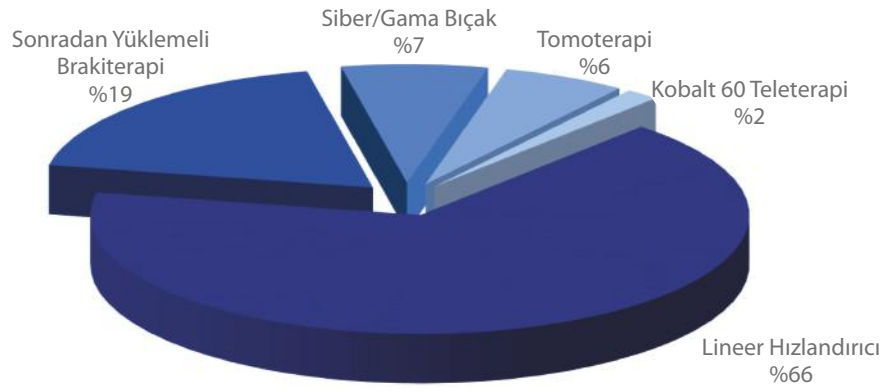
Radyasyonun kanser hücrelerine bir mesafeden değil de doğrudan kanser dokusunun içine veya çevresine verilmesi ile yapılan tedaviye brakiterapi yani yakın mesafeden tedavi denir. Bu yöntemde radyoaktif kaynaklar özel aplikatörlerle veya doğrudan iğne, tel, çekirdek şeklinde doku içerisine yerleştirilebilir.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

NDK kayıtlarına göre 2019 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.

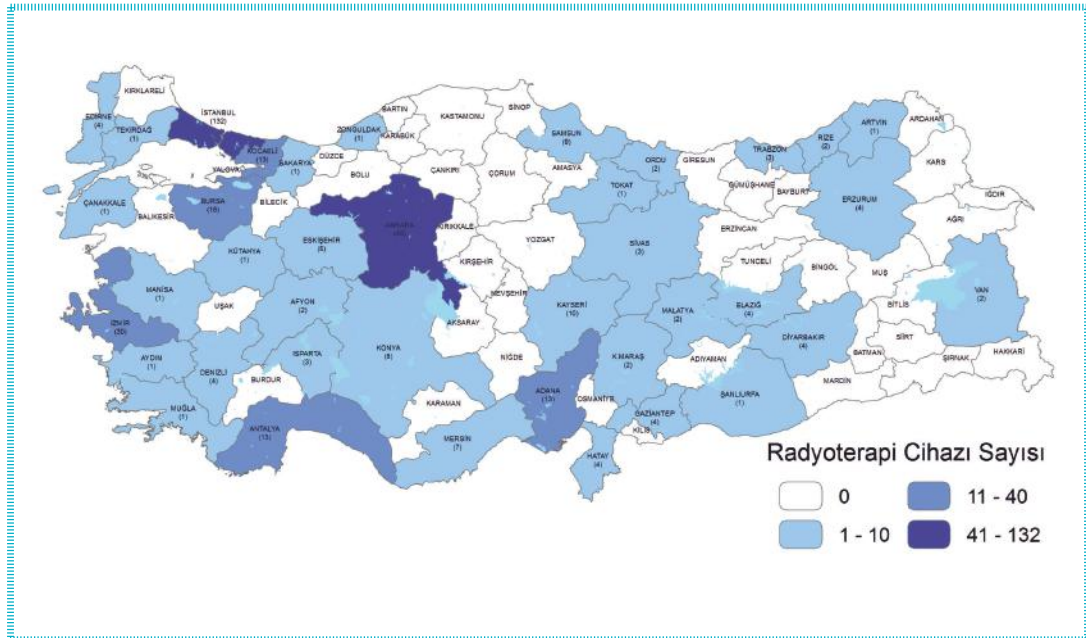
Ayrıca, NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizdeki radyoterapi merkezlerinde, simülasyon amaçlı olarak, 102'i tomografi olmak üzere 122 adet radyoloji cihazı kullanılmaktadır.

Tablo 3. Radyoterapi cihazları

Kobalt-60 Teleterapi	Lineer Hızlandırıcı	Sonradan Yüklemeli Brakiterapi	Siber Bıçak	Gama Bıçak	Tomoterapi	TOPLAM
6	241	68	12	14	22	363



Şekil 9. Radyoterapi cihazlarının türlerine göre dağılımı



Şekil 10. Radyoterapi cihazlarının illere göre dağılımı

2.4 Nükleer Tıp Uygulamaları

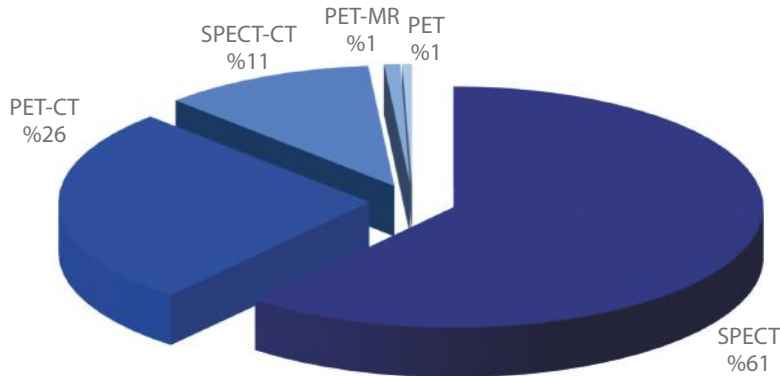
Nükleer tıp, radyofarmasötik kullanılarak in-vivo ve in-vitro yöntemlerle hastalıkların tanı ve tedavisinin yapıldığı bir yöntemdir. In-vitro uygulamalar, canlıdan alınan kan, idrar gibi biyolojik örneklerin radyoaktif maddelerle işaretlenerek incelenmesini; in-vivo uygulamalar ise radyoaktif kaynakların 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 radyofarmasötüğün radyoaktif bir izotop ile kimyasal olarak bağlanarak hastaya verilmesi ve kaynak haline gelen organdan çıkan ışınların algılanması prensibi ile çalışır. Radyofarmasötüğün 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.

NDK kayıtlarına göre 2019 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

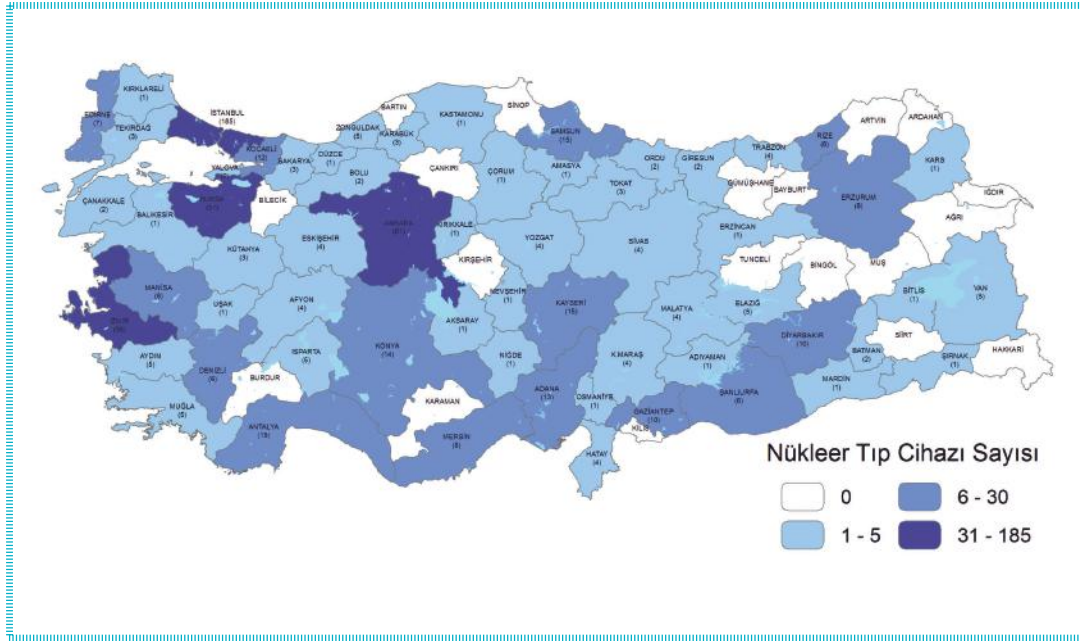
SPECT	SPECT-CT	PET	PET-CT	PET-MR	TOPLAM
363	66	3	158	5	595



Şekil 11. Nükleer tıp cihazlarının türlerine göre dağılımı

Ülkemizde nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyofarmasötik üretimi yapan; Adana'da 1, Ankara'da 5, İstanbul'da 3, İzmir'de 2 ve Kocaeli'

de 3 olmak üzere toplam 14 adet üretim tesisi bulunmaktadır.



Şekil 12. Nükleer tıp cihazlarının illere göre dağılımı

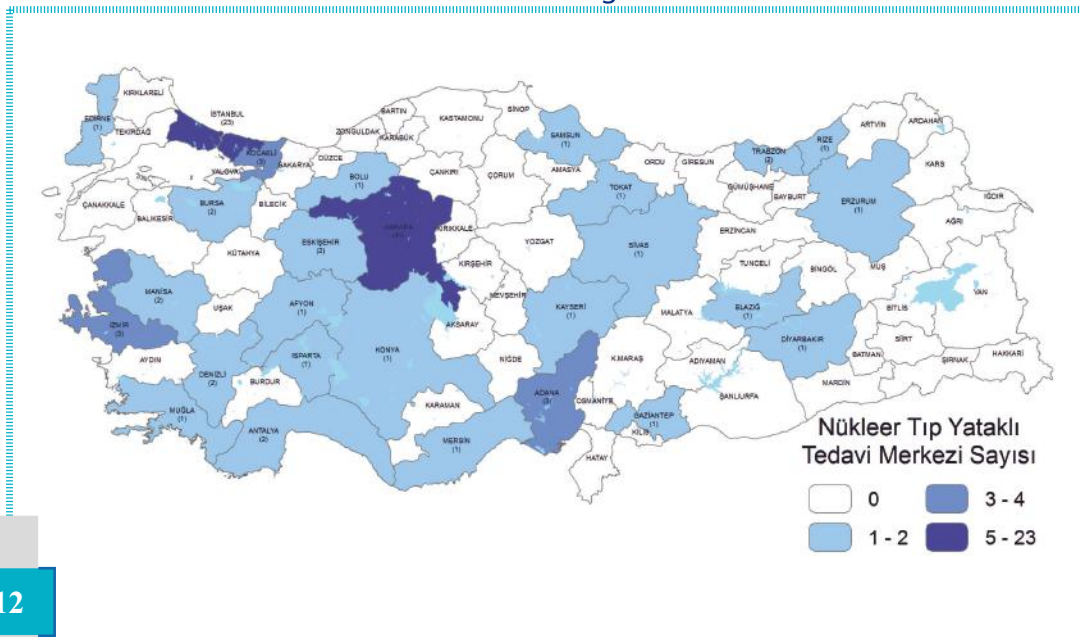
Bazı nükleer tıp kliniklerinde tiroit tümör ve hastalıklarını tedavi etmek amacıyla yüksek dozlarda I-131 uygulamaları yapılır.

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.

Ülkemizde ayrıca I-125 ile radyoimmünoassay çalışması yapan 44 laboratuvar bulunmaktadır.

Diğer yandan, Lu-177, Y-90 mikro küre, Ra-223 gibi radyoizotoplar ile tedavi uygulamaları yaygın olarak yapılmaktadır.

Şekil 13'te radyoaktif izotop ile yataklı tedavi uygulanan toplam 71 merkezin Türkiye genelinde dağılımı verilmektedir.



Şekil 13. Nükleer tıp yataklı 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.

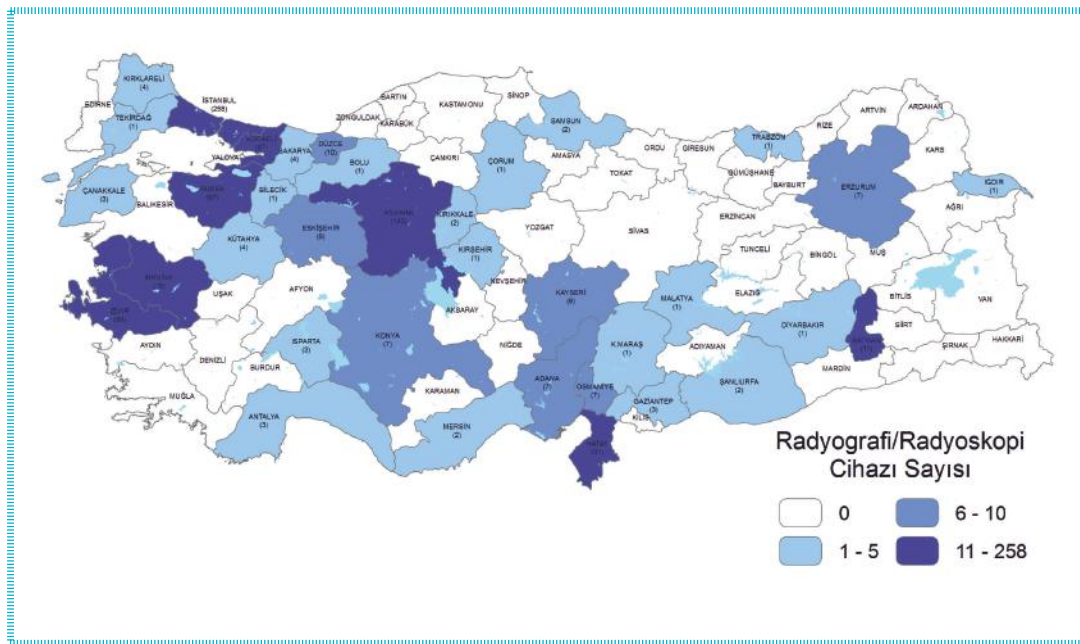
Bu teknikte radyasyon kaynağından çıkan ışınlar malzeme içinden geçtikten sonra, malzeme üzerine yerleştirilen bir film üzerine düşürülür. Malzeme içinde bulunabilecek hatalar, yoğunluk farkı nedeniyle film üzerinde farklı kararmalar oluşmasına neden olur. X-ışını ile yapılan çalışmalar X-ışın grafi,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

gamagrafi olarak, her ikisi birden ise radyografi olarak adlandırılır. Gamagrafide yaygın olarak kullanılan kaynaklar-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.

NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde toplam 784 endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazı kullanılmakta olup cihazların, bu cihazlara sahip kuruluşların bulunduğu illere göre dağılımları Şekil 14'te verilmektedir.



Şekil 14. Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı

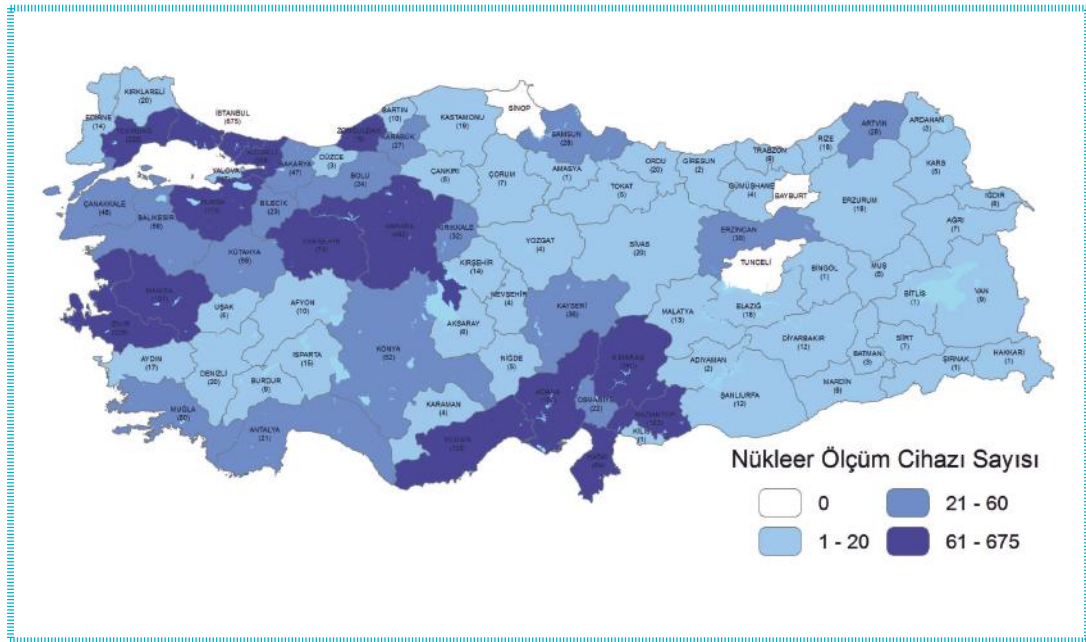
2.6 Nükleer Ölçüm Cihazları

Demir, çelik, lastik, kağıt, plastik, çimento, şeker gibi birçok sanayi ürününün üretim aşamasındaki kalınlık, seviye, nem, yoğunluk gibi ölçümler radyasyondan yararlanılarak da 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.

NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde çeşitli amaçlarla kullanılan 4204 adet sabit nükleer ölçüm cihazı bulunmaktadır. Bunlardan 845'i X-ışınlı ve 303'i radyoaktif kaynaklı olmak üzere toplam 1148 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

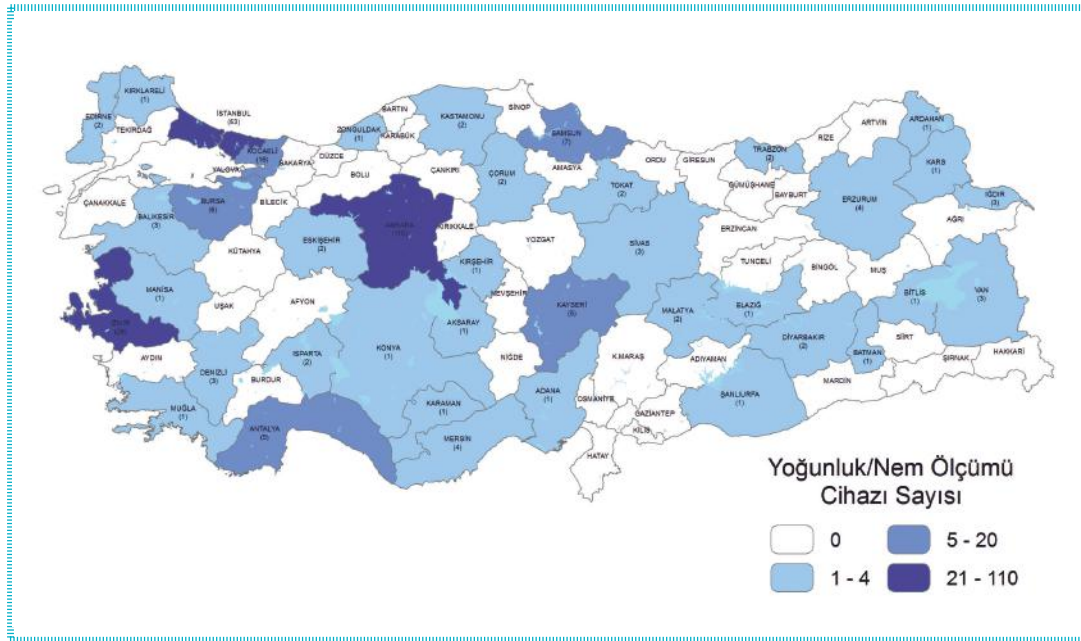
2.7 Taşınabilir Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları

Baraj, yol, havaalanı inşaatı çalışmalarında yoğunluk ölçümü ve zirai çalışmalarda nem ölçümleri taşınabilir radyasyon kaynaklarından yararlanılarak yapılmaktadır. En yaygın kullanılan radyasyon kaynakları Cs-137 ve Am-241/Be'dir.

Akarsularda debi ölçümü, barajlarda su kaçaklarının tespiti, yeraltı sularının hareketlerinin takibi gibi diğer endüstriyel uygulamalarda, petrol aramalarında belirli derinliklerdeki nem ve yoğunluk ölçümünde de radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır.

Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarında 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.

NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla ülkemizde 284 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlara sahip kuruluşların illere göre dağılımı Şekil 16'da verilmektedir.



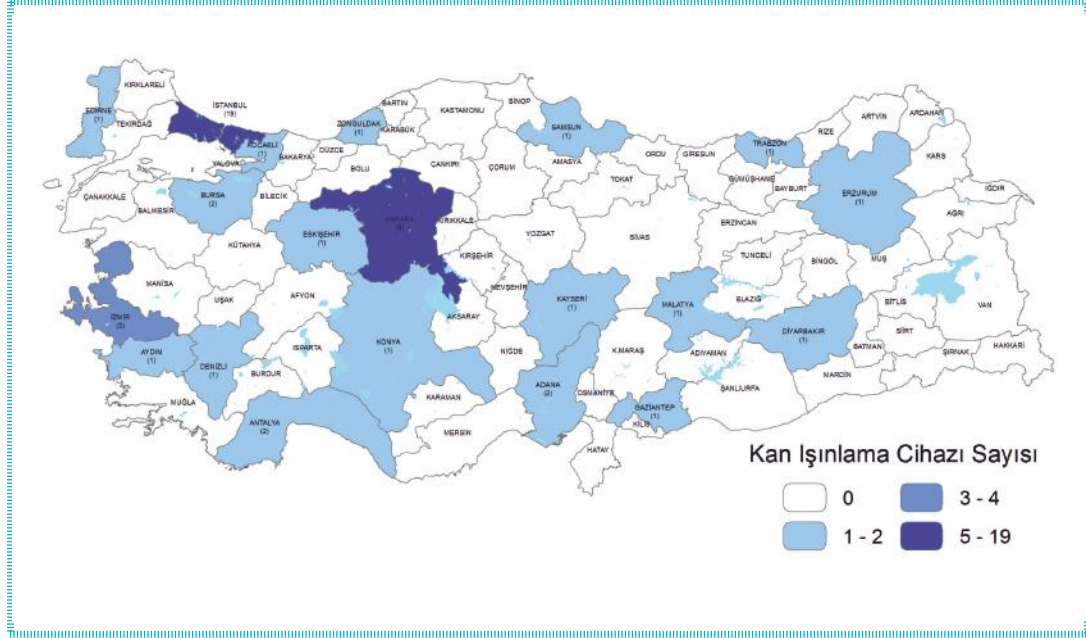
Şekil 16. Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı

2.8 Işınlama Tesisleri / Cihazları

Radyasyon ile ışınlama yöntemi; gıdaların raf ömürlerinin uzatılmasında, tek kullanımlık atılabilir tıbbi malzemelerin sterilizasyonunda, plastik malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinde, tarımda tohumların daha verimli ve dayanıklı hale getirilmesinde kullanılır. Ülkemizde Ankara'da 3 adet, Bursa ve Tekirdağ'da 1'er adet olmak üzere toplam 5 adet ışınlama tesisi bulun-

maktadır. Ayrıca, farklı amaçlarla kullanılan küçük çaplı ışınlama cihazları mevcuttur.

NDK kayıtlarında 2019 yılı sonu itibarıyla, hastalara verilecek kan ürünlerinin ışınlanarak steril edilmesi için kullanılan ve Türkiye genelindeki dağılımları Şekil 17'de verilen toplam 51 adet kan ışınlama cihazı bulunmaktadır. Bunların dışında; dozimetrelerin ve çeşitli malzemelerin ışınlanmasında kullanılan 23 adet ışınlama cihazı bulunmaktadır.



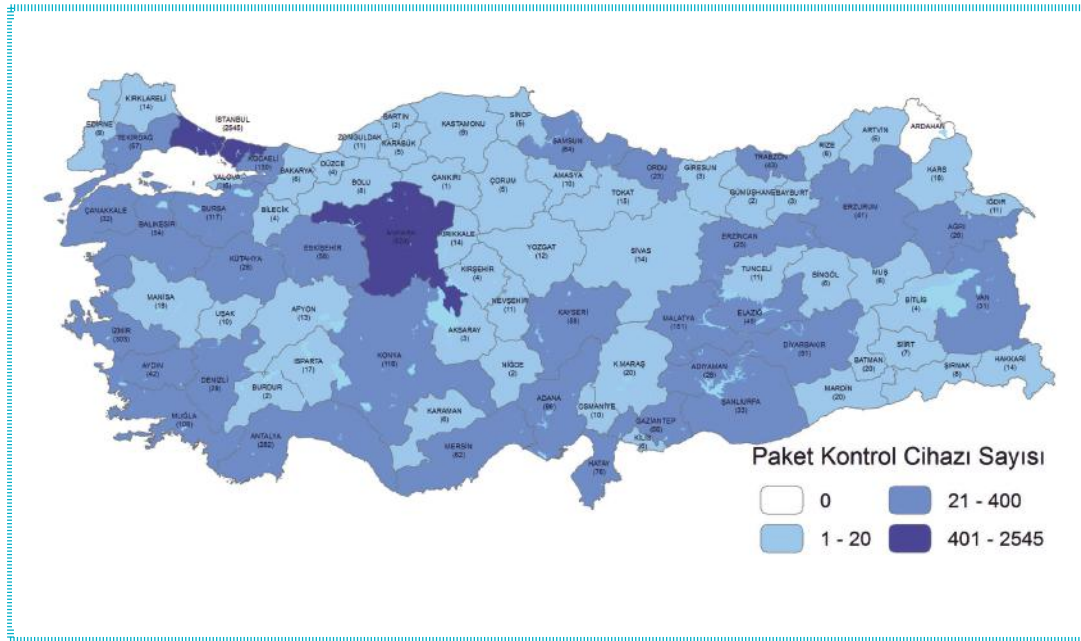
Şekil 17. Kan ışınlama cihazlarının illere göre dağılımı

2.9 Güvenlik Amaçlı Kullanılan Cihazlar

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

Paket kontrol cihazlarında X-ışını kaynağı bulunmaktadır. Sınır kapılarında kaçakçılığın önlenmesi amacıyla tır/yük treni/konteyner gibi yük taşıma araçlarının içerisinde görüntülenmesinde ise lineer hızlandırıcılar veya kobalt-60 kaynakları kullanılmaktadır.

NDK kayıtlarına göre 2019 yılı sonu itibarıyla, ülkemizde 6048 adet paket kontrol cihazı ve 74 adet araç/konteyner tarama sistemi bulunmaktadır. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımları Şekil 18'de verilmektedir.



Şekil 18. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı

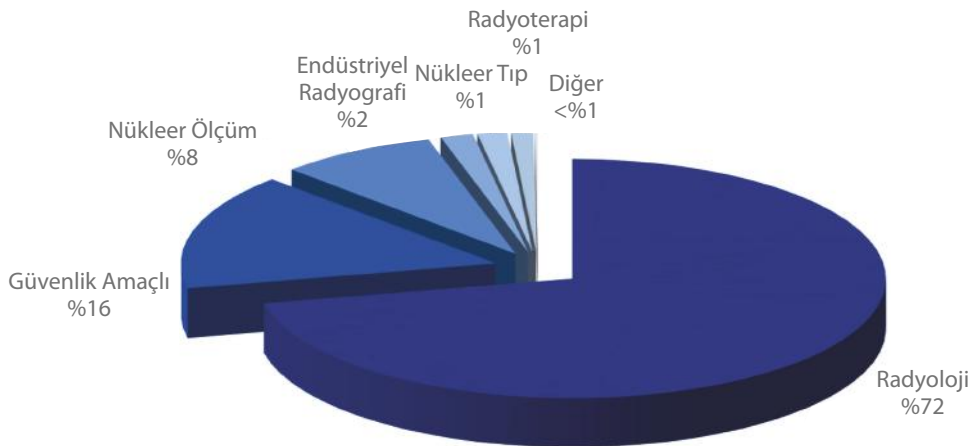
3 RADYASYON KAYNAKLARINA İLİŞKİN YETKİLENDİRME VE DENETİM FAALİYETLERİ

Radyasyon 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 NDK'dan lisans alınması zorunludur.

Faaliyetleri yürütecek kişiler, lisans almak için radyasyon uygulamasına özgü olarak NDK tarafından belirlenen bilgi ve belgelerle birlikte başvuruda bulunur. Radyasyon uygulamasına ilişkin lisans başvurusunun ve yerinde yapılan radyasyon kont-

rolünün uygun bulunması halinde lisans belgesi düzenlenir. Düzenlenen lisans belgesi 5 yıl geçerlidir.

2019 yılında, radyasyon kaynakları ile sürdürülen uygulama ve faaliyetleri yürüten kişilerin lisanslanmasına ilişkin faaliyetler kapsamında 9265 işlem gerçekleştirilmiştir. Verilen lisansların uygulama alanlarına göre ortalama dağılımı Şekil 19'da verilmektedir.



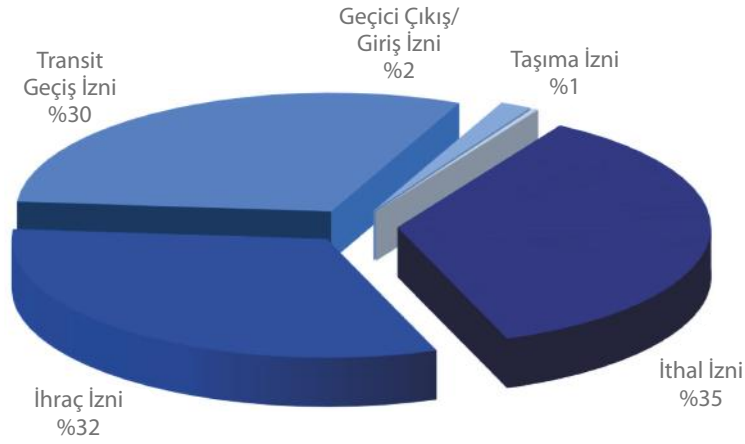
Şekil 19. Lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı

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.

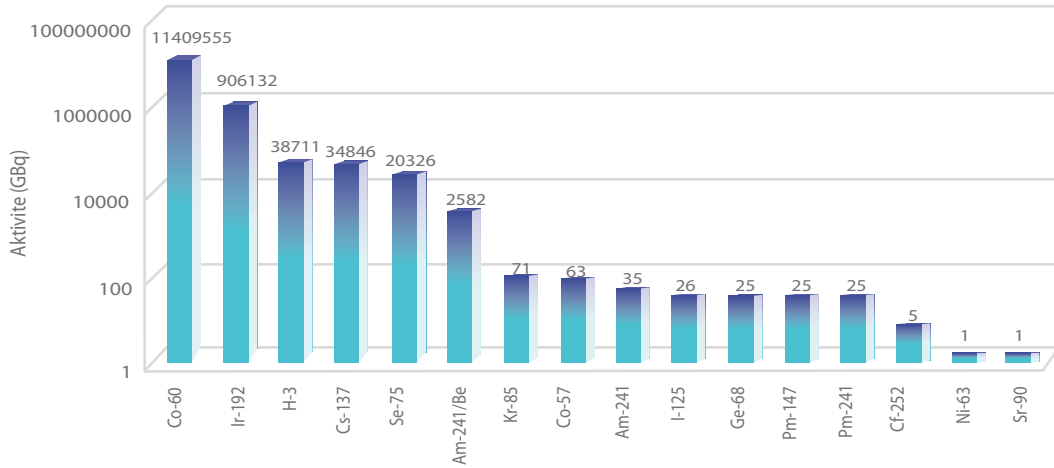
Bu kapsamda 2019 yılında NDK tarafından 1592 izin işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilen izinlerin türlerine göre dağılımı Şekil 20'de verilmiştir.



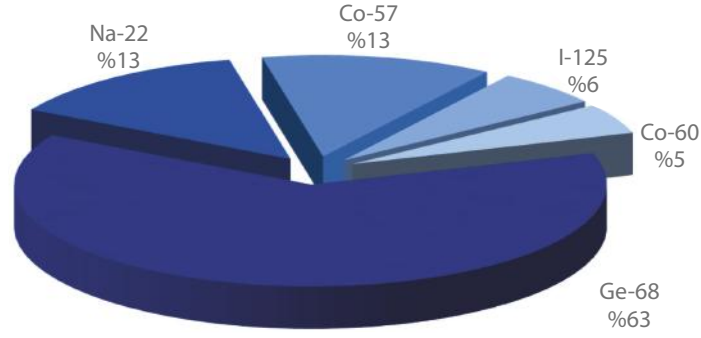
Şekil 20. İzinlerin türlerine göre dağılımı

2019 yılında ithal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri Şekil 21'de verilmiştir. Bu kaynakların tıbbi ve endüstriyel olmak üzere kul-

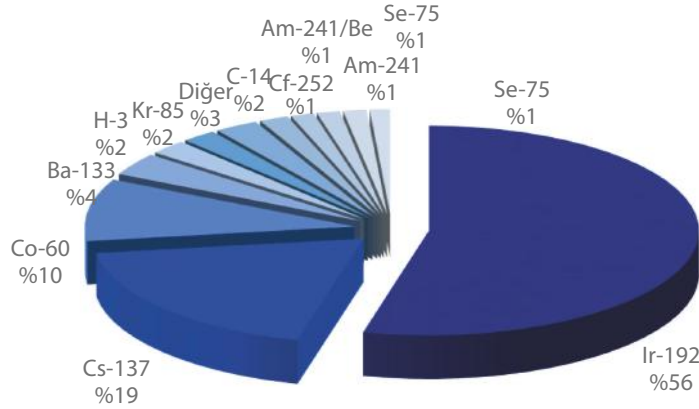
lanım alanlarına göre dağılımları ise Şekil 22'de ve Şekil 23'te verilmektedir.



Şekil 21. İthal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri

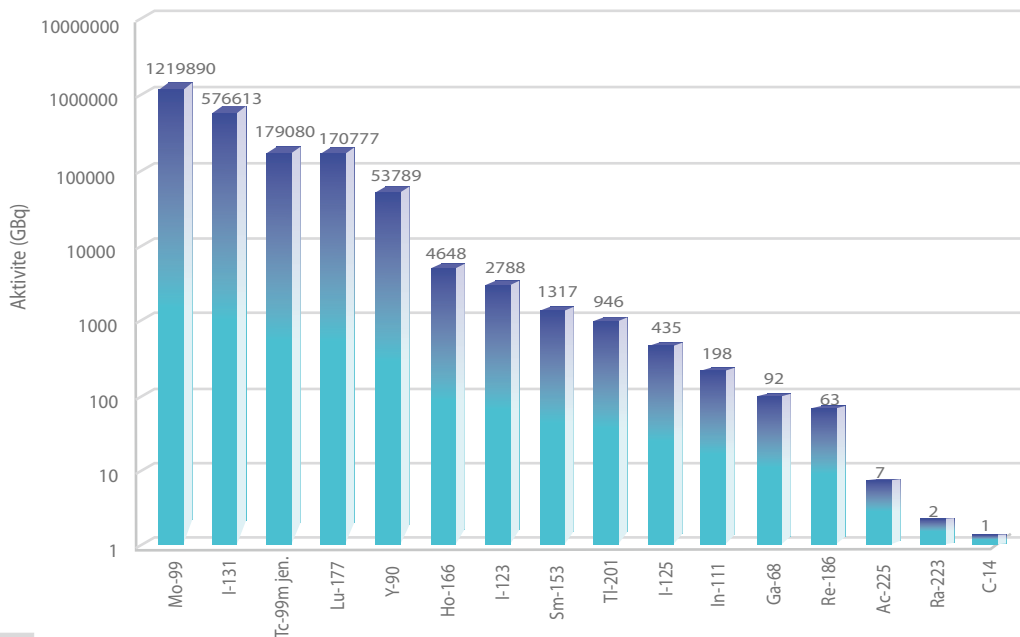


Şekil 22. İthal izni düzenlenen tıbbi amaçlı kapalı kaynaklar



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 toplam aktiviteleri

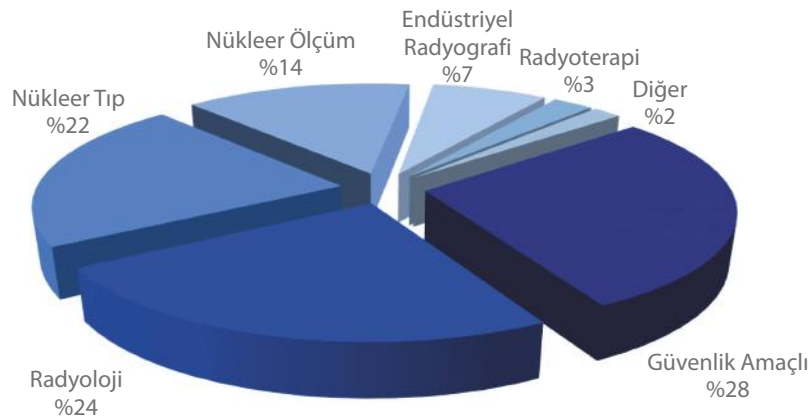
Ayrıca Almanya, Arnavutluk, Azerbaycan, Bahreyn, Bangladeş, Brezilya, Birleşik Arap Emirlikleri, Bosna Hersek, Cezayir, Çin, Danimarka, Fas, Filipinler, Gana, Güney Afrika, Gürcistan, Hindistan, Hong Kong, Irak, İsrail, Karadağ, KKTC, Kolombiya, Kosova, Madagaskar, Makedonya, Morityus, Mısır, Moldova, Myanmar, Nepal, Nijerya, Norveç, Pakistan, Romanya, Senegal, Sırbistan, Sri Lanka, Sudan, Suudi Arabistan, Tanzanya, Tayvan, Tunus, Ürdün, Vietnam, ve Yunanistan'a gönderilmek üzere, ülkemizde üretim lisansına sahip kuruluşlarca üretimi gerçekleştirilen F-18, I-131, Tc-99m, Ge-68/Ge-68 jeneratörleri ve Tl-201 gibi radyoaktif maddelerin ihracı için izin düzenlenmiştir.

Diğer taraftan, NDK 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, 2019 yılında ülke genelinde toplam 3996 kuruluşta 6432 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

İyonlaştırıcı radyasyon kaynakları, bilim ve teknolojideki gelişmeler paralelinde günümüzde endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda 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 amacıyla yönelik olarak yürütülen çalışmalarda sistemin daha ileri seviyelere getirilmesi hedeflenmektedir.

İyonlaştırıcı radyasyon kaynakları kullanılarak yürütülen uygulama ve faaliyetlerin NDK 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.



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Türkiye’de Radyasyon Kaynakları 2019

Raporu Hazırlayan

Radyasyondan Korunma Dairesi

Feridun OĞUZ

Verilerin Alındığı Birimler

Denetim Dairesi Başkanlığı

Emniyet ve Güvence Dairesi Başkanlığı

Radyasyon Uygulamaları Dairesi Başkanlığı

İletişim

feridun.oguz@taek.gov.tr



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Mustafa Kemal Mah. Dumlupınar Bulvarı No: 192

06510 Çankaya/ANKARA

Tel : 0 312 293 46 00

www.ndk.gov.tr