



TARSUS
ÜNİVERSİTESİ

TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİNKROTRON MERKEZİ ÇALIŞANLARIN RADYASYON
KAYNAKLI GÜVENLİK TEDBİRLERİNE OLAN
FARKINDALIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuğba ÇOLAK

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

TARSUS-2019

TARSUS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİNKROTRON MERKEZİ ÇALIŞANLARIN RADYASYON
KAYNAKLI GÜVENLİK TEDBİRLERİNE OLAN
FARKINDALIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuğba ÇOLAK


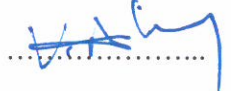

**Danışman
Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR**

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

TARSUS-2019

ONAY

Tuğba ÇOLAK tarafından Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR danışmanlığında hazırlanan “Sinkrotron Merkezi Çalışanların Radyasyon Kaynaklı Güvenlik Tedbirlerine Olan Farkındalıklarının Değerlendirilmesi” başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 23/12/2019 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda Oy Birliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Veysel ALCAN	
Üye	Doç. Dr. Hakan GÜNDOĞMUŞ	

Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 14.01.2020 tarih ve 03/26 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR
Lisansüstü Enstitü Müdürü



ETİK BEYAN

Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Tarsus Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Tarsus Üniversitesi'ne devrettiğimi beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Tarsus University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Tarsus University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Tarsus University.

23 Aralık 2019 / 23 December 2019



Tuğba ÇOLAK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
KISALTMALAR ve SİMGELER	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın ,Amacı ve Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. Kuramsal Temeller	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1. Sinkrotron Hızlandırıcıları	6
3.1.1. Sinkrotron Işınımı	6
3.2. Sinkrotron Çalışma Mekanizması	7
3.3. Sinkrotron Işınımının Özellikleri	7
3.3.1. Sinkrotron Işınım Gücü	7
3.3.2. Sinkrotron Işınımı Spektrumu	8
3.4. Sinkrotron Tesisleri Yapısı ve Özellikleri	9
3.4.1. Yüksek Parlaklık	9
3.4.2. Geniş Enerji Spektrumu	9
3.4.3. Ayarlanabilirlik	10
3.4.4. Kutuplanabilirlik	10
3.4.5. Kısa Atma Süreleri	10
3.5. Sinkrotron Işınımı Kullanım Alanları	10
3.6. Türkiye'de ve Dünya'da Sinkrotron Merkezleri	12
3.6.1. SESAME Projesi	14
3.6.2. Cern	15
3.7. Sinkrotron Merkezlerinin İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi	15
3.8. Radyasyon Terimi	16
3.9. Sinkrotron Merkezlerindeki Radyasyon Problemi	17
3.10. Anket Çalışması	18
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	20
5. SONUÇ	35
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	39

ÖZET

SİNKROTRON MERKEZİ ÇALIŞANLARIN RADYASYON KAYNAKLI GÜVENLİK TEDBİRLERİNE OLAN FARKINDALIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, parçacık hızlandırıcılarına dayalı ışınım kaynakları olan sinkrotron ışınımı (SI) merkezindeki radyasyon işçilerinin farkındalığı değerlendirilmiştir. Serbest elektronlardan elektromagnetik ışınım meydana gelmesi bilinen bir gerçektir. Bu bölümde ışınım yayılma mekanizması ve şartlarının anlaşılması ve kavranmasına yönelik bir takım yaklaşımlar ifade edilmiştir. Elektronların bir foton soğurması ya da yayılması için gerekli şartlar değerlendirilmiştir. Aynı zamanda sinkrotron kullanım alanları ve iş güvenliği açısından bu merkezlerde meydana gelen problemler üzerinde durulmuştur. Bu etkenler göz önüne alınarak sinkrotron terimi ve merkezleri hakkındaki kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Türkiye ile birlikte on farklı ülkede bulunan sinkrotron merkezlerinde çalışmakta olan 125 radyasyon işçisinin katılımı ile radyasyon güvenliği farkındalığını ölçmek için anket çalışması yapılmıştır. Çalışma içerisinde sinkrotron ışını hakkında temel bilgiler verilmiştir. Sinkrotronun ışınım özellikleri, sinkrotron tesislerinin genel yapısı ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Aynı zamanda, tesis özellikleri kapsamında yükseklik, parlaklık özelliği, ayarlanabilirlik, kutuplanabilirlik, kısa atma sürelerine yer verilmiştir. Sinkrotron kullanım alanları, Dünya'da ve Türkiye'de Sinkrotron merkezleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Sinkrotron merkezlerinin iş güvenliği açısından değerlendirilmesinden söz edilmiştir. Sinkrotron merkezlerinin çok fazla kullanım alanı olmasına karşın radyasyona yayma tehlikesi de bulunduğundan dolayı radyasyon terimi açıklanmış ve sinkrotron merkezleri, radyasyon terimi arasındaki bağlantı tez içerisinde ifade edilmiştir. Çalışmamız, sinkrotron merkezlerinden meydana gelen problemleri ele alması ve çözüm odaklı ilerlemesi açısından literatüre ışık tutacaktır.

Anahtar Kelimeler: Parçacık Hızlandırıcıları, Radyasyon, Sinkrotron Işınımı, Radyasyon İşçiliği

Danışman: Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR, Tarsus Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Tarsus-Mersin.

ABSTRACT

EVALUATION OF AWARENESS OF RADIATION BASED SAFETY MEASURES OF SYNCHROTRON CENTER EMPLOYEES

In this study, the awareness of radiation workers in synchrotron radiation (SI) center which is radiation sources based on particle accelerators was evaluated. Electromagnetic radiation from free electrons is a known fact. In this section, a number of approaches to understand and comprehend the mechanism and conditions of radiation emission are presented. The conditions for the absorption or emission of electrons from a photon are evaluated. At the same time, the problems that occur in these centers in terms of synchrotron usage areas and occupational safety are emphasized. Considering these factors, a comprehensive study has been made on synchrotron term and centers. In this study, a survey was conducted to measure the radiation safety awareness with the participation of 125 radiation workers who work at the synchrotron centers located in ten different countries along with Turkey.

In this study, basic information about synchrotron beam is given. The radiation properties of synchrotron, the general structure and properties of synchrotron plants are mentioned. At the same time, height, brightness, adjustability, polarity and short throw times are included within the scope of the facility features. Synchrotron areas, are given general information about the synchrotron centers in the world and Turkey. The evaluation of synchrotron centers in terms of occupational safety is mentioned. Although synchrotron centers have a lot of usage area, the term radiation is explained because there is a danger of spreading to radiation and the connection between synchrotron centers and radiation term is expressed in the thesis. Our study will shed light on the literature in terms of addressing problems arising from synchrotron centers and solution-oriented progression.

Keywords : Particle Accelerators, Radiation, Synchrotron Radiation, Radiation Workers

Advisor: Doç.Dr.Osman Murat ÖZKENDİR, Department of Occupational Health and Safety,Tarsus University, Tarsus-Mersin.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, gülüyüzünü, samimiyetini benden esirgemeyen ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren çok değerli Tez Danışman Hocam Doç. Dr. Osman Murat ÖZKENDİR'e, başta bilime kavuşmak isteyenlere sonsuz desteği ile şu satırları yazmama vesile olan Prof. Dr. Uğur EŞME Hocama, Mersin ve Tarsus üniversitelerinde derslerini aldığım bana feyz veren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Serpil ÜNYAYAR, Doç.Dr. Zehra YILDIZ, Doç.Dr. Nuray ÇİFTÇİ, Doç. Dr. Hasan Ejder TEMİZ'e şükranlarımı sunarım.

Yüksek Lisans serüvenim boyunca bana Tarsus'ta ev sahipliği yapan ÇETİN Ailesine ve Mersin'de ev sahipliği yapan ARZUMAN Ailesine teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarına başladığım 2017 yılından itibaren keyifli, içten dostluklar kurarak zamanımı değerli geçirmemi sağlayan arkadaşlarım Feyza ÜNEL, Serap GİRGİN, Umut Can ÇABUK, Tuncay ÖZİŞİK, Onur Cevdet TARAKÇI ve Hüseyin GÜNDOĞDU'ya teşekkür ederim.

Son olarak her şeyden önce bugünlere gelmemi sağlayan, her anımda yanımda olan, büyük emekleri olan Meleğim Şenay ÇOLAK, Can Parçam Erdoğan ÇOLAK ve Prensım Nabi ÇOLAK'a en derin duygularıyla minnettarım, iyi ki varsınız.

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Sinkrotron ışınımı kullanım alanları	11
Tablo 3.2. Sinkrotron enerjilerine göre kullanım alanları	12
Tablo 3.3. Sinkrotron parçacık hızlandırıcıların kullanım alanları	16



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. İlk gözlenen sinkrotron	2
Şekil 3.1. Sinkrotron ışınım modeli	6
Şekil 3.2. Eşit aralıklarla ışık atma	9
Şekil 3.3. Sinkrotron ışınımı kızılötesinden sert x ışınları görünümü	10
Şekil 3.4. Kısa atma süreleri örnekleme	10
Şekil 3.5. TAEK Proton Hızlandırıcısı Tesisi	13
Şekil 3.6. TAEK Proton Hızlandırıcı Tesisi	14
Şekil 3.7. SESAME Genel Görünüm	14
Şekil 3.8. Dünyada Sinkrotron Tesisleri Genel Dağılımı	15
Şekil 4.1. Ankette katılımcılara ilk olarak "Cinsiyetiniz nedir?" sorusu yöneltilmiştir.	20
Şekil 4.2. Yaşınızın aralığı nedir?	20
Şekil 4.3. Mezuniyet durumunuz?	21
Şekil 4.4. Ben radyasyon işçisiyim.	21
Şekil 4.5. Synchrotron Tesisi'nde nerede çalışıyorsunuz?	22
Şekil 4.6. Bilginizi X-ray'de puanlandırabilirseniz, hangisi size en uygundur?	22
Şekil 4.7. Sinkrotron nedir ?	23
Şekil 4.8. Sinkrotron'da çalışmaya başlamadan önce radyasyon güvenliği ve sağlığı ile ilgili hiç kurs aldınız mı?	23
Şekil 4.9. Çalıştığınız sinkrotron tesisinin koruma malzemesi hangisidir?	23
Şekil 4.10. Synchrotron Tesisi'nden önce herhangi bir tesiste Radyasyon İşçisi olarak çalıştınız mı?	24
Şekil 4.11. Şu anda tesiste bir yıl içerisinde "radyasyon güvenliği ve çalışan radyasyondan korunma" konulu gerçekleştirilen seminer sayısı nedir?	24
Şekil 4.12. IAEA kısaltması ne anlama gelir?	25
Şekil 4.13. Çalıştığınız tesisin ülkesinde, radyasyonun çalışma prensiplerini belirleyen birincil kurumun adını biliyor musunuz?	25
Şekil 4.14. Radyasyon ölçümü ve doz birimleri hakkında yeterince eğitilmiş hissediyor musunuz?	26
Şekil 4.15. İyonize radyasyon hakkında hiç bir şey duydun mu?	26
Şekil 4.16. Tesiste düzenli olarak radyasyon nasıl ölçülmektedir?	27
Şekil 4.17. Hangisi radyasyondan korunmaya dayanmaz?	27
Şekil 4.18. İyonize radyasyon konusundaki farkındalığınızı artırmak için hangi eğitim sizin için en faydalı olacaktır?	28
Şekil 4.19. Radyasyon işçileri tarafından kullanılan dozimetrenin amacı nedir?	28
Şekil 4.20. Aşağıdakilerden hangisi sizi radyasyondan koruyabilir?	29
Şekil 4.21. Tesis içindeki ve çevresindeki iyonlaştırıcı radyasyonlar, deney hatları ve deneysel alan hakkında bilgi içeren personelin el kitabına sahip misiniz?	29
Şekil 4.22. Radyasyon işçisi olarak yükümlülüklerini biliyor musun?	29
Şekil 4.23. Çalışma sırasında vücutta alınan dozu tanımlamak için aşağıdaki ekipmanlardan hangisi kullanılır?	30
Şekil 4.24. Bir radyasyon işçisi olarak, bu tesiste çalışmaya başlamadan önce ve / veya sonra sağlık kontrolünden geçtiniz mi?	30
Şekil 4.25. Giriş çizgilerinin / hatlarının ve ilgili tüm ekipmanların emniyetli bir şekilde devreye alınması ve işletilmesinden genel olarak kim sorumludur?	31
Şekil 4.26. Sinkrotron tesislerinin hangi bölümü kontrollü bölgelerdir?	31
Şekil 4.27. Sınırlı bir alanın tanımı nedir?	32
Şekil 4.28. Kişisel dozimetreler kimlere verilir?	32
Şekil 4.29. Personel güvenlik sistemi için hangisi uyarı alamaz?	32
Şekil 4.30. Canlılar için etkili doz birimi nedir?	33
Şekil 4.31. Radyasyon ortamında çalışan işçiler için maksimum yıllık doz limiti nedir?	33
Şekil 4.32. Cep dozimetreleri hangi doz anında doz bilgisi sağlar?	33
Şekil 4.33. Radyasyona karşı koruma sağlamak veya radyoaktif kirlenmenin yayılmasını önlemek amacıyla özel alan hangisidir ve özel kuralların uygulandığı, girdi ve çıktıları doğrulamaya tabi olan özel alan hangisidir?	34

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simgesi	Tanım
A	Yükseltici
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AGS	Değişken Gradyen Sinkrotronu
ANL	Argonne National Laboratory
BESSY	Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung
CERN	Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
CLIC	Compact Linear Collider
CPS	Cern Proton Sinkrotronu
CR	Combiner Ring
DESY	Deutsche Elektronen Synchrotron
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Spallation Source
Euro XFEL	European X-ray Free-Electron Laser Facility
FEL	Serbest Elektron Lazeri
FJZ	Forschungszentrum Julich
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe
HMI	Hahn-Meitner Institut Berlin
HSS	Hızlandırıcı Sürümlü Sistemler
HZB	Helmholtz Zentrum Berlin
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBA	International Bar Association
LHC	The Large Hadron Collider
MPI	Max Planck Enstitüsü
nC	Nanocoulomb
O	Salındırıcı
PDB	Protein Data Base
PET	Pozitron Emisyon Tomografisi
PHT	Proton Hızlandırıcı Tesisi
RF	Radyo Frekansı
RHIC	Relativistic Heavy-Ion Collider
SASE	Self Amplified Spontaneous Emission
SEL	Serbest Elektronen Synchrotron
SESAME	Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East
SI	System International
SLAC	Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi
SPS	Süper Proton Sinkrotronu
SR	Sinkrotron Işınımı
TAC	Türkisch Accelerator Center
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
THM	Türk Hızlandırıcı Merkezi

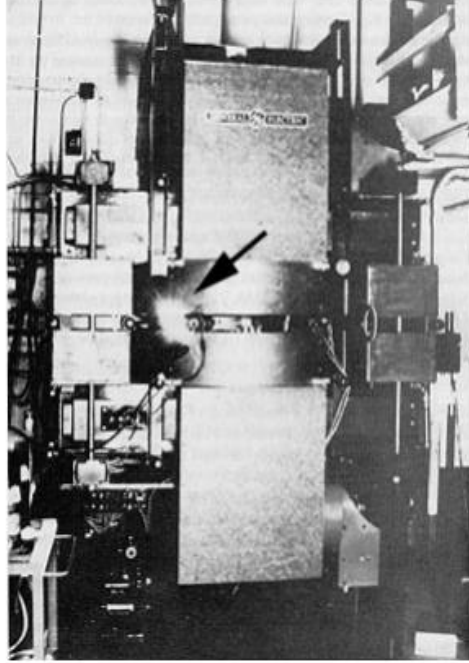
1.GİRİŞ

Sinkrotron merkezleri konusunda geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalar incelendiğinde parçacık hızlandırıcılarına dayalı ışınım kaynakları konusu literatürdeki tüm bilimlerin kapsamına girdiği ve çok fazla oranda bilim dalına fayda sağladığı görülmektedir. Bu bağlamda gelişme içerisindeki deneysel yöntemler geniş yelpazede yer alan bilimsel problemlere cevap oluşturabilmektedir. Hızlandırıcı mantığına dayalı ışın merkezlerindeki gelişim durumları ışığın parlaklığındaki gelişmelerle kuvvetli bir etkileşim içerisinde. Oluşturulan bu ışınımın nitelikleri, bilim insanları, birincil olarak fizikçiler aracılığı ile elektromagnetik spektrumun geniş bir bölgesinde ayarlanabilirlik, ileri seviyede odaklanabilme, yüksek şiddet, kutuplanabilirlik nitelikleri ve atmalı zaman yapısı şeklinde tespit edilmiştir. Bu tarz ışınımın ilk denemeler, VUV enerji seviyesinde, atomların spektroskopik inceleme durumları için hayata geçirilmiştir [8].

1970 senesinde ise hızlandırıcılar ile oluşturulan x-ışınları demetinin küçük sapma durumunun kullanılmasıyla biyolojik preparatlar üzerinde ilk küçük açılı saçılma denemeleri hayata geçirilmiştir. Son zamanlarda deneyler için kullanılmış olan spektral alan, IR (kırmızı ötesi) bölgesinden yüzlerce keV enerjili x-ışınları bölgesine ulaşmaktadır. Yalnızca bir kaç bilimçinin bu türde denemeler yaptığı ilk zamanlardan bu tarafa durum hızla değişiklik göstermiş, bu ışınımın meydana getirilen deneysel yöntemler olgunluk ve otomasyona bağlanmıştır, böylelikle bu teknikleri büyük kullanıcı potansiyeli için erişilebilir hale getirmiştir. Magnetizma, yüzey ve ara yüzey fiziği, floresans ve soğurma spektroskopisi ya da saçılma ve kırınım denemeleri gibi çoğu konudaki gelişmeler bu ışınımın kapsamı dışında ifade edilmesi çok olası değildir. Işınımın başarı durumu ile uygulama yapıldığı diğer bir bölge ise yapısal biyolojiye dayanmaktadır; bu ışınımın değerlendirilen ve Protein Veri Tabanında (PDB, Protein Data Base) saklanan protein kristal yapıların miktarları %90 civarına gelmiştir. Dünya çapında 40,000 araştırmacı disiplinlerarası bir yaklaşımla bu ışınımın tercih etmektedir. İlk olarak parçacık fiziği denemeleri için kurulan sinkrotron ve depolama halkalarının bükücü-eğici (bending) magnetlerinden yayılanmış olan “parazitik” ışınım kullanıma sunulmuştur. Bu birinci nesil olarak isimlendirilen ışınımın, dipol (iki kutuplu) magnetten ibaret olan eğici magnetlerin yanında bu dipollerin doğrusal, periyodik düzenleme durumundan meydana getirilen ve zigzaglayıcı magnet denemelerden kaynaklı olarak oluşturulan ikinci nesil ışınımın takip etmiştir.

Zigzaglayıcı magnetler, eğici magnetlere göre 30-100 kat daha fazla ışınım akısı sağlamaktadır. Bütün bu cihazlar, bir milimetre civarında görece büyük bir parçacık demeti kesiti bulundurmaktadır. Bunlar malzeme bilimi konusunda sık rastlanan milimetre ya da santimetre bazında tüm örnekler üzerinde çalışmaya uygun son derece geniş foton demetleri meydana getirmektedir. Sinkrotron sistemlerinin üçüncü nesli, dağıtkanlığı fazla olan ve zigzaglayıcı adı verilen magnetlerle aynı yapısal özelliklere sahip salındırıcı magnetlerin her bir kutbundan yayılan ışınımın yapıcı girişiminden yararlanılarak foton demeti kalitesi daha iyi seviyelere yükseltilmiştir. Elektron demetlerinin dairesel hızlandırıcılarda doğrusal olarak yerleştirilmiş salındırıcı magnetlerden geçirilmesi ile oluşturulan tek renkli, yüksek akı ve parlaklığı sahip ışığa serbest elektron lazeri (SEL) adı verilmekte olup, dördüncü nesil sinkrotron sistemlerini ortaya

çıkarmıştır. Ülkemizde hızlandırıcılara dayalı ışınım kaynaklarının kurulumu ve kullanıcı potansiyeli ile ilgili gerçekleştirilen ilk çalışmalar “Parçacık Hızlandırıcıları: Türkiye’de Neler Yapılmalı” [9], adlı proje kapsamında detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 1.1. İlk gözlenen sinkrotron

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Sinkrotron ışınımının ve merkezlerinin kullanım alanları daha önceki kısımlarda anlatıldığı üzere son derece önemlidir. Bundan dolayı sinkrotron merkezlerinin artırılması da muhtemel gözükmektedir. Ancak, sinkrotron merkezlerindeki çalışma mekanizmaları gereği radyasyon oluşumu personellerin ve diğer kişilerin sağlıklarını tehlikeye düşürmektedir. Bu ülkemizde ve dünya da bilinen bir problemdir. Birçok alanda yararlandığımız sinkrotron merkezlerinden tamamen vazgeçecek yerine onunla aynı teknolojik ve tıbbi imkânları sunan bir sistem olmadığına göre bu konuda, merkezlerde çalışan personellerin iş sağlığı ve güvenliğini sağlayacak çeşitli uygulamalar ve çözüm önerileri bulunmalıdır. Bizim çalışmamızda, bu hedef doğrultusunda yapılmıştır. Literatür taramalarına bakıldığında sinkrotron ışınımı ile ilgili olarak birçok bilgi verici verilere rastlanmaktadır. Ancak sinkrotron ışınımının meydana getirdiği radyasyon ve radyasyondan korunmak için iş sağlığı ve güvenliği olarak neler yapılabileceği ile ilgili bir araştırma yapılmamıştır. Bu bakımdan tezimiz özgünlüğünü korumaktadır. Bu çalışma kapsamında sinkrotron merkezlerinin genel durumu ve sinkrotron merkezlerinde var olan radyasyon probleminin saptanması için karışık ülkelerdeki laboratuvarlarda çalışan kişilerle yapılan anketler analiz edilmiştir. Çalışmamızın genel amaçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Sinkrotron ışınımı ile ilgili genel bilgilerin verilmesi ve bu konuda okuyucunun bilgilendirilmesi,
- Sinkrotron ışınım özellikleri ve dünya da ve Türkiye’deki Sinkrotron merkezlerinin tanıtılması ve bu konuda ayrıntılı bilgilerin verilmesi,
- Sinkrotron merkezlerinin iş güvenliği bakımından değerlendirilmesi ve bu değerlendirmenin bizim çalışmamıza entegre edilmesi,
- Son olarak, radyasyonun tanımlanması ve tezin bütünlüğü açısından sinkrotron merkezlerinde meydana gelen radyasyonun etkilerinin ifade edilmesi şeklinde açıklanmıştır.

Sinkrotron merkezleri dünya çapında bilimsel çalışmalar için x-ışını kaynağı olarak kullanılan önemli bir araştırma merkezidir. Son zamanlarda sinkrotron merkezleri ile ilgili çok fazla çalışmalar yapılmaktadır. Bilim alanında bu kadar gerekli olan ve fizik biliminin bir parçası olan sinkrotron merkezlerinin yaydığı radyasyon son derece tehlikelidir. Bu bakımdan sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerinin güvenliği sağlanmalıdır. Sinkrotronlarda çalışan kişiler radyasyon işçisi sıfatıyla literatürde yer almaktadır. Bu bağlamda sinkrotron merkezlerinde çalışan kişilerin, radyasyon işçisi olarak radyasyon konusunda farkındalık ve bilgi düzeylerinin tespiti için 33 sorudan oluşan ve çoktan seçmeli cevapları bulunan bir anket ile çalışan ve kullanıcıların farkındalık düzeylerinin tespitine yönelik dünya genelinde bir anket çalışması düzenlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Kuramsal Temeller

1. Nesil Işınım Kaynakları: Bu yapıdaki ışınım, hafif parçacıkların çarpıştırılması esasına dayalı olarak, yüksek enerji fiziği çalışmalarının yürütmek amacıyla kurulan sistemlerde elde edilen ışınımları içerir. Bu yapılara örnek olarak KEK (Japonya) bünyesindeki PEP ve TRISTAN (www.kek.jp) elektron – pozitron demetlerinden elde edilen ışınımlar gösterilebilir.

2. Nesil Işınım Kaynakları: Bu yapılarda eğici magnetlerden alınan yüksek enerjili x-ışınlarının birden fazla demet hattı vasıtasıyla, elektron demetlerinin yolu üzerine konan zigzaglayıcı magnet serileri ile, deney istasyonlarına ileten kaynaklardır. 1974 yılında çalışmaya başlayan 380 MeV'lik SOR (Tokyo Üniversitesi'nde) bu nesil sinkrotron sistemlerinin ilkidir.

3. Nesil Işınım Kaynakları: Ana depolama halkası boyunca düz kısımlara salındırıcı ve zigzaglayıcı magnetlerin yerleştirilmesiyle elektron demetlerinin içinden geçirilmesiyle elde edilen ışınım neslidir.

4. Nesil Işınım Kaynakları: Süperiletken teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, 1990 ların yılların başında hızlandırıcı sistemlerinde de süperiletkenler uygulanmaya başlanması, çizgisel ve çokgen şeklindeki hızlandırıcılarda radyo frekans boşluklarında yüksek tepe akımına sahip elektron demetlerinin elde edilmesini mümkün olmuştur. Var olan teknolojilere göre, daha gelişmiş salındırıcı ve zigzaglayıcı magnetlerin kullanılmasıyla elde edilen 4. nesil ışınımlar, nm mertebesinde dalga boylu, yüksek akı, parlaklık ve güç değerlerine sahip ışınımlardır. 40'lı yılların ortalarında dairesel yüksek enerji elektron hızlandırıcılarının gelişmesiyle, serbest elektronlardan elektromagnetik ışınım eldesi ilgileri üzerine çekmiştir. Bu dönemlerde güçlü betatronlar çalıştırılmaya başlanmıştır. 1944'te Ivanenko ve Pomeranchouk [2] betatron prensibine olası bir limit getiren elektromagnetik enerji olarak kaybedilecek maksimum enerjiyi ilk olarak doğrulamışlardır. Bu öngörü, Blewett tarafından General Electric'te yeni kurulan 100 MeV'lik bir betatronda tur başına kaybedilen enerjinin hesabında kullanılmıştır. 1946'da enerji kaybından ötürü yörünge küçülmesi gözlenmiş ve sonuçlar öngörü ile örtüşmüştür. 24 Nisan 1947'de General Electric'te inşa edilen 70 MeV'lik sinkrotronda ilk kez görünür ışık gözlemlenmiştir [5]. Bu tarihten sonra bu ışınım sinkrotron ışınımı (SI) olarak anılmıştır.

Serbest elektron demetlerinden ışınım elde etme fikri, 60'lı yıllarda serbest electron lazerleri ile sürmüştür. Serbest elektron lazeri (SEL), salındırıcı (O), yükseltici (A) ve SASE (Self Amplified Spontaneous Emission, Genlik Artımlı Kendiliğinden Yayınım) adlı üç farklı yöntemle elde edilir. Salındırıcı yöntemi SEL teorisinin de temelini oluşturmaktadır. Salındırıcı magnet girişinde elde edilen gürültü düzeyindeki birinci nesil ışınımın, biri tam diğeri kısmi yansıtıcı iki ayna arasında tuzaklanarak, optik kavite denilen bu düzenek içerisinde elektron demeti ile defalarca etkileşmesi prensibine dayanır. Yükseltici yönteminde birinci nesil ışınım salındırıcı magnet girişine uygulanan bir sürücü lazer ışınımdır. Bu ışınım aynalar kullanılmaksızın salındırıcıdan tek bir geçişte istenilen yükseltilmeye ulaştırılmaktadır. SASE yönteminde ise daha uzun salındırıcı magnetler ve süper iletken teknolojilerinden yararlanılarak yine

tek salındırıcı geçişi sonunda güçlü lazer ışınımı elde edilir. SEL için erken teoriyi [5] bir yükseltici ve salındırıcı yöntemleri ile çalıştırılan SEL üzerindeki deneyler izlemiştir. Daha sonraları uzak kızılötesi ve morötesi aralığında dalga boylarında çalışan SEL 'ler inşa edilirken, SEL teorisi, kollektif kararsızlık, kayma ve kırınım etkileri üzerinde sürdürülen çalışmalarla geliştirilmiştir.

Dünyada, çeşitli araştırma türleri ve temel ve uygulamalı bilimin incelenmesi için sinkrotron ışığı sağlayan birçok sinkrotron radyasyon (SR) tesisi vardır. Mevcut bir SR hızlandırıcı tesis tipik olarak bir enjektör, bir depolama halkası ve SR deney hatlarından oluşur. Enjektör, lineer bir hızlandırıcı (linak) veya bir çizgi olabilir, ardından elektronları (veya pozitronları) birkaç yüz MeV veya birkaç GeV'ye kadar hızlandırabilen bir senkrotron hızlandırıcı (güçlendirici) olabilir. Enjektör, depolama halkasına elektronlar sağlar; burada elektronlar, ışık hızında birkaç yüz mA'lık bir depolanmış akıma kadar seyahat eden demetlerde toplanabilir ve dolaştırılabilir (veya saklanabilir). Bir depolama halkası, düz bölümlerle bağlanan bir dizi eğri olarak yapılandırılmıştır. Kavisli bir bölümdeki bir bükme mıknatısı dolaşımdaki elektronları saptırdığında, senkrotron radyasyonu elektron yoluna teğet olarak yayılır ve halkanın medyan düzleminde bir senkrotron radyasyonu 'fanı' oluşturur. Düz bölümlere, zigzaglayıcı ve salındırıcı denilen özel yerleştirme cihazları yerleştirilir. Bir depolama halkası, elektronların cihazın eksen boyunca hareket etmesini veya dalgalanmasını sağlayan, eksen boyunca yayılan sinkrotron radyasyonunun enerjisini ve yoğunluğunu muazzam bir şekilde arttıran, alternatif kutuplara sahip doğrusal bir mıknatıs dizisinden oluşur. Bu alanda yapılan önemli çalışmalardan birinde Liu ve Vylet, sinkrotronda ortaya çıkabilecek radyasyon türlerini ve bu enerjilere karşı alınan tedbir yapıları incelemişler ve literatüre önemli bir çalışma kazandırmışlardır [10]. Bir diğer önemli çalışmada, Yoshihiro Asano genel anlamda elektron hızlandırıcıların radyasyon güvenliği üzerine güzel bir çalışma yayınlamıştır [11]. Elektron hızlandırıcıları, özellikle sinkrotron radyasyon tesisleri için radyasyon güvenliği sıkça gözden geçirilir. Bir sinkrotron radyasyon tesisinde, sinkrotron radyasyon ışın hatlarının radyasyon güvenliği, hızlandırıcılarla olduğu gibi önemlidir. Özellikle, birçok kullanıcı deney hattı kulübelerinde çalıştığı için, bir güvenlik kilitleme sisteminin yüksek güvenilirliğe sahip olması gerekir. Deney hattının koruyucu tasarımı için üç radyasyon kaynağı göz önünde bulundurulmalıdır: Hızlandırılmış elektron ışını kaybı, gaz bremsstrahlung ve ilişkili nötronlar ve sinkrotron radyasyonu nedeniyle yüksek enerji radyasyonu ve nötronlar. Bir ışın çizgisinde, gaz bremsstrahlung ve senkrotron radyasyonuna bağlı sızıntı dozu baskındır ve her iki radyasyon kaynağı da yüksek direktiviteye sahip olduğundan, yerel bir kalkan kullanmak etkilidir. Etkili ve güvenilir bir güvenlik sistemi kurmak için radyasyon güvenliği fizikçileri, hızlandırıcı fizikçileri ve ışın çizgisi fizikçileri arasında yakın iletişim önemlidir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Sinkrotron Hızlandırıcıları

3.1.1. Sinkrotron Işınımı

Serbest elektronlardan elektromagnetik ışınma elde edilmesi klasik bir olgudur. Elektronların bir foton soğurması veya yayımlaması için gerekli koşullar vardır. Bu koşullardan biri elektromagnetik alana enerji aktarımı ile ilgili bir nicelik olan Poynting vektörüdür. Bu nicelik ışınım olgusu hakkındaki daha başka teorik tanımlar ve tartışmalar için temel oluşturacaktır. J.C. Maxwell'in elektromanyetizmanın teorisini 1873'de formüle etmesinden sonra elektromanyetik ışınım düşüncesi, deneyciler kadar kuramsal fizikçilerin de akıllarına yerleşmişti. Bundan sadece on dört yıl sonra, 1887'de G. Hertz elektromanyetik dalga üretmeyi, göndermeyi ve almayı başarmıştır. Böylece, Hertz deneysel olarak hem elektromanyetik dalgaların varlığını ispatlamış, hem de Maxwell denklemlerinin doğruluğunu göstermiştir. 1907'de, Schott düzgün bir manyetik alandaki elektronun elektromanyetik ışınması ile ilgili klasik teorisini formülize etmiştir [5].



Şekil 3.1. Sinkrotron ışınım modeli

24 Nisan 1947 yılında Herb Pollock, Robert Langmuir, Frank Elder ve Anatole Gurewitsch tarafından New York Schenectady'de bulunan General Electric Research Laboratory'deki 70 MeV'luk saydam vakum tüpünde mavimsi-beyaz renkte birparıltının keşfedilmesi ile sinkrotron ışınımı ilk olarak gözlenmiş oldu. Bir başka proton sinkrotronu aynı yıllarda Berkeley'de Lawrence Radyasyon Laboratuvarı'nda inşa edildi. Yarıçapı ve manyetik alan şiddeti biraz daha büyüktü. Berkeley'deki bu makineye "Bevatron" adı verildi. Bu makinenin tasarım enerjisi 6,4GeV'di. 1950'lerin sonlarında ABD, İngiltere, Fransa ve Sovyetler Birliğinde çeşitli geleneksel proton sinkrotronları inşa edilmiştir. Bu makineler 1-10 GeV enerji aralığında protonlar üretmiştir. 1950'lerin sonlarında, proton sinkrotronlarına kuvvetli odaklama prensibini uygulamak için tasarım çalışmaları başladı. 1960'dan itibaren iki makine çalışmaktaydı. Bunlar Brookhaven'deki değişken gradyen sinkrotronu (AGS) ve CERN proton sinkrotronuydu (CPS). CERN daha büyük ve daha pahalı nükleer hızlandırıcılara çoğu ülkenin tek başına

ekonomik olarak erişemeyeceği gerçeğini gören birçok batı Avrupa ülkesinin ortak çabasıyla kurulmuştur. İsviçre Cenevre’de inşa edilen CPS, CERN’deki tesisde ilk büyük hızlandırıcıydı. Bu merkezdeki Süper Proton Sinktotronu (SPS) ise 400 GeV enerjili protonlar için tasarlanmıştır [5].

3.2. Sinkrotron Çalışma Mekanizması

Parçacık hızlandırıcılarına dayanan ışınım kaynaklarının günümüze kadar olan gelişimi dayandıkları teknoloji, fiziksel amaç ve parametreleri açısından dördüncü nesil şekline süre gelmiştir. İkinci nesil ışınım kaynakları ise doğrudan ışınım kaynakları olarak yapılmıştır. Bu ışınım kaynakları birkaç yüz nm-rad boyutunda yayınımla tasarlanmış ve SEL’in parlaklığı 10¹⁶ mertebesine kadar ulaşmıştır. Işınım eldesi için eğici magnetler kullanan ve bu ışınımı birden fazla demet hattı aracılığı ile deney istasyonlarına ileten kaynaklardır. İlk Tokyo Üniversitesi’nde 1974 yılında çalışmaya başlayan 380 meV’lik SOR’dur. İkinci nesil ışınımlarının elde edildiği parçacık demetlerinin faz uzayındaki alanı, yayınımlı için ≥ 100 nm rad değerine ulaşılabilmiştir.

3.3. Sinkrotron Işınımının Özellikleri

3.3.1. Sinkrotron Işınım Gücü

Sinkrotron kaynağından elde edilen bir ışınımın fiziksel tanımlaması Poynting vektörünün integrasyonu ile ışınımın gücünü hesaplayabilmekteyiz.

$$P = \int \vec{S} d\vec{A} = \frac{2}{3} r_c \frac{mc^2}{c^3} \vec{a}^2 \quad (3.1.)$$

Parçacık hareketini şekillendiren ivmenin hareket yönüne dik ve paralel bileşenlerini inceleyerek sinkrotron ışınımının gücünü paralel ve enine ivmelenme ile gelen katkılar elde edilebilir.

$$\dot{\vec{\beta}} = \dot{\beta}_{\parallel} + \dot{\beta}_{\perp} \quad (3.2.)$$

$$P_{\parallel} = \frac{2}{3} r_c mc \gamma^6 \dot{\beta}_{\parallel}^2 \quad (3.3.)$$

$$P_{\perp} = \frac{2}{3} r_c mc \gamma^4 \dot{\beta}_{\perp}^2 \quad (3.4.)$$

Ötürü ışınımının gücü büyük ölçüde parçacık yörüngesinin geometrisine bağlı olup, paralel olarak ivmelenme parçacıkları hızlandıran kuvvet ile ilgilidir.

$$m\dot{v}_{\parallel} = \frac{1}{\gamma^3} \frac{d\vec{p}_{\parallel}}{dt} \quad (3.5.)$$

$$P_{\parallel} = \frac{2}{3} \frac{r_c}{mc} \left(\frac{d\vec{p}_{\parallel}}{dt} \right)^2 \quad (3.6.)$$

Enine ivmelenme ise Lorentz kuvveti ile ilişkilidir.

$$\frac{d\vec{p}_\perp}{dt} = \gamma m \dot{\vec{v}}_\perp = e [\vec{v} \times \vec{B}] \quad (3.7.)$$

$$P_\perp = \frac{2}{3} \frac{r_e}{mc} \gamma^2 \left(\frac{d\vec{p}_\perp}{dt} \right)^2 \quad (3.8.)$$

Eşitliklerden görüldüğü gibi enine ivmelenmenin sebep olduğu ışınım gücü boyuna ivmelenmenin sebep olduğu ışınım gücüne kıyasla elektron enerjisinin karesiyle orantılıdır. Pratik amaçlar göz önünde bulundurulduğunda, kayda değer bir ışınım gücü için yeterli boyuna ivmelendirme sağlamak açısından teknik sınırlamalarla karşılaşmaktadır. Buradan itibaren ışınım gücü olarak enine ivmelendirmenin sebep olduğu ışınım gücünden bahsedilecektir ve $P_\perp = P_\gamma$ olarak geçecektir. Eşitlikte geçen dik kuvvet yerine Lorentz kuvveti konularak ışınım gücü pratik birimler cinsinden ifade edilebilir.

$$B = \frac{1}{\rho} \frac{\beta E}{e} \quad (3.9.)$$

$$P_\gamma = \frac{2}{3} r_e mc^3 \frac{\beta^4 \gamma^4}{\rho^2} \quad (3.10.)$$

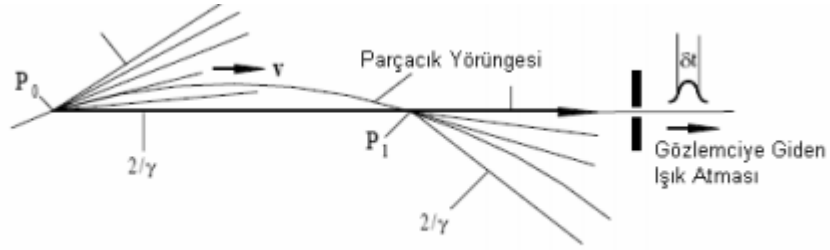
Sinkrotron ışınımı gücü görüldüğü gibi magnetik alanın ve demet enerjisinin karesiyle değişmektedir. Magnetik alan için aşağıdaki ifade kullanılarak anlık sinkrotron ışınımı yeni bir formda elde edilir.

$$I = e f_{\text{dolanım}} N_e \quad (3.11.)$$

$$\langle P_\gamma \rangle = U_0 \frac{I}{e} \quad (3.12.)$$

3.3.2. Sinkrotron Işınımı Spektrumu

Görelî bir yüklü parçacık tarafından geniş foton enerjisi spektrumuna sahip sinkrotron ışınımı yayımlanır. Bu ışınım dairesel bir hızlandırıcıda gözlemciye eşit aralıklarda ışık atmaları şeklinde görünmektedir. Bir iletim hattı içindeki eğici magnetten bir kez geçen bir parçacığın yayımlayacağı ışınım ise gözlemciye tek bir ışık atması şeklinde görünecektir.



Şekil 3.2. Eşit aralıklarla ışık atma

Işık atmasının zamansal uzunluğu, P0 noktasından yayımlanan ilk fotonların gözlemciye ulaşması ile P1 noktasından yayımlanan son fotonların gözlemciye ulaşma süresi arasındaki fark kadardır. Bu fark P0 noktasından yayımlanan fotonların gözlemciye ulaşması ve elektron paketçığının P0 noktasından P1 noktasına ulaşması arasındaki zaman farkıdır.

$$t_\gamma = \frac{2\rho \sin \frac{1}{\gamma}}{c} \quad (3.13.)$$

$$t_e = \frac{2\rho}{\beta c \gamma} \quad (3.14.)$$

$$\delta t = t_e - t_\gamma = \frac{2\rho}{\beta c \gamma} - \frac{2\rho \sin \frac{1}{\gamma}}{c} \quad (3.15.)$$

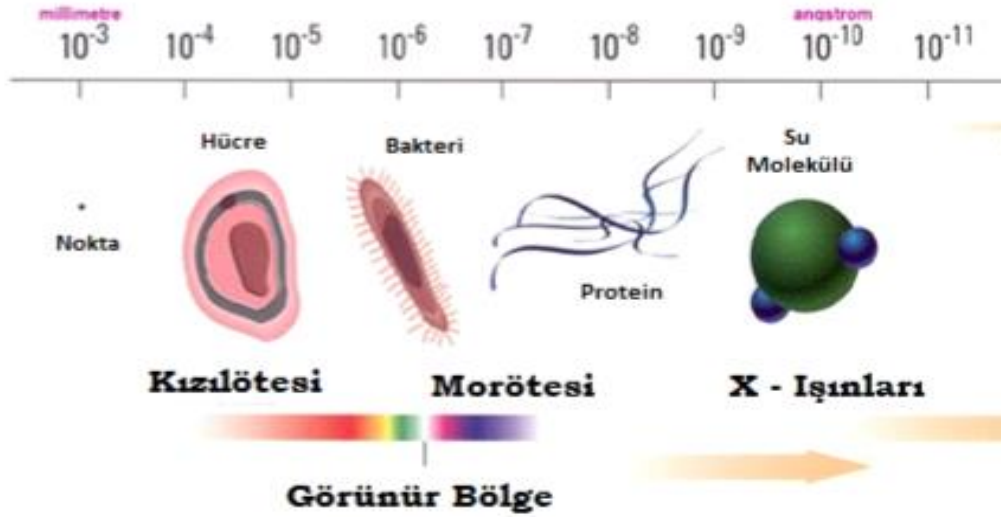
3.4. Sinkrotron Tesisleri Yapısı ve Özellikleri

3.4.1. Yüksek Parlaklık

Sinkrotron ışınımı yüksek parlaklık değerlerine sahiptir (Klasik x-ışını tüplerinin yaklaşık 100 katı kadar şiddetlidir). SI için ortalama parlaklık 10¹⁷-18 foton/s. mrad².mm² . %0,1 b.g ve pik parlaklığı ~10²³ foton/s.mrad².mm².%0,1b.g değerine kadar çıkmaktadır.

3.4.2.Geniş Enerji Spektrumu

Sinkrotron ışınımı kızılötesinden sert x ışınları bölgesine kadar geniş bir enerji aralığında yayımlanır.



Şekil 3.3. Sinkrotron ışınımı kızılötesinden sert x ışınları görünümü

3.4.3. Ayarlanabilirlik

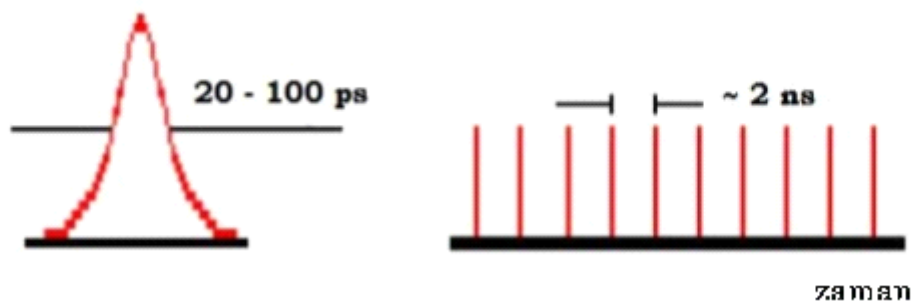
SI' nın dalga boyu elektron demet enerjisine ve kullanılan magnetlerin g , λ_u ve β gibi parametrelerine bağlı olarak ayarlanabilir.

3.4.4. Kutuplanabilirlik

Sinkrotron ışınımı dairesel, lineer ve eliptik kutuplanmış olarak elde edilir.

3.4.5. Kısa Atma Süreleri

Yayımlanan atmaların uzunlukları ns, ps skalasından elde edilebilir. Kısa atma süreleri özellikle zaman çözümü spektroskopisi çalışmalarında avantaj sağlar.



Şekil 3.4. Kısa atma süreleri örnekleme

3.5. Sinkrotron Işınımı Kullanım Alanları

Parçacık hızlandırıcılarından elde edilen yüklü parçacık (e,p vb.) demetlerinin doğrudan kullanımı ve bu demetlerin birincil demet olarak kullanılması ile üretilen ışınımın sinkrotron ışınımı(SI), frenleme ışınımı veya serbest elektron lazeri ve nötronların günümüzde yüzlerce alanda kullanıldığı bilinmektedir.

Aşağıdaki tablo 3.1. de sinkrotron ışınımı kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 3.1. Sinkrotron ışınımı kullanım alanları

1- Parçacık ve Nükleer Fizik Araştırmaları	Çarpışan demet ve sabit hedef deneyleri sayesinde yeni parçacık ve etkileşimler ile çekirdek yapısının araştırılması, nükleer spektroskopi.
2- Malzeme Bilimi ve Uygulamaları	Atomik ve moleküler düzeyde yapı geliştirme, yüzey modifikasyonu, iyonimplantasyonu, polimer ve radikal analizi, endüstriyel malzemelerin analizi ve kalite kontrolü.
3- Hızlandırıcı Sürümlü Sistemler ve Nükleer Atık Dönüşümü	Toryuma dayalı nükleer güç santrali, yakıt geliştirme, HSS ile uyum yarı ömürlü izotopların daha kısa yarı ömürlülere dönüştürülmesi.
4- HSS'ye Dayalı Nükleer ArGe Çalışmaları, Nükleer Teknoloji	İzotop üretimi, proton hızlandırıcıları ve nötron demetleriyle ArGe ve teknoloji geliştirme çalışmaları, tahribatsız muayene uygulamaları.
5- Savunma ve Güvenlik Sanayi	X-ışınları ve nötronlar ile tarama, sınır güvenliği, lazer silahları, radar ve algı geliştirme, vb.
6-Uzay Sanayi	Radyasyon dayanım testleri, kompozit, malzeme ve yakıt geliştirme
7-Yaşam Bilimleri ve Medikal Uygulamalar	İlaç geliştirme, genetik araştırmaları, teşhis ve tedavi (kanser vb.) teknikleri, ışınlama, hadron terapi, radyo-izotop üretimi, lazer mikro cerrahisi, sterilizasyon.
8-Hızlandırıcıya Dayalı Işınım Kaynakları	Sinkrotron ışınımı, serbest elektron lazeri ve frenleme (Bremsstrahlung) ışınımı üretimi.
9-Gıda Sanayi	Uzun raf ömrü sağlama, ışınlama ile sterilizasyon.
10- Madencilik Sanayii	Maden aranması, yatak tespiti, maden işlenmesi ve analizi, mineroloji.
11- Bilişim ve İletişim Teknolojileri	Mikroçip üretimi, yakıt ve malzeme geliştirme, veri toplanması ve veri işlenmesi.
12- Fotonik Araştırma ve Uygulamaları	Lazer geliştirme, mikroskopik ve spektroskopik analiz, ultra-hızlı fotonik uygulamaları, görüntüleme, THz spektroskopisi.
13- Biyoteknoloji Virüs ve Bakteri Analizi	Virus ve bakteri analizi, aşı geliştirme, hücre vekök hücre araştırmaları, biyo-malzemelerin geliştirilmesi ve analizi.

14- Nanoteknoloji	Nanoparçacık analizi, nano-malzeme bilimi,nano kaplama teknikleri, nano robotteknolojisi.
15- Arkeoloji	Harç, boya, kaplama, hammadde analizi,tarihlendirme, spektroskopik ve mikroskopikanaliz.
16- Mücevher Sektörü	Mücevher işlenmesi, Yüzey kalitesi, Sertlik ve renk ayarı
17- Çevre Uygulamaları	Çevre atıklarının etkisiz hale getirilmesi, baca gazlarının ve atık suların temizlenmesi, mineral ve toprak analizi.

1960'larda lazerin keşfinin ardından, sinkrotron ışınımı (SI) tesis ve uygulamaları 1970'lerden, serbest elektron lazeri (SEL) tesis ve uygulamaları da 2000'li yılların başından itibaren yaygınlaşmıştır ve dünyada günümüzde dünyada 100 civarında SR ve FEL tesisi bulunmaktadır (<https://lightsources.org>).

Tablo 3.2. Sinkrotron enerjilerine göre kullanım alanları

Enerji (eV)	Kullanım Alanları
(~ 0.1 eV)	Biyokimya, Biyofizik; Katalizli reaksiyonlar; Katıların elektron yapısı; Spektroskopide yeni metodlar
(~ 1 eV)	VUV ve X-Işını Mikroskopisi; Fotokimya; Yüzeylerin ve ara yüzeylerin incelenmesi; Yüksek performanslı optik
(~ 10 eV)	Radyografi; Elektron spektroskopisi ile kimyasal analiz; Atomik ve moleküler fizik; Kalibrasyon ve Radyasyon standartları
(~ 100 eV)	Akışkan yüzeylerde kompleks biyomoleküllerin yapısının incelenmesi; Işıma tahribatının incelenmesi; Fotoelektron spektroskopisi; Salındırıcı ve Zigzaglayıcı magnet ışınımının araştırılması
(~ 1000 eV)	Polimerik yapıların incelenmesi; X-Işını optiği ve floresansı; X-Işını litografisi ve Malzeme araştırmaları
(~ 1000 - 10000 eV)	X-Işını litografisi ve tomografisi; İz elementi analizi; İnelastik X-Işını saçılması, Compton saçılması

3.6. Türkiye'de ve Dünya'da Sinkrotron Merkezleri

Sinkrotron ve ışınım kaynakları teknolojileri ülkemizde yaygın bir şekilde geliştirilmesi için Kalkınma Bakanlığı Desteği ve 12 üniversitenin işbirliği (Ankara, Gazi, Osmangazi, İstanbul, Uludağ, Dumlupınar, S. Demirel, Boğaziçi, Doğuş, Erciyes, Niğde, Gebze Teknik üniversiteleri) ile Türk hızlandırıcı merkezinin kurulması sağlanmıştır.

Türk hızlandırıcı merkezi projesi (THM),1997-2000 yılları arasında parçacık hızlandırıcıları ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye' de neler yapılmalı sorusu üzerinden durulmuştur

(Fizibilite projesi), 2002-2005 yıllarında THM tesisleri için genel tasarım raporları çıkarılmıştır.2006-2015 yıllarında ise, ilk tesis, enstitü ve THM tesisleri teknik tasarım tablosu çıkarılmıştır.

Bu projenin amacı; Ülkemizin ve bölgemizin ihtiyaç duyduğu teknolojik gelişmeleri dünya ile uyum halinde yakalayabilmek adına, nükleer araştırma ve yüksek enerji çalışmalarının önemli bir adımı olan parçacık hızlandırıcı ve dedektör teknolojileri üzerine araştırma çalışmalarının yürütülebilmesini ve üretilebilmesini ve bu yolla elde edilecek ürünlerin yüksek düzeyli Ar-Ge çalışmalarında kullanılmasını sağlamak amacıyla farklı tip ve boyutlarda hızlandırıcı merkez ve yapılarını tasarlayıp kurulumunu gerçekleştirmek, bu alanlarda ulusal farkındalık yaratabilmek, ve yerli sanayinin ilgili teknolojilerde üretici ve çözüm ortağı olarak yer almasını sağlamak ile dünyanın önde gelen hızlandırıcı merkezleri ve enstitüleri ile işbirlikleri geliştirmektir.

Projeler kapsamında ilk hızlandırıcı teknoloji enstitüsü 2011 yılında Ankara Üniversitesi bünyesinde kurulmuş(<http://h.t.e.ankara.edu.tr>) ve merkezin ilk tesisi 15-40 MeV enerjili super iletken elektron hızlandırıcısına dayalı ışınım tesisinin kurulması (<http://www.tarla.org.tr>) kurulumu sürmektedir.



Şekil 3.5. TAEK Proton Hızlandırıcısı Tesisi

Ülkemizde sağlık alanında kullanılan izotop üretimini yapmak ve proton hızlandırıcısına dayalı AR-GE çalışmalarını gerçekleştirmek üzere kurulumu 2012 yılında tamamlanan 30 MeV enerjili proton hızlandırıcı tesisi (PHT) TAEK Sarayköy Nükleer Eğitim ve Araştırma Merkezinde (Sarayköy, Ankara) hizmet vermektedir. TAEK-PHT; sağlık alanında kanser, beyin fizyolojisi ve patolojisi, koroner arter hastalığı ile nörolojik hastalıklar gibi birçok konuda teşhise yönelik I-123, F-18 (FDG), In-111, Ga-67, Ta-201 radyoizotoplardan radyo farmasotik malzemelerin üretilip, kalite kontrolü (radyofarmasotiklerin), hasta dozu olarak dağıtımını yapmak üzere kurulmuştur. Ayrıca, bu birim nükleer bilim ve teknoloji alanlarında araştırma ve eğitim faaliyetlerinde bulunmak amacına sahiptir. Enerjisi 30 MeV ve akım değeri 1200 μ A olan TAEK-PHT'deki siklotron tipi hızlandırıcı sistemi (CYCLONE-30) türünün en yeni teknolojik özelliklerine sahiptir. Hızlandırıcı sistemi dört adet ışınlama odasına açılan dört ana demet hattı ile bağlantılı olup, bu demet hatlarından üçünde radyoizotop üretimi yapılacak, birinde ise araştırma faaliyetleri yürütülecektir.



Şekil 3.6. TAEK Proton Hızlandırıcı Tesisi

Şekil 3.6.'da TAEK- Proton hızlandırıcısına ait uzak görünüm ile Proton Hızlandırıcı Tesisleri(PHT) gösterilmiştir.

3.6.1. SESAME Projesi

SESAME, Ürdün'ün başkenti Amman'da 16 Mayıs 2017 tarihi ile aktif olarak çalışmaya başlayan SESAME Sinkrotron Merkezine ülkemiz üyedir ve bu merkezin AR- GE ve kullanım alt yapısı Türk araştırmacılara açıktır. TAEK(Türkiye Atom Enerji Kurumu), SESAME konusunda ülkemizde yetkilendirilen tek kuruluştur. SESAME nin hayata geçirilmesinin nedenleri;

- Sinkrotron radyasyonu kullanılan temel ve uygulamalı araştırmalar ile bunlara yakın diğer konularda Akdeniz Bölgesinde ve Orta Doğu da işbirliği sağlamak
- Bölge ile ilgili çalışmalara, bilimsel ve endüstriyel anlamda destek olmak

Ülkemizin SESAME (Şekil 3.7.) sinkrotron merkezi üyeliğine başvurusu Atom Enerjisi Komisyonunun 28.02.2001 tarih ve 68/1 kararıyla onaylanmıştır.



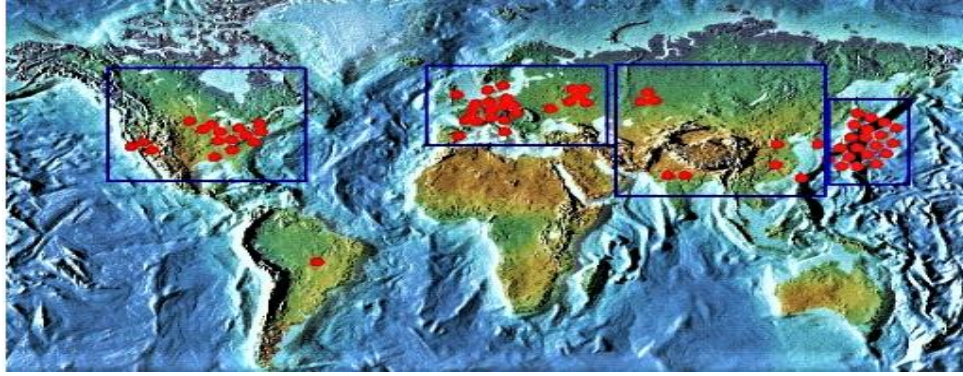
Şekil 3.7. SESAME Genel Görünüm

Günümüzde çok sayıda (yaklaşık %85'i ABD, AB ve Japonya) büyük ölçekli hızlandırıcı merkezi mevcuttur. Bunlardan bazıları CERN, SLAC, BNL, FNAL, ANL, SNS, DESY, Euro XFEL, ELETTRA, ESS, BESSY, FZDR, INFN, KEK, IHEP, BINP, DIMANOND, Spring-8, SOLEIL, ALBA olarak sayılabilir.

3.6.2. CERN

İsviçre ve Fransa sınırında yer alan dünyanın en büyük parçacık fiziği laboratuvarıdır. 12 ülkenin(Almanya, Belçika, Fransa, Danimarka, Hollanda, İsveç, İtalya, İsviçre, İngiltere, Yugoslavya, Norveç ve Yunanistan) katılımıyla 1954 yılında kurulmuş olan CERN günümüzde 21 üyesi bulunmaktadır. Bugün gelişmiş olarak bildiğimiz ülkeler, sahip oldukları gücün büyük bir kısmını ürettikleri bilime ve buna dayalı teknolojiye borçludurlar. Bu teknolojilerin ortaya konmasında hızlandırıcı teknolojilerinin büyük bir yeri ve önemi vardır. Bu süreçte, maddeyi anlamak ve ilgili yasaları ortaya koyabilmek, CERN gibi 60 yıldır parçacık hızlandırıcıları tasarlayan ve kullanan bir laboratuvarında, tüm dünyanın fizikçilerinin, mühendislerinin ve bilgisayarçıların katılımı ile mümkün olabilmektedir.

Bu teknolojilerden birisi de Hızlandırıcı Sürümlü Sistemlerdir.



Şekil 3.8. Dünyada Sinkrotron Tesisleri Genel Dağılımı

3.7. Sinkrotron Merkezlerinin İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Fizik çalışmalarında temel etkileşmelerin ve kuvvetlerin daha iyi anlaşılabilmesi için parçacıklara yeterli enerjilerin kazandırılabilmesi gerekmektedir. Nükleer ve parçacık fiziğinde temel araştırmalar dışında parçacık hızlandırıcılarından alınan birincil ve ikincil demetlerin kullanımı iki ana hatta ayrılabilir [12].

1. Kimyasal, fiziksel ve biyolojik örneklerin parçacık demetlerini kullanarak incelenmesi. Örnek olarak μ SR gösterilebilir. (Hadron terapi gibi sağlık alanında işe yarar yeni yöntemler)
2. Maddenin kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin modifikasyonu. Örnek olarak iyon implantasyonu gösterilebilir.

Tablo 3.3. Sinkrotron parçacık hızlandırıcıların kullanım alanları

Malzeme araştırmaları	Atomik seviyedeki malzeme çalışmaları için foton nötron ve müon demetlerinin kullanımı
Protein Modelleme	Sinkrotron radyasyonu, protein yapısının üç boyutlu olarak incelenmesi
Elektrik santrallerinin gaz emisyon kontrolü	Bazı pilot santrallerde sülfür ve nitrojenoksit emisyonunun kontrolü için elektron demetleri
Hadron terapi	Proton ve iyon demetleri insan vücudunda tümör tedavisi
Pozitron Emisyon Tomografisi	PET'te kullanılan radyoizotoplar hızlandırıcılarda retimi
İyon İmplantasyonu	Birçok dijital elektronik ürün iyon implantasyonlarla üretilen hızlı transistör ve çipler.
Enerji	Hızlandırıcı teknolojileri g üretiminde ve nükleer atıkların yok edilmesi

Sinkrotron merkezlerinde elde edilen uygun enerji ve uygun parçacık demetleriyle;

- Tümörün küçültülmesi daha temiz enerji üretimi
- řüpheli kargo tespiti
- Otomotiv sanayisinde gelişim
- İçme suyu arıtımı
- Protein haritalandırılması
- Yeni ilaç tasarımı
- Hastalık tespiti
- Nükleer atığın azaltılması
- Tarihi eser sahtekrlığının tespiti
- İyon implantasyonu sağlanır

Sinkrotron merkezlerinin çok fazla kullanım alanı olmasına karşın radyasyon yayma gibi bir zararlı etkisi söz konusudur. Bu nedenle, bu bölgelerde çalışan personeller tehlike altındadır. Sinkrotron merkezlerinde bu problemlerin üzerinden gelmek ve bazı geri dönüşümsüz hadiseleri engellemek için iř güvenliği uzmanları bulunmalıdır.

3.8. Radyasyon Terimi

Radyasyon veya Işınım, enerjinin yayınımını ifade eder. Bu enerji boşlukta elektromanyetik dalgalar halinde yayılır. Radyasyon genel tanımı içine, enerji yelpazesinde yer alan bütün elektromanyetik dalgalar girmektedir. Ne var ki, radyasyon terimini enerji bakımından ayırabildiğimiz gibi, atomlar üzerindeki etkilerine göre de ayırabiliriz. Eėer yayılan enerji, atom veya moleküller ararsındaki kimyasal bağları koparacak seviyede ise, bu bağların kopmasıyla iyonlaşma adı verilen süreç gerçekleşir [9]. Bu enerji seviyesinde yayılan enerji, hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek güce sahip olduğunda,

canlı organizmalar üzerinde yıkıcı etki yaratır ve dokular zarar görebilir. Bu durumda, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olur.

3.9. Sinkrotron Merkezlerindeki Radyasyon Problemi

Parçacık hızlandırıcılarda, kullanım amacına yönelik olarak, yüklü parçacıklar çok yüksek enerjilere dolayısıyla yüksek hızlara çıkarlar. Ne var ki, bu yüklü parçacıkları demet halinde bir arada tutmak, yüksek elektromanyetik alanların varlığını gerektirir. Bu tür hızlandırıcılar kullanım amacına göre ya yüksek enerji fiziği deneyleri için tasarlanmış çarpıştırıcılar şeklinde, ya da enerji yaratmak amacıyla sinkrotron şeklinde karşımıza çıkarlar. Dünya genelinde şu an aktif olarak çalışan 30,000'den fazla hızlandırıcı bulunmaktadır.

Başlıca iki temel hızlandırıcı tipi bulunur; birincisi Zamanla değişen alanla çalışan Hızlandırıcılar diğeri Elektrostatik Hızlandırıcılar. Elektrostatik hızlandırıcılara günlük yaşantımızdan verilebilecek bir örnek olarak basit bir televizyon alıcısındaki katot ışın tüpü verilebilir. Zamanla değişen alan hızlandırıcılar ise parçacıkları hızlandırmak ve sönüm sorunlarının üstesinden gelmek için radyofrekans alanları kullanırlar. İlk kez 1920 yılında geliştirilen bu tip, günümüz hızlandırıcıların konseptini ve büyük ölçekli tesislerin temelini oluşturmaktadır.

Gustav Ising, Rolf Wideroe, Donald Kerst Leo Szilard ve Ernest Lawrence çizgisel parçacık hızlandırıcısı, betatron ve siklotronu aktif olarak geliştiren öncüleri kabul edilirler. Tek başlarına önem taşımalarına ek olarak, yüksek enerjili elektronların, atomik yapı, kimya, yoğun madde fiziği, biyoloji ve teknoloji çalışmalarında da birçok fayda sağlayan sinkrotron radyasyonu aracılığıyla yüksek enerjili fotonların yüksek parlaklıkta ve koharent ışık demetlerini salmaları sağlanabilir.

Dünyada kullanılan 15 binden fazla hızlandırıcının üçte biri, %30'u radyoterapide, %3'ü de nükleer tıp alanında, olmak üzere tıpta kullanılmaktadır [13].

Hadron terapi ise bunların sadece %2' sini kapsamaktadır. Radyoterapide genelde doğrusal hızlandırıcılar kullanılır ve yüklü parçacıkların hızlandırılmasıyla, değişik metal hedefler kullanılarak yüksek enerjili fotonlar ya da hadronlar elde edilir. Dünyada çalışan yaklaşık 5000 civarındaki hızlandırıcıdan elde edilen ışınımın büyük çoğunluğunu birkaç meV enerjisine sahip X-ışınları oluşturur. Dairesel hızlandırıcılarda parçacıklar, mıknatıslar ile dairesele yörengede tutulurlar ve her periyodik dolanımda enerjileri artar. Ayrıca, yüklü bir parçacığın manyetik alan içindeki dairesele bir yörengede, relativistik hızlardaki yörengesel hareketinden elde edilen Sinkrotron ışınımı anjiyografi, mamografi, bilgisayarlı tomografi gibi çeşitli görüntü yöntemlerinde de kullanılmaktadır.

Bütün hızlandırıcı sistemleri doğaları gereği radyasyon kaynağı olarak kabul edilirler. Dolayısıyla bu sistemlerde çalışan bilim insanları ve işçiler "Radyasyon İşçisi" olarak tanımlanır. Radyasyonun zararlı etkileri maruz kalınan doza ve süreye göre değişir ve genel olarak rastlanılan zararlara deride yanık, kandaki değişiklikler, katarakt, sperm üretiminde azalma örnek gösterilebilir. Genellikle tanısal radyolojide bu tür etkiye rastlanmaz, eksternal radyoterapi ve radyonükleid tedavilerde söz konusu olabilir. Stokastik etki olarak adlandırılan ve alınan doza bağlı olmayan, düşük dozlarda bile meydana çıkabilen zararlara ise kanser oluşumu ve genetik etkiler gösterilebilir. Düşük doz maruziyeti ile kanser oluşumu arasındaki ilişki kesin

olarak ispatlanamamıştır.

Radyasyon etkilerine karşı duyarlılık (radyosensitivite) açısından insan vücudundaki doku ve organlar farklı tepki gösterir. Dolaşımdaki tüm kan hücreleri, kemik iliğindeki ana hücreler, dalak, karaciğer, lenf nodları, timusta bulunan lenfoid dokular radyasyona oldukça hassastır. Hücre büyümesini baskılaması ise en bilinen zararlıdır ve kromozomal kırılmaların hücre ölümüne ya da bir sonraki nesilde fenotip bozukluğa yol açan mutasyona sebep olabileceği belirtilmektedir.

Son yıllarda iyonize radyasyonlu birimlerde çalışan sağlık personellerine yönelik koruyucu düzenlemeler oluşturulmuştur. Ülkemizde de Türkiye Atom Enerjisi Kurumu çalışmaları ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, Sağlık Hizmetlerinde İyonlaştırıcı Radyasyon Kaynakları ile Çalışan Personelin Radyasyon Doz Limitleri ve Çalışma Esasları Hakkında Yönetmelik gibi mevzuatlar ile doz limitleri, koruyucu önlemler ve ekipman açıkça ifade edilmiştir.

3.10. Anket Çalışması

Bu tez çalışmasında anket çalışması 33 sorudan oluşmaktadır. Anket literatürde, bir konu üzerinde belli kişilerin ya da grupların duygu, düşünce ve deneyimlerini anlamak için belli bir plana göre hazırlanmış olan soru listeleri olarak tanımlanır. Anketler her ne kadar güvenilirlik ve geçerliliği düşük olsa da, kişilerden bilgi, duygu veya görüş almanın en kolay ve etkin yoludur. Yaptığımız tez çalışmamızda, anket soruları ilk özellikle radyasyon işçilerinin cinsiyetleri, ortalama yaş gurupları ve eğitim seviyelerini öğrenmeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Daha sonra ankette çalıştıkları sinkrotron merkezlerini ne kadar tanıdıklarını, görevlilerin sorumluluklarının ne kadar bilincinde olduklarını, radyasyon işçilerinin çalışmaya başlamadan önce yaptıkları iş hakkında yeterli bilgiye sahip olup olmadıklarını iş başı yapmadan önce radyasyon güvenliği ile eğitime tabi tutulup tutulmadıklarını, bu eğitimlerin faydalı mı faydalı değilse de hangi eğitim türünün daha faydalı olacağına yönelik sorular içermektedir. Ayrıca yaptıkları iş konumuyla radyasyon tehlikesine olan farkındalıklarını anlamak, radyasyondan korunmak amacıyla kullanılan dozimetrelerin önemini ve ne işe yaradığını bildiklerini anlamak, bir radyasyon işçisinin yıllık maksimum radyasyon doz limitini ne kadar bunları öğrenmek ve sağlıklı çalışma için sağlık kontrollerinin yapılıp yapılmadığını anlamaya yönelik sorular da bulunmaktadır.

Türkiye de dahil olmak üzere on ülkede bulunan toplam 125 radyasyon işçisine Google forms anket kullanılarak ulaşılmıştır. Google forms sitesinden sinkrotron merkezi çalışanlarına radyasyon güvenliğine olan farkındalıklarını değerlendirmek için sorular oluşturulmuştur. Bu program Türkiye'nin ve Dünya'nın birçok farklı yerinde çalışmakta olan radyasyon işçilerine tek tek ulaşamadığımızdan dolayı teknolojiyi kullanarak daha sağlıklı ve verimli bilgiler elde edebilmek için kullanılmıştır. Google forms anket verilen katılımcıların cevaplarına göre grafiklerde yüzdelik oranlarla hesaplamıştır.

Anket, belli bir konuda saptanmış hipotezlere ya da sorulara bağlı olarak bir evren ya da örneklemini oluşturan kaynak kişilere sorular yöneltmek suretiyle sistemli veri toplama tekniği olarak tanımlanabilir. Anketler, kaynak kişilerin okur-yazar olmalarını gerektirir. Bu yüzden de anketler yazılı veri toplama aracı olarak da tanımlanmıştır.

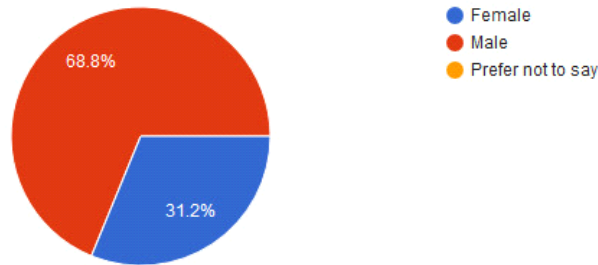


4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında 11 farklı ülkeden ABD, İtalya, İsveç, Almanya, Romanya, Türkiye, Ürdün, Pakistan, İran, Tayland ve Japonya 'da yapılan anketler sinkrotron merkezinde çalışan 125 katılımcı veya kullanıcıya yöneltilmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Anket uygulamasında katılımcılara yöneltilen sorular, verilen cevaplar ve cevapların oranlarının yüzde olarak sunumunu detaylı şekilde analiz etmeye başlayabiliriz.

What is your gender

125 responses



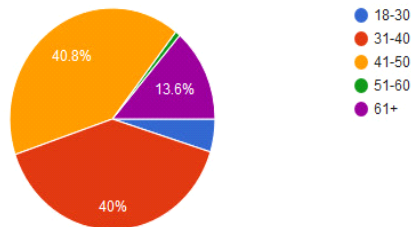
Şekil 4.1. Ankette katılımcılara ilk olarak "Cinsiyetiniz nedir?" sorusu yöneltilmiştir.

İlk olarak katılımcılara (Radyasyon işçilerine) "Cinsiyetiniz nedir?" sorusu yönlendirilmiştir. Bu soruya verilen cevaba göre katılımcıların %68.8 lik bir kısmının Erkek bireylerden oluştuğu görülmektedir. %31.22 lik kısmı ise Kadın bireyler oluşturmaktadır.

Bir sonraki soruda sinkrotron merkezlerinde çalışan sinkrotron işçilerine "Yaşınızın aralığı nedir?" sorusu yöneltilmiştir.

What is the range of your age?

125 responses



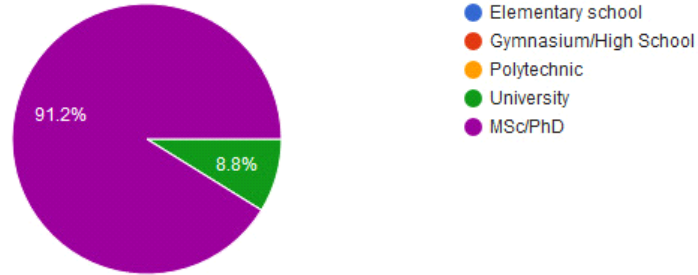
Şekil 4.2. Yaşınızın aralığı nedir?

Bu soruya cevap olarak, %40.8'lik kısım 41-50, %13.6'lık kısım 61 ve üzeri yaş grubu, %40'lık bir kısım ise 31-40 cevabını vermiştir. Bu soruyla, katılımcıların ağırlıklı olarak orta yaş grubundan olan bireylerden oluştuğu görülmektedir. Bir sonraki adımda, katılımcıların eğitim durumları sorgulanmıştır. Bu aşama verilecek olan cevapların kalitesi için önemlidir. Zira eğitim ile birlikte koşullara bilinçli bir yaklaşım

sergileneceği açıktır.

You have graduated from...

125 responses



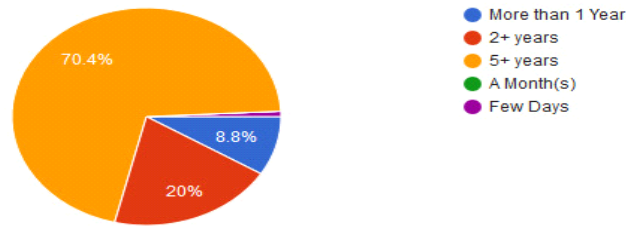
Şekil 4.3. Mezuniyet durumunuz?

Alınan sonuçlara göre; sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerinin "mezuniyet durumları" ile ilgili sorular yöneltildiğinde %91.2'lik bir kısmın MSc/PhD (Yükseklisans/Doktora) olduğu,% 8.8'lik bir kısmın ise üniversite mezunu olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmaya katılanların büyük oranda Yüksek lisans ve Doktora mezunu olması konuya profesyonel yaklaşım sergileme açısından doğru hedef kitleyle çalışmamızın yürüdüğünü görmekteyiz.

Sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerine ne kadar süredir radyasyon işçisi olduklarını sorduğumuzda %70.4'lük bir kısmın 5 yıl ve daha fazla yıldır radyasyon işçisi olduğu görülmüştür.

I am a radiation worker for:

125 responses



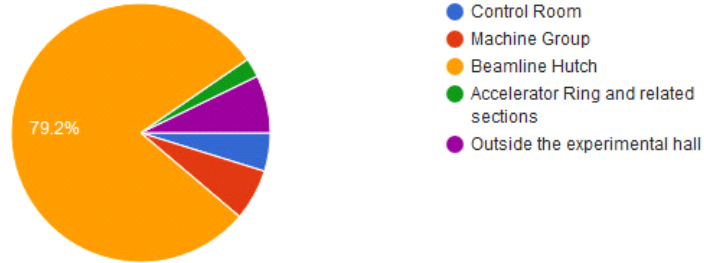
Şekil 4.4. Ben radyasyon işçisiyim.

Sonuçlara göre araştırmamızın katılımcılarının sinkrotron sistemleri konusunda oldukça deneyimli olduklarını söyleyebiliriz.

Sinkrotron merkezinde çalışan işçilere "Sinkrotron Tesisi'nde nerede çalışıyorsunuz?" sorusu yöneltmiştir. Grafik incelendiğinde katılımcıların %79.2'lik bir kısmının deney hattı cevabını verdiği görülmektedir.

Where do you work at the Synchrotron Facility?

125 responses



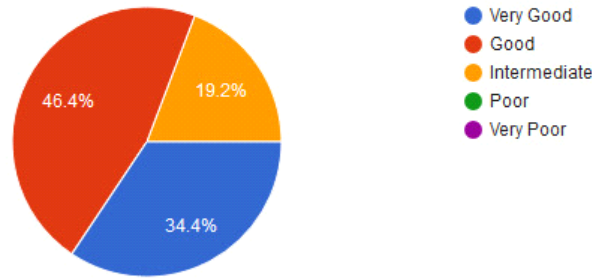
Şekil 4.5. Sinkrotron Tesis'i'nde nerede çalışıyorsunuz?

Sinkrotron sistemlerindeki deney hatları genellikle radyasyon açısından kontrollü bölge sayılabilir. Ne var ki, deneysel çalışmaların yapıldığı bu alan, x-ışın yayını açısından risk oluşturan alanlardır.

Bir diğer aşamada, sinkrotron merkezinde çalışan radyasyon işçilerine "Bilginizi X-ray' de puanlandırabilirseniz, hangisi size en uygun?" sorusu yöneltilmiştir.

If you can score your knowledge on X-rays, which one suits best to you?

125 responses



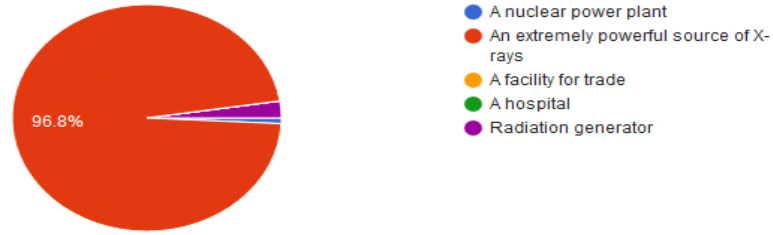
Şekil 4.6. Bilginizi X-ray' de puanlandırabilirseniz, hangisi size en uygundur?

Anket sonuçları analiz edildiğinde, %46.4'lük bir kısım iyi cevabı vermiştir. %34.4'lük kısım çok iyi cevabını verirken, %19.2'lik kısım, orta düzey cevabını vermiştir. Bu aşamada verilen cevaplara bakıldığında, çalışanların radyasyon bilgilerine büyük oranda güvendikleri ortaya çıkmaktadır. Bir radyasyon merkezinde çalışanların radyasyon bilgilerini güncel tutması ve yeterli bilgi donanımına sahip olması aslında genel olarak sinkrotron merkezlerinin güvenlik anlamında çalışanların kalifiye elemanlardan oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Büyük oranda farklı teknik ve cihazlarla donatılmış büyük işyerlerinde veya laboratuvarlarda en önemli sorunlardan biri, çalışanların işyerlerinin hangi alanda çalıştığı hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı bilinmektedir. Bu amaçla radyasyon işçilerine "sinkrotron nedir?" sorusu yöneltildi.

What is a synchrotron?

125 responses



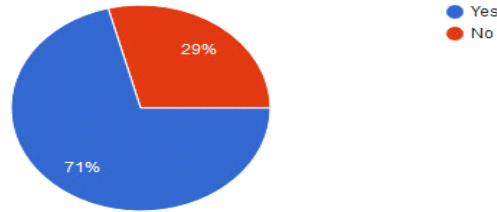
Şekil 4.7. Sinkrotron nedir ?

Anket sonuçları incelendiğinde büyük bir kısmın %96.3 oranında " son derece güçlü bir x-ışını kaynağı" cevabını verdikleri görülmüştür. Doğru cevap bu olmasına karşın, doğru sayılabilecek "Radyasyon Üreteci" cevabında az oranda verildiği görülmüştür. Ne var ki, bir katılımcının "Nükleer Enerji Tesisi" cevabını verdiği görülmüştür. Bu cavabın yanlış işaretlemeden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.8. de radyasyon işçilerine, "Sinkrotron'da çalışmaya başlamadan önce radyasyon güvenliği ve sağlığı ile ilgili herhangi bir kurs aldınız mı?" sorusu yöneltilmiştir.

Did you take any courses on radiation safety and health before working at Synchrotron?

124 responses

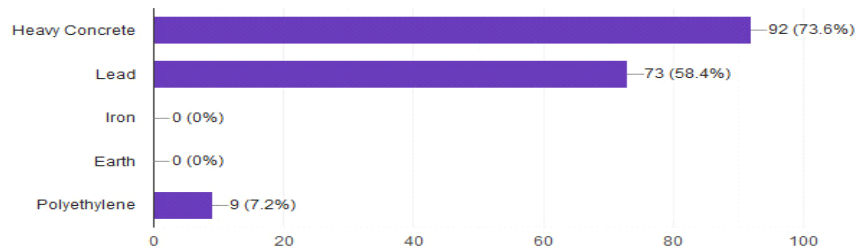


Şekil 4.8. Sinkrotron'da çalışmaya başlamadan önce radyasyon güvenliği ve sağlığı ile ilgili hiç kurs aldınız mı?

Anket sonuçları incelendiğinde, katılımcıların %71'lik kısım evet cevabını verirken, % 29'luk kısım hayır cevabını vermiştir. Bu anketimizin sonucu aslında %100 olmalıdır. Türkiye'de işletmelerin tehlike sınıflarına göre 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasasına göre çalışanların işe başlamadan önce iş güvenliği eğitimi verildiği gibi Sinkrotron'da çalışmaya başlayan radyasyon işçilerinin de tümüne radyasyon güvenliği ve sağlığı eğitimi tabi tutulmalıdır.

Which is the shielding material of the synchrotron facility you work?

125 responses



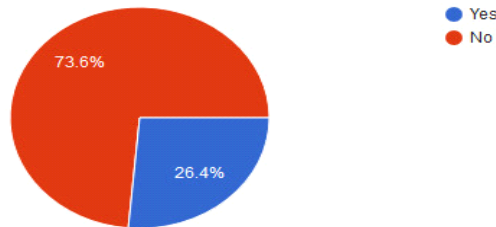
Şekil 4.9. Çalıştığınız sinkrotron tesisinin koruma malzemesi hangisidir?

Şekil 4.9. da "Çalıştığınız sinkrotron tesisinin koruma malzemesi hangisidir?" sorusu sorulmuştur. Bu soru ile katılımcıların çalıştıkları sinkrotron tesisi hakkında ne kadar bilgi sahip olduğu belirlenmek istenmiştir. Bu soruya gelen cevaplar, çalışanların çalıştıkları sinkrotron sistemleri hakkında detaylı bilgiye sahip olduklarını göstermiştir. Buna göre; çalışanlar çalıştığı sinkrotron tesisinin koruma malzemesi olarak %73.6 lık bir kısım ağır beton cevabını verirken, %58.42'lük kısmın kurşun cevabını verdiği görülmektedir. Yine, %7.2'lik bir kısmın ise polietien cevabını verdiği görülmüştür. Birden fazla cevap verilmesi, çalışanların daha önce çalıştıkları ve farklı koruma malzemesine sahip sinkrotron sistemlerinin bilgilerini yansıtmalarından kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.10. da Sinkrotron Tesisi'nden önce herhangi bir tesiste Radyasyon İşçisi olarak çalıştınız mı? Sorusu çalışanlara yöneltilmiştir.

Before the Synchrotron Facility, did you work at any facility as a Radiation worker?

125 responses



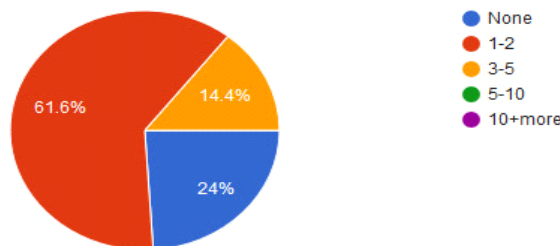
Şekil 4.10. Sinkrotron Tesisi'nden önce herhangi bir tesiste Radyasyon İşçisi olarak çalıştınız mı?

Ankete katılan katılımcıların %73.6'sı hayır cevabını verirken, % 26.4'ü evet cevabını vermiştir.

Radyasyon çalışanlarına" Şu anda çalıştığınız tesiste bir yıl içerisinde "radyasyon güvenliği ve çalışan radyasyondan korunma" konulu gerçekleştirilen seminer sayısı nedir?" sorusu yöneltiltik.

What is the number of performed course-seminar on "radiation safety and / or employee radiation protection" in a year at the facility where you are currently working at?

125 responses



Şekil 4.11. Şu anda tesiste bir yıl içerisinde "radyasyon güvenliği ve çalışan radyasyondan korunma" konulu gerçekleştirilen seminer sayısı nedir?

Sonuçlar incelendiğinde, %61.6'lık kısmın 1 veya 2 , %14.4'lük kısmın 3-5 ve %24'lük kısmın hiç cevabını verdiği görülmektedir. Devamlı surette sinkrotron çalışanlarının yılda en az 1-2 seminerle radyasyon konusunda bilgilerini pekiştirmeleri gerekmektedir. Ne var ki, yıl içinde hiç radyasyon temalı

seminer düzenlememesi durumunda bu cevabı verenlerin sinkrotron dışında farklı kurumlarda çalışan ve sinkrotron sistemlerini kullanıcı olarak ziyaret eden bilim insanları olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4.12. deki grafik incelendiğinde, sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerine "IAEA kısaltması ne anlama gelir" sorusu yöneltilmiştir.

What the abbreviation IAEA stands for?

125 responses



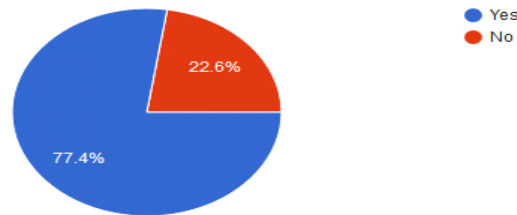
Şekil 4.12. IAEA kısaltması ne anlama gelir?

Anket sonuçları analiz edildiğinde, %96 lık grubun International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) cevabını verdiği görülmüştür. Sorunun cevap şıkları arasına çeldirici "Uluslararası Enerji Uygulamaları Ajansı" seçeneğinin konulmasına karşın, katılımcıların IAEA nin kurumsal kimliği hakkında yeterli bilgiye sahip olduğu görülmüştür. Buradan çıkarılacak sonuç radyasyon işçilerinin bu kısaltma hakkında bilgi sahibi olduğudur.

Bilindiği üzere dünya genelinde atom enerjisi ve dolayısıyla radyasyon denetim kurumlarının birincil kurumu IAEA iken, ülkemizde bu kurum Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) 'dur. Yine aynı şekilde her katılımcının kendi ülkesinde radyasyon ile ilgili çalışmaların hangi kurumca denetlendiğini bilmesi "radyasyon işçisi" kimliği nedeniyle gereklidir.

In the country of the facility that you are working, do you know the name of the primary institution that determines the working principles of radiation?

124 responses



Şekil 4.13. Çalıştığınız tesisin ülkesinde, radyasyonun çalışma prensiplerini belirleyen birincil kurumun adını biliyor musunuz?

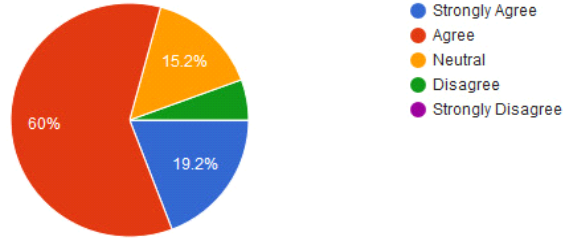
Şekil 4.13. incelendiğinde, radyasyon işçilerine "Çalıştığınız tesisin ülkesinde, radyasyonun çalışma prensiplerini belirleyen birincil kurumun adını biliyor musunuz?" Sorusu yöneltilmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde, %77.4'lük kısmın evet cevabı verdiği gözlemlenmiştir. "Evet" cevabı her ne kadar yüksek gibi görünse de kalan %22.6 'lık "Hayır" cevabı farkındalık açısından sıkıntılı bir durumdur.

Anketin bir diğer sorusunda, katılımcılara "Radyasyon ölçümü ve doz birimleri hakkında yeterince

eğitimli hissediyor musunuz?" sorusu sorulmuştur.

Do you feel adequately educated about radiation measurement and dose units?

125 responses

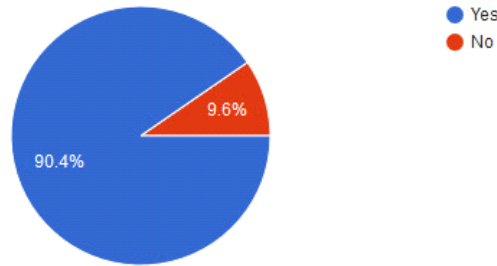


Şekil 4.14. Radyasyon ölçümü ve doz birimleri hakkında yeterince eğitimli hissediyor musunuz?

Anket sonuçları incelendiğinde %60'lık bir kısmın olumlu cevap verirken, %19.2'lik bir kısmın kesin olumlu cevap vermiştir. Dolayısıyla katılımcıların %79.2'si olumlu cevap vermiş, %15.2'lik kısım ise nötr kalmıştır.

Have you ever heard about the ionizing radiation?

125 responses



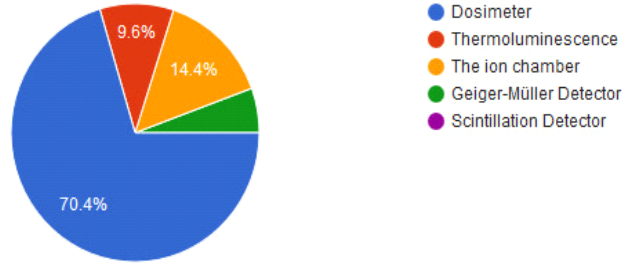
Şekil 4.15. İyonize radyasyon hakkında hiç bir şey duydun mu?

Radyasyon işçilerine "İyonize radyasyon hakkında hiçbir şey duydun mu?" sorusu yöneltildiğinde işçilerin %90.4'lük bir kısmı "evet" cevabı verirken, %9.6'lık bir kısmı "hayır" cevabını vermiştir. Radyasyon tipleri içinde iyonlaştırıcı radyasyonun canlı sağlığı açısından birinci derecede öneme sahip ve zararlı çeşidedir. Bu bakımdan çalışanların iyonlaştırıcı radyasyon hakkında yeterli ve doyurucu bilgiye sahip olması beklenir.

Sinkrotron merkezlerinde oluşan en büyük sorun radyasyon olduğundan dolayı radyasyon işçilerine " Tesiste düzenli olarak radyasyon nasıl ölçülmektedir?" sorusu yöneltildi.

How radiation is measured at the facility regularly?

125 responses



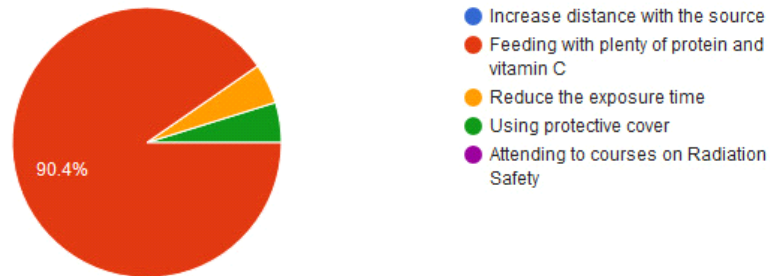
Şekil 4.16. Tesiste düzenli olarak radyasyon nasıl ölçülmektedir?

Cevaplar analiz edildiğinde, %70.4'lük kısmın dozimetre kullandığını tespit edildi. Aynı zamanda radyasyon ölçümü için alternatif olarak termoluminesans (%9.6) ve iyon odası (%14.4) kullanıldığı bilgisi elde edilmiştir. Aslında sinkrotron sistemleri gibi büyük radyasyon merkezlerinde, sorunun bütün seçeneklerindeki ölçüm cihazları ile yer ve radyasyon çıkış noktaları göz önüne alınarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla %70.4'lük kısmın kontrollü bölge kullanıcısı olarak bu soruya cevap verdiği anlaşılmıştır.

Şekil 4.17. de " Hangisi radyasyondan korunmaya dayanmaz?" sorusu yöneltilmiştir. Bu soru, katılımcıların yoğun anket soruları arasında dikkatlerini toplamayı, farkındalıklarının ne ölçüde olduğunu ve sorulara bilinçli cevap verip vermediklerini kontrol amaçlı sorulmuştur.

Which is not based on radiation protection?

125 responses

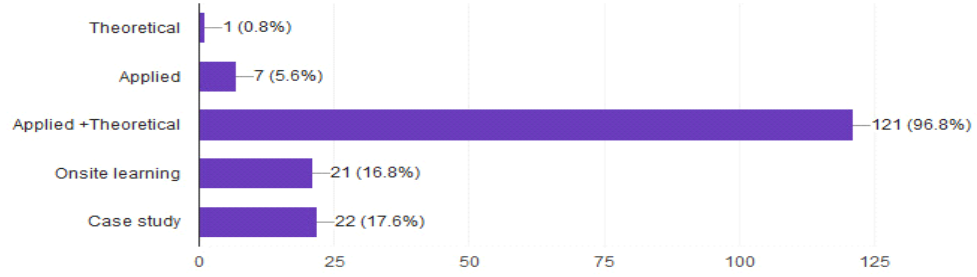


Şekil 4.17. Hangisi radyasyondan korunmaya dayanmaz?

Grafik incelendiğinde %90.4'lük kısmın " Bol miktarda protein ve vitamin C ile besleme cevabını verdiği gözlemlenmiştir. Diğer cevaplar istatistiksel analiz yapılmayacak oranda azdır. Sonuçlara göre katılımcılar büyük oranda sorulara dikkatleri yerinde olarak cevap vermektedirler.

Which training would be most useful to you to increase your awareness of ionizing radiation?

125 responses



Şekil 4.18. İyonize radyasyon konusundaki farkındalığınızı artırmak için hangi eğitim sizin için en faydalı olacaktır?

Katılımcılara "İyonize radyasyon konusundaki farkındalığınızı artırmak için hangi eğitim sizin için en faydalı olacaktır?" sorusu yöneltilmiştir. Grafik incelendiğinde radyasyon işçilerinin büyük bir kısmının uygulamalı teori yönteminde karar kıldığı gözlemlenmektedir (121(%96.8)). Yerinde öğrenme (%16.8) ve vaka analizi(%16.8) cevapları ise hemen hemen birbirine yakın değerlerde verilmiştir. Sadece teorik eğitimin (%0.8) ve uygulamalı eğitimin (%5.6) faydalı olduğunu savunan katılımcı oranı oldukça azdır. Yap öğren metodunun bilgilerin kalıcı olarak sahiplenilmesi noktasında en çok tercih edilen eğitim yöntemi olduğu görülmektedir.

What is the purpose of the dosimeter used by the radiation workers?

125 responses



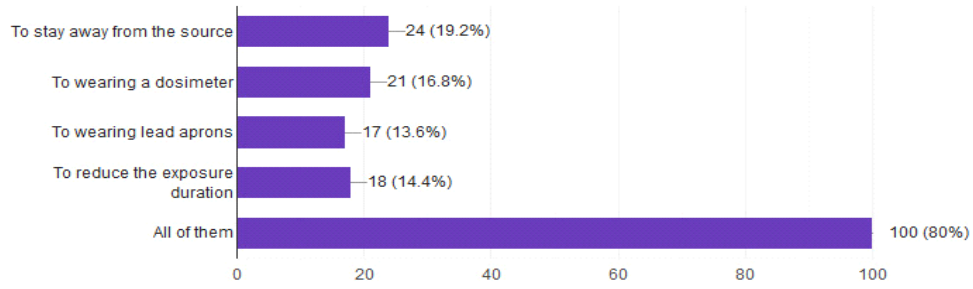
Şekil 4.19. Radyasyon işçileri tarafından kullanılan dozimetrenin amacı nedir?

Konu ile ilgili olarak radyasyon işçilerinin bilgilerini sınamak amacıyla "Radyasyon işçileri tarafından kullanılan dozimetrenin amacı nedir?" sorusu yöneltilmiştir. Tüm çalışanlar doğru şık olan " radyasyona maruz kalma miktarını ölçmek" cevabını vermiştir.

Şekil 4.20. de anket katılımcılarına yöneltilen "Aşağıdakilerden hangisi sizi radyasyondan koruyabilir?" sorusuna ait şıklardan (kaynaktan uzak durmak, dozimetre takmak, kurşun önlük giymek, maruziyet süresini azaltmak, hepsi) istediği en az bir seçeneği işaretlemeleri istenmiştir. Bütün şıklarda belirtilen çözümler radyasyondan korunma için bir yol gösterirken birçok katılımcının birden fazla seçeneği işaretlediği görülmüştür.

Which of the following way(s) can protect you from radiation?

125 responses



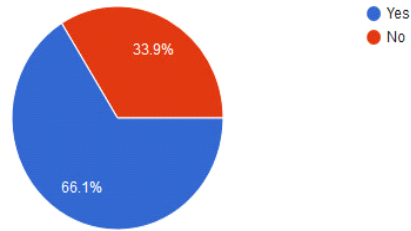
Şekil 4.20. Aşağıdakilerden hangisi sizi radyasyondan koruyabilir?

Genel sonuca bakıldığında işçilerin bu korunma yöntemlerinden hepsini tercih ettikleri gözlemlenmiştir (%80).



Do you have a personal handbook of regulations on the ionising radiations in and around the facility, beamlines and in the experimental Hall area.

124 responses



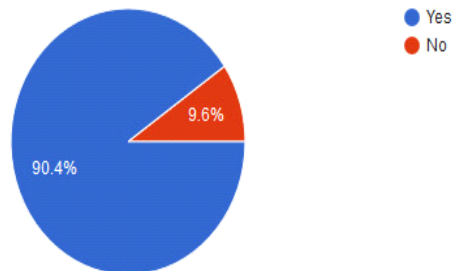
Şekil 4.21. Tesis içindeki ve çevresindeki iyonlaştırıcı radyasyonlar, deney hatları ve deneysel alan hakkında bilgi içeren personelin el kitabına sahip misiniz?

Şekil 4.21. de tesis içindeki ve çevresindeki iyonlaştırıcı radyasyonlar, deney hatları ve deneysel alandaki personelin el kitabına sahip misiniz? sorusu katılımcılara yöneltilmiştir. Cevaplar incelendiğinde %66.1'lik kısımda el kitabı olduğu, % 33.9'luk kısımda el kitabı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışanların %66.1'inin radyasyon konusunda titiz davrandığı sonucunu doğurmaktadır.

Katılımcılara "radyasyon işçisi olarak yükümlülüklerinizi biliyor musunuz?" sorusu yöneltili.

Do you know your obligations as a radiation worker?

125 responses

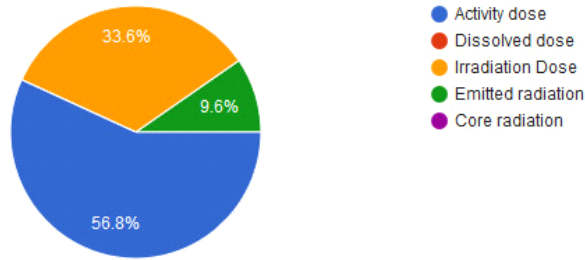


Şekil 4.22. Radyasyon işçisi olarak yükümlülüklerini biliyor musun?

Anket sonuçlarına göre katılımcıların %90.4'ü yükümlülüklerini bildiğini belirtirken, %9.6'lık kısmı yükümlülüklerini bilmediği belirlendi. Grafiğe bakıldığında radyasyon işçilerinin büyük bir kısmının yükümlülüklerini bildiği sonucu elde edildi. Bu gibi merkezlerde çalışan insanların işe başlamadan veya kullanıcı olarak çalışmaya başlamadan önce radyasyon bilgisiyüzere eğitime tabi tutulmaları zorunluluktur. Ne varki, katılımcıların %9.6 sının sorumluluğunu bilmediği belirtmesi bir çalışkidir. Bu durum katılımcıların bir kısmının soruyu yanlış anlamış olabileceği olarak yorumlanabilir.

Sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon çalışanlarına yöneltilen bir diğer soru; "Çalışma sırasında vücutta alınan dozu tanımlamak için aşağıdaki ekipmanlardan hangisi kullanılır?" şeklinde belirlenmiştir. Anket sonuçları incelendiğinde, %56.82lik bir kısım aktivite dozu cevabını verirken, %33.6'lık kısım ışınlama dozu cevabını vermiştir. Bu oranlara göre daha az oranda verilen cevap ise yayılan radyasyondur (%9.6).

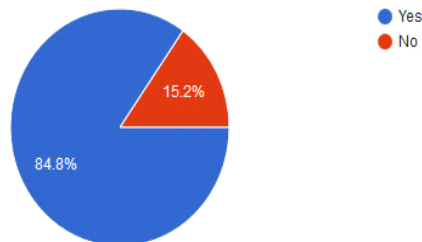
Which of the following equipment is used to describe the dose taken in the body during work?
125 responses



Şekil 4.23. Çalışma sırasında vücutta alınan dozu tanımlamak için aşağıdaki ekipmanlardan hangisi kullanılır?

Doğru cevabın "aktivite dozu" olduğu düşünüldüğünde, çeldirici şıklara rağmen katılımcıların radyasyon bilgisinin yerinde olduğu görülmüştür.

As a radiation worker, did you go through health check before and/or after starting to work at this facility?
125 responses



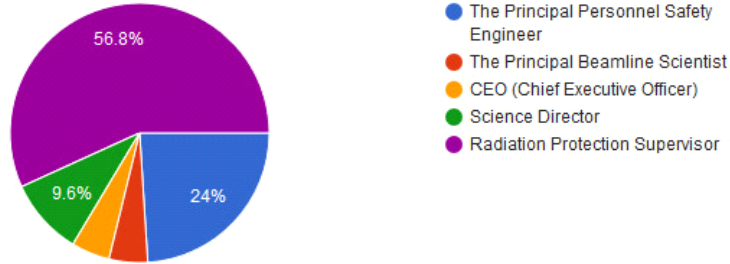
Şekil 4.24. Bir radyasyon işçisi olarak, bu tesiste çalışmaya başlamadan önce ve / veya sonra sağlık kontrolünden geçtiniz mi?

Şekil 4.24 incelendiğinde radyasyon işçilerine "Bir radyasyon işçisi olarak, bu tesiste çalışmaya başlamadan önce ve / veya sonra sağlık kontrolünden geçtiniz mi?" sorusu yöneltilmiştir. Anket sonuçlarına

göre; %84.8'i "evet" cevabı verirken, %15.2'lik kısmı hayır cevabını vermiştir. Bir radyasyon işçisinin altı ayda bir sağlık kontrolünden geçmesi ve (varsa) radyasyon hasarının erken tespit edilmesi gerekir. Bu anlamda katılımcıların büyük oranda her sinkrotron sistemi kullanıcısının hem de sinkrotron dışında da radyasyon üreten işyerinde çalıştığını ortaya koymaktadır.

Who has the overall responsibility for the safe commissioning and operation of their beamline(s) and all associated equipments?

125 responses

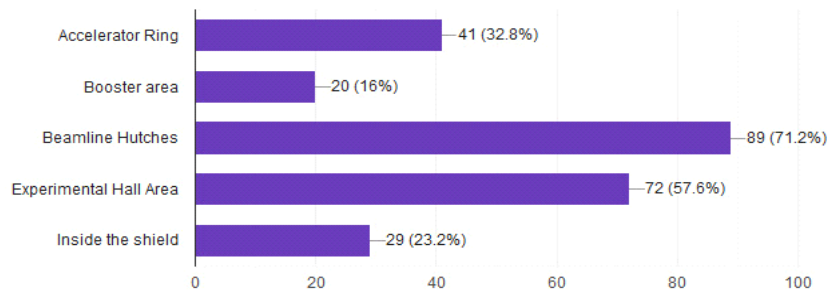


Şekil 4.25. Kiriş çizgilerinin / hatlarının ve ilgili tüm ekipmanların emniyetli bir şekilde devreye alınması ve işletilmesinden genel olarak kim sorumludur?

Şekil 4.25. de "Deney hatlarının ve ilgili tüm ekipmanların emniyetli bir şekilde devreye alınması ve işletilmesinden genel olarak kim sorumludur?" sorusu yöneltilmiştir. Grafik sonuçları incelendiğinde %56.8 lik bir kısım "Radyasyon Korunma Amiri" cevabı verirken, %24 lük bir kısım ana kişisel güvenlik cevabını vermiştir. Son olarak da %9.6'lık bir kısım bilim direktörü cevabını vermiştir. Katılımcıların % 56.8'inin birinci derece sorumlunun "Radyasyon Korunma Amiri" olduğunun farkında olması yeterli donanıma sahip olduklarını ve çalıştıkları kurumun yetki dağılımlarının bilincinde olduklarını vurgulamaktadır.

Which part of the synchrotron facilities are the controlled Areas?

125 responses



Şekil 4.26. Sinkrotron tesislerinin hangi bölümü kontrollü bölgelerdir?

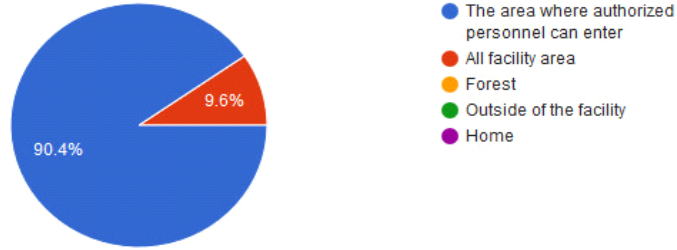
Şekil 4.26. da katılımcılara "Sinkrotron tesislerinin hangi bölümü kontrol edilen bölgelerdir?" çoktan seçmeli sorusu yöneltilmiştir. Çalışanların %71.2'lik bir kısmı "Deney İstasyon Kulübesi" cevabını vermiştir. Bunu, %57.6 lık bir oranla, "Deney İstasyon Kulübesi" ninde yer aldığı daha geniş bir alan olan "Deney Alanı Bölgesi" izlemektedir. Diğer kısımlar ise, kontrollü alan dışında kalmaktadır ve bu cevapların "kontrollü" sözcüğünün yanlış anlaşılmasının ortaya koyduğu sonuç olduğu düşünülmektedir.

Radyasyon işçilerine konu ile bağlantılı olarak " Sınırlı bir alanın tanımı nedir?" sorusu yöneltiltik.

Yapılan anket sonuçlarına bakıldığında %90.4'lük kısmının sınırlı alan tanımı için yetkili personelin girebileceği alan " cevabı verdikleri görülmüştür. %9.6'lık bir kısım ise "tesis alanı" cevabı vermiştir.

What is the definition of a restricted area?

125 responses

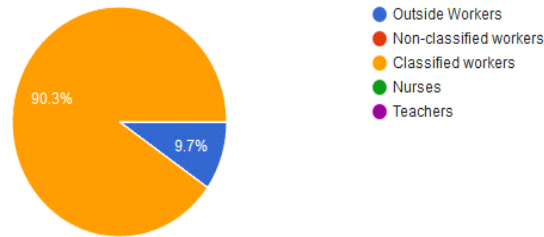


Şekil 4.27. Sınırlı bir alanın tanımı nedir?

Bu anket sonucu radyasyon işçilerinin sınırlı alan ile ilgili bilgi sahibi olduklarını göstermektedir. Şekil 4.27. incelendiğinde " Kişisel dozimetreler kimlere verilir?" sorusuna %90.3'lük bir kısım " sınıflandırılmış işçi" cevabını verirken (doğru cevap budur), %9.7'lik bir kısmın "dış işçi" cevabını verdiği görülmüştür.

Who are issued with personal dosimeters?

124 responses

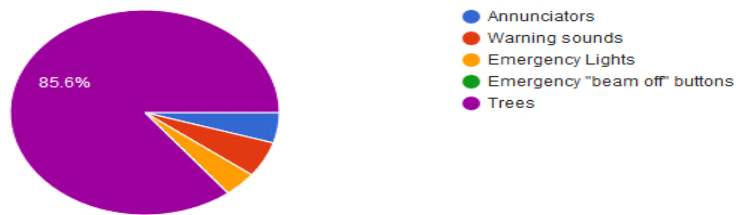


Şekil 4.28. Kişisel dozimetreler kimlere verilir?

Şekil 4.28. da çalışmaların araştırma sorularının sonuna yaklaşırken soruları cevaplama ne kadar bilinçli davrandıklarını ölçme amacı güdülmüştür. " Personel güvenlik sistemi için hangisi uyarı olamaz?" sorusu üzerine %85.6'lık kısmın ağaç cevabını verdiği gözlemlenmiştir. Diğer cevaplar istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Which cannot be a warning tool for the personnel safety system?

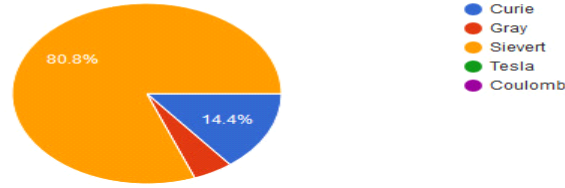
125 responses



Şekil 4.29. Personel güvenlik sistemi için hangisi uyarı olamaz?

What is the effective dose unit for living things?

125 responses



Şekil 4.30. Canlılar için etkili doz birimi nedir?

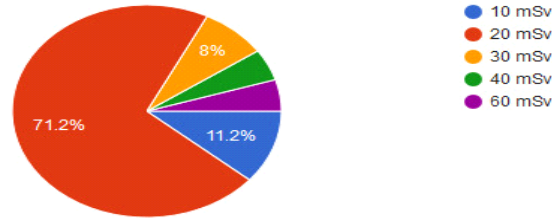
Şekil 4.30. da radyasyon işçilerine "Canlılar için etkili doz birimi nedir?" sorusu yöneltilmiştir. Anket sonuçları analiz edildiğinde büyük bir kısmın sievert cevabını verdiği gözlemlenmiştir (%80.8).

Anket sonuçlarında daha sonra gelen cevap ise Curie' dir (%14.4). Bu sorunun doğru cevabı Sievert'tir. Bu seçeneği çok yüksek oranda doğru cevaplandığı görülmüştür.

Sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerine belirlenen anket sorularından " Radyasyon ortamında çalışan işçiler için maksimum yıllık doz limiti nedir?" sorusu yöneltildi.

What is the maximum annual dose limit for employees who work in a radiation environment?

125 responses

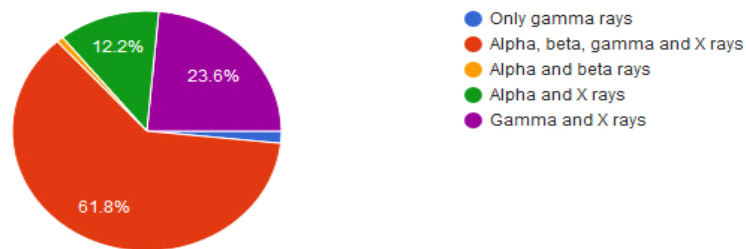


Şekil 4.31. Radyasyon ortamında çalışan işçiler için maksimum yıllık doz limiti nedir?

Elde edilen cevaplar analiz edildiğinde %71.2' lik oranın en fazla olduğu ve değerin 20 mSv olduğu gözlemlenmiştir. Grafik incelendiğinde daha sonra gelen en büyük skalanın %11.2 olarak 10 mSv olduğu bulunmuştur. Bu değeri %8 oranında 30 mSv takip etmektedir. Radyasyon ortamında çalışan bir radyasyon işçisinin yıllık 20mSv en yüksek doza maruz kalma zorunluluğu katılımcıların %71.2 'sinin farkında olması, çalışanların radyasyon bilgisinin genel anlamda yüksek olduğunun göstergesidir.

Which doses of pond dosimeters provide instant dose information?

123 responses



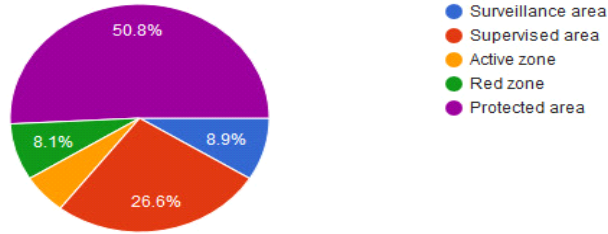
Şekil 4.32. Cep dozimetreleri hangi doz anında doz bilgisi sağlar?

Sinkrotron merkezlerinde çalışan radyasyon işçilerine " Cep dozimetreleri hangi doz anında doz bilgisi sağlar?" sorusunu yönelttik. Anket sonuçları incelendiğinde bir takım fikir ayrılıklarının olduğu

görülmüştür. %61.8 oranında Alpha, beta, gamma ve X- rays ışını cevabı verilmiştir. %23. 6 oranında gamma ve X- ray cevabı verilmiştir. % 12.2 oranında ise Alfa Parçacığı ve x-ışınları cevabının verildiği grafikte gözlemlenmiştir.

Which is the special area that is intended to provide protection from radiation or to prevent the spread of radioactive contamination and where special rules are applied and the inputs and outputs are subject to validation?

124 responses



Şekil 4.33. Radyasyona karşı koruma sağlamak veya radyoaktif kirlenmenin yayılmasını önlemek amacıyla özel alan hangisidir ve özel kuralların uygulandığı, girdi ve çıktıları doğrulamaya tabi olan özel alan hangisidir?

Şekil 4.33. ü oluşturan grafikte, "Radyasyona karşı koruma sağlamak veya radyoaktif kirlenmenin yayılmasını önlemek amacıyla özel alan hangisidir ve özel kuralların uygulandığı, girdi ve çıktıları doğrulamaya tabi olan özel alan hangisidir?" sorusu yöneltilmiştir. Anket katılımcılarının %50.8'i korunmuş bölge, %26.6 sını denetimli alan, %8.1'lik kısım kırmızı bölge, %8.9'luk kısım ise, gözetim bölgesi cevabını vermiştir. Bu anlamda katılımcıların biraz kafası tanım açısından karışmış gibi görünse de çoğunluk olarak tanıma yabancı olmadıkları verilen %50.8'lik korunmuş bölge cevabı ile anlaşılmaktadır.

5. SONUÇ

Parçacık hızlandırıcıları tıp ve bilim alanında ciddi derecede kullanımları söz konusudur. Parçacık hızlandırıcıların kullanılması için sinkrotron merkezlerine ihtiyaç vardır.

Yapılan literatür taramalarında sinkrotron merkezleri ile ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda sinkrotron merkezlerinde çalışan personellerin radyasyona maruz kalma durumları ve akabinde bu konunun iş güvenliği açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışmada, parçacık hızlandırıcılarına dayalı ışınım kaynakları olan sinkrotron ışınımı ve serbest elektron lazeri için optimizasyon incelenmiştir. Somut uygulama olarak Türk Hızlandırıcı Merkezinde yer alması planlanan SI ve SEL demetleri için parametre optimizasyonu yapılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde hızlandırıcılara dayalı ışınım olarak sinkrotron ışınımı ve serbest elektron lazerlerinin optimizasyonu için kullanılacak modeller sunulmuştur [5]. Optimizasyonda kullanılacak modeller çalışmakta olan benzer laboratuvarların parametreleri üzerinde doğrulanarak seçilmiştir. Bu kapsamda depolama halkası temelli bir sinkrotron kaynağı incelenmiş, SASE ve salındırıcı yöntemleriyle iki ayrı serbest elektron lazeri elde edilmiştir. Tasarımı projemizin bir önceki adımı olan? Sinkrotron ışınımı ve serbest elektron lazeri üretimi ve kullanımı için genel tasarım? isimli projenin sonuç raporunda açıklanan depolama halkasından elde edilecek sinkrotron ışınımının özellikleri SPECTRA simülasyon programı kullanılarak belirlenmiş ve bu çalışmada sunulmuştur. SASE ve salındırıcı yöntemleriyle optimize edilen serbest elektron lazerleri için gerekli hesaplamalar ve simülasyonlar Mathematica programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada salındırıcı yöntemi ile optimize edilen kızılötesi serbest elektron lazeri Türk Hızlandırıcı Merkezi Test Laboratuvarı için örnek tasarım olarak önerilmiştir. Optimize edilen SASE ve sinkrotron ışınımı ise projede bulunan ve gerçekte çarpıştırıcı modunda çalışmak üzere tasarlanmış hızlandırıcılardan lazer ışınımının da elde edilebileceğini göstermektedir.

Sinkrotron ile ilgili çalışmada, sinkrotron ışınımının fiziği ve uygulama alanları açıklanmıştır. Dünyadaki sinkrotron ışınımı laboratuvarları ile ilgili kısa bilgiler verilmiştir. TAC (Türk Hızlandırıcı Kompleksi) çerçevesinde kurulması öngörülen sinkrotron ışınım kaynağının ana parametreleri ve demet hatları tanıtılmıştır. Bunun yanında sinkrotron ışınımının yarıiletken ve katıhal fiziği üzerindeki uygulamaları açıklanmıştır [4].

İlk olarak sinkrotron ışınımının (SI) fiziği ve ışınım kaynağı nesilleri incelenmiş, ardından SI üretimi için gerekli olan donanım ve cihazlar tanıtılmıştır. SI'nın fiziği incelenirken ilgili fiziksel kavramlar tanıtılmış ve ışınım karakteristikleri ışınımın ana parametreleri üzerinden ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Sinkrotron ışınımının bilimsel ve teknolojik kullanım alanları tanımlanmıştır [1]. Sinkrotron ışınımı kullanarak demet görüntüleme monitörü (BPM) ile CTF3 Combiner Ring (CR) de zamana bağlı ölçümleri incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde CLIC ve CTF3 hakkında genel bilgi sunulmuştur. CLIC çoklu TeV elektron pozitron çarpıştırıcısıdır. Elektron pozitron çarpıştırıcısı olarak 3TeV'lik kütle merkezi ile parçacık fiziği araştırmalarında yüksek parlaklık üretmeyi amaçlar. CTF3, CLIC ana parametrelerini test etmeyi amaçlar. CTF3 70 m uzunluğunda sürücü linak ile 84 m CR ve 42 m DL oluşmuştur. Elektronlar

termiyonik DC tabanca tarafından sürücü demet hızlandırıcılara (Drive beam accelerator) demeti hızlandırılmak üzere gönderilir. Bu işlemden sonra demet halkalara gönderilir. Geciktirici halka içinde (DL) frekans carpımı (frequency multiplication) ve birleşimi (combination) 2 kez, birleştirici halka içinde (CR) 4 kez yapılır. Bu işlemlerden sonra demetin akımı 35 A, demet frekansı 12 GHz'dir. Bu demet, sürücü demet (Drive Beam) tarafından deneysel alana (experimental area) transfer edilir. Sürücü demetin amacı 12 GHz'lik RF gücü üretmektir. CR içerisinde elektronlar dipole magnetlerden geçerken ışınım üretilir, sinkrotron ışınımı olarak adlandırılır. Sinkrotron ışınımının özellikleri SPECTRA simülasyon programı kullanılarak belirlenmiştir. Ve bu ışınım gated kamera tarafından görüntülenir. Çekilen bu görüntü ile demetin her dönüşteki boyutu incelenir. Her dönüş için demetin simülasyonu, MATLAB programı kullanılarak analizi yapılır.

Sinkrotron X-ışınlarının gözlemi, genç süpernova kalıntılarında (SNK) kozmik ışın ivmelendirilmesini incelemek için kullanışlı bir yoldur. Sinkrotron ışınımının X-ışını bandında tayfsal uyarlaması, bize kozmik ışın ivmelendirme mekanizması hakkında bilgi verir. Son zamanlarda, Galaktik kozmik ışın ivmelendirmesinin nedeni genel olarak SNK şoklarına dayandırılmıştır. Bu tezde, SNK'lerde PeVatron (1015 eV) enerjilerinin aranmasına ve bu enerjilerin fiziksel süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, XMM-Newton ve Chandra Gözlem Uyduları kullanılarak tanınmış Galaktik kabuk tipi SNK'lerin (Cas A, RCW 86, RX J1713.7–3946, SN 1006 ve Vela Jr.) şoklarında X-ışını bandını kullanarak küçük ölçekli alanların sistematik olarak tayfsal incelenmesinin sonuçları sunulmaktadır. Bu beş kalıntıda hedeflenen farklı alanlardan gelen X-ışını spektrumu elde edilerek, termal olmayan X-ışını emisyonunun kozmik ışın ivmelendirme özellikleriyle olan ilgisi araştırılmıştır. Hedeflenen bütün alanlar, sinkrotron X-ışını emisyonuna sahiptir ve her bir hedef için PeVatron enerjilerini araştırmayı sağlayan ivmelendirilmiş elektronların ve protonların maksimum enerjileri ($E_{max,e}$ ve $E_{max,p}$) hesaplanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, her bir SNK'nin arkaplan ışınması çıkarılmış spektrumu, termal ve termal olmayan spektral modellerin (örn; $srcut, power-law, cutoffpl, vnei$) kombinasyonları kullanılarak modellenmiştir [3].

SNK'ler gibi yaygın nesnelere, tayfsal sonuçlar üzerinde etkili olabileceğinden doğru bir şekilde modellenmiş arka plan ışınmasıyla analiz etmek önemlidir. SNK'nin bulunduğu ortam (örn., Galaktik düzlemdeki konumu), Kozmik X-ışını Arkaplanı, Galaktik Düzlem X-ışını Emisyonu ya da Önalın Işınması gibi ışınmaların değerlendirilmesinde kilit noktasıdır. Azalma frekansı veya kesme enerjisi gibi parametreler, $E_{max,e}$ ve $E_{max,p}$ 'nin güvenilir değerlerini hesaplamak için doğru bir şekilde modellenmiş arka plan spektrumlarını gerektirir. Bu yüzden, parçacıkların maksimum enerjilerini doğru olarak hesaplayabilmek için bu tezde arka plan ışınması modellemesi ilk olarak yoğunlaşılan noktadır.

Kısaca belirtmek gerekirse, hassas parametrelerle sinkrotron emisyonun karakterize edilebilmesi için arka plan ışınmasının spektrumunun analizi kritik bir noktadır. Bu işlem, şok hızlarını, kesme frekanslarını ve özellikle PeVatron enerjilerini aranabilir hâle getirmek için hızlandırılmış parçacıkların maksimum enerjilerini hesaplamak için gereklidir. Buna ek olarak, bu hesaplamalar sırasında, uygun sinkrotron modellerini seçebilmek için manyetik alan değeri önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada, Cas A ve Vela Jr. kalıntılarının PeVatron enerjisine sahip emisyon bölgeleri içerdikleri bulunmuştur. Ancak, mevcut sinkrotron modellerinin tekrar test edilmesi ve iyileştirilmesi gerektiğinden bu sonuçlar daha güvenilir analiz yöntemleri gerektirmektedir. Bu koşullar altında, bahsedilen parametrelerin hepsi, kabuk tipi SNK'lerin termal olmayan özelliklerini belirlenmesine yönelik arka plan ışıması modelleme yöntemi ile güvenilir şekilde aranabilir.

Çalışmasında, Bir hızlandırıcı demet hattında, yüksek mertebeden etkiler ile uzay yükü, uyarıcı alan ve koharent sinkrotron ışınımı gibi lineer olmayan etkiler demetin transferinde çok önemli rol oynarlar. Bu etkiler, yayılım büyümesi, enerji kaybı, enerji yayılımının artması, paket boyunun değişmesi gibi tasarlanan demet parametreleri üzerinde değişime neden olmaktadır. Diğer taraftan, serbest elektron lazerlerinin performansını belirleyen, daha yüksek parlaklık ve güç için maksimum tepe akımına ulaşılması gerekmektedir. Bu akım değeri ise ancak paket sıkıştırıcılar kullanılarak, minimum paket uzunluğunda elde edilebilir [7].

Bu tez çalışmasında öncelikle yukarıda bahsedilen etkiler tartışılarak, TARLA demet hattı için tasarlanan paket sıkıştırıcısında bu etkiler sonucunda oluşan enine ve boyuna kararsızlıklar, gerekli nümerik ve analitik yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar göz önüne alınarak, bu etkilerin en aza indirilebilmesi ve uygun ışınım değerleri için TARLA paket sıkıştırıcısı optimize edilerek, alternatif tasarımlar tartışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]. Akdoğan, E. (2012).Hızlandırıcılara dayalı undulatör ve wiggler magnet ışınımlarının spektral özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- [2]. Cenger, Y. (2008).Üçüncü nesil ve dördüncü nesil ışınım kaynakları için kullanılan magnetlerin ışınım karakteristiklerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- [3]. Cesur N. (2018).Kabuk tipi galaktik süpernova kalıntılarının X-ışını analizi Yüksek Lisans Tezi.
- [4]. Genç, B. (2006). Sinkrotron ışınımının katıhal fiziğindeki uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi.
- [5]. Mete,Ö. (2006). Parçacık hızlandırıcılara dayalı ışınım kaynaklarının fiziksel karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi.
- [6]. Özdemir, G. (2011).CTF3'deki geciktirici halka ile birleştirici halkalarda sinkrotron ışınımı kullanarak zaman çözümlemeli demet profilinin incelenmesi. Yüksek lisans Tezi.
- [7]. Yıldız H. (2017). Doğrusal hızlandırıcılarda kullanılan paket sıkıştırıcılarında lineer olmayan etkiler ve TARLA paket sıkıştırıcısının optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi.
- [8]. Karşlı (2005). TAC test laboratuvarı olarak kızılötesi serbest elektron lazeri 23. Ulusal fizik kongresi
- [9]. Yavaş Ö. ve ark (2000) Parçacık hızlandırıcıları Türkiye’de neler yapılmalı? Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi.
- [10]. J. C. Liu. ve V. Vylet. (2001). Radiation Protection at Synchrotron Radiation Facilities, Radiation Protection Dosimetry
- [11]. Y.Asano. (2012). Radiation safety for electron accelerators: Synchrotron radiation facility, Radiation Protection and Environment.
- [12]. Yavaş Ö. (2009). FZM Parçacık hızlandırıcıları ders notları, Ankara Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümü
- [13]. Yiğit Ş. (2007). Türk Hızlandırıcı kompleksi projesi kapsamında sase ve osilatör modda serbest elektron lazerinin genel tasarımı. Doktora Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Tuğba ÇOLAK
Doğum Tarihi : 06.07.1994
Doğum Yeri : Muğla
E-mail : tugba_colak48@hotmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	İş Sağlığı ve Güvenliği	Gümüşhane Üniversitesi	2013-2017

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
İş Güvenliği Uzmanı	Muğla Genç Hekim Ortak Sağlık Güvenlik Birimi	2018-...

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Boron activity in the inactive Li₂MnO₃ cathode material
O. Murat Ozkendir, Messaoud Harfouche, Intikhab Ulfat, Çiğdem Kaya, Gultekin Celik, Sule Ates, Sevda Aktas, Hadi Bavegar, Tugba Colak