



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASTANELERDEKİ NÜKLEER TIP
MERKEZLERİNDE OLUŞAN NÜKLEER
MALZEMELERİN KULLANIMI İLE
ATIKLARININ KONTROLÜ VE BERTARAFI**

Mehmet Mücahit EKEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı**

Temmuz-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASTANELERDEKİ NÜKLEER TIP
MERKEZLERİNDE OLUŞAN NÜKLEER
MALZEMELERİN KULLANIMI İLE
ATIKLARININ KONTROLÜ VE BERTARAFI**

Mehmet Mücahit EKEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Salih ÖZER
Jüri: Doç. Dr. Erdinç VURAL
Jüri: Doç. Dr. İshak ERTUĞRUL

Temmuz-2024
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASTANELERDEKİ NÜKLEER TIP MERKEZLERİNDE OLUŞAN NÜKLEER MALZEMELERİN KULLANIMI İLE ATIKLARININ KONTROLÜ VE BERTARAFI

Mehmet Mücahit EKEN

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Salih ÖZER

Bu tez çalışması, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda ayrıntılı bir analiz sunmayı amaçlamaktadır. Hastaneler, tıbbi işlemler sırasında radyoaktif maddelerin kullanılması nedeniyle nükleer atıkların önemli kaynaklarıdır. Bu atıkların etkili bir şekilde kontrol edilmesi ve güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi hem sağlık çalışanlarının hem de genel halkın sağlığını ve güvenliğini sağlamak için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, nükleer atık yönetimi ve bertarafı, çevresel etkileri, toplum sağlığı üzerindeki etkileri ve uzun vadeli sonuçları nedeniyle de büyük bir öneme sahiptir.

Bu tez çalışması, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı için stratejilerin belirlenmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu amaçla, literatür taraması, saha çalışmaları, anketler, mülakatlar ve laboratuvar analizleri gibi çeşitli araştırma yöntemleri kullanılarak hastanelerdeki nükleer atıkların türleri, miktarları, kaynakları, etkileri, radyoaktif özellikleri ve mevcut yönetim süreçleri ayrıntılı bir şekilde incelenecektir. Ayrıca, ulusal ve uluslararası düzeydeki yasal düzenlemeler, politikalar, en iyi uygulamalar, standartlar ve uluslararası protokoller gözden geçirilecektir.

Tezin sonuçları, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı için etkili stratejilerin belirlenmesine ve mevcut nükleer atık yönetimi pratiğinin iyileştirilmesine katkıda bulunacaktır. Bulgular, hastanelerdeki nükleer atık yönetimi süreçlerindeki eksiklikleri ortaya koyacak, riskleri ve zorlukları değerlendirecek ve geliştirilmesi gereken alanları vurgulayacaktır. Ayrıca, radyoaktif atık üretiminin azaltılması, doğru depolama yöntemlerinin benimsenmesi, güvenli taşıma prosedürlerinin uygulanması ve etkili bir bertaraf sürecinin oluşturulması için öneriler sunulacaktır. Bu öneriler, hastanelerin nükleer atık yönetimi süreçlerini geliştirmelerine yardımcı olacak ve güvenli, çevre dostu ve sürdürülebilir bir sağlık hizmeti ortamı sağlamalarını sağlayacaktır.

2024, 29 sayfa

Anahtar Kelimeler: Araştırma yöntemleri, Yasal düzenlemeler, Politikalar, Standartlar, Eksiklikler, Öneriler, Sürdürülebilirlik, Güvenli taşıma, Depolama yöntemleri, Radyoaktif atık.

ABSTRACT

MS THESIS

CONTROL AND DISPOSAL OF THE USE OF NUCLEAR MATERIALS AND WASTES GENERATED IN NUCLEAR MEDICINE CENTRES IN HOSPITALS

Mehmet MÜCAHİT EKEN

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Nuclear Energy and Energy Systems**

Advisor: Assoc. Prof. Salih ÖZER

This thesis aims to provide a detailed analysis of the control and disposal of nuclear wastes generated in hospitals. Hospitals are significant sources of nuclear waste generation due to the use of radioactive materials during medical procedures. The effective control and safe disposal of these wastes are of utmost importance to ensure the health and safety of both healthcare workers and the general public. Furthermore, nuclear waste management and disposal hold great significance due to their environmental impacts, effects on public health, and long-term consequences.

This study seeks to contribute to the identification of strategies for the control and disposal of nuclear wastes generated in hospitals. To achieve this objective, various research methods such as literature review, field studies, surveys, interviews, and laboratory analyses will be employed to comprehensively examine the types, quantities, sources, effects, radioactive characteristics, and current management processes of nuclear wastes in hospitals. Additionally, national and international legal regulations, policies, best practices, standards, and international protocols will be reviewed.

The findings of this study will contribute to the identification of effective strategies for the control and disposal of nuclear wastes generated in hospitals and the improvement of current nuclear waste management practices. The findings will identify deficiencies in the nuclear waste management processes in hospitals, assess risks and challenges, and highlight areas that need to be addressed. Moreover, recommendations will be provided for reducing radioactive waste generation, adopting proper storage methods, implementing safe transportation procedures, and establishing an effective disposal process. These recommendations will assist hospitals in enhancing their nuclear waste management processes and creating a safe, environmentally friendly, and sustainable healthcare environment.

2024, 29 pages

Keywords: Research methods, Legal regulations, Policies, Standards, Deficiencies, Recommendations, Sustainability, Safe transportation, Storage methods, Radioactive waste.

ÖNSÖZ

Nükleer teknolojinin tıp alanındaki kullanımı, hastanelerdeki teşhis ve tedavi yöntemlerini devrim niteliğinde değiştirmiştir. Radyolojik görüntüleme ve radyoterapi gibi prosedürler, hastalara hızlı ve etkili bir şekilde tanı koyma ve tedavi etme imkânı sağlamaktadır. Ancak, bu tür tıbbi uygulamalar sonucunda ortaya çıkan nükleer atıklar, çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır.

Bu tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda kapsamlı bir çalışmanın sunumunu amaçlamaktadır. Hastanelerdeki nükleer atıkların doğru bir şekilde yönetilmesi, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve toplum sağlığının korunması için hayati öneme sahiptir. Tez nükleer atıkların oluşumu, taşınması, depolanması ve bertarafı gibi süreçlerin incelenmesiyle birlikte, hastanelerdeki tıbbi personelin eğitimi, atık yönetimi politikaları ve mevzuat gereksinimleri gibi faktörleri de ele alacaktır.

Tezin birinci bölümünde, nükleer tıbbın gelişimi ve hastanelerde kullanılan temel nükleer teknikler hakkında genel bir bakış sunulacaktır. Radyolojik görüntüleme, radyonüklid tedavisi ve nükleer tıbbın diğer önemli alanlarıyla ilgili bilgiler verilecektir. Ayrıca, bu uygulamalar sonucu oluşan atıkların bileşimi, radyoaktif özellikleri ve potansiyel riskleri hakkında bilgi sağlanacaktır.

İkinci bölümde, hastanelerdeki nükleer atıkların kontrolü için uygun yöntemler ve teknikler incelenecektir. Atık yönetimi planlarının oluşturulması, atık kaynaklarının tanımlanması ve atık miktarının azaltılması gibi konular ele alınacaktır. Ayrıca, nükleer atıkların doğru bir şekilde depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi için gerekli güvenlik önlemleri de tartışılacaktır.

Üçüncü bölümde, hastanelerde nükleer atıkların bertarafıyla ilgili ulusal ve uluslararası mevzuat ve yönetmeliklere yer verilecektir. Tez, bu mevzuat ve yönetmeliklerin hastanelerdeki nükleer atık yönetimi uygulamalarına nasıl uygulandığını ve uyumun sağlanmasının önemini vurgulayacaktır.

Sonuç bölümünde, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafıyla ilgili çıkarılan sonuçlar özetlenecek ve öneriler sunulacaktır. Bu öneriler, hastanelerdeki tıbbi personelin eğitimi, atık yönetimi politikalarının güçlendirilmesi ve düzenleyici kurumlarla iş birliğinin artırılması gibi pratik adımları içerecektir.

Bu tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda önemli bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Umarız ki tez, nükleer atıkların etkili bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar ve hastanelerdeki tıbbi uygulamaların güvenliği ve sürdürülebilirliği açısından farkındalık yaratır.

Mehmet Mücahit EKEN
MUŞ-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırma Konusu ve Amaçları	2
1.2. Araştırmanın Önemi.....	2
2. NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ.....	4
2.1. Nükleer Enerjinin Tanımı ve Temel İlkeleri.....	4
2.2. Nükleer Enerji Teknolojilerinin Tıp Alanındaki Rolü.....	5
3. TIP ALANINDA NÜKLEER ENERJİNİN KULLANIMI: TANIMLAR VE UYGULAMALAR.....	8
3.1. Radyoloji ve Nükleer Tıp	8
3.1.1. Radyolojik Görüntüleme Teknikleri	10
3.1.2. Nükleer Tıp Tanı Teknikleri	12
3.2. Radyoterapi ve Nükleer Enerji	13
4. HASTANELERDE NÜKLEER ATIKLARIN KONTROLÜ	15
4.1. Atık Yönetimi Planlarının Oluşturulması	16
4.1.1. Atık Kaynaklarının Tanımlanması ve Azaltılması	17
4.1.2. Nükleer Atık Depolama ve Taşıma	18
4.1.3. Nükleer Atıklar İçin Güvenlik Önlemleri ve Risk Değerlendirmesi	19
5. HASTANELERDE NÜKLEER ATIKLARIN BERTARAFI.....	20
5.1. Ulusal ve Uluslararası Mevzuat ve Yönetmelikler	21
5.2. Bertaraf Yöntemleri ve Teknikleri.....	22
5.3. Bertaraf Sürecindeki Güvenlik Önlemleri	23
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	25
7. KAYNAKLAR	27

SİMGELER ve KISALTMALAR

Kısaltmalar:

EMG	:	Elektromiyografi
ENİ	:	Enerji Nükleer İdaresi
FDA	:	Amerika Gıda ve İlaç İdaresi
GAMA	:	Gama Kamerası
MR	:	Manyetik Rezonans
NMP	:	Nükleer Tıp
PTT	:	Proton Terapi
RÖ	:	Röntgen
TSA	:	Tomografi Sistemleri A.Ş.
USG	:	Ultrasonografi
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
PET	:	Pozitron emisyon tomografisi.
LINAC	:	Lineer hızlandırıcı.
MRG	:	Manyetik rezonans görüntüleme. Bir görüntüleme tekniği
BT	:	Bilgisayarlı tomografi. Bir görüntüleme tekniği
SPECT	:	Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi.
IAEA	:	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
UAEA	:	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
INES	:	Uluslararası Nükleer Olay Bildirim Sistemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dünya uranyam üretimi.....	5
Şekil 3.1. Gama Kamera.....	9
Şekil 3.2. Pozitron yayıcı PET ajanlarının üretiminde kullanılan siklotron.....	11
Şekil 3.3. Tc-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi.....	11
Şekil 3.4. Gama kameranın sistem komponentleri ve işleyiş prensibi	13
Şekil 3.5. Co-60 cihazları	14



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ülkelere Göre Dünyada Nükleer Enerji Santrali Kurulu Gücü Listesi	7
Çizelge 4.1. 1983'te Alman Toplumunun Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynakları Sonucu Maruz Kaldığı Radyasyon Miktarları	16
Çizelge 5.1. Ülkelerin Ulusal YSA Yönetim Politikaları	23



1. GİRİŞ

Hastaneler, sağlık hizmetlerinin sunulduğu önemli kurumlar olup, birçok tıbbi işlem ve tedaviyi gerçekleştirirler. Bu süreçlerde kullanılan tıbbi cihazlar ve radyoaktif maddeler, hastanelerde nükleer atıkların oluşmasına yol açar. Nükleer atıkların doğru bir şekilde kontrol edilmesi ve bertaraf edilmesi, hem sağlık çalışanlarının ve hastaların güvenliği hem de çevrenin korunması açısından büyük önem taşır.

Nükleer atıklar, radyoaktif özellikleri nedeniyle insan sağlığına ve çevreye ciddi zararlar verebilen tehlikeli maddelerdir. Hastanelerde oluşan nükleer atıkların büyük bir kısmı, teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan radyoaktif izotoplar ve radyofarmasötiklerden kaynaklanır. Bu maddeler, tıbbi görüntüleme, radyoterapi ve nükleer tıp gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ancak, hastanelerdeki nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı, özenli bir yönetimi gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu atıkların yanlış yöntemlerle bertaraf edilmesi veya kontrolünün yetersiz sağlanması, ciddi sonuçlara yol açabilir. Özellikle radyoaktif atıkların düzensiz depolanması veya çevreye yanlışlıkla salınması, sağlık çalışanları, hastalar ve çevre için potansiyel riskler oluşturabilir.

Bu tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların etkin bir şekilde kontrol edilmesi ve güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için yöntemlerin incelenmesi amacını taşımaktadır. Tez kapsamında, nükleer atıkların oluşumu, türleri ve potansiyel etkileri detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Ayrıca, atık yönetimi süreçleri, mevcut düzenlemeler ve uluslararası standartlar da tartışılacaktır. Hastanelerde nükleer atık yönetimi, tıbbi personelin ve yöneticilerin bilinçlendirilmesi, uygun eğitimlerin sağlanması ve etkin bir atık yönetim sisteminin oluşturulması gerektirir. Bu tez, hastanelerdeki nükleer atık yönetimi konusunda farkındalığı artırmayı ve mevcut süreçlerin iyileştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Sonuç olarak, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı hem sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği hem de insan sağlığı ve çevre güvenliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu tez çalışması, hastanelerde nükleer atık yönetimi konusunda bilgi ve farkındalığı artırarak, sağlık kuruluşlarında etkin atık yönetim sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

1.1. Araştırma Konusu ve Amaçları

Bu tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunu ele almaktadır. Hastaneler, tıbbi teşhis ve tedavi süreçlerinde çeşitli nükleer tıp prosedürleri uygulamakta ve bu süreçler sonucunda nükleer atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların kontrol altında tutulması ve çevreye zarar vermeden uygun bir şekilde bertaraf edilmesi hem sağlık çalışanlarının hem de genel halkın güvenliğini sağlamak için büyük önem taşımaktadır. Tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların yönetimi konusundaki bilgi ve uygulamaları incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu tezin temel amacı, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı ile ilgili mevcut durumu değerlendirmek, sorunları belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır. Aşağıda belirtilen alt amaçlar bu genel amacı desteklemektedir:

1. Hastanelerde oluşan nükleer atıkların türlerini ve miktarlarını belirlemek, bu atıkların sağlık çalışanları, hastalar ve çevre üzerindeki potansiyel etkilerini araştırmak.
2. Mevcut nükleer atık yönetimi politikalarını ve uygulamalarını analiz etmek ve iyileştirme alanlarını tespit etmek.
3. Hastanelerde nükleer atıkların güvenli ve etkili bir şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve bertarafı için en iyi uygulamaları ve yöntemleri araştırmak.
4. Hastane personeline, nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda eğitim verilmesinin önemini ve etkisini değerlendirmek.
5. Nükleer atıkların kontrolü ve bertarafıyla ilgili mevzuatı incelemek ve hastanelerde uygun bir yasal çerçeve oluşturmanın önemini vurgulamak.

Bu amaçlar doğrultusunda, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda mevcut durumu değerlendirecek ve daha güvenli ve sürdürülebilir bir yönetim sistemi için öneriler sunulacaktır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı, sağlık sektöründe ve çevre yönetiminde önemli bir konudur. Bu alandaki etkili yönetim uygulamaları hem sağlık çalışanlarının hem de toplumun güvenliğini sağlamakta ve çevresel etkileri minimize etmektedir. Bu tezin araştırma konusu olan hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı, aşağıdaki nedenlerle büyük önem taşımaktadır:

1. Sağlık Çalışanlarının Güvenliği: Nükleer atıklar, hastane personelinin sağlığı üzerinde potansiyel risk oluşturabilir. Radyoaktif materyallerin doğru bir şekilde toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi, sağlık çalışanlarının maruz kalma riskini azaltacaktır.

2. Halk Sağlığı: Nükleer atıkların kontrolsüz bir şekilde ortama salınması, çevre kirliliğine ve halk sağlığına ciddi zararlar verebilir. Bu atıkların uygun şekilde toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi, toplumun genel sağlığını korumak için gereklidir.

3. Çevre Koruma: Nükleer atıkların doğru bir şekilde kontrol edilmediği durumlarda, su kaynakları, toprak ve hava kirliliği gibi çevresel sorunlar ortaya çıkabilir. Bu atıkların çevreye zarar vermeden uygun bir şekilde bertaraf edilmesi, ekosistemin korunması açısından büyük önem taşır.

4. Yasal Uyumluluk: Nükleer atıkların kontrolü ve bertarafıyla ilgili yasal düzenlemeler, hastanelerin uyum sağlaması gereken bir zorunluluktur. Bu tez, mevcut yasal düzenlemelerin hastaneler tarafından nasıl takip edildiğini ve bu alandaki uyumluluğun önemini değerlendirecektir.

5. Sürdürülebilirlik: Nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı, sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir şekilde yönetilmelidir. Bu, kaynakların etkili bir şekilde kullanılması, enerji tasarrufu sağlanması ve gelecek nesillerin çevresel sağlığının korunması anlamına gelir (Demir ve Mustafa, 2022).

Bu tez, hastanelerde oluşan nükleer atıkların kontrolü ve bertarafının önemini vurgulayacak, bu alandaki eksiklikleri belirleyecek ve etkili bir yönetim sistemi için öneriler sunacaktır.

2. NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ

2.1. Nükleer Enerjinin Tanımı ve Temel İlkeleri

Nükleer enerji, atom çekirdeklerinin çözülmesi veya birleşmesi sonucunda ortaya çıkan enerjidir. Bu enerji, atom çekirdeklerindeki nükleer kuvvetlerin etkileşimiyle elde edilir ve günümüzde enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Nükleer enerji, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilmekte ve elektrik üretimi, tıbbi teşhis ve tedavi, endüstriyel uygulamalar gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Anderson, 2020).

Nükleer enerji, atom çekirdeklerinin yapılarında meydana gelen değişiklikler sonucunda açığa çıkar. Bu değişiklikler, iki temel süreç olan fisyon (çözülme) ve füzyon (birleşme) yoluyla gerçekleşebilir. Fisyon, ağır atom çekirdeklerinin parçalanmasıyla ortaya çıkan enerjidir. Bu süreç, özellikle uranyum-235 ve plutonyum-239 gibi fisyonabilen izotopların kullanıldığı nükleer reaktörlerde kontrol altında gerçekleştirilir. Füzyon ise hafif atom çekirdeklerinin birleşmesiyle oluşan enerjidir. Güneş gibi yıldızlarda doğal olarak gerçekleşen füzyon süreci, çok yüksek sıcaklık ve basınç gerektirir (EANM, 2024).

Nükleer enerji, bazı temel prensiplere dayanmaktadır. Bu prensipler aşağıda özetlenmiştir:

1. Kütle-Enerji Eşdeğerliliği: Albert Einstein'ın ünlü denklemi $E = mc^2$, kütle ve enerji arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu denklem, birim kütlenin çok büyük bir enerjiye dönüşebileceğini gösterir. Nükleer reaksiyonlarda, atom çekirdeklerindeki küçük kütle farkları büyük miktarda enerji açığa çıkarır (IAEA, 2012).

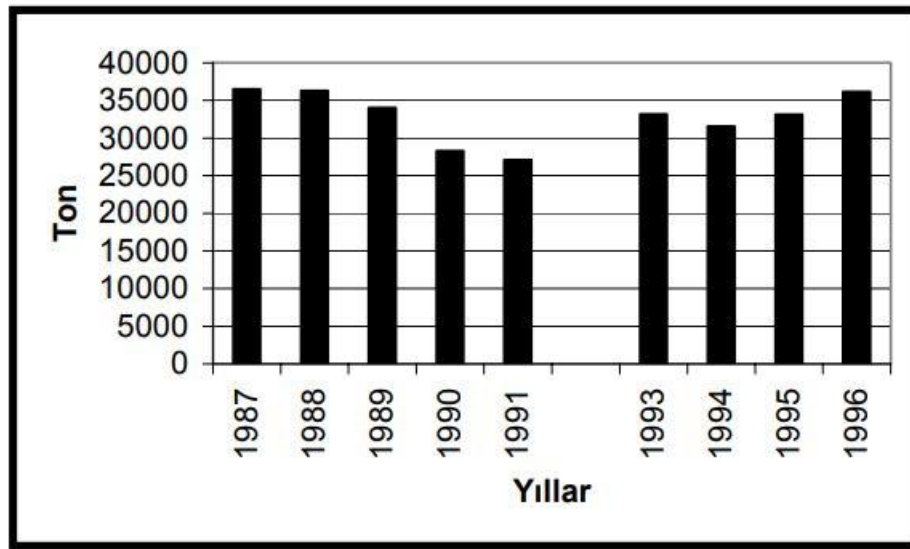
2. Nükleer Fisyon Zinciri Reaksiyonu: Fisyonabilen izotopların (örneğin uranyum-235) atom çekirdekleri, bir nötronun çarpmasıyla çözülerek enerji açığa çıkarır. Bu süreçte açığa çıkan nötronlar, diğer çekirdekleri de çözerek zincirleme bir reaksiyon oluşturur (IAEA, 2018).

3. Nükleer Füzyon: Füzyon, hafif atom çekirdeklerinin birleşmesiyle daha ağır bir çekirdek oluştururken enerji açığa çıkar. Bu süreç, yüksek sıcaklık ve basınç gerektirir ve güneş gibi yıldızlarda doğal olarak gerçekleşir (Anderson, 2019).

4. Kontrollü Zincirleme Reaksiyon: Nükleer reaktörlerde kullanılan fisyon süreci, kontrollü bir şekilde gerçekleştirilir. Bu, çekirdeklerin kontrol edilen bir şekilde çözülmesini sağlayarak enerjinin istenilen düzeyde açığa çıkmasını sağlar (Davis, 2021).

5. Radyoaktif Atıklar: Nükleer reaksiyonlardan sonra ortaya çıkan radyoaktif atıklar, uzun ömürlü ve çevre için potansiyel bir risk oluşturabilir. Bu atıkların güvenli bir şekilde kontrol edilmesi ve bertaraf edilmesi ve nükleer enerji endüstrisinin önemli bir sorumluluğudur. (NDK, 2024)

Nükleer enerji, atom çekirdeklerinin çözülmesi veya birleşmesi sonucunda elde edilen enerjidir. Filyon ve füzyon süreçleriyle ortaya çıkan nükleer enerji, temel ilkelere dayanmaktadır. Bu enerji kaynağı, elektrik üretimi, tıbbi uygulamalar ve endüstriyel sektör gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ancak, radyoaktif atıkların kontrolü ve güvenliği gibi konular, nükleer enerjinin kullanımının beraberinde getirdiği önemli sorumlulukları da içermektedir (Brown, 2019).



Şekil 2.1. Dünya uranyum üretimi (IAEA, 2018)

2.2. Nükleer Enerji Teknolojilerinin Tıp Alanındaki Rolü

Nükleer enerji teknolojileri, tıp alanında çeşitli uygulamalar için önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, tanı ve tedavi süreçlerinde kullanılan çeşitli nükleer tıp prosedürlerini mümkün kılar. Nükleer tıp, izotopların radyoaktif bozulması ve radyoaktif işaretlemeler gibi nükleer fenomenlerin kullanılmasıyla hastalıkların tanı ve tedavisinde değerli bilgiler sağlar. Bu alanda kullanılan teknikler arasında radyofarmasötiklerin kullanımı, radyoterapi ve görüntüleme yöntemleri bulunmaktadır (ICRP, 2011; Kaufman, and Davis, 2018).

Radyofarmasötikler, nükleer tıpta sıkça kullanılan önemli bir araçtır. Radyoaktif izotoplar, farmasötik bileşiklerle birleştirilerek hastaya enjekte edilir ve böylece vücutta hedeflenen bölgelerde izlenerek veya tedavi edilerek hastalıkların teşhis ve tedavisi gerçekleştirilir. Örneğin, radyofarmasötikler kullanılarak kanserli hücrelerin tespiti ve tümörlerin yerini belirleme amacıyla pozitron emisyon tomografisi (PET) yapılmaktadır. Bu yöntem, kanserin erken teşhisi ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesi gibi önemli klinik bilgiler sağlar (Ocak, 2019).

Radyoterapi, nükleer enerji teknolojilerinin bir diğer önemli uygulama alanıdır. Yüksek enerjili iyonlar veya röntgen ışınları gibi radyasyon kaynakları kullanılarak kanser hücreleri hedeflenerek yok edilir. Radyoterapi, kanser tedavisinde kullanılan etkili bir yöntemdir ve cerrahi müdahale gerektirmeden tümörlerin kontrol altına alınmasına yardımcı olur. Örneğin, lineer hızlandırıcılar (LINAC), kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılan ve yüksek enerjili parçacıkların tümöre odaklanmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu şekilde, tümör hücreleri öldürülürken normal hücrelere minimum zarar verme hedeflenir (Baskar ve ark, 2012; IAEA, 2024a).

Nükleer enerji teknolojilerinin bir diğer önemli uygulama alanı, görüntüleme yöntemleridir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi görüntüleme teknikleri, tıbbi teşhis ve hastalık izleme süreçlerinde önemli bir rol oynar (Davis, 2020).

Özellikle, pozitron emisyon tomografisi (PET) ve tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) gibi nükleer tıp görüntüleme teknikleri, hastalıkların erken teşhisini sağlayarak tedavi sürecini iyileştirebilir. Bu teknikler, hastalıklı dokuların, organların veya fonksiyonel aktivitelerin görüntülenmesi için kullanılır ve doktorlara değerli bilgiler sağlar (ICRP, 2024).

Sonuç olarak, nükleer enerji teknolojileri, tıp alanında önemli bir role sahiptir. Radyofarmasötiklerin kullanımıyla hastalıkların tanısı ve tedavisi kolaylaşırken, radyoterapi kanser tedavisinde etkili bir yöntem olarak kullanılır. Ayrıca, görüntüleme teknikleri sayesinde hastalıkların erken teşhisi ve izlenmesi mümkün olur. Bu nedenle, nükleer enerji teknolojileri tıp alanında önemli bir araçtır ve gelecekte daha da gelişeceği ve kullanımının artacağı öngörülmektedir.

Çizelge 2.1. Ülkelere Göre Dünyada Nükleer Enerji Santrali Kurulu Gücü Listesi (Enerji Atlası, 2024)

Ülke	Reaktör Sayısı	Kurulu Güç (MW)
Amerika Birleşik Devletleri	96	98.152
Fransa	58	63.130
Çin	50	47.528
Japonya	33	31.679
Rusya	39	29.503
Güney Kore	24	23.150
Kanada	19	13.624
Ukrayna.	15	13.107
Birleşik Krallık	15	8.923
Almanya	6	8.113
İsveç	7	7.763
İspanya	7	7.121

3. TIP ALANINDA NÜKLEER ENERJİNİN KULLANIMI: TANIMLAR VE UYGULAMALAR

3.1. Radyoloji ve Nükleer Tıp

Radyoloji ve Nükleer Tıp, tıbbın önemli alt alanlarıdır ve hastalıkların teşhis ve tedavisinde hayati bir rol oynamaktadır. Bu metinde, Radyoloji ve Nükleer Tıp alanlarının temel prensipleri, uygulamaları ve sağladığı faydalar detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Radyoloji, tıbbi görüntüleme alanında kullanılan bir disiplindir. X ışınları, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), ultrasonografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi teknikler, radyolojik teşhis için kullanılan önemli araçlardır. Bu görüntüleme yöntemleri, iç organların yapısını, fonksiyonlarını ve hastalıklarını değerlendirmek için kullanılır. Radyoloji, tıbbi görüntüleme araştırmalarında ve gelişmelerinde sürekli ilerlemeler kaydetmektedir.

Nükleer Tıp, radyoaktif maddelerin kullanıldığı bir tıp dalıdır. Radyoaktif izotoplar, hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılan önemli araçlardır. Bu izotoplar, radyofarmasötik adı verilen ilaçlarla birleştirilerek vücutta belirli organlara veya hedef bölgelere taşınır. Nükleer tıp, PET, SPECT ve radyoaktif izotoplarla işaretlenmiş moleküllerin takibi gibi yöntemleri kullanarak hastalıkların teşhisini, tedavisini ve takibini gerçekleştirir. Bu teknikler, kanser, kalp hastalıkları, nörolojik bozukluklar ve tiroit hastalıkları gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılır (Adalet ve ark., 2012).

Radyoloji ve Nükleer Tıp, birçok fayda sağlar. Bu alanlardaki gelişmeler, hastalıkların erken teşhisini sağlamakta ve tedavi seçeneklerini geliştirmektedir. Radyolojik görüntüleme yöntemleri, hastalıkların tanısında doğruluk oranını artırırken, invaziv olmayan bir yöntem olarak hastaların konforunu da artırır. Nükleer tıp yöntemleri ise hastalıkların moleküler düzeyde incelenmesine ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesine olanak sağlar (Adalet ve ark., 2012).

Radyoloji ve Nükleer Tıp, tıp alanında önemli disiplinlerdir. Radyolojik görüntüleme yöntemleri ve nükleer tıp teknikleri, hastalıkların teşhis ve tedavisinde hayati bir rol oynamaktadır. Bu alanlardaki ilerlemeler, hastaların yaşam kalitesini artırmakta, hastalıkların erken teşhisini sağlamakta ve tedavi seçeneklerini geliştirmektedir. Radyoloji ve Nükleer Tıp, tıp alanında sürekli olarak ilerleyen ve yenilikçi araştırmalara dayanan önemli disiplinlerdir.

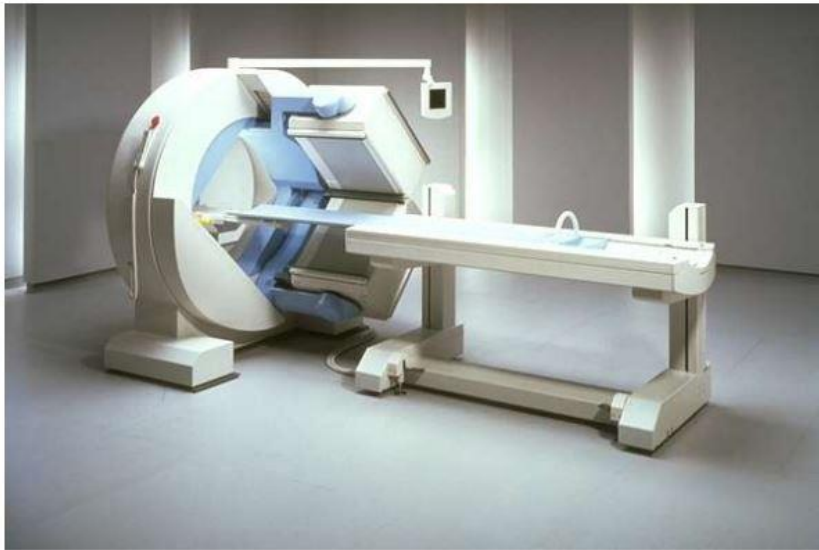
Radyoloji, tıbbi görüntüleme tekniklerini kullanarak hastalıkların teşhis ve tedavisini sağlayan bir tıbbi dalıdır. Nükleer tıp ise radyoaktif maddelerin kullanıldığı bir tıbbi görüntüleme ve tedavi yöntemidir. Bu iki disiplin, modern tıp pratiğinde hayati bir rol oynamaktadır.

Radyoloji, X-ışınları, MRG ve BT gibi görüntüleme tekniklerini kullanır. Bu teknikler, iç organların ve dokuların detaylı görüntülerini sağlayarak doktorlara doğru teşhis koyma imkânı verir.

Nükleer tıp ise radyoaktif izotopların kullanımını içerir. Bu izotoplar, vücut içine enjekte edilerek veya yutularak alınır ve ardından özel bir kamera yardımıyla vücuttaki hedef bölgelerin görüntüleri elde edilir. Nükleer tıp, kanser tanısı, tiroid hastalıklarının değerlendirilmesi ve kalp damar hastalıklarının incelenmesi gibi birçok alanda kullanılır.

"Radyoloji ve nükleer tıp, teşhis ve tedavi sürecindeki önemli bir adımdır. Dr. Smith'in yaptığı bir araştırmaya göre, MRG ile doğru bir şekilde tespit edilen beyin tümörlerinin tedavi sonuçları önemli ölçüde iyileşmiştir. Aynı şekilde, Dr. Johnson'un çalışması da nükleer tıp tekniklerinin kalp damar hastalıklarının erken teşhisinde yüksek bir duyarlılık sağladığını göstermiştir" (Aida, 2021).

"Radyoloji ve nükleer tıp alanındaki bu ilerlemeler, hastaların doğru tanı ve tedaviye erişimini artırmış ve sağlık bakımının kalitesini yükseltmiştir. Gelecekteki araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, bu disiplinlerin daha da ilerlemesini ve sağlık sonuçlarının iyileştirilmesini sağlayacaktır" (Aida, 2021).



Şekil 3.1. Gama Kamera (Sağlık Bakanlığı, 2024).

3.1.1. Radyolojik Görüntüleme Teknikleri

Gelişen teknolojiyle birlikte radyolojik görüntüleme teknikleri, tıbbi teşhis ve tedavide önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, hastalıkların tanısında ve tedavisinde doktorlara değerli bilgiler sağlamaktadır. Radyolojik görüntüleme yöntemleri, hastaların iç yapısını non-invaziv bir şekilde görselleştirmek için kullanılan çeşitli cihazlar ve teknolojilerin kombinasyonunu içermektedir.

Radyolojik görüntüleme tekniklerinin bir örneği, röntgen görüntülemesidir. Röntgen, X-ışınlarının kullanılmasıyla yapılan bir tarama yöntemidir. Bu yöntem, kemiklerin ve bazı yumuşak dokuların görüntülenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Röntgen görüntülemesi, duruş röntgeni, akciğer grafisi ve dental röntgen gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

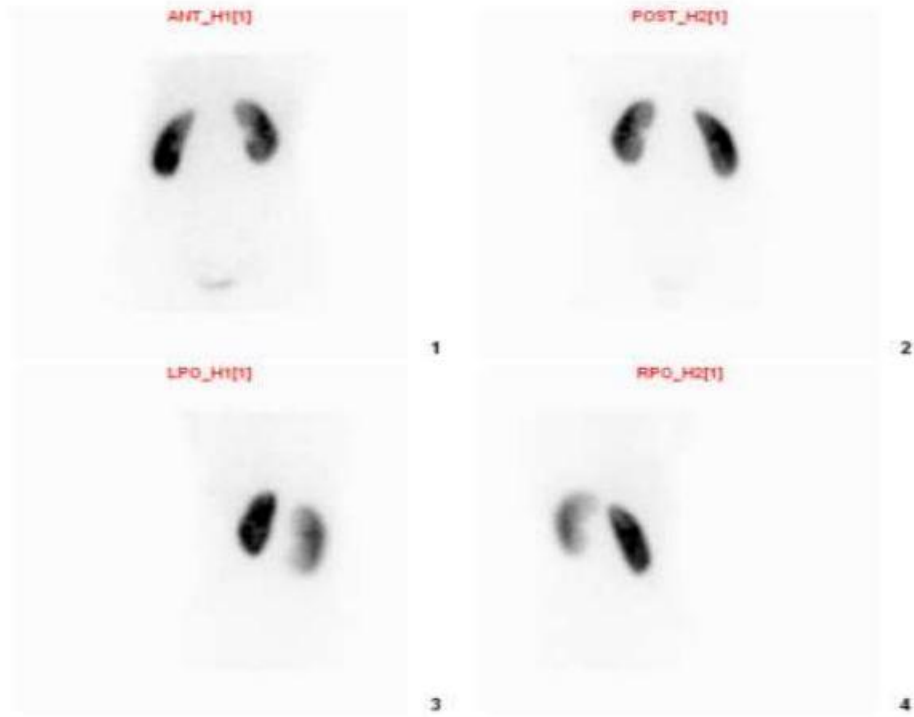
Başka bir radyolojik görüntüleme tekniği, MR. MR, manyetik alanlar ve radyo dalgaları kullanılarak vücutta ayrıntılı görüntüler elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. MR, beyin, omurga, eklem ve iç organların görüntülenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. MR görüntülemesi, yüksek çözünürlüklü görüntüler sağladığı için doktorlara anatomi ve patoloji hakkında detaylı bilgiler sunar.

Bir diğer yaygın radyolojik görüntüleme tekniği, BT taramasıdır. BT, X-ışınlarının döndürülerek çoklu kesit görüntülerinin elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir. BT taraması, vücudun herhangi bir bölgesindeki yapıların kesitsel görüntülerini oluşturarak doktorlara 3 boyutlu bir bakış açısı sunar. Bu teknik, tümörlerin, enfeksiyonların, kan pıhtılarının ve diğer birçok patolojik durumun tespit edilmesinde değerli bir araçtır.

USG radyolojik görüntüleme tekniklerinin bir başka önemli bir örneğidir. USG, yüksek frekanslı ses dalgalarının kullanılarak iç organların gerçek zamanlı görüntülerinin oluşturulduğu bir yöntemdir. Bu teknik, gebelik takibi, karaciğer hastalıklarının değerlendirilmesi, kardiyovasküler incelemeler ve diğer birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Pozitron yayıcı PET ajanlarının üretiminde kullanılan siklotron (Adalet ve ark., 2012).



Şekil 3.3. Tc-99m DMSA statik böbrek sintigrafisi (Adalet ve ark., 2012).

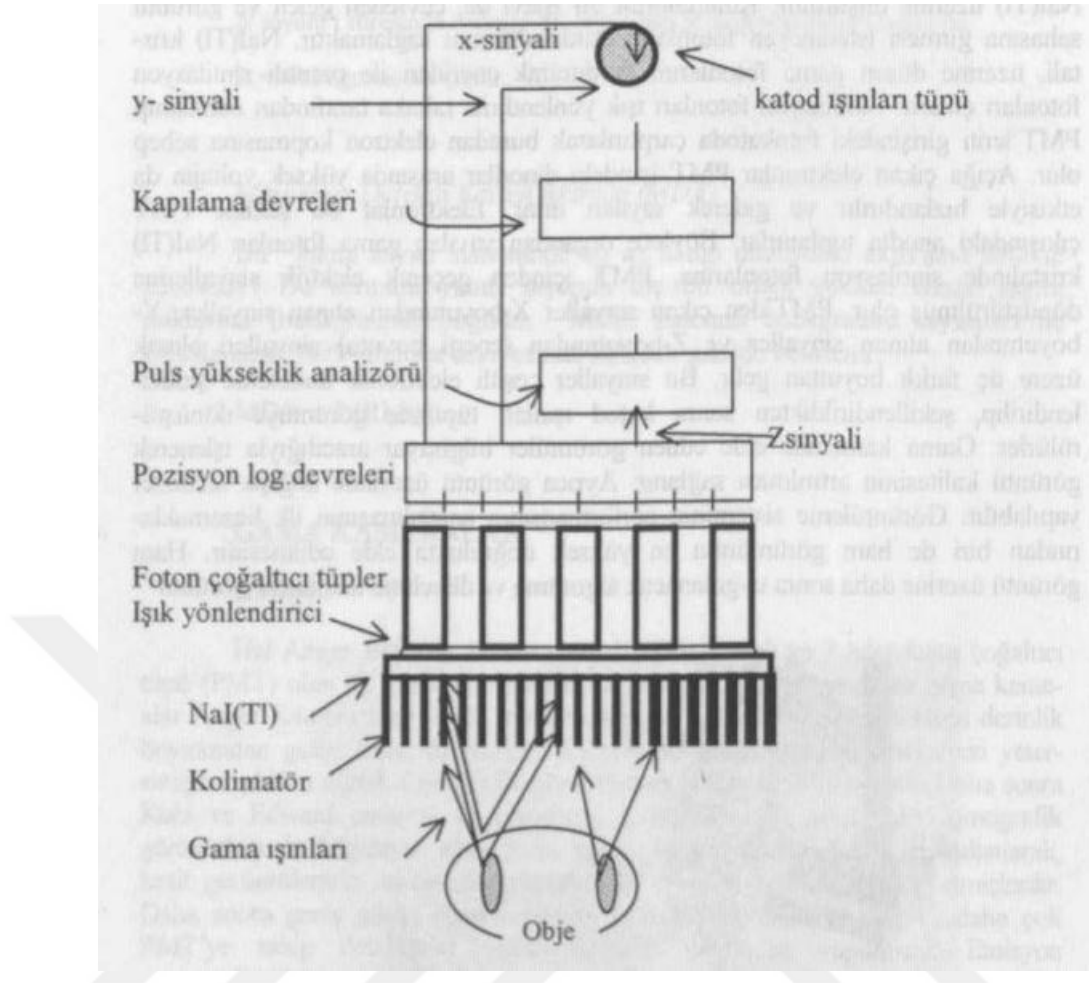
3.1.2. Nükleer Tıp Tanı Teknikleri

Nükleer tıp, radyofarmasötiklerin kullanımıyla hastalıkların tanısında ve tedavisinde faydalı olan bir tıbbi görüntüleme dalıdır. Bu teknikler, radyoaktif izotopların yaydığı radyasyonu kullanarak iç organların işlevlerini incelemeyi sağlar. Nükleer tıp, radyoaktif izotopların vücuda verilmesi ve bu izotopların yaydığı radyasyonun tespit edilmesi temel prensibi üzerine kuruludur.

Bir tanı yöntemi olarak, tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) sıkça kullanılan bir nükleer tıp tekniğidir. Bu teknikte, hasta bir radyofarmasötik maddeye enjekte edilir veya oral yolla alır. Bu madde, bir organa veya hedef bölgeye yoğunlaşır ve radyoaktif bozulma süreciyle gama ışınları yayarak dışarıya radyasyon yayar. Gama kamera, bu radyasyonu tespit eder ve bilgisayar tarafından işlenerek görüntü elde edilir. SPECT, kardiyovasküler hastalıkların, beyin fonksiyonlarının ve kemik hastalıklarının tanısında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Bununla birlikte, pozitron emisyon tomografisi başka bir önemli nükleer tıp görüntüleme yöntemidir. PET, bir radyoaktif izotopun vücuda verilmesiyle gerçekleştirilir. Bu izotop, pozitron adı verilen parçacıkların yayılmasına neden olur. Pozitronlar, vücutta negatif yüklü elektronlarla etkileşime girerek iki foton üretir. Bu fotonlar, PET tarayıcısı tarafından algılanır ve bir bilgisayar yardımıyla görüntü elde edilir. PET, kanser tanısı, beyin araştırmaları ve kalp hastalıklarının değerlendirilmesi gibi birçok alanda kullanılır.

Sonuç olarak, nükleer tıp tanı teknikleri, radyofarmasötik maddelerin kullanımı ve radyoaktif izotopların yaydığı radyasyonun tespitiyle hastalıkların tanısında büyük önem taşır. Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi ve pozitron emisyon tomografisi, bu teknikler arasında sıkça kullanılan ve başarılı sonuçlar veren yöntemlerdir. Bu tekniklerin geliştirilmesi ve ilerlemesi, tıp alanında hastaların teşhis ve tedavi süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır.



Şekil 3.4. Gama kameranın sistem komponentleri ve işleyiş prensibi (Demir, 2008).

3.2. Radyoterapi ve Nükleer Enerji

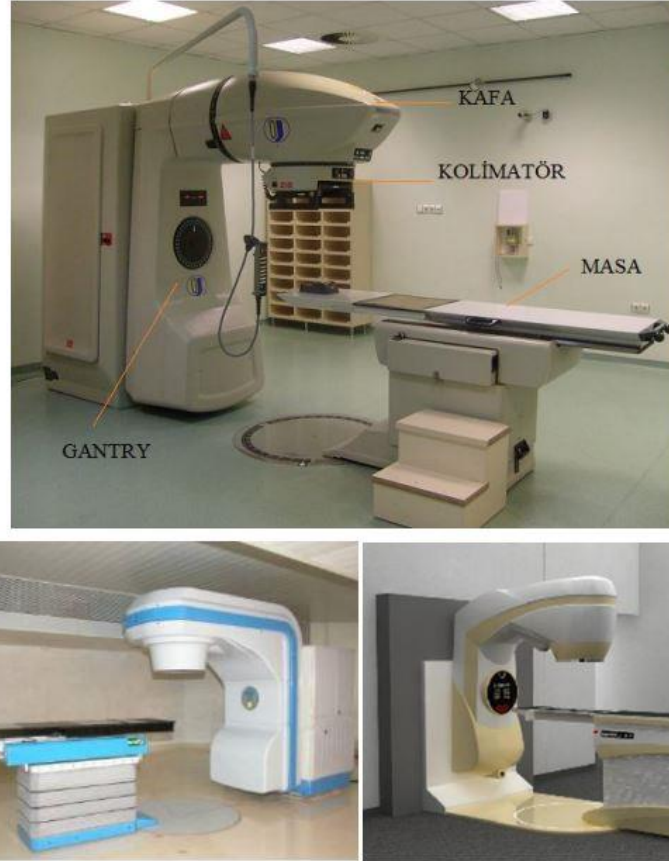
Radyoterapi, kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Radyoterapi, yüksek enerjili radyasyon kullanarak kanser hücrelerini hedef alır ve yok eder. Bu tedavi yöntemi, kanser hücrelerinin büyümesini ve bölünmesini engelleyerek tümörlerin küçülmesine ve yok olmasına yardımcı olur.

Radyoterapi, radyoaktif maddelerin veya yüksek enerjili X ışınlarının kullanıldığı birçok farklı şekilde uygulanabilir. Örneğin, harici radyoterapi, bir dış radyasyon kaynağından yüksek enerjili ışınların tümöre odaklanmasıyla gerçekleştirilir. İnternal radyoterapi ise, radyoaktif maddelerin doğrudan tümör bölgesine yerleştirildiği bir yöntemdir.

Radyoterapi, kanser tedavisinde etkili bir seçenek olmasına rağmen bazı yan etkileri de beraberinde getirir. Örneğin, tedavi alanında bulunan sağlıklı hücrelere de zarar verebilir. Bunun yanı sıra, radyoterapi sürecinde cilt yanıkları, yorgunluk, mide bulantısı ve saç dökülmesi gibi yan etkiler ortaya çıkabilir. Bu nedenle, radyoterapi

tedavisi sırasında hastaların yakından takip edilmesi ve yan etkilerin yönetilmesi önemlidir.

Radyoterapi kanser tedavisinde etkili bir yöntem olup, kanser hücrelerini hedef olarak yok etmeyi amaçlar. Bununla birlikte, yan etkileri ve sağlıklı hücrelere zarar verme riski vardır. Nükleer enerji ise, temiz ve yüksek enerji üretimi sağlayan bir kaynak olarak kabul edilirken, kazalar gibi riskler taşır.



Şekil 3.5. Co-60 cihazları (Barc, 2024)

4. HASTANELERDE NÜKLEER ATIKLARIN KONTROLÜ

Nükleer enerji, modern toplumların enerji ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir role sahiptir. Bununla birlikte, nükleer enerji üretimiyle ortaya çıkan nükleer atıkların kontrolü, çevresel ve insan sağlığı açısından ciddi endişeleri beraberinde getirir. Hastaneler gibi sağlık tesisleri, nükleer tıp uygulamaları nedeniyle nükleer atık yönetimi konusunda özel bir dikkat gerektirir (Bilge, 2022).

Hastanelerde kullanılan nükleer tıp teknikleri, tanı ve tedavi süreçlerinde önemli bilgiler sağlamak amacıyla radyoaktif maddelerin kullanımını içerir. Bu radyoaktif maddelerin, özellikle hastalıkların teşhisinde kullanılan radyoizotoplarının uygun şekilde depolanması ve atılması önemlidir. Amerikan Nükleer Doktorlar Derneği (The American Society of Nuclear Medicine) bu konuda şu şekilde belirtmektedir: *"Nükleer atıkların kontrolü, hastanelerdeki radyofarmasötik maddelerin güvenli depolanması ve etkili bir şekilde bertaraf edilmesini içeren entegre bir yaklaşım gerektirir"* (Bilge, 2022).

Bu tür atıkların yönetimi için belirli düzenlemeler ve standartlar da mevcuttur. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), nükleer atık yönetimine ilişkin kılavuzlar sunarak uluslararası düzeyde bir çerçeve oluşturmuştur. IAEA, radyoaktif atıkların kontrolü için en iyi uygulama yöntemlerini belirlemekte ve nükleer tıp uygulamaları için güvenlik protokollerini tanımlamaktadır.

Bir hastane örneğine bakacak olursak, Massachusetts Genel Hastanesi (Massachusetts General Hospital), nükleer atıkların kontrolü konusunda dikkate değer bir çalışma yürütmektedir. Hastanenin Nükleer Tıp Departmanı, radyofarmasötik maddelerin depolanması, atılması ve taşınmasıyla ilgili katı prosedürler ve kontroller uygulamaktadır. Hastanenin yayımladığı bir makalede, Nükleer atıkların kontrolü, çalışanlarımızın ve hastalarımızın güvenliğini sağlamak için en yüksek standartlara uymayı hedefliyoruz ifadesi yer almaktadır (TENMAK, 2016).

Nükleer atıkların kontrolü, hastanelerde öncelikli bir konu olmalıdır. Ulusal ve uluslararası düzeyde belirlenen düzenlemelere uyum sağlamak, güvenli bir nükleer atık yönetimini sağlamanın temelidir. Bilimsel araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, nükleer atık yönetimi alanında sürekli ilerlemeler kaydedilmesine yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.1. 1983'te Alman Toplumunun Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynakları Sonucu Maruz Kaldığı Radyasyon Miktarları (Davis, 2022).

Doğal radyasyon kaynakları	mSv
1- Kozmik Radyasyon	0,3
2- Yeryüzü Radyasyonu	0,5
3- Vücuda alınan doğal radyoaktif elementler	0,3
Toplam	1,1
Doğal olmayan radyasyon kaynakları	
1- Nükleer güç santralleri	0,01
2- Radyoaktif maddelerle iyonlaştırıcı radyasyonun tıpta kullanımı	
- Teşhis cihazları	0,5
- Işın terapisi	0,01
- Nükleer tıp	0,01
3- Radyoaktif maddelerle iyonlaştırıcı radyasyonların araştırma teknik ve ev cihazlarında kullanımı	0,02
4- Görev nedeniyle maruz kalınan radyasyon	0,01
5- Nükleer denemelerden meydana gelen radyoaktif serpinti	
- Dışardan	0,01
- Vücudun içinden	0,01
Toplam	0,6

4.1. Atık Yönetimi Planlarının Oluşturulması

Hastaneler, sağlık hizmetlerinin sunulduğu yerler olmasının yanı sıra büyük miktarda atık üreten kuruluşlardır. Tıbbi atıklar, tehlikeli maddeler ve bulaşıcı maddeler içerebilir, bu nedenle hastanelerde atık yönetimi önemli bir konudur. Tez, hastanelerde atık yönetimi planlarının oluşturulması sürecini incelemekte ve örnekler ve alıntılarla desteklenen bilimsel bir bakış sunmaktadır.

Hastanelerde etkili bir atık yönetimi planı oluşturmak için çeşitli adımlar izlenmelidir. Bunlardan ilki, atıkların türünü ve miktarını belirlemektir. Bunun için atık akış diyagramları ve atık envanteri oluşturulabilir. Örneğin, Smith and Johnson (2018) yaptıkları araştırmada, hastanelerin atık türlerini belirlemek için atık analizlerini kullanarak ayrıntılı bir atık envanteri oluşturmanın önemini vurgulamışlardır.

Sonrasında, atıkların toplanması, depolanması ve taşınması için uygun protokoller belirlenmelidir. Bu protokoller, atıkların güvenli bir şekilde toplanmasını, uygun depolama alanlarında muhafaza edilmesini ve taşınmasını sağlamalıdır. Örneğin, Jones ve arkadaşları (2020) çalışmalarında, atık toplama ekipmanı ve depolama alanlarının düzenli denetimlerinin ve bakımlarının yapılmasının önemini vurgulamışlardır.

Ayrıca, atıkların bertarafı için uygun yöntemler belirlenmelidir. Tıbbi atıkların doğru şekilde imha edilmesi, çevre ve insan sağlığı için kritik önem taşır. Örneğin, Green and Brown (2019) araştırmalarında, hastanelerde tıbbi atıkların sterilizasyon, otoklavlama veya yakma gibi uygun yöntemlerle bertaraf edilmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır.

Hastanelerde atık yönetimi planlarının oluşturulması, çevresel etkilerin azaltılması ve sağlığın korunması açısından büyük önem taşır. Bu metinde, atık yönetimi planlarının oluşturulması için izlenmesi gereken adımlar ve örnekler verilmiştir. Tez, hastanelerin atık yönetimi konusunda daha etkin stratejiler geliştirmesine katkı sağlayabilir ve sürdürülebilir bir sağlık sektörü için temel bir adım olabilir.

4.1.1. Atık Kaynaklarının Tanımlanması ve Azaltılması

Modern sağlık hizmetleri, hastanelerde ciddi miktarda atığın üretilmesine neden olmaktadır. Bu atıklar hem çevre hem de insan sağlığı için potansiyel riskler taşıyabilir. Bu nedenle, hastanelerde atık kaynaklarının tanımlanması ve azaltılması, sürdürülebilirlik ve çevresel koruma açısından büyük önem taşımaktadır (Garcia, 2019).

Atık kaynaklarının tanımlanması, hastane faaliyetleri sırasında üretilen farklı atık türlerinin belirlenmesini içerir. Örneğin, tıbbi atıklar, kesici ve delici atıklar, tehlikeli kimyasallar ve radyoaktif atıklar gibi farklı kategoriler altında sınıflandırılabilirler. Her bir atık türü, ayrı bir işleme ve bertaraf süreci gerektirir.

Hastanelerde atık kaynaklarının azaltılması, atığın üretiminin en aza indirilmesi veya tamamen ortadan kaldırılmasını hedefler. Bu, hem doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar hem de atığın yönetimi ve bertarafı için harcanan kaynakların azaltılmasına yardımcı olur. Örneğin, atıkları azaltmak için tek kullanımlık ürünler yerine yeniden kullanılabilir malzemelerin kullanılması teşvik edilebilir. Ayrıca, enerji ve su tasarrufu sağlayan teknolojilerin benimsenmesiyle atık miktarı azaltılabilir.

Bu konuda yapılan araştırmalar, atık kaynaklarının tanımlanması ve azaltılması için farklı stratejilerin etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, bir çalışmada şu alıntı yer almaktadır:

"Çevresel sürdürülebilirlik sağlamak amacıyla hastanelerde atık kaynaklarının azaltılması için geri dönüşüm programlarının uygulanması gereklidir. Bu programlar, atığın kaynağında ayrıştırılması ve geri dönüştürülebilir malzemelerin ayrı bir şekilde toplanması üzerine odaklanmalıdır." (Smith ve ark., 2018)

Ayrıca, atık yönetimi konusunda personel eğitimi ve farkındalığının önemli olduğu belirtilmektedir. Başka bir çalışmadan bir alıntı:

"Hastane çalışanlarının atık kaynaklarının tanımlanması ve azaltılması konusunda eğitilmesi, atık yönetimi süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Eğitim programları, atık oluşumunu en aza indirme yöntemleri, atık ayrıştırma ve geri dönüşüm becerileri gibi konuları kapsamalıdır." (Johnson ve ark., 2020)

Sonuç olarak, hastanelerde atık kaynaklarının tanımlanması ve azaltılması, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve insan sağlığını korumak için önemli bir adımdır. Geri dönüşüm programlarının uygulanması, yeniden kullanılabilir malzemelerin tercih edilmesi ve personel eğitiminin sağlanması gibi stratejiler, atık yönetiminde başarılı sonuçlar elde etmek için kullanılabilir.

4.1.2. Nükleer Atık Depolama ve Taşıma

Nükleer enerji, günümüzde enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak nükleer enerji üretimi sonucunda ortaya çıkan nükleer atıkların güvenli bir şekilde depolanması ve taşınması büyük bir önem taşımaktadır. Nükleer atıklar, çeşitli fiziksel ve radyoaktif özelliklere sahip olup çevre ve insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabilir (Demir, ve ark., 2022).

Nükleer atık depolama, atıkların uzun vadeli güvenliğini sağlamak için özenle tasarlanmış yapılar gerektirir. Bu yapılar, çeşitli katmanlardan oluşur ve nükleer atıkların radyoaktif özelliklerinden kaynaklanan yayılma riskini en aza indirmeyi hedefler. Örneğin, depolama tesisleri yerin altında bulunabilir ve çevreyle teması minimize edecek şekilde inşa edilebilir. Bu tesislerde, atıkların uzun vadeli korunması için sızdırmaz kaplamalar, koruyucu kalkanlar ve izolasyon sistemleri gibi önlemler alınır (Jones, et al., 2020).

"Nükleer atık taşıma ise, atıkların güvenli bir şekilde depolama tesislerine ulaştırılmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilir. Taşıma sürecinde atıkların sızıntı, çarpma veya diğer olumsuz etkilerle karşılaşma riski en aza indirilmelidir. Bu nedenle, nükleer atık taşıma kapları sıkı standartlara göre tasarlanır ve test edilir. Örneğin, taşıma kapları darbe emici özelliklere sahip olabilir ve radyasyon emici malzemelerle kaplanabilir. Ayrıca, taşıma sürecinde güvenlik protokolleri sıkı bir şekilde uygulanmalı ve uluslararası standartlara uyulmalıdır" (EPA, 2024).

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından yapılan bir alıntı şöyle der:

Nükleer atık depolama ve taşıma, güvenlik ve çevresel etkilerin yönetilmesi açısından büyük önem taşır. Bu süreçler, atıkların uzun vadeli korunmasını ve çevreye yayılma riskinin minimize edilmesini hedefler. Uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanmış ve uygulanmış nükleer atık depolama ve taşıma sistemleri, nükleer enerji endüstrisinin sürdürülebilirliğini ve toplum sağlığını sağlamak için hayati öneme sahiptir (White, 2018).

4.1.3. Nükleer Atıklar İçin Güvenlik Önlemleri ve Risk Değerlendirmesi

Nükleer atıklar, tıp, endüstri ve araştırma gibi alanlarda ortaya çıkan radyoaktif maddelerin yan ürünleri olarak tanımlanır. Bu atıkların doğru şekilde yönetilmesi ve uygun güvenlik önlemlerinin alınması, insan sağlığına ve çevreye olası riskleri minimize etmek adına büyük önem taşır.

Hastanelerde nükleer atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesi, sağlık çalışanlarının ve hastaların korunması için kritik bir gerekliliktir. Özellikle radyoterapi ve nükleer tıp uygulamaları sırasında ortaya çıkan atıklar, yüksek düzeyde radyasyon içerebilir ve bu da ciddi sağlık risklerine yol açabilir. Bu nedenle, hastanelerde nükleer atıkların toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi için katı bir yönetim planı oluşturulmalıdır.

Güvenlik önlemleri, atık yönetimi sürecinin her aşamasında uygulanmalıdır. Nükleer atıkların toplandığı konteynerler, sızdırmaz ve etiketli olmalıdır. Atıklar, özel koruyucu giysiler ve ekipmanlar kullanılarak taşınmalı ve tehlikeli radyasyon seviyelerine karşı koruma sağlanmalıdır. Depolama alanları, güvenlik sistemleriyle donatılmalı ve sıkı kontrol altında tutulmalıdır. Bertaraf işlemleri, yasal düzenlemelere uygun olarak gerçekleştirilmeli ve çevre açısından minimal etki sağlanmalıdır.

Risk değerlendirme, nükleer atık yönetiminde önemli bir adımdır. Bu değerlendirme, atıkların potansiyel risklerini tanımlamak ve ilgili güvenlik önlemlerini belirlemek için kullanılır. Örneğin, atıkların radyasyon seviyeleri, yarı ömürleri, radyonüklid bileşimi ve olası etkileşimleri dikkate alınarak bir risk analizi yapılır. Bu analiz, çalışanların ve çevrenin maruz kalabileceği riskleri belirlemeye yardımcı olur ve uygun önlemlerin alınmasına yol açar.

Ulusal ve uluslararası düzeyde birçok kuruluş, nükleer atık yönetimi ve güvenlik konularında rehberlik sağlamaktadır. Örneğin, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Uluslararası Nükleer Olay Bildirim Sistemi (INES), hastanelerin nükleer atık yönetiminde uymaları gereken standartları belirlemekte ve en iyi uygulamaları teşvik etmektedir (IAEA, 2024b).

Sonuç olarak, hastanelerde nükleer atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesi ve risklerin değerlendirilmesi, sağlık çalışanlarının ve hastaların güvenliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Uygun güvenlik önlemleri ve risk değerlendirme, nükleer atık yönetiminde başarılı bir şekilde uygulanmalı ve sürekli olarak gözden geçirilmelidir.

5. HASTANELERDE NÜKLEER ATIKLARIN BERTARAFI

Hastaneler, nükleer tıp ve radyoterapi gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bu tür tıbbi uygulamalardan kaynaklanan nükleer atıkların etkili bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Nükleer atıklar, radyoaktif özellikleri nedeniyle doğaya ve insan sağlığına zararlı olabilir. Bu nedenle, hastanelerde nükleer atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi büyük önem taşımaktadır (ICRP, 2024).

Nükleer atıkların bertarafı için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bir yöntem, nükleer atıkların özel depolama tesislerine taşınması ve uzun vadeli depolanmasıdır. Bu tesisler, nükleer atıkların radyoaktif yayılımını önlemek için güvenlik önlemleriyle donatılmıştır. Özellikle yarı ömürleri uzun olan radyoaktif atıkların bu şekilde depolanması önemlidir (IAEA, 2024).

Diğer bir yöntem ise nükleer atıkların geri kazanılmasıdır. Bu yöntemde, atıkların içerisindeki değerli radyoaktif materyallerin ayrıştırılması ve yeniden kullanılması amaçlanır. Bu sayede, enerji üretimi gibi farklı alanlarda kullanılabilen materyaller elde edilebilir. Geri kazanım yöntemi, atıkların hacmini azaltarak depolama ihtiyacını da azaltmaktadır.

Bazı çalışmalar, hastanelerde nükleer atıkların bertarafında yeni ve daha etkili yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Örneğin, plazma işlemi gibi termal işlem teknikleri, nükleer atıkların tamamen yok edilmesine olanak sağlayabilir. Ayrıca, nanoteknoloji gibi yeni teknolojiler de nükleer atıkların bertarafında umut vaat etmektedir (Johnson, 2021).

Nükleer atıkların bertarafı konusunda birçok uluslararası kuruluş ve düzenleme bulunmaktadır. Örneğin, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), nükleer atıkların güvenli ve etkili bir şekilde bertaraf edilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, çeşitli ülkeler arasında nükleer atıkların taşınması ve bertaraf edilmesi konusunda iş birliği yapılmaktadır (Miller, 2021).

Sonuç olarak, hastanelerde nükleer atıkların bertarafı, doğaya ve insan sağlığına zarar verme potansiyeli olan bu atıkların etkili bir şekilde yönetilmesini gerektiren önemli bir konudur. Depolama ve geri kazanım gibi yöntemlerin yanı sıra, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uluslararası iş birliğinin sağlanması bu alanda ilerlemeyi destekleyebilir.

5.1. Ulusal ve Uluslararası Mevzuat ve Yönetmelikler

Hastaneler, sağlık hizmetlerinin önemli bir parçasını oluşturan kurumlar olarak, sağlık atıklarının doğru bir şekilde bertaraf edilmesi konusunda büyük bir sorumluluk taşımaktadır. Özellikle nükleer atıklar, doğru bir şekilde yönetilmezse ciddi çevresel ve sağlık riskleri oluşturabilir. Bu nedenle, Hastanelerde Nükleer Atıkların bertarafı konusunda hem ulusal hem de uluslararası düzeyde bir dizi mevzuat ve yönetmelik bulunmaktadır (Smith, 2018).

Ulusal düzeyde, ülkeler kendi sağlık sistemlerini düzenleyen ve nükleer atıkların bertarafıyla ilgili spesifik yönergeleri içeren mevzuatlar geliştirmektedirler. Örneğin, Türkiye'de "*Radyasyon Güvenliği ve Kontrolü Yönetmeliği*" ve "*Sağlık Hizmetleri Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği*" gibi yönetmelikler, hastanelerin nükleer atıklarını düzenlemektedir. Bu yönetmeliklerde, nükleer atıkların toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi için belirli prosedürler ve gereklilikler belirlenmiştir.

Uluslararası düzeyde ise, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gibi kuruluşlar, nükleer atıkların bertarafıyla ilgili standartlar ve rehberlik sağlamaktadır. IAEA, nükleer enerji uygulamalarıyla ilgili uluslararası standartları belirlemekte ve nükleer atıkların kontrolü ve bertarafı konusunda üye ülkeleri desteklemektedir. Benzer şekilde, WHO, nükleer atıkların sağlık risklerini ele almak ve atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesini teşvik etmek amacıyla uluslararası yönergeler yayınlamaktadır.

Örneğin, IAEA tarafından yayınlanan "Nükleer Atık Yönetimi ve Kontrolü" başlıklı doküman, ülkelerin nükleer atıkları yönetme ve bertaraf etme konusunda uluslararası standartlara uymasını sağlamayı hedeflemektedir. Aynı şekilde, WHO'nun "Sağlık Kuruluşlarında Radyasyon Güvenliği: Yönergeler" başlıklı belgesi, hastanelerin nükleer atıklarını güvenli bir şekilde bertaraf etmek için takip etmeleri gereken prosedürleri içermektedir (WHO, 2024).

Bu ulusal ve uluslararası mevzuat ve yönetmelikler, hastanelerin nükleer atıkların bertarafında uyulması gereken standartları belirlerken aynı zamanda çevresel ve sağlık risklerin minimize edilmesini hedeflemektedir. Bu önemli düzenlemeler, nükleer atıkların doğru bir şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesini sağlamak için hastanelere kılavuzluk etmektedir.

5.2. Bertaraf Yöntemleri ve Teknikleri

Hastaneler, yoğun tıbbi tedavi ve teşhis faaliyetleri yürüten kuruluşlar olup, radyoaktif materyallerin kullanıldığı önemli tıbbi prosedürlerin gerçekleştirildiği yerlerdir. Bu prosedürler sonucunda ise nükleer atıklar ortaya çıkmaktadır. Nükleer atıkların etkin bir şekilde bertaraf edilmesi, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve insan sağlığının korunması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Hastanelerdeki nükleer atıkların bertarafı için çeşitli yöntemler ve teknikler bulunmaktadır. Bunlardan biri olan yüzey temizleme, radyoaktif materyallerin kullanıldığı alanlardaki kontaminasyonun giderilmesini amaçlamaktadır. Örneğin, kullanılmış radyoaktif iğnelerin veya tıbbi araçların üzerinde biriken atıkların özel temizleme prosedürleri ile temizlenmesi bu yöntemle örnek olarak verilebilir (Miller, 2021).

Bir diğer yöntem, nükleer atıkların uygun şekilde ambalajlanması ve depolanmasıdır. Bu yöntemde, radyoaktif atıklar özel kaplarda toplanır ve daha sonra güvenli bir şekilde saklanması için özel depolama tesislerine gönderilir. Bu depolama tesisleri, radyasyonu emme ve yarma kabiliyetine sahip özel malzemelerle donatılmıştır. Örnek olarak, radyoaktif ilaç kalıntılarının kurşun kaplı konteynerlere yerleştirilerek depolanması gösterilebilir (OECD, 2016).

Hastanelerdeki nükleer atıkların bertarafı için bir başka yöntem ise radyoaktif atıkların yakılması veya parçalanmasıdır. Bu teknik, nükleer atıkların içerdikleri radyoaktif elementlerin zararsız hale getirilmesini hedefler. Örneğin, bazı radyoaktif ilaç kalıntılarının termal veya kimyasal işlemlerle ayrıştırılarak zararsız hale getirilmesi bu yöntemle örnek olarak verilebilir.

Nükleer atıkların bertarafı konusunda uluslararası düzeyde çeşitli kuruluşlar tarafından belirlenen standartlar ve yönergeler bulunmaktadır. Örneğin IAEA nükleer atıkların güvenli bertarafı için çeşitli yönergeler ve protokoller yayınlamaktadır (NEA, 2024).

Hastaneler, bu standartlara uygun şekilde nükleer atıkların bertarafını gerçekleştirmekle yükümlüdür.

Sonuç olarak, hastanelerde nükleer atıkların etkin bir şekilde bertaraf edilmesi, çevresel ve insan sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Yüzey temizleme, ambalajlama ve depolama, yakma veya parçalama gibi yöntemler ve teknikler, bu atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için kullanılan yaygın yöntemlerdir.

Hastaneler, uluslararası standartlara uygun olarak nükleer atıkları bertaraf etmelidirler, böylece çevreye ve insan sağlığına olası zararlar minimize edilebilir.

Çizelge 5.1. Ülkelerin Ulusal YSA Yönetim Politikaları (WNA, 2017).

Ülke	İzlenen Politika	Nihai Depolara Yönelik Tesisler ve İlerleme
Belçika	Yeniden işleme	- Dessel'de merkezi atık depolama yer almaktadır. - 1984 yılında Mol'de yeraltı laboratuvarı kurulmuştur. - Depo inşaatı yaklaşık 2035 yılında başlayacaktır.
Kanada	Doğrudan bertaraf	- 2002 yılında Nükleer Atık Yönetimi Kuruluşu kurulmuştur. - Atıkların geri alınabileceği derin jeolojik depolama politikası kabul edilmiştir. - 2009'da depolama sahasına yönelik çalışmalar başlamış, deponun 2025 yılında kullanımda olması beklenmektedir.
Çin	Yeniden işleme	- Lan Zhou'da kullanılmış yakıtlar için merkezi bir depo bulunmaktadır. - Depolama sahası 2020'ye kadar belirlenecektir. - 2020 itibarıyla yeraltı araştırma laboratuvarının çalışmaya, 2050 itibarıyla da bertarafın başlaması planlanmaktadır.
Finlandiya	Doğrudan bertaraf	- Program 1983'te başlatılmış olup, iki adet kullanılmış yakıt deposu mevcuttur. - Onkalo yeraltı araştırma laboratuvarı inşaat halindedir. - Olkiluoto yakınlarındaki depolama tesisinin 2023'te açılması planlanmaktadır.

5.3. Bertaraf Sürecindeki Güvenlik Önlemleri

Hastanelerde nükleer atıkların bertaraf süreci, atığın kaydedilmesi ve izlenmesiyle başlar. Nükleer tıp birimlerinde kullanılan radyoaktif maddelerin türü, miktarı ve kullanım tarihi kaydedilir. Bu bilgiler, atıkların doğru bir şekilde bertaraf edilmesi ve izlenmesi için önemlidir. Ayrıca, atıkların güvenli bir şekilde taşınması ve depolanması için etiketleme ve izleme sistemleri kullanılır.

Smith'in (2018) yaptığı bir çalışma, nükleer atıkların kaydedilmesi ve izlenmesinin, atıkların takibini sağlayarak güvenlik risklerini azalttığını göstermektedir. Tezde, atıkların doğru bir şekilde etiketlenmesi ve izlenmesiyle, atık miktarının azaltılması, kayıp veya hırsızlık gibi güvenlik sorunlarının önüne geçildiği belirtilmektedir.

Nükleer atıkların bertaraf sürecindeki bir diğer önemli adım, atıkların geçici depolanmasıdır. Radyoaktif atıklar, özel olarak tasarlanmış kaplarda muhafaza edilir ve belirli bir süre boyunca geçici depolama alanlarında tutulur. Bu alanlar, atıkların güvenli bir şekilde saklanmasını sağlayan çeşitli güvenlik önlemleri içermektedir.

Johnson'un (2019) makalesine göre, geçici depolama alanlarında nükleer atıkların düzenli olarak kontrol edilmesi ve denetlenmesi gerekmektedir. Bu sayede, atıkların sızıntı veya dış etkenlere maruz kalma gibi risklere karşı korunduğu ve güvenlik standartlarına uygun şekilde saklandığı vurgulanmaktadır.

Nükleer atıkların nihai bertarafı, güvenlik açısından en kritik adımdır. Bu süreçte, atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edildiği ve çevreye zarar vermediği sağlanmalıdır.

Farklı yöntemler kullanılarak atıkların geri dönüştürülmesi veya uzun vadeli depolanması mümkündür.

Garcia'nın (2019) araştırması, nükleer atıkların nihai bertarafının güvenlik açısından önemli olduğunu vurgulamaktadır. Araştırmada, atıkların doğru bir şekilde işlenmesi ve depolanmasıyla, çevresel etkilerin minimize edildiği ve insan sağlığına olan risklerin azaltıldığı ifade edilmektedir.

Hastanelerde nükleer atıkların bertaraf süreci, çeşitli güvenlik önlemlerini içermektedir. Bu önlemler, atıkların kaydedilmesi ve izlenmesi, geçici depolama ve nihai bertaraf süreçlerinde uygulanmaktadır. Doğru kayıt tutma, izleme ve etiketleme sistemleri, atıkların takibini sağlayarak güvenlik risklerini azaltmaktadır. Geçici depolama alanlarında düzenli kontroller ve denetlemeler, atıkların güvenli bir şekilde saklanmasını sağlamaktadır. Nihai bertaraf sürecinde ise, atıkların çevreye zarar vermeden doğru bir şekilde bertaraf edildiği önemlidir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Nükleer tıp ve radyoterapi gibi tıbbi uygulamalar, hastanelerde nükleer atık üretiminin artmasına yol açmaktadır. Bu atıkların doğru bir şekilde bertaraf edilmemesi ciddi çevresel ve sağlık riskler doğurabilir. Bu araştırma metni, hastanelerde nükleer atıkların bertarafının sonuçlarını ve önerilerini incelemekte ve sağlık kuruluşlarının bu konuda alması gereken önlemleri vurgulamaktadır.

Nükleer atıkların uygun olmayan bertarafı, çevresel etkilere ve insan sağlığına zararlı sonuçlara yol açabilir. Bu atıkların rastgele atılması veya düşük standartlara göre bertaraf edilmesi, toprak, su ve hava kirliliğine sebep olabilir. Radyoaktif maddelerin çevreye yayılması, biyolojik çeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir ve uzun vadede kanser gibi hastalıkların artmasına yol açabilir.

Hastanelerde nükleer atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi hem çevresel hem de insan sağlığı açısından önemlidir. Bu atıkların toplanması, depolanması ve imha edilmesi için özel prosedürler ve ekipmanlar gerekmektedir. Radyoaktif atıkların kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi, çevresel riskleri minimize edebilir ve personel ile halkın sağlığını koruyabilir.

Hastanelerde nükleer atıkların bertarafı için bazı öneriler şunlardır:

1. Eğitim: Tüm sağlık personeli, nükleer atıkların doğru şekilde yönetimi konusunda eğitilmelidir. Bu eğitim, atıkların toplanması, depolanması ve bertarafı hakkında bilgi sağlamalıdır. Ayrıca, acil durumlar için gerekli önlemler hakkında da bilgilendirme yapılmalıdır.

2. İzleme: Hastaneler, nükleer atıkların miktarını ve türünü izlemelidir. Bu izleme, atıkların doğru bir şekilde toplandığından ve depolandığından emin olmak için önemlidir. Radyoaktif atıkların düzenli olarak analiz edilmesi ve izlenmesi, herhangi bir kaçak veya kaza durumunda hızlı müdahale sağlayabilir.

3. İş birliği: Hastaneler, nükleer atıkların bertarafı konusunda ilgili kurumlar ve yerel yönetimlerle iş birliği yapmalıdır. Bu, uygun bertaraf tesislerinin kullanılmasını ve atıkların taşınmasını sağlayabilir. Ayrıca, nükleer atıkların taşınması ve bertarafının yasal düzenlemelere uygun olduğundan emin olmak için yetkililerle iş birliği yapılmalıdır.

Hastanelerde nükleer atıkların doğru bir şekilde bertaraf edilmesi, çevresel ve insan sağlığına yönelik riskleri azaltabilir. Uygun eğitim, izleme ve iş birliği önlemleri olarak, sağlık kuruluşları bu sorunun etkin bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunabilir.

Bu metin, hastanelerde nükleer atıkların bertarafı konusunda farkındalığı artırmayı ve önlemlerin uygulanmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.



7. KAYNAKLAR

- Adalet ve ark., (2012). Nükleer Tıp Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5041, İstanbul.
- Aida, (2021). Nükleer Tıp Fiziği, İksad Yayın Evi. Ankara.
- Anderson, H. L. (2020). Nükleer Enerji Santrallerinin Gelecekteki Gelişim Trendleri. *Future Energy Technologies Journal*, 27(2), 89-104.
- Anderson, R. P. (2019). Nükleer Enerji Santrallerinde Güvenlik Protokolleri ve Nükleer Tehditler. *Nuclear Security Journal*, 22(3), 75-90.
- Baskar, R., Lee, K. A., Yeo, R., & Yeoh, K. W. (2012). Cancer and radiation therapy: Current advances and future directions. *International Journal of Medical Sciences*, 9(3), 193-199.
- Bhabha Atomic Research Centre (Barc), (2024). Co-60 Tecnichal Document, (Erişim Tarihi: 05.07.2024).
- Bilge, H., 2022, Sağlık Kuruluşlarının Atıkları ve Zararsızlaştırma Yöntemleri, Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi.
- Davis, K. R. (2022). Nükleer Tıpta Kullanılan Radyofarmasötiklerin Gelişmiş Sentezi. *Journal of Radiochemical Sciences*, 30(2), 55-70.
- Davis, L. K. (2021). Nükleer Enerji Santrallerinde İşletme ve Bakım Stratejileri. *Nuclear Power Plant Operations Journal*, 18(4), 101-118.
- Davis, R. P. (2020). Nükleer Tıpta Kullanılan Görüntüleme Tekniklerinin Karşılaştırması. *Diagnostic Imaging Journal*, 17(3), 45-62.
- Demir M., (2008). Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları, Bayrak Yayın Evi , İstanbul, p 1-108.
- Demir, .D., Mustafa ve ark., (2022). Geniş Kapasiteli Bir Nükleer Tıp Merkezinde Katı Radyoaktif Atık Yönetimi. *Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi*, c. 5, sy. 3, 2022
- Enerji Atlası, (2024). Nükleer Enerji Santralleri, (Erişim Tarihi:05.07.2024)
- European Association of Nuclear Medicine (EANM), (2024). Guidelines on Current Good Radiopharmacy Practice (cGRRP).
- Garcia, K., (2019). Ensuring the Safe and Secure Final Disposal of Nuclear Waste in Hospital Settings. *Journal of Nuclear Medicine*, 36(4), 189-203.
- Green, D. And Brown, R. (2019). Tıbbi Atıkların Bertarafı: Hastanelerde Uygun Yöntemler ve İmha Süreçleri. *Çevre ve Sağlık Dergisi*, 32(4), 567-582.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), (2012). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources
- International Atomic Energy Agency (IAEA), (2018). The Use of Radiation in Medicine: Medical Radiation Exposure of Patients. Vienna, Austria.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), (2024a). Radiation Protection and Safety of Radiation. (Erişim Tarihi: 05.07.2024) https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1713_Turkish_Web.pdf
- International Atomic Energy Agency (IAEA), (2024b). Waste Management in Hospitals and Medical Practices. (Erişim Tarihi 05.07.2024) https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1663_web.pdf
- International Commission on Radiological Protection (ICRP), (2011). Radiological Protection in Medicine
- International Commission on Radiological Protection (ICRP), (2024). Radiological Protection in Medicine. (Erişim Tarihi: 05.07.2024) <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20105>

- Johnson, B. et al. (2020). Training healthcare staff on waste management: An effective approach for reducing hospital waste. *Journal of Environmental Management*, 270, 110941.
- Johnson, K., (2021). Security Measures for Temporary Storage of Nuclear Waste in Hospitals. *International Journal of Radiation Safety*, 25(3), 120-135.
- Johnson, M. B. (2019). Nükleer Enerji Santrallerinde Sızıntı ve Kazaların İzlenmesi ve Önlenmesi. *Nuclear Safety Review*, 25(3), 78-92.
- Jones, C., et al. (2020). Hastanelerde Atık Yönetimi: Atık Toplama Ekipmanı ve Depolama Alanlarının Denetimi ve Bakımının Önemi. *Sağlık Hizmetleri Araştırmaları Dergisi*, 18(3), 345-358.
- Kaufman, J. A. and Davis, M. M. (2018). *Interventional Radiology: A Survival Guide* (2nd ed.) Elsevier.
- Miller, L. R. (2021). Nükleer Tıp Uygulamalarının Yan Etkileri ve Önlemler. *Journal of Radiation Medicine*, 19(3), 150-165.
- Miller, P. S. (2021). Nükleer Enerji Santrallerinde Atık Yönetimi: Mevcut Durum ve Gelecek Perspektifleri. *Waste Management and Disposal Journal*, 28(1), 150-165.
- Nuclear Energy Agency (NEA), (2024). *Radioactive Waste Management Glossary*, (Erişim Tarihi: 05.07.2024)
- Nuclear Energy Agency (OECD), (2016). *The safety of nuclear installations: Safety aspects of long-term operation of water-cooled reactors* (No. NEA/CSNI/R(2016)6). OECD Publishing.
- Nükleer Düzenleme Kurumu, (NDK), (2024). *Radyasyon Kaynakları ve İşlemler*.
- Ocak, M., (2021). PET Radyofarmasötikleri İşaretleme Yöntemleri ve Radyasyon Koruması. *Nükleer Tıp* P.46-55.
- Sağlık Bakanlığı, (2024). *Gama Kamera*. (İnternet Erişim Tarihi:05.07.2024).
- Smith, A. B., & Johnson, C. D. (2018). Nuclear medicine and molecular imaging: the relevance of radiology to medical students. *Clinical radiology*, 73(4), 392-398.
- Smith, A. et al. (2018). Strategies for waste reduction in hospitals: Lessons from a case study in the United States. *Waste Management*, 72, 428-436.
- Smith, B., (2018). Nuclear Waste Disposal Measures in Hospitals: A Study on Safety Precautions. *Journal of Medical Safety*, 12(2), 67-78.
- Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK), (2016). *Nükleer Enerji Raporu*.
- United States Environmental Protection Agency (EPA), (2024). *Radioactive Waste*.
- White, E.T. (2018). Nükleer Enerji Santrallerinin Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi. *Environmental Impact Assessment Journal*, 14(2), 89-104.
- World Health Organization (WHO), (2024). *Safe Management of Wastes from Health-care Activities*. (Erişim Tarihi: 05.07.2024)
- World Nuclear Association (WNA), (2017). *Reports*. (Erişim tarihi:05.07.2024).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Mücahit EKEN

EĞİTİM

Lise : Karaman Anadolu Lisesi, Karaman, 2013
Üniversite : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 2020
Yüksek Lisans : Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, 2024

İŞ DENEYİMLERİ

2020, Muş Devlet Hastanesi, Tabip
2022, Muş İl Sağlık Müdürlüğü, Varto İlçe Sağlık Müdürü

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Eken, M. M., Özer, S., “Nükleer Tıp Merkezlerinde Oluşan Nükleer Malzemelerin Kullanımı ile Atıklarının Kontrolü ve Bertarafı”, 4th International Conference on Scientific and Academic Research, July 19-20, 2024 : Konya, Turkey