

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ KAYALI KAMPÜSÜNDE BİNA
İÇİ RADON GAZI ÖLÇÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Miray TAMİR DARCAN

FİZİK ANABİLİM DALI

FİZİK PROGRAMI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

HAZİRAN 2020

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ KAYALI KAMPÜSÜNDE BİNA
İÇİ RADON GAZI ÖLÇÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Miray TAMİR DARCAN
1178201101**

FİZİK ANABİLİM DALI

FİZİK PROGRAMI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

HAZİRAN 2020



Aileme...

ÖNSÖZ

Tez yazım sürecinde bana her türlü konuda destek olan, sahip olduğu bilgileri benimle en içten bir şekilde paylaşan, güler yüzlü danışmanım **Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN**'a teşekkür ederim.

Tezimle ilgili yapılacak olan ölçümler sırasında bana yardımcı olan hocalarım **Arş. Gör. Dr. H. Hale KARAYER**'e, **Dr. Öğr. Üyesi M. Mehmet KOÇ**'a ve **Öğr. Gör. Dr. Selin ÖZDEN**'e de teşekkürü borç bilirim.

Hayatımdaki en büyük destekçilerim olan sevgili annem, babam ve eşime teşekkür ederim.

Haziran 2020

Miray TAMİR DARCAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
KISALTMALAR	xi
ÖZET.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1 Radyoaktivite	7
2.2 Radyasyon Ve Radyasyon Çeşitleri	7
2.2.1 Alfa parçacıkları	8
2.2.2 Beta parçacıkları	9
2.2.3 Gama ışınları.....	10
2.2.4 X- ışınları	10
2.2.5 Nötronlar.....	10
2.3 Radyasyon Birimleri	11
2.3.1 Aktivite birimi	11
2.3.2 Işınlanma doz birimi	11
2.3.3 Soğurulma doz birimi	12
2.3.4 Eşdeğer doz birimi.....	12
2.4 Radyasyon Kaynakları	12
2.4.1 Doğal radyasyon kaynakları	13
2.4.1.1 Kozmik radyasyon	14
2.4.1.2 Gama ışınları ve vücut içi ışınlanma	15
2.4.1.3 Radon	15
2.4.2 Yapay radyasyon kaynakları.....	15
2.5 Radyoaktif Seriler	16
2.5.1 Doğal Radyoaktif Seriler	17
2.5.1.1 Uranyum serisi	17
2.5.1.2 Toryum serisi	17
2.5.1.3 Aktinyum serisi	18
2.5.2 Yapay radyoaktif seriler	19
2.5.2.1 Neptünyum serisi	19
2.6 ²²² Rn	20
2.6.1 ²²² Rn Gazı Kaynakları	21
2.6.1.1 Toprak ve kayalarda ²²² Rn	22
2.6.1.2 Sularda ²²² Rn.....	23
2.6.1.3 Yapı malzemelerinde ²²² Rn.....	24
2.6.1.4 Atmosferde ²²² Rn	24
2.7 Kapalı Ortamlarda ²²² Rn	24
2.8 ²²² Rn Gazının Sağlık Üzerine Etkileri.....	27
3. MATERYEL VE METOT	29
3.1 Kırklareli İlinin Jeolojik Yapısı.....	29
3.2 Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi Özellikleri	29

3.3 Ölçüm Cihazı ve Özellikleri.....	30
3.4 Ölçüm Yapılacak Odaların Belirlenmesi ve Ölçüm Sonuçlarının Alınması....	32
4. BULGULAR.....	33
4.1 Bina İçi ²²² Rn Aktivitesinin Katlara Göre Dağılımı.....	44
4.2 Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	46
4.2.1 Bina içi yıllık etkin doz sonuçları	46
5. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55



KISALTMALAR

akb	: Atomik Kütle Birimi
EURATOM	: Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu
IAEA	: Uluslararası Atom Enerji Kurumu
ICRP	: Uluslararası Radyasyon Komitesi
ICRU	: Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
NRPB	: İngiltere Milli Radyasyondan Korunma Komitesi
SI	: Uluslararası Birim Sistemi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
UNSCEAR	: Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkilerini Araştırma Bilimsel Komitesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Radyasyon birimleri	11
Çizelge 2.2 : Rayoaktif seriler.	16
Çizelge 2.3 : ²²² Rn konsantrasyon limitleri.	26
Çizelge 4.1 : 1. ofis binası ²²² Rn konsantrasyonları	34
Çizelge 4.2 : 1. ofis binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi	35
Çizelge 4.3 : 1. derslik binası ²²² Rn konsantrasyonları	36
Çizelge 4.4 : 1. derslik binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi	37
Çizelge 4.5 : 2. ofis binası ²²² Rn konsantrasyonları.	38
Çizelge 4.6 : 2. ofis binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi.	39
Çizelge 4.7 : 2. derslik binası ²²² Rn konsantrasyonları	40
Çizelge 4.8 : 2. derslik binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi.	41
Çizelge 4.9 : 3. ofis binası ²²² Rn konsantrasyonları	42
Çizelge 4.10 : 3. ofis binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi.	43
Çizelge 4.11 : 4. ofis binası ²²² Rn konsantrasyonları.	43
Çizelge 4.12 : 4. ofis binası sıcaklık (°C) ve neminin (%rH) mevsimlere göre değişimi	44
Çizelge 4.13 : Mevsimlere göre binalarda ölçülen ²²² Rn aktiviteleri (Bq/m ³)	44
Çizelge 4.14 : Kış mevsiminde binaların katlara göre ortalama ²²² Rn konsantrasyonları (Bq/m ³)	45
Çizelge 4.15 : Yaz mevsiminde binaların katlara göre ortalama ²²² Rn konsantrasyonları (Bq/m ³).....	45
Çizelge 4.16 : Çalışmanın dünya ve Türkiye’de yapılan benzer çalışmalar ile karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.17 : 1 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)	47
Çizelge 4.18 : 1 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl).	48
Çizelge 4.19 : 2 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)	49
Çizelge 4.20 : 2 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)	50
Çizelge 4.21 : 3 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)	51
Çizelge 4.22 : 4 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Atom kararlılığının n/p oranına göre değişimi.....	8
Şekil 2.2 : Alfa bozunumu (Özkan, 2011).....	9
Şekil 2.3 : β^- bozunumu (Özkan, 2011).....	9
Şekil 2.4 : β^+ bozunumu (Özkan, 2011).....	9
Şekil 2.5 : Gama bozunumu (Avşar, 2015).....	10
Şekil 2.6 : Doğal ve yapay radyasyon doz oranları.....	13
Şekil 2.7 : Doğal radyasyon kaynakları.....	14
Şekil 2.8 : Kozmik ışınlar sebebi ile maruz kalınan radyasyon dozunun yükseklik ile değişimi (Url-7).....	14
Şekil 2.9 : Yapay radyasyon kaynakları (Davutoğlu, 2008).....	16
Şekil 2.10 : Uranyum serisi.....	17
Şekil 2.11 : Toryum serisi.....	18
Şekil 2.12 : Aktinyum serisi.....	19
Şekil 2.13 : Neptünyum serisi.....	20
Şekil 2.14 : ^{222}Rn gazı bozunumu (Mihçi, 2008).....	21
Şekil 2.15 : ^{222}Rn gazı kaynakları.....	22
Şekil 2.16 : ^{222}Rn gazının topraktan binaya sızma yolları (Url-10).....	22
Şekil 2.17 : ^{222}Rn 'nin binaya giriş yolları (Url-11).....	25
Şekil 2.18 : Türkiye ^{222}Rn gazı haritası.....	26
Şekil 3.1 : Kırklareli ili haritası (Url-15).....	29
Şekil 3.2 : Kırklareli Üniversitesi Kayalı yerleşkesi uydu görüntüsü (Url-17).....	30
Şekil 3.3 : AlphaGUARD cihazı (Url-18).....	31
Şekil 3.4 : İyonizasyon odasının şematik gösterimi (Cingöz, 2019).....	31
Şekil 3.5 : DataEXPERT yazılımında ölçülen değerlerin görüntülenmesi (Cingöz, 2019).....	32
Şekil 4.1 : 1. ofis binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	34
Şekil 4.2 : 1. derslik binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	36
Şekil 4.3 : 2. ofis binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	38
Şekil 4.4 : 2. derslik binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	40
Şekil 4.5 : 3. ofis binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	42
Şekil 4.6 : 4. ofis binası ^{222}Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi.....	43

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ KAYALI KAMPÜSÜNDE BİNA İÇİ RADON GAZI ÖLÇÜMÜ

ÖZET

Bu çalışmada Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü'nde farklı binalarda (fakülteler, idari ve akademik birimler vb.) bina içi radon (^{222}Rn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Belirlenen ölçüm noktalarında AlphaGUARD ölçüm tekniği ile ^{222}Rn tespiti yapılmıştır. Çalışmada yapılan ölçümlere göre bina içi ^{222}Rn yoğunluğu 6 ± 8 Bq/m³ ile 107 ± 15 Bq/m³ aralığında değişmektedir. Tüm ölçümlerin ortalama ^{222}Rn değeri ise 24.65 Bq/m³ bulunmuştur. Çalışmada ortalama mevsimsel ^{222}Rn yoğunlukları en düşük (6 ± 8 Bq/m³) kış mevsiminde, en yüksek (107 ± 15 Bq/m³) yaz mevsiminde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçların limit değerlerin altında olduğu görülmüştür. ^{222}Rn nedeniyle alınacak tahmini yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır. Yaz ve kış aylarında binalarda ^{222}Rn gazından dolayı maruz kalınan ortalama yıllık etkin doz eşdeğerleri sırasıyla 0.28 mSv ve 0.22 mSv olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: radyoaktivite, bina içi, ^{222}Rn , üniversite, AlphaGUARD, etkin doz.

MEASUREMENT OF INDOOR RADON GAS IN KIRKLARELİ UNIVERSITY KAYALI CAMPUS

SUMMARY

In this study, indoor ^{222}Rn concentrations were determined in different buildings (faculties, administrative and academic units, etc.) in the Kirklareli University Kayali Campus. Measurements were made in summer and winter seasons. ^{222}Rn was determined by AlphaGUARD measurement techniques. In the study, according to the measurements made, the indoor ^{222}Rn density varies between $6\pm 8 \text{ Bq/m}^3$ and $107\pm 15 \text{ Bq/m}^3$. The average ^{222}Rn value of measurements was found to be 24.65 Bq/m^3 . In the study, the average seasonal ^{222}Rn intensities were lowest ($6\pm 8 \text{ Bq/m}^3$) in the winter and the highest ($107\pm 15 \text{ Bq/m}^3$) in the summer. The results are below the permissible limit values. Estimated annual effective dose equivalent due to radon inhalation were calculated. Based on the measured ^{222}Rn gas concentrations estimate annual effective dose equivalents in summer and winter were estimated as 0.28 mSv and 0.22 mSv , respectively.

Keywords: radioactivity, indoor ^{222}Rn , university, AlphaGUARD, effective

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde yaşamlarını sürdüren tüm canlılar nerede bulunursa bulunsunlar yaşadıkları süre boyunca doğal ve yapay radyasyona maruz kalmaktadırlar. Doğal radyasyon insan etkisi olmaksızın kendiliğinden açığa çıkan radyasyondur ve canlıların maruz kaldığı radyasyonun %85'lik kısmını oluşturmaktadır (Url-1). Kozmik radyasyon, gama radyasyonu, vücut içi ışınlanma ve ^{222}Rn doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadır (Kutlu, 2016). İnsan katkısı ile elde edilen yapay radyasyon ise medikal uygulamalar ve nükleer endüstriden kaynaklanmaktadır (Url-1). Doğal kaynaklar sebebi ile maruz kalınan radyasyonun büyük kısmını ^{222}Rn gazı ve bu gazın yarı ömrü kısa olan bozunum ürünleri oluşturmaktadır (Dursun, 2016).

^{222}Rn konsantrasyonunun belirlenmesi ile ilgili dünyada ve Türkiye'de kapalı binalarda yapılan ^{222}Rn gazı araştırmaları sonucunda birçok veri elde edilmiştir.

Ukrayna'da Pavlenko ve arkadaşları, tarafından yapılan bina içi ^{222}Rn ölçüm çalışmasında 9500'den fazla ölçüm yapılmış ve bina içi ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları tek katlı binalarda 87 Bq/m^3 , çok katlı binaların zemin katında 45 Bq/m^3 , birinci katlarda ise 24 Bq/m^3 olarak bulunmuştur (Pavlenko ve ark., 1997).

Ferdoas ve Al-Saleh tarafından Arabistan Riyad'da yapılan bir çalışmada CR-39 tipi ^{222}Rn dedektörleri ile bina içi ^{222}Rn konsantrasyonları ölçülmüş ve bina içi ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları 18 Bq/m^3 olarak bulunmuştur (Ferdoas ve Al-Saleh, 2005).

Slovenya'da yapılmış olan bir çalışmada, hastanelerde bina içi ^{222}Rn gazı konsantrasyonları ölçülmüş ve ayrıca bu hastanede çalışan personelin maruz kaldıkları yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada personelin % 94'ü için hesaplanan yıllık etkin doz değerlerinin 1 mSv 'den düşük olduğu, sadece 10 kişi için bu değer 2.1 ile 7.3 mSv arasında değiştiği ifade edilmiştir (Vaupotik ve Kobal, 2006).

Bahtijari ve arkadaşları tarafından Kosova'da okullarda yapılan bir çalışmada bina içi ^{222}Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi izlemiştir. Okullarda elde edilen değerlerin Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (ICRP) tarafından kabul

edilen 200 Bq/m^3 'ün altında olduğu, sadece bir ölçüm değerinin bu değeri aştığı ifade edilmiştir (Bahtijari ve ark., 2007).

Lee ve arkadaşları, tarafından Kore Ulju şehrinde 57 okulda 114 pasif LR-115 dedektörü kullanılarak ^{222}Rn radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüş ve ölçüm yapılan okullardaki öğrenciler ve çalışanlar için ^{222}Rn nedeniyle radyolojik açıdan önemli bir tehlike bulunmamıştır (Lee ve ark., 2018).

Bari'de (Güney İtalya) bir üniversite hastanesine ait 28 binada ^{222}Rn konsantrasyonları altı aylık zaman dilimlerinde ölçülmüş ve ortalama ^{222}Rn konsantrasyonu 48 Bq/m^3 olarak bulunmuştur (Vimercati ve ark., 2018).

Kuveyt'te yapılmış bir çalışmada 46 okulda bina içi ^{222}Rn ölçümleri yapılmış ve konsantrasyonların 6.04 ile 77.9 Bq/m^3 arasında değiştiği bulunmuştur. Çalışmada ayrıca ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları 24.9 Bq/m^3 olarak verilirken, gama doz oranları ise ortalama olarak 100.5 nSv/h olarak hesaplanmıştır (Al-Hubail ve Al-Azmi, 2018).

Finne ve arkadaşları, 2008 ve 2016 yıllarında gerçekleştirilen, Norveç'te yeni inşa edilen evlerde yapılan iki ulusal ^{222}Rn araştırmasının sonuçları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda rastgele seçilen evlerde yapılan çalışmada 2010 yılında binalarda ^{222}Rn gazının azaltılmasına yönelik getirilen yönetmeliğe göre yapılan evlerde ^{222}Rn konsantrasyonlarının 76 Bq/m^3 den 40 Bq/m^3 'e hemen hemen yarı yarıya düşüş gösterdiğini bulmuşlardır. Ayrıca 2008 yılında teraslı ve yarı müstakil evlerde ölçülen ortalama ^{222}Rn konsantrasyonu 44 Bq/m^3 bulunurken ve 2016 yılında 29 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür (Finne ve ark., 2019).

Gültekin ve arkadaşları tarafından Manisa ilinde toplam 23 binada (9 tanesi işyeri, 14 tanesi ise konuttur) yapılan çalışmada ^{222}Rn konsantrasyonlarının $47-154 \text{ Bq/m}^3$ arasında değiştiği bulunmuştur (Gültekin ve ark., 2006).

Örgün ve arkadaşları Ezine (Çanakkale) kırsal konutlarında CR- 39 dedektörleri ile yaptığı çalışmada ^{222}Rn yoğunluğunun $9-300 \text{ Bq/m}^3$ aralığında olduğunu bulmuşlardır (Örgün ve ark., 2008).

2008 yılı yaz döneminde Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Merkez Kütüphanesinin 12 ayrı noktasında yapılan ^{222}Rn gazı ölçümü sonucunda ortalama ^{222}Rn gazı konsantrasyonu 61.7 Bq/m^3 olarak ölçülmüştür (Kürkçüoğlu ve ark., 2009).

2008 yılında Niğde ilinde bulunan tarihi mekanlarda yapılan çalışma sonucunda ^{222}Rn konsantrasyonlarının ortalama değerleri Akmedrese, Sungur Bey Camii, Dışarı Camii ve Alaeddin Camii için sırasıyla 31 Bq/m^3 , 31.6 Bq/m^3 , 47 Bq/m^3 ve 52 Bq/m^3 olarak bulunmuştur (Bozkurt, 2008).

Bayraktar ve arkadaşları tarafından CR-39 detektörleri kullanılarak, Süleyman Demirel Üniversitesi Sabancı Yurdu'ndaki 8 ölçüm noktasında ^{222}Rn gazı ölçümü yapılmış ve ortalama ^{222}Rn konsantrasyonu 39.3 Bq/m^3 olarak bulunmuştur (Bayraktar ve ark., 2009).

Karabük ili Safranbolu ilçesinde bulunan ve Türkiye'nin en büyük 4. Mağarası olan Mencilis (Bulak) mağarasında Kasım 2008 -Ocak 2009 tarihleri arasında turizme açık alanda yapılan çalışmada ^{222}Rn gazı seviyelerinin 19 Bq/m^3 - 649 Bq/m^3 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir (Haner ve ark., 2010) .

Arıkpınar tarafından İzmir Seferihisar ve Balçova jeotermal bölgelerde bulunan binalarda bina içi ^{222}Rn konsantrasyonları ölçülmüş ve Seferihisar bölgesinde bina içi ^{222}Rn konsantrasyonu 169 Bq/m^3 ile 958 Bq/m^3 arasında, Balçova bölgesinde ise 302 Bq/m^3 ile 706 Bq/m^3 olarak saptanmıştır (Arıkpınar, 2010).

Süleyman Demirel Üniversitesi' nin bazı binalarında yapılan çalışmada alınan ölçümlerin sonucu Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Ziraat Fakültesi, Hukuk Fakültesi, Atatürk Spor Salonu ve Bilgi İşlem Merkezi için sırası ile 259 Bq/m^3 , 279 Bq/m^3 , 265 Bq/m^3 , 324 Bq/m^3 ve 173 Bq/m^3 olarak belirlenmiştir (Kürkçüoğlu ve ark., 2012).

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) 2012 yılı verilerine göre ülkemizde bulunan evlerde ortalama ^{222}Rn konsantrasyonu 82.66 Bq/m^3 değerindedir (TAEK, 2012).

Soğukpınar 2013 yılında Eskişehir il merkezinde bulunan 516 evde yaptığı çalışmasında evlerdeki ^{222}Rn yoğunluğunun 25 Bq/m^3 - 422 Bq/m^3 değerleri arasında olduğunu vurgulamıştır (Soğukpınar, 2013).

Alkan ve Karadeniz (2014), tarafından İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Fdebiyat Fakültesi'nde bina içi ^{222}Rn ölçümleri yapılarak akademisyenlerin almış olduğu yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada ^{222}Rn konsantrasyonları LR-115 dedektörleri kullanılarak belirlenmiş ve 1 ay süresince ölçüm alınmıştır (Alkan ve Karadeniz, 2014).

2015 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise Isparta il merkezinde bulunan iş yerlerinin bina içi ^{222}Rn yoğunluğu 90 Bq/m^3 standart sapma ile 144 Bq/m^3 ortalama değere ulaştığı tespit edilmiştir (Kürkçüoğlu ve ark., 2015).

Avşar, Kahramanmaraş il merkezinde bulunan 18 farklı ilkokulda yaptığı çalışmada ^{222}Rn konsantrasyonlarının $22 \pm 1.2 \text{ Bq/m}^3$ - $213 \pm 16.4 \text{ Bq/m}^3$ arasında değiştiğini tespit etmiştir (Avşar, 2015).

Kurt, İstanbul ili Fatih ilçesinde ilköğretim okullarında kapalı ortamlardaki ^{222}Rn konsantrasyonlarını LR-115 katı hal iz kazıma dedektörleri kullanarak ölçmüştür. Çalışma kapsamında 509 adet LR-115 nükleer iz dedektörünü 25 okula yerleştirmiş ve etkin doz değerlerini hesaplamıştır. Çalışma sonucunda ^{222}Rn konsantrasyonlarının 40 - 395 Bq/m^3 arasında değiştiğini bulmuştur (Kurt, 2015).

Dursun tarafından Rize ilinde akciğer kanserli bireylerin evlerinde yapılan araştırmada kış mevsimi ^{222}Rn konsantrasyonlarının 84 Bq/m^3 , yaz mevsimi ^{222}Rn konsantrasyonlarının ise 32.51 Bq/m^3 olduğu ifade edilmiştir (Dursun, 2016).

Kutlu, Hatay ilinde bulunan turizme açık cami, kilise, ibadethane ve bazı turistik yerlerde yaptığı çalışmada Hatay iline bağlı ilçelerin ortalama ^{222}Rn konsantrasyonlarını tespit etmiştir. Çalışmada bulunan değerler Antakya, Samandağ, Belen ve İskenderun ilçeleri için sırası ile 64.8 Bq/m^3 , 84.5 Bq/m^3 , 56.42 Bq/m^3 ve 38.11 Bq/m^3 'tür (Kutlu, 2016).

Pişkin, Türkiye'de Aydın ve Ankara illerinde seçilmiş toplamda 9 ofiste ^{222}Rn gazı konsantrasyonlarını 1 ay boyunca ölçmüştür. Çalışmada ayrıca ofis çalışanlarının maruz olduğu ^{222}Rn gazı yıllık etkin doz değerlerini de hesaplamış ve 1.12 ile 1.52 mSv/yıl arasında değiştiğini belirtmiştir (Pişkin, 2016).

Akyürek, Nevşehir il merkezinde bulunan okullarda ^{222}Rn gazı konsantrasyonlarını aktif yöntem olan AlphaGUARD ile yaz ve kış mevsimlerinde olmak üzere ölçmüştür. Elde ettiği sonuçlar tavsiye edilen değer altında çıkmıştır (Akyürek, 2017).

Günay ve arkadaşlarının İstanbul il merkezinde bulunan bir hastanenin bodrum -1 ve bodrum -2. katlarında yaptıkları çalışmada ^{222}Rn konsantrasyonunun $19 \pm 8 \text{ Bq/m}^3$ ile $51 \pm 15 \text{ Bq/m}^3$ değerleri arasında olup, değerlerin bodrum -1. kat için ortalama 32.5 Bq/m^3 , bodrum -2.kat için ise 31.6 Bq/m^3 olduğunu tespit etmişlerdir (Günay ve ark.,2018).

Edirne’de yapılan bir çalışmada değişik semtlerde 54 evde oturma odası ve yatak odasında ^{222}Rn gazı konsantrasyonları ölçülmüş ve konsantrasyonların 2 Bq/m^3 ile 125 Bq/m^3 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Aynı çalışmada ayrıca ^{222}Rn için yıllık etkin eşdeğer doz değeri de 0.728 mSv olarak hesaplanmıştır (Tufaner, 2018).

Günermelikoğlu, Sakarya Üniversitesi Kampüs Yerleşkesi’nde bina içi ^{222}Rn konsantrasyonlarını ölçmüş ve bulduğu sonuçlardan yıllık maruz kalınan radyolojik dozları hesaplamıştır. Çalışmada yıllık ortalama ^{222}Rn konsantrasyonu 38.7 Bq/m^3 , yıllık ortalama etkin doz değeri ise 1.09 mSv/yıl bulunmuştur (Günermelikoğlu , 2018).

Bu tez çalışmasında Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü’nde yer alan merkezi derslikler, laboratuvarlar ve ofislerde ^{222}Rn gazı ölçümleri sürekli aktif ^{222}Rn dedektörü olan AlphaGUARD kullanılarak yaz ve kış mevsimlerinde olmak üzere ölçülmüştür. Ayrıca ölçüm sonuçları kullanılarak ^{222}Rn gazının sebep olduğu iç ışınlanmalardan kaynaklı kişilerin almış oldukları yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

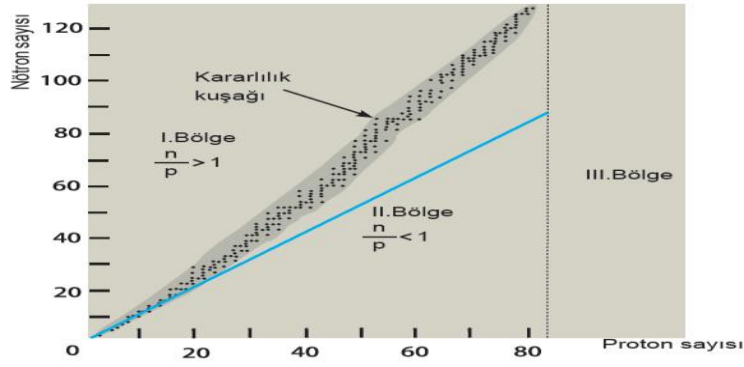
2.1. Radyoaktivite

W. Röntgen'in 1895 yılında X ışınlarını keşfetmesi radyoaktivitenin keşfini tetiklemiştir. Röntgen'in yaptığı çalışmadan etkilenen ve uranyum üzerine çalışan Becquerel, uranyumdan (U) yayınlanan ışımının X ışınlarına benzeyeceğini düşünerek çalışmalarına devam etmiş ve bu çalışmalar sonucunda uranyumun kendiliğinden ışımaya yaptığını dolayısıyla radyoaktivitenin varlığını keşfetmiştir. Aynı dönemde çalışmalar yapan Curie'ler toryumunda (Th) aynı özelliği gösterdiğini ve radyoaktivitenin dış etkilere bağlı olmadığını ispatlamıştır. 1899 yılına gelindiğinde ise Rutherford alfa ve beta parçacıklarını keşfetmiş ve radyoaktivitenin atom altı boyutta olduğunu öne sürmüştür. 1900 yılında ise P. Villard gama ışınlarının varlığını ortaya koymuştur (Akyıldırım, 2011) .

2.2. Radyasyon ve Radyasyon Çeşitleri

Atom, çekirdeğinde yüksüz nötronlar ve pozitif yüklü protonlar bulunduran, çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde elektronlar dolanan, bir elementin sahip olduğu kimyasal özelliklerin tamamını barındıran maddenin en küçük yapı taşıdır (Url-2).

Doğadaki element atomlarının bir kısmı kararlı yapıda bulunurken diğer kısmı ise kararsız yapıdadır. Bir element atomunun kararlı veya kararsız yapıda olduğunu anlamak için nötron sayısı/ proton sayısı (n/p) oranına bakılır. n/p oranı 1-1.5 arasındaki değerlere sahip atomlar diğer atomlara göre kararlı yapıya sahiptir (Gündoğdu, 2019). Şekil 2.1' de atom kararlılığının n/p oranına göre değişimi gösterilmiştir.



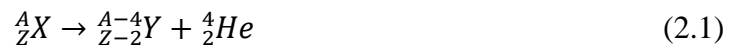
Şekil 2.1: Atom kararlılığının n/p oranına göre değişimi (Url-3)

n/p oranı 1-1.5 aralığından uzak bir değere sahip olan element atomları kararsız yapıda olup kararlı hale geçebilmek için dışarıya alfa, beta gibi yüklü parçacıklar ve ya gama ışınları gibi elektromanyetik dalgalar yaymaktadır. Atomdan yayınlanan bu parçacık ve elektromanyetik dalgalara “ **Radyasyon** ” denir.

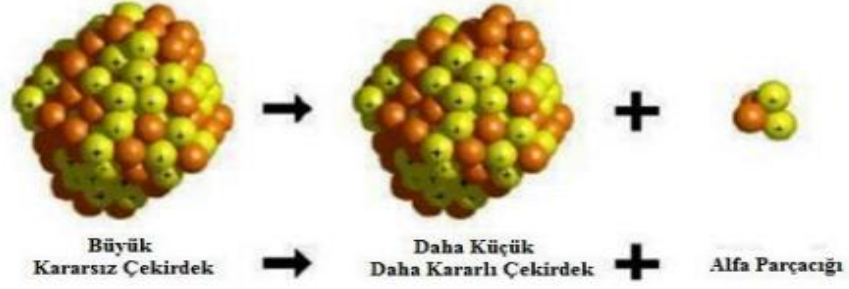
Radyasyon, maddede bıraktığı etkiye göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak iki grupta incelenir. Madde ile etkileşimi sonucu maddenin iyonlaşmasına sebep olan radyasyona “**iyonlaştırıcı radyasyon**”, iyonlaşmaya sebep olmayan radyasyona ise “**iyonlaştırıcı olmayan radyasyon**” denir. Nötronlar, alfa ve beta parçacıkları, gama ve X-ışınları iyonlaştırıcı radyasyon sınıfına girerken radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi, morötesi ve görünür ışık ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyon sınıfında yer almaktadır (Gündoğan, 2016).

2.2.1. Alfa Parçacıkları

Rutherford ve arkadaşları tarafından 1911 yılında helyum çekirdeği olduğu anlaşılan alfa parçacıkları 2 proton ve 2 nötrondan oluşmaktadır. Kararsız durumda olan bir çekirdeğin dışarıya alfa parçacığı salması durumuna ise alfa bozunumu denmektedir. Alfa bozunumu Coulomb kuvveti etkisi ile oluşan bir bozunumdur (Akyıldırım, 2005). Alfa bozunumu gerçekleştiren bir ana çekirdek, kütle numarası kendisinden dört eksik, atom numarası ise iki eksik bir ürün çekirdek meydana getirir. Bu bozunumun denklemi denklem 2.1’de olduğu gibidir.



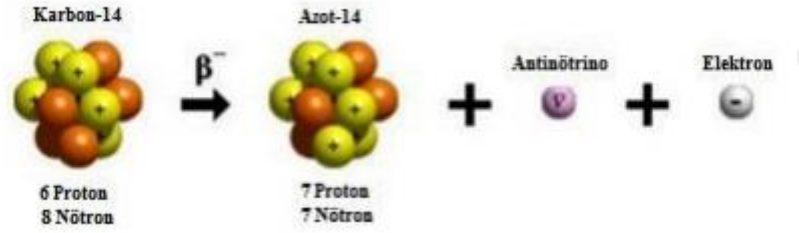
Bu denklemde X ana çekirdeği, Y oluşan ürün çekirdeği, A kütle numarasını, Z ise atom numarasını ifade etmektedir. Alfa bozunumu, şekil 2.2’ de olduğu gibidir.



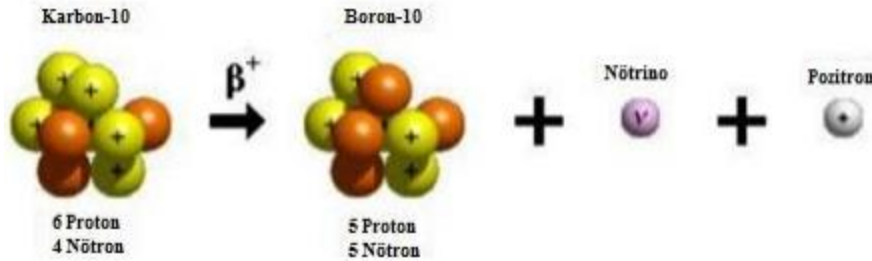
Şekil 2.2: Alfa Bozunumu (Özkan, 2011)

2.2.2. Beta parçacıkları

Çekirdekdeki kararsızlığa yük fazlalığı sebep olduğunda fazla olan proton nötrona veya fazla olan nötron protona dönüşmektedir. Bu dönüşüm esnasında sırası ile pozitron (pozitif yüklü beta parçacığı) veya elektron (negatif yüklü beta parçacığı) yayınlanmaktadır. Pozitron β^+ ile sembolize edilirken, elektron ise β^- olarak sembolize edilmektedir (Gündoğan, 2016). β^- ve β^+ ışımalarına ait görseller şekil 2.3 ve şekil 2.4'de olduğu gibidir.



Şekil 2. 3: β^- bozunumu (Özkan, 2011)



Şekil 2.4: β^+ bozunumu (Özkan, 2011)

β^- ve β^+ bozunumu gerçekleştiren bir çekirdek kendisi ile aynı kütle numarasına sahip bir ürün çekirdek meydana getirir. Ancak oluşan bu ürün çekirdeğin atom numarası β^- bozunumunda ana çekirdekten bir fazla iken, β^+ bozunumunda ana

çekirdekten bir eksiktir. β^- ve β^+ bozunumuna ait denklemler denklem 2.2.a, 2.2.b, 2.3.a ve 2.3.b’de olduğu gibidir (Akyıldırım, 2011).

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu} \quad (2.2.a)$$

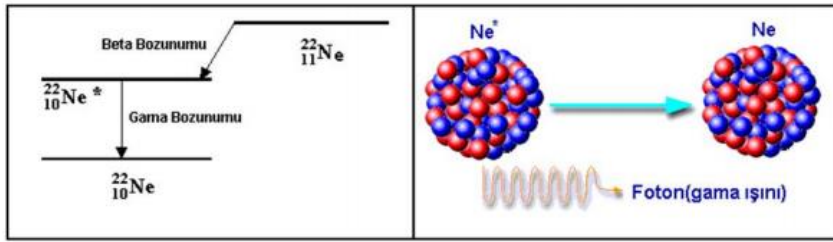
$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + \beta^- + \bar{\nu} \quad (2.2.b)$$

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \quad (2.3.a)$$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + \beta^+ + \nu \quad (2.3.b)$$

2.2.3. Gama ışınları

Alfa veya beta bozunumu yapan bir çekirdek tamamen kararlı duruma geçemez ve dolayısıyla fazla enerjisini elektromanyetik radyasyon (gama ışınları) olarak dışarı yayar. Kaynağı atom çekirdeğinin enerji seviyeleri farkı olan gama ışınları beta ışınlarına göre daha yüksek enerjiye sahip ve daha girici ışınlardır (Url-4). Gama ışınmasını ifade eden görsel şekil 2.5’ de olduğu gibidir.



Şekil 2. 5: Gama Bozunumu (Avşar, 2015)

2.2.4. X- ışınları

Elektromanyetik spektrumun gama ışınları ile ultraviyole ışınları arasındaki bölgede yer alan, kısa dalga boyuna ($0.1\text{\AA} - 100\text{\AA}$) sahip olan X-ışınları, yüksek enerjili ve ivmeli hareket yapan elektronların hedef metaldeki atomlar ile çarpıştırılması (sürekli X-ışını) veya atomun iç yörüngedeki elektronların üst enerji seviyesinden alt enerji seviyesine geçerken açığa çıkan enerjiden dolayı oluşmaktadır (karakteristik X-ışını). Yumuşak (az girici, dalga boyu büyük) ve sert (çok girici, dalga boyu küçük) X-ışınları olarak iki grupta incelenmektedir (Şahin, 2019).

2.2.5. Nötronlar

Kütlesi protonun kütlesine yakın (≈ 1 akb), yüksüz olan nötronlar 1932 yılında J. Chadwick tarafından keşfedilmiştir. Yarı ömrü 15 dk olan nötronlar çekirdek dışında kararlı değildir ve alfa ve beta ışınlarına nispeten daha az çekirdek tarafından doğal olarak salınırlar (Akyıldırım, 2011).

2.3. Radyasyon Birimleri

Radyasyonla ilgili yapılan çalışmalarda sonuç elde edebilmek ve zararlı etkilerini belirleyebilmek için radyasyon miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple ölçüm sonuçları için birim tanımlaması yapılmalıdır. Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi (ICRU) radyasyon ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılmak üzere aktivite, ışınlama dozu, soğurulma dozu ve eşdeğer doz için birimler tanımlamıştır (Url-5). Bu kavramlara ait kullanılan eski birimler ve SI (**Systeme Internationale**) birimleri çizelge 2.1' de yer almaktadır.

Çizelge 2.1: Radyasyon Birimleri

Kavramlar	Eski Birim	SI Birimi
Aktivite	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)
İşinlanma Doz Birimi	Röntgen (R)	Coulomb/kilogram (C/Kg)
Soğurulma Doz Birimi	Radiation Oz (Rad)	Gray (Gy)
Eş Değer Doz Birimi	Röntgen Equivalent Man (Rem)	Sievert (Sv)

2.3.1. Aktivite birimi

Belirli bir zaman diliminde radyoaktif bir maddenin bozunma miktarına o maddenin aktivitesi denir. Radyoaktif maddelerin aktivitesi Curie (Ci) ve Becquerel (Bq) birimleri ile ifade edilmektedir. SI sisteminde kullanılan Becquerel saniyedeki parçalanma miktarını ifade ederken Curie ise saniyede 3.7×10^{10} bozunma gösteren maddenin aktivitesini ifade etmektedir. Becquerel ve Curie arasındaki dönüşüm denklem 2.4'te olduğu gibidir (Seyis, 2015).

$$1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci} \quad (2.4)$$

2.3.2. Işınlanma doz birimi

SI birimi Coulomb/ kilogram (C/kg) olan ve ışınlama dozu için kullanılan bir diğer birim ise röntgendir. Röntgen; normal şartlarda (0°C sıcaklık ve 760 mmHg basınçta) 1 kg'lık havada $2,58 \times 10^{-4}$ Coulomb'luk negatif veya pozitif yüke sahip iyon meydana getirebilen X veya gama radyasyonunun miktarıdır (Gündoğan, 2016).

2.3.3. Soğurulma doz birimi

Radyasyona maruz bırakılan maddenin cinsine bakılmaksızın birim kütlelerine aktarılan enerji miktarına soğurulan doz denir. Soğurulan dozun SI birimi Gray (Gy)'dir (Çelik, 2013). Bunun yanında kullanılan bir diğer birim ise Rad'dır. Rad; ışınlanan maddenin 1kg'lık miktarına 10^{-4} joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır. Rad ve Gray arasındaki dönüşüm denklem 2.5 ve 2.6'da olduğu gibidir (Url-6).

$$1 \text{ Rad} = 10^{-4} \text{ Gy} \quad (2.5)$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad} \quad (2.6)$$

2.3.4. Eşdeğer doz birimi

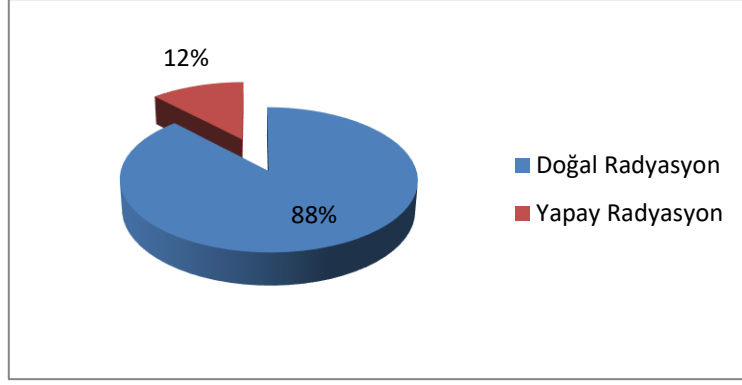
Eşdeğer doz; iyonlaştırıcı radyasyonun vücudun tamamında bıraktığı biyolojik etkilerin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Gündoğan,2016). Eski birimi Rem olup SI birimi 1 Gray'lık X ve gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarı olarak tanımlanan Sievert (Sv)'tir (Url-6). Rem ve Sievert arasındaki ilişki denklem 2.7'de olduğu gibidir.

$$1 \text{ Rem} = 10^{-2} \text{ Sv} \quad (2.7)$$

2.4. Radyasyon Kaynakları

Evrende bulunan tüm canlılar evrenin var oluşundan bu yana gerek doğal yollardan gerekse yapay yollardan radyasyona maruz kalmaktadır. Canlıların maruz kaldığı bu radyasyonu oluşturan kaynaklar doğada kendiliğinden var olan “**doğal radyasyon kaynakları**” ve insan üretimi sonucu elde edilen “**yapay radyasyon kaynakları**” olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

Radyasyon kaynaklarının %88'ini doğal kaynaklar oluştururken %12'sini yapay kaynaklar oluşturmaktadır. Şekil 2.6'da doğal ve yapay radyasyon doz oranları verilmiştir.



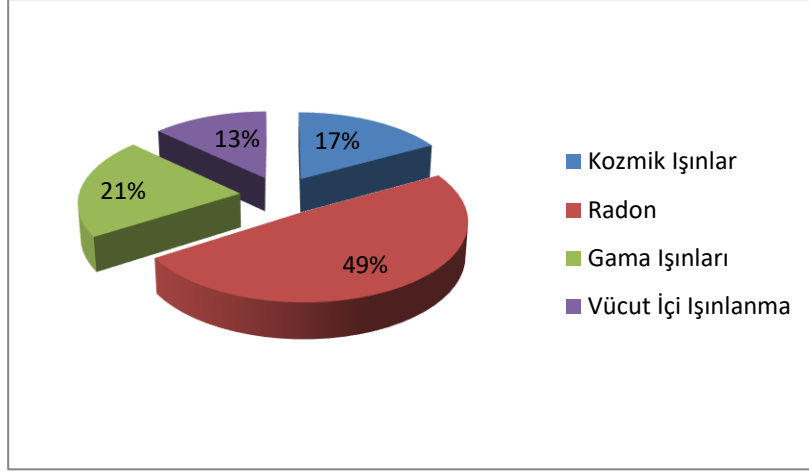
Şekil 2.6: Doğal ve yapay radyasyon doz oranları

2.4.1. Doğal radyasyon kaynakları

Yer kürede bulunan tüm canlılar uzaydan gelen kozmik ışınlar ve yerkürenin barındırdığı radyoaktif maddelerden açığa çıkan doğal radyasyona maruz kalmaktadır (Dursun, 2016). Uzaydan gelen kozmik ışınların büyük bir kısmı atmosfer tarafından tutulmakta küçük bir kısmı ise yerküreye ulaşmaktadır. Kozmik ışınlardan aldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.39 mSv/yıl'dır. Kullanmakta olduğumuz fosil yakıtlar doğal ve uzun ömürlü radyoaktif madde içerdiklerinden dolayı yakıldıkları takdirde doğal radyasyon miktarını arttırmaktadır. Doğal radyasyonu arttıran bir diğer sebep ise kısa yarı ömürlü radyoaktif maddelerin yaydığı gama ışınları katkısıyla topraktan maruz kaldığımız radyasyondur. Topraktan aldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.46 mSv/yıl'dır. Tüm bunların yanında vücudumuzda bulunan potasyum-40 (K-40) gibi elementlerden dolayı iç ışınlanma ile de doğal radyasyona maruz kalmaktayız (Url-7).

Doğal radyasyona sebep olan en büyük etken ise, kaynağı kayalar ve toprak olan, kapalı alanlarda birikme özelliği gösteren ^{222}Rn gazıdır.

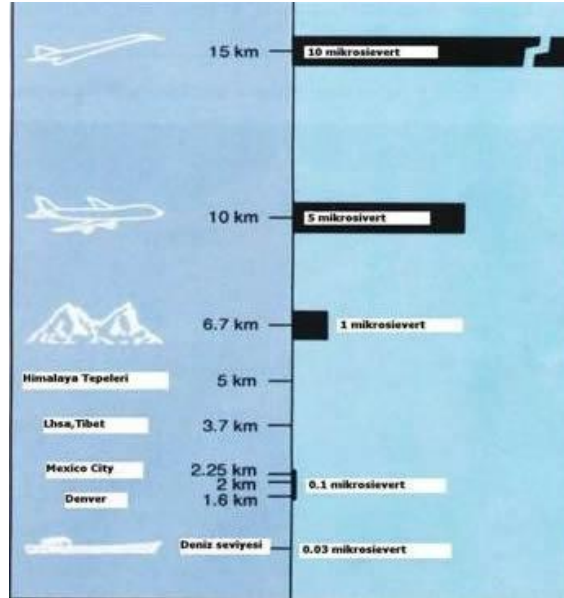
Doğal radyasyon kaynaklarından dolayı maruz kalınan radyasyon doz değerleri şekil 2.7' de olduğu gibidir.



Şekil 2.7: Doğal radyasyon kaynakları

2.4.1.1. Kozmik radyasyon

Kozmik ışınlar, yüksek enerjili protonlar olarak açıklanmaktadır. Kozmik ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferi tarafından tutulmakta az bir kısmı ise yerküreye ulaşmaktadır. Yerküreye ulaşan bu ışınlar ışık hızına yakın bir hızla ışıma yapmakta ve dünya yüzeyinde yaşayan canlılara ulaşmaktadır. Bu duruma “**kozmetik radyasyon**” denmektedir. Kozmik radyasyon alfa parçacıkları, protonlar ve yüksek enerjiye sahip diğer parçacıklardan kaynaklanmaktadır. Kozmik radyasyon doz miktarı yükseklikle doğru orantılıdır (Şekil 2.8). Bu sebeple dağın tepesinde veya uçakta bulunan bir kişi deniz seviyesinde bulunan diğer bir kişiye göre daha fazla kozmik radyasyona maruz kalmaktadır (Kavaz, 2014; Demiryuğuran, 2018).



Şekil 2.8: Kozmik ışınlar sebebi ile maruz kalınan radyasyon dozunun yükseklik ile değişimi (Url-7)

2.4.1.2. Gama ışınları ve vücut içi ışınlanma

Dünyanın oluşumundan bu zamana yerkürede doğal olarak bulunan radyoizotoplar vücudumuzda iç ve dış ışınlanmaya sebep olmaktadır. İnsan vücudunun dış ışınlanmaya maruz kalmasının temel sebebi U-238 ve Th-232 serileri ile K-40 radyoizotoplarından yayınlanan gama ışınlarıdır. Ayrıca bu elementler insan vücudu içinde alfa ve beta parçacıkları ile bazı organlarda iç ışınlanmaya da sebep olmaktadır (Url-8).

Doğal radyasyon kaynaklarının sebep olduğu gama radyasyonunun yıllık etkin doz değerinin ortalaması 0,48 mSv'dir. Bu değer insanların yaşadığı bölgede bulunan toprak yapısına göre değişiklik göstermektedir. Radyoizotop konsantrasyonu bakımından yüksek değere sahip topraklar üzerinde bulunan ülkelerde (Hindistan'ın Kerela Bölgesi, Fransa ve Brezilya'nın bazı bölgeleri) gama radyasyonunun yıllık etkin doz değeri dünya ortalamasının 20 katına kadar çıkmaktadır (Türkdoğan, 2017).

İnsanın genetik yapısını oluşturan DNA molekülleri K-40 ve karbon- 14 (C-14) gibi doğal radyoaktif elementler barındırmaktadır. Ayrıca bu elementler çeşitli yiyeceklerle de insan vücuduna alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan bu elementlerde vücut içi ışınlanmaya sebep olmaktadır. Bu elementler sayesinde bir yıl süresince maruz kaldığımız doğal radyasyonun dünya ortalama doz değeri 0,23 mSv'dir (Hacıosmanoğlu, 2017).

2.4.1.3. Radon (²²²Rn)

Doğal kaynaklardan dolayı maruz kaldığımız radyasyonun büyük bir kısmını doğada kendiliğinden var olan ve radyoaktif bir gaz olan ²²²Rn gazı oluşturmaktadır. ²²²Rn gazı periyodik tablonun asal gazlar grubunda yer alan, kimyasal tepkimeye girmeyen, kokusuz, renksiz ve tatsız bir gazdır. Uranyumun bozunum ürünlerinden biri olan radyumdan üretilir ve miktarı uranyum miktarı ile doğru orantılıdır. Toprakta bulunan uranyum konsantrasyonu her yerde değişiklik gösterdiği için ²²²Rn konsantrasyonu da değişiklik göstermektedir (Gelgün, 2010).

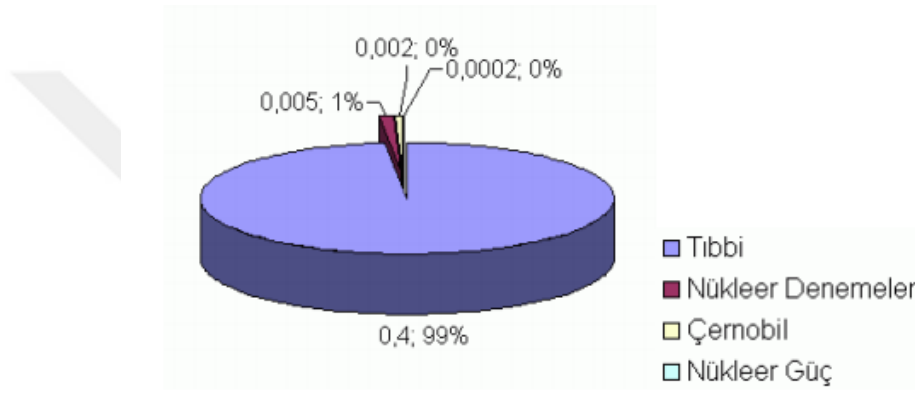
2.4.2. Yapay radyasyon kaynakları

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte insanoğlu bazı radyasyon kaynaklarını yapay olarak üretme ihtiyacı hissetmiştir. Bu kaynaklar, yapılacak olan işlerin daha kolay yollarla yapılmasını ve zamandan kazanç sağlamaktadır.

Doğal radyasyon kaynaklarında olduğu gibi yapay radyasyon kaynaklarından da belli miktarlarda radyasyona maruz kalınmaktadır. Bu miktar kişinin talebine göre değişiklik göstermekte olup maruz kalınan doğal radyasyon miktarından çok daha azdır.

Endüstriyel, tıbbi ve zirai amaçla kullanılan yapay radyoaktif maddeler ve X ışınları, nükleer güç denemelerinde açığa çıkan radyoaktif maddeler, nükleer bomba çalışmaları sırasında meydana gelen radyoaktif serpintiler ve tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler başlıca radyasyon kaynakları arasındadır (Url-7).

Yapay radyasyon kaynaklarına ait doz oranları Şekil 2.9' de olduğu gibidir.



Şekil 2.9: Yapay radyasyon kaynakları (Davutoğlu, 2008)

2.5. Radyoaktif Seriler

Doğada üçü doğal biri yapay olmak üzere toplamda dört tane seri vardır. Uranyum, toryum ve aktinyum serisi doğal seriler sınıfındayken, neptünyum serisi yapay seriler sınıfındadır. Çizelge 2.2' de bu serilere ait bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 2.2: Radyoaktif seriler (Url-9)

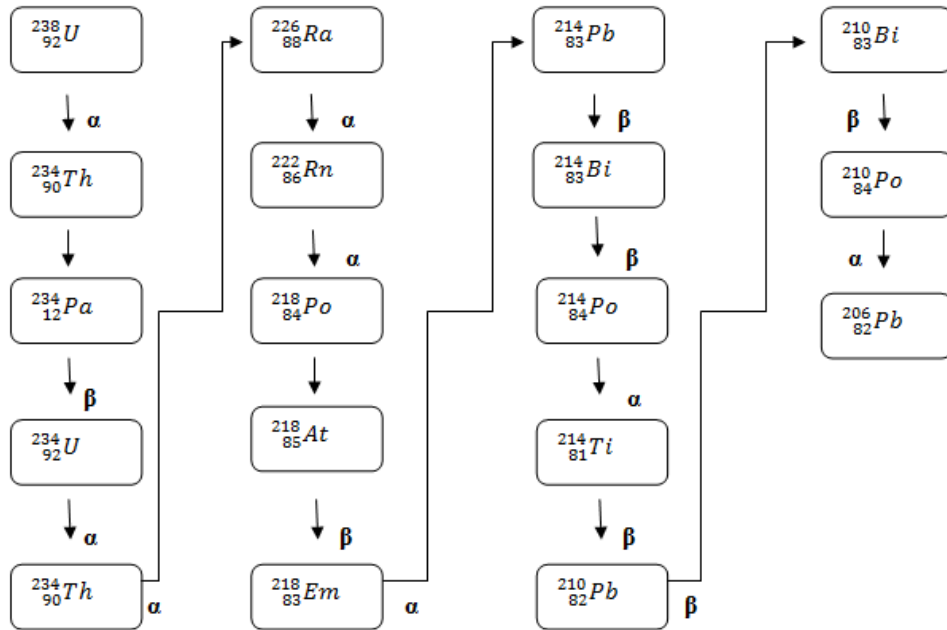
Seri Adı	Türü	Son Çekirdek (Kararlı)	En Uzun Ömürlü Üyesi	
			Çekirdek	Yarı Ömür
Toryum	4n	²⁰⁸ Pb	²³² Th	1.41x10 ¹⁰
Neptünyum	4n+1	²⁰⁹ Bi	²³⁷ Np	2.14x10 ⁶
Uranyum	4n+2	²⁰⁶ Pb	²³⁸ U	4.47x10 ⁹
Aktinyum	4n+3	²⁰⁷ Pb	²³⁵ U	7.04x10 ⁸

2.5.1. Doğal Radyoaktif Seriler

Doğal radyoaktif serilerin tamamı uzun ömürlü bir element ile başlar ve kurşunun (Pb) bir izotopu ile son bulur. Bu serilerin bazı elemanları α ve β^- parçacıkları yayımlayarak bozunur ve bu seriler ^{222}Rn gazının bir izotopunu içerir (Davutoğlu, 2008).

2.5.1.1. Uranyum Serisi

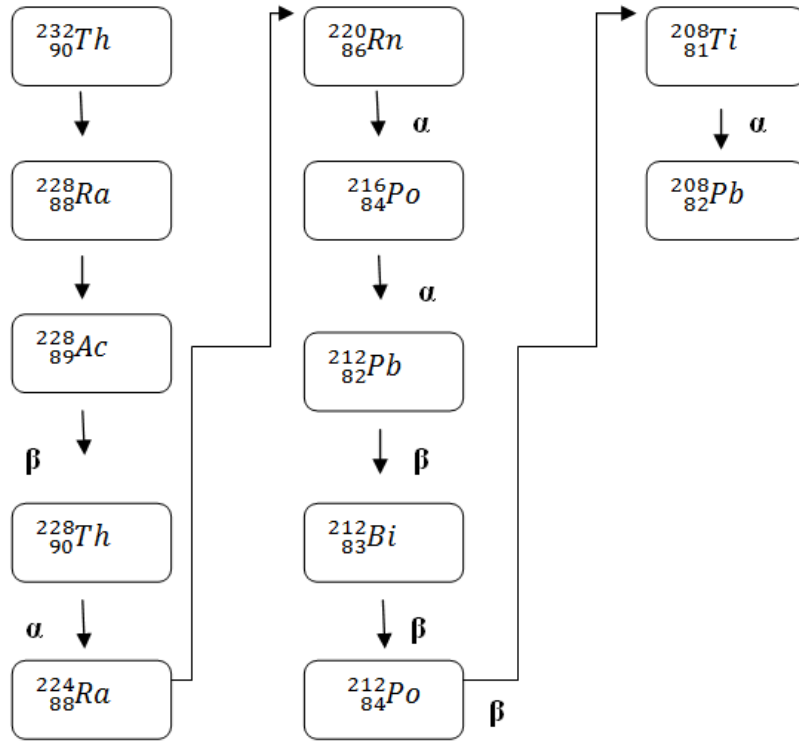
Bu serinin ana elemanı ^{238}U elementidir. Seride bulunan elementler toplamda 6 α ve 8 β ışınması yaparak son ürün olan kararlı ^{206}Pb elementine dönüşür (Gündoğan, 2016). Bu serinin kütle numaraları $4n+2$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada n bir tam sayıdır (Davutoğlu, 2008). Uranyum serisinin şematik gösterimi şekil 2.10' de yer almaktadır.



Şekil 2.10: Uranyum serisi

2.5.1.2. Toryum Serisi

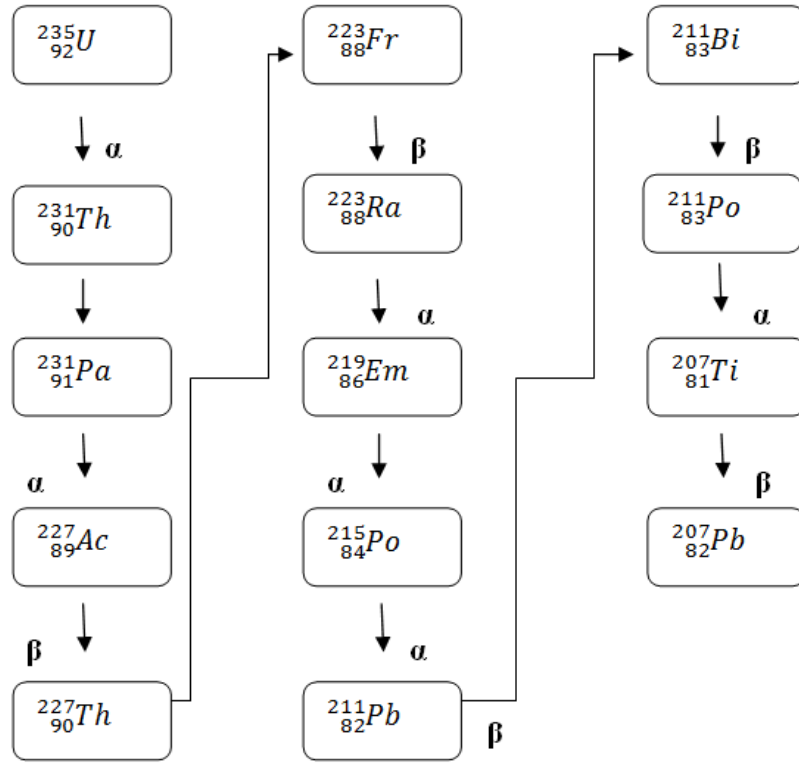
^{232}Th ile başlar ve kararlı ^{208}Pb elementi ile son bulur. Bu serinin kütle numaraları n bir tam sayı olmak üzere $4n$ ile ifade edilir. Şekil 2.11 toryum serisini göstermektedir.



Şekil 2.11: Toryum serisi

2.5.1.3. Aktinyum Serisi

$^{235}_{92}\text{U}$ ile başlayan kütle numarası $4n+3$ ile ifade edilen aktinyum serisi kararlı $^{207}_{82}\text{Pb}$ elementi ile son bulur. Şekil 2.12 aktinyum serisini göstermektedir.

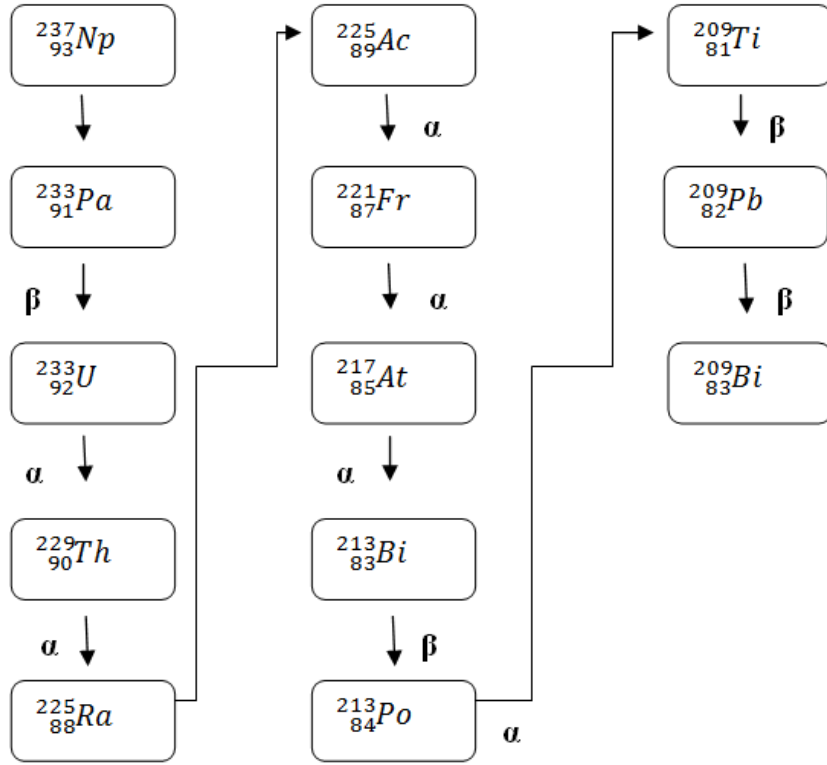


Şekil 2.12: Aktinyum serisi

2.5.2. Yapay radyoaktif seriler

2.5.2.1. Neptünyum Serisi

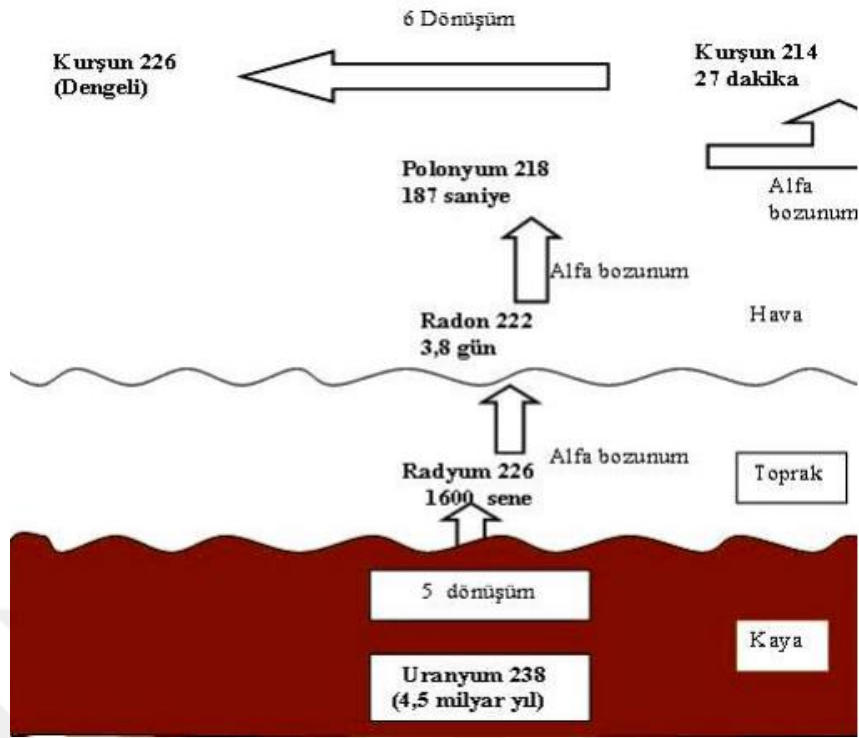
Yapay bir seri olan neptünyum serisi $^{237}_{93}\text{Np}$ ile başlar ve $^{209}_{83}\text{Bi}$ ile son bulur. Bu serinin kütle numaraları $4n+1$ ile ifade edilir. Neptünyum serisi şekil 2.13' de gösterilmiştir.



Şekil 2.13: Neptünyum serisi

2.6. Radon (^{222}Rn)

Doğal radyasyon kaynaklarından alınan radyasyon miktarının en önemli miktarını ^{222}Rn ve onun kısa yarı ömre sahip bozunum ürünleri oluşturmaktadır. Renksiz, tatsız, kokusuz olan ^{222}Rn gazı toplam 28 tane izotopu olan kimyasal bir elementtir. Toprak, kaya ve sulara farklı miktarda bulunan ^{238}U 'in bozunması sonucu oluşur (Dursun, 2016). ^{238}U beş dönüşüm geçirerek ^{226}Ra oluşur ve ^{226}Ra 'nın bozunması sonucu yarı ömrü 3.8 gün olan ^{222}Ra meydana gelir. ^{222}Rn bozunumu sonucunda alfa ışınmasıyla birlikte ^{218}Po 'a dönüşür. Radon ifadesi sadece ^{222}Rn için kullanılır. ^{222}Rn 'nin diğer izotopları Toron, ^{220}Rn ve Aktinon ise ^{219}Rn şeklinde sembolize edilir (Mıhçı, 2008). Şekil 2.14' de ^{222}Rn gazının bozunum şeması yer almaktadır.

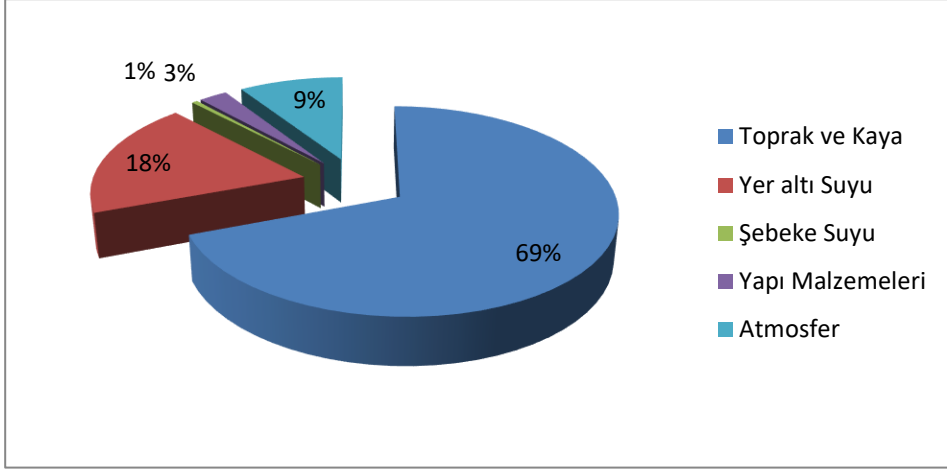


Şekil 2.14: ^{222}Rn gazı bozunumu (Mıhçı, 2008)

Atom numarası 86 olan ^{222}Rn periyodik cetvelin soy gazlar sınıfında yer almaktadır. Donma noktası $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$, kaynama noktası ise $-61.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tır. Bu sebeple oda sıcaklığında gaz halinde bulunmaktadır. Yoğunluğu 9.73 g/L olan ^{222}Rn havadan 7.5 kat hidrojen gazından ise 100 kat daha yoğundur. Doğada saf halde bulunan ^{222}Rn kendiliğinden reaksiyona girememektedir. Genelde yerden 50 cm yükseklikte bulunan ^{222}Rn kapalı ortamlarda birikme eğilimi göstermektedir (Aslangören, 2019).

2.6.1. ^{222}Rn Kaynakları

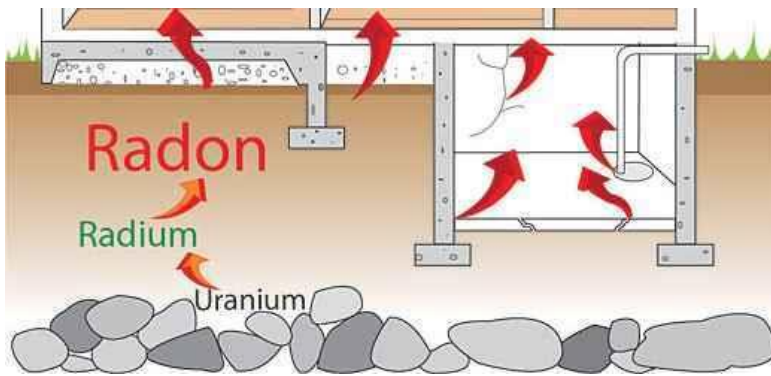
^{222}Rn gazı, bulunduğu bölgenin jeolojik özelliklerine bağlı olarak kayalar ve topraktan ortama yayılmaktadır. Tortul kayaçlar, granit ve volkanik topraklar önemli ^{222}Rn kaynakları olmakla birlikte yer altı suyu, şebeke suyu, yapı malzemeleri ve atmosfer de ^{222}Rn kaynaklarındandır (Aşık, 2019). Şekil 2.15' de ^{222}Rn gazı kaynakları oranları verilmiştir.



Şekil 2.15: ^{222}Rn gazı kaynakları

2.6.1.1. Toprak ve Kayalarda ^{222}Rn

Toprakta bulunan radyonüklidler (^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U ve ^{40}K gibi) toprağın radyoaktif hale gelmesini sağlamaktadır. ^{222}Rn 'nin izotopları olan ^{222}Rn , ^{220}Rn ve ^{219}Rn , ^{238}U , ^{232}Th ve ^{235}U radyoaktif serilerinin üyeleridir. Bu sebeple topraktaki ^{238}U , ^{232}Th ve ^{235}U 'ün varlığı ^{222}Rn konsantrasyonunu etkilemektedir. Şekil 2.16'te toprakta ve kayalarda doğal yollarla bulunan ^{222}Rn , dolaylı olarak bina yapı malzemelerinde de bulunmakta ve zamanla bu malzemelerden ^{222}Rn gazı çıkmasına sebep olmaktadır. ^{235}U diğer radyonüklidlere göre yer kürede daha az miktarda bulunduğundan ^{219}Rn 'ün önemi diğer izotoplara göre daha azdır. Yarı ömrü 3.82 gün olan ^{222}Rn çevreye daha hızlı yayıldığından ^{222}Rn izotopları arasında en fazla öneme sahiptir (Gündoğan, 2016).



Şekil 2.16: ^{222}Rn gazının topraktan binaya sızma yolları (Url-10)

Toprağın sahip olduğu ^{222}Rn konsantrasyonu mevsime göre farklılık göstermektedir. Birçok araştırma sonucuna göre toprak, buz ve karla kaplı iken belli derinlikte yapılan ölçümler, buz ve kar eridikten sonra aynı derinlikte yapılan ölçümlerden daha yüksek bulunmuştur. Kar ve buz eridikten sonra toprak hava almakta ve

atmosfere gaz çıkışı olmaktadır. Dolayısıyla kış aylarında ^{222}Rn konsantrasyonu yüksek iken yaz aylarında ise daha az miktardadır (Aslangören, 2019).

Doğal radyonüklidler tuz, fosfat, granit ve volkanik kayalarda daha fazla miktarda bulunurlar. Bu sebeple bu kayalar zaman içerisinde parçalandığında topraktaki radyoaktivitenin artışına sebep olurlar. Toprağın sahip olduğu doğal radyonüklid oranı çevrenin doğal radyasyon seviyesini değiştirir ve aynı miktarda insanların doğal radyasyona maruz kalmasına sebep olur (Gündoğan, 2016).

2.6.1.2. Sularda ^{222}Rn

Sular, üzerinde aktığı veya etrafında bulunduğu kaya ve toprakla sürekli olarak etkileşim halindedir. Bu nedenle toprağın veya kayaların sahip olduğu radyoaktif izotopların suya geçme olasılığı çok yüksektir. Dolayısıyla toprak ve kayalarda bulunan radyoaktif etmenler suyun radyoaktivitesini önemli derecede etkilemektedir (Gündoğan, 2016).

^{222}Rn konsantrasyonu yüzey sularında düşük miktarlara sahiptir. Özellikle bu miktar içme suyu olarak kullanılan kaynaklarda daha da azalmaktadır. Yüzey suları için ^{222}Rn konsantrasyonu birkaç kBq/m^3 iken en fazla ^{222}Rn konsantrasyonu genellikle çakıl, granitik kum ve granit yapıya sahip yerlerden akan yer altı sularındadır (Ortaç, 2019).

Sularda bulunan ^{222}Rn , suyun kullanılmasıyla birlikte ev içine girmektedir. Suyun sıcaklığının artması ev içine giren ^{222}Rn miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Suda bulunan ^{222}Rn seviyesi ev içi ^{222}Rn seviyesini arttırmaya yetecek kadardır. Çeşmeden akan suyun püskürtülmesi veya çalkalanması ^{222}Rn 'nin eve girişini kolaylaştırmaktadır (Gümbür, 2014).

Yapılan çalışmalar suda bulunan ^{222}Rn miktarının, ev içine sızan ^{222}Rn miktarını etkilediğini ortaya koymuştur. UNSCEAR (Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkilerini Araştırma Bilimsel Komitesi) 2006 raporunda belirtildiğine göre kapalı ortamda biriken ^{222}Rn gazının %0.2'sine yüzey suları sebep olurken % 20'sine yer altı suları sebep olmaktadır (Aslangören, 2019).

2.6.1.3. Yapı Malzemelerinde ²²²Rn

Binalarda bulunan radyoaktivitenin diğeri bir sebebi yapı malzemeleridir. Doğal ve yapay malzemelerden üretilen yapı malzemeleri belli miktarda uranyum, potasyum, toryum ve bu elementlerin radyonüklitlerini içerdiklerinden bina içindeki ²²²Rn seviyesinin artmasını sağlayan en önemli sebeplerden biridir. Yapı malzemelerinden salınan ²²²Rn miktarı maddenin içerdiği radyum oranı, gözenekli olup olmaması, kullanılma miktarı durumuna göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, kullanılan malzemenin gözeneklilik özelliği arttıkça açığa çıkan ²²²Rn miktarında artış gözlenmektedir. Yapılan çalışmalara göre bina içindeki ²²²Rn konsantrasyonuna yapı malzemelerinin katkısının 10 Bq/m³ olduğu gözlemlenmiştir (Aslangören, 2019).

2.6.1.4. Atmosferde ²²²Rn

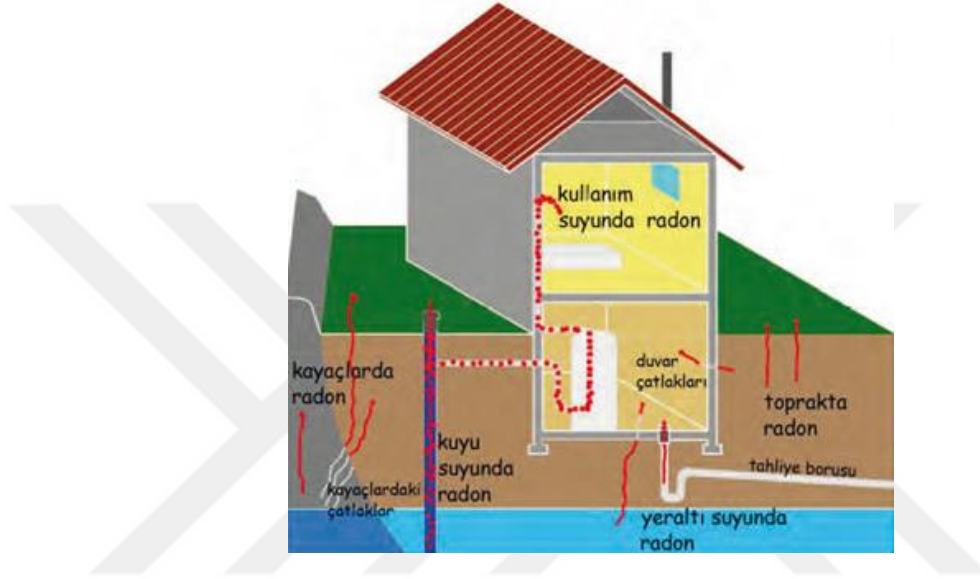
²²²Rn zamanla topraktan, kayalardan ve yapı malzemelerinden iç ve dış atmosfere karışmaktadır. İç ve dış atmosferdeki ²²²Rn yoğunluğu meteorolojik şartlar, bölge, zaman ve yerden yükseklikle değişim göstermektedir. Örneğin, yükseklik arttıkça ²²²Rn konsantrasyonu azalma göstermektedir (Dursun, 2016; Aşık, 2019). Aynı zamanda gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki farkta dış atmosferdeki ²²²Rn konsantrasyonunu değiştirmektedir. Gece havanın soğuması ile birlikte ²²²Rn konsantrasyonu artmakta, gündüz havanın ısınması ile birlikte ²²²Rn konsantrasyonu azalmaktadır (Aslangören, 2019).

İç atmosfer yani evlerde bulunan ²²²Rn gazı konsantrasyonu evin yapımında kullanılan malzemelere, evin altındaki toprağa bağlıdır. Bunun yanında insan aktiviteleri, iklim faktörleri, saat ve mevsim gibi etmenlerde ev içindeki ²²²Rn yoğunluğunu değiştirmektedir. ²²²Rn'nin temel kaynağı toprak olarak kabul edilirse zemine yakın odalarda ²²²Rn konsantrasyonu üst katlarda bulunan odalardaki ²²²Rn konsantrasyonundan daha yüksektir (Mihçı, 2008).

2.7. Kapalı Ortamlarda ²²²Rn

Konut, iş yeri ve okullar insanların zamanının büyük bir kısmını geçirdiği kapalı ortamlardır. İnsanlar zamanının yaklaşık %80'ini bu ortamlarda geçirmektedir. Kapalı ortamlarda bulunan tehlikeli unsurlardan bir kaçısı zehirli gazlar, havada asılı olan partiküller, sigara dumanı, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ve ²²²Rn'dir. ²²²Rn'nin en temel kaynağı binanın temelindeki toprak, kaya ve bina yapımında kullanılan yapı malzemeleridir. Bunların yanında kullanılan maddelerde

bulunan ^{226}Ra miktarı, iç ve dış havanın sıcaklığı, ortamın havalandırılma özelliği ve iklim koşulları da binadaki ^{222}Rn konsantrasyonunu etkilemektedir. Binanın temelindeki kaya ve toprakta ve ya yapı malzemelerinde bulunan ^{222}Rn 'nin binaya girişinin en önemli yolu binanın zemininde ve duvarlarında bulunan çatlaklardan içeri sızmasıdır. Aynı zamanda suda bulunan ^{222}Rn da suyun kullanılmasıyla birlikte bina içine girmektedir (Akyürek, 2017). Şekil 2.17' de ^{222}Rn 'nin binaya giriş yolları gösterilmiştir.



Şekil 2.17: ^{222}Rn 'nin binaya giriş yolları (Url-11)

Evin bulunduğu konuma göre bina içinde biriken ^{222}Rn gazının kaynağı değişmektedir. Örneğin ev, müstakil ev ise ^{222}Rn 'nin ana kaynağı toprak ve kayalardır. Ancak ev bir apartman dairesi ise ^{222}Rn 'nin ana kaynağı yapı malzemeleri ve şebeke suyudur. Zeminden üst katlara gidildikçe ^{222}Rn miktarı azalmaktadır. Bunun sebebi ise havadan daha yoğun olan ^{222}Rn 'nin zeminde birikmesidir (Aslangören, 2019).

Bina içinde biriken ^{222}Rn miktarı için havalandırma önemli rol oynamaktadır. Bodrum katlar havalandırmanın en az olduğu ve zemine en yakın olduğu yerler olduğundan ^{222}Rn birikimi daha fazladır. Evlerin mutfakları havalandırmanın en fazla olduğu yerler olduğundan mutfaklarda ^{222}Rn gazı birikimi diğer yerlere göre nispeten daha azdır. ^{222}Rn miktarını etkileyen diğer faktörler ise hava durumu ve mevsimsel değişikliklerdir. Kış aylarında bina içindeki hava dışarıdaki havadan daha sıcak olduğundan bina içinde oluşan alçak basınç ^{222}Rn yoğunluğunu artırır. Yaz aylarında ise dışarıdaki hava bina içindeki havadan daha sıcak olduğundan dışarıda

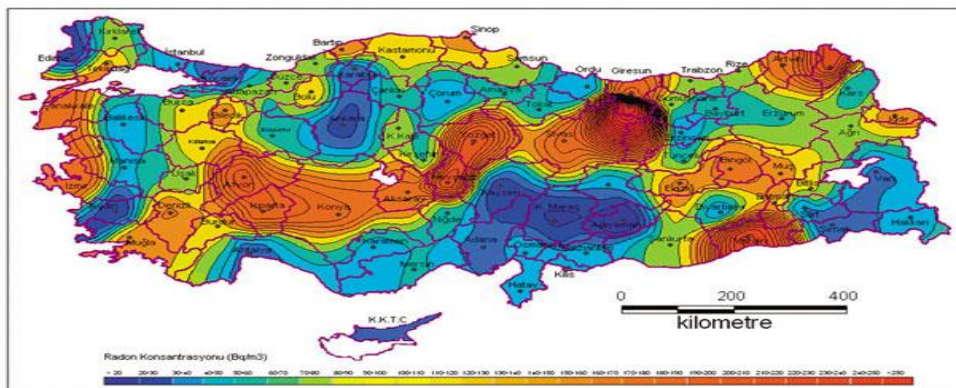
alçak basınç vardır ve alçak basınca doğru oluşan hava akımıyla birlikte bina içindeki ^{222}Rn yoğunluğu azalır. Doğal olarak havalandırılan evlerde hava durumu ^{222}Rn miktarını etkilemektedir. Rüzgarlı havalarda hava akımı fazla olduğundan ^{222}Rn yoğunluğu azalırken, rüzgarsız havalarda hava akımının azalmasıyla birlikte ^{222}Rn yoğunluğu artış göstermektedir (Soğukpınar, 2013).

^{222}Rn gazının insan sağlığı üzerinde etkisi olması sebebiyle dünyada ve ülkemizde bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmış ve uluslar arası kuruluşlar sayesinde evlerde ve iş yerlerinde ^{222}Rn konsantrasyon limitleri belirlenmiştir. Uluslararası Radyasyon Komitesi (ICRP) tarafından ^{222}Rn konsantrasyon limitleri evlerde 200-600 Bq/m³, iş yerlerinde ise 500-1500 Bq/m³ arasında olması gerektiği vurgulanmıştır. Ülkemizde ise bu değer Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Yönetmeliği'nde 400 Bq/m³ olarak belirlenmiştir (Bozkurt, 2008). Bazı ülkelere ait ^{222}Rn konsantrasyon limitleri çizelge 2.3'de olduğu gibidir.

Çizelge 2.3: ^{222}Rn konsantrasyon limitleri (Bq/m³)

TÜRKİYE	400	HİNDİSTAN	150	NORVEÇ	200
AVUSTURALYA	200	İNGİLTERE	200	RUSYA	200
ALMANYA	250	İRLANDA	200	FRANSA	400
ÇİN	200	İSVEÇ	200	A.B.D.	150
DANİMARKA	400	KANADA	800	LÜKSEMBURG	250

Ülkemizde ^{222}Rn gazı ölçümleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ve Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi tarafından 1984 yılında başlatılmış, 2013 yılında son bulmuştur. Toplam 7293 konutta ölçüm yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda Türkiye ^{222}Rn gazı haritası oluşturulmuştur. Türkiye ^{222}Rn gazı haritası şekil 2.18' de olduğu gibidir.



Şekil 2.18: Türkiye ^{222}Rn gazı haritası (Url-12)

Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nin çalışmaları sonucu hazırladığı Türkiye ^{222}Rn Gazı Haritası'na göre Türkiye'nin en fazla ^{222}Rn gazı radyoaktivitesi Giresun Şebinkarahisar bölgesindedir.

2.8. ^{222}Rn Gazının Sağlık Üzerine Etkileri

Evrende var olan tüm canlılar hayatları boyunca radyasyonla yaşamakta ve çeşitli sebeplerden dolayı doğal ve yapay kaynaklardan ışınlanmaktadır. İnsanlar buldukları ortamın fiziksel özellikleri, yaşadıkları bölgenin coğrafik özellikleri ve kendi yaşam standartlarına bağlı olarak yıllık 2.5 mSv doza maruz kalmaktadır. Bu dozun %87'sini doğal kaynaklar oluşturmaktadır. ^{222}Rn ve kısa ömre sahip bozunum ürünleri doğal kaynaklardan alınan dozun büyük bir kısmını oluşturmaktadır. ^{222}Rn 'den alınan yıllık doz değeri 1.3 mSv'tir (Url-13).

Radyoaktif bozunmayla birlikte açığa çıkan ^{222}Rn ürünleri akciğerler tarafından tutulan radyoaktif parçacıklardır. Radyoaktif olan parçacıkların bozunmasıyla açığa çıkan enerji dokuda tahribata zamanla da kansere sebep olmaktadır. Ancak bu durum ^{222}Rn 'ye maruz kalan herkesin kanser olacağı anlamına gelmemektedir. Maruz kalınan yüksek dozda ^{222}Rn gazı kanserin mevcut riskini arttırmakta veya yeni bir risk oluşturmaktadır (Dursun, 2016).

Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR), Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP), Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (EURATOM), Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) gibi kuruluşlar insanların maruz kaldığı radyasyon dozlarını belirlemek amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Çalışmaların sonucunda yüksek miktarda ^{222}Rn gazına maruz kalan bireylerin akciğer kanserine yakalanma riskinin daha fazla olduğunu göstermiştir. İngiltere Milli Radyasyondan Korunma Komitesi (NRPB) İngiltere'deki akciğer kanserli 41.000 bireyden en az 2.500'ünün, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) ise toplam akciğer kanserli bireylerin %10'unun ^{222}Rn 'ye bağlı olarak kanser taşıdığını ortaya koymuştur (Uludağ, 2018).

3. MATARYEL VE METOT

3.1. Kırklareli İlinin Jeolojik Yapısı

Kırklareli ili Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara bölgesinin ise Trakya kesiminde yer almaktadır. 6555 km² toprak büyüklüğüne sahip olan ili kuzeyden Bulgaristan, doğudan Karadeniz, batıdan Edirne, güneyden ise Tekirdağ illeri çevrelemektedir. Kırklareli topraklarının %48'i dağlık %17'si ovalık ve %35' i ise dalgalı arazidir. Bölgenin toprak yapısı 1., 2. ve 3. Jeolojik zamanlarda oluşmuş olup, bu sebeple çeşitli katmanlara sahiptir. Çeşitli bitki örtüsüne sahip olan ilde nemli ve kuru ormanlar, stepler, maki ve kıyı bitkileri bulunmaktadır. Kuzey ve kuzeydoğu doğrultusunda uzanan Yıldız Dağları Kırklareli' ye doğal bir duvar görevi görmektedir (Url-14). Şekil 3.1'deki harita Kırklareli ilini göstermektedir.



Şekil 3.1: Kırklareli İli haritası (Url-15)

3.2. Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi Özellikleri

29 Mayıs 2007 yılında kurulan ve bir devlet üniversitesi olan Kırklareli Üniversitesi 2018 yılı itibari ile bünyesinde 11 fakülte, 1 konservatuar, 3 yüksekokul, 7 meslek yüksek okulu ve 14 uygulama ve araştırma merkezi bulundurmaktadır.

Kırklareli Üniversitesi yerleşim alanı olan ve adını şehrin 14 km kuzeybatısında yer alan Kayalı Baraj gölünden alan Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesinde 1.merkezi derslik ve amfiler binası,1. merkezi derslik ek binası (akademik personel

binası) 2. merkezi derslik ve amfiler binası, merkezi araştırma laboratuvarı binası, kapalı spor salonu, yemekhane, kafeterya binası, açık futbol sahası, rektörlük binası, fitness, açık spor alanları, ve laboratuvar binaları bulunmaktadır. Aynı zamanda 2016 yılında ihalesi yapılan 3. merkezi derslik binasının da inşaatı devam etmektedir (Url-16). Şekil 3.2 ölçüm yapılan Kayalı Yerleşkesi'nin uydu görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 3.2: Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi uydu görüntüsü (Url-17)

3.3. Ölçüm Cihazı ve Özellikleri

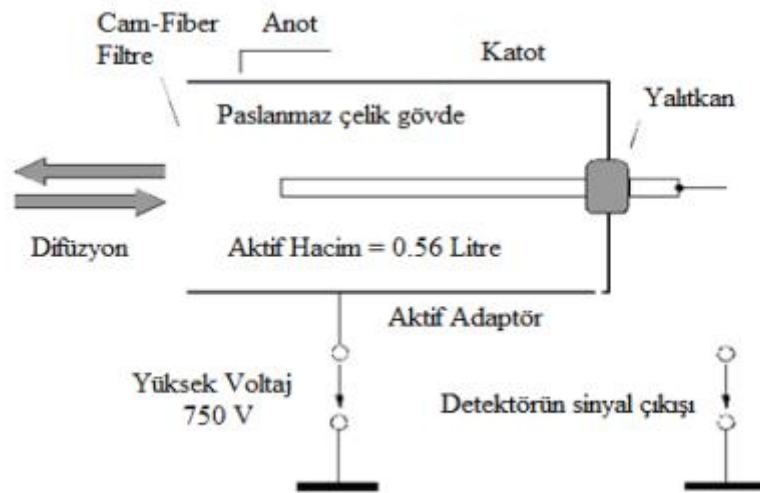
Bu çalışmanın ölçüm sonuçları AlphaGUARD cihazı kullanılarak elde edilmiştir. AlphaGUARD cihazı taşınabilir bir cihaz olup hava, su ve toprakta bulunan ^{222}Rn ve bozunum ürünlerini sürekli olarak ölçmede kullanılmaktadır. Silindirik iyonlaşma odasına sahip AlphaGUARD cihazı (Şekil 3.3) algılama kapasitesi yüksek, ölçme aralığı geniş, ani derişim değişikliğine hızlı bir şekilde tepki veren ve bakımı kolay olan bir cihazdır. İyonlaşma odasının hacmi 0,56 L ve ^{222}Rn konsantrasyonu ölçme aralığı 2- 200 000 000 Bq/m³ tür (Akyürek, 2017).



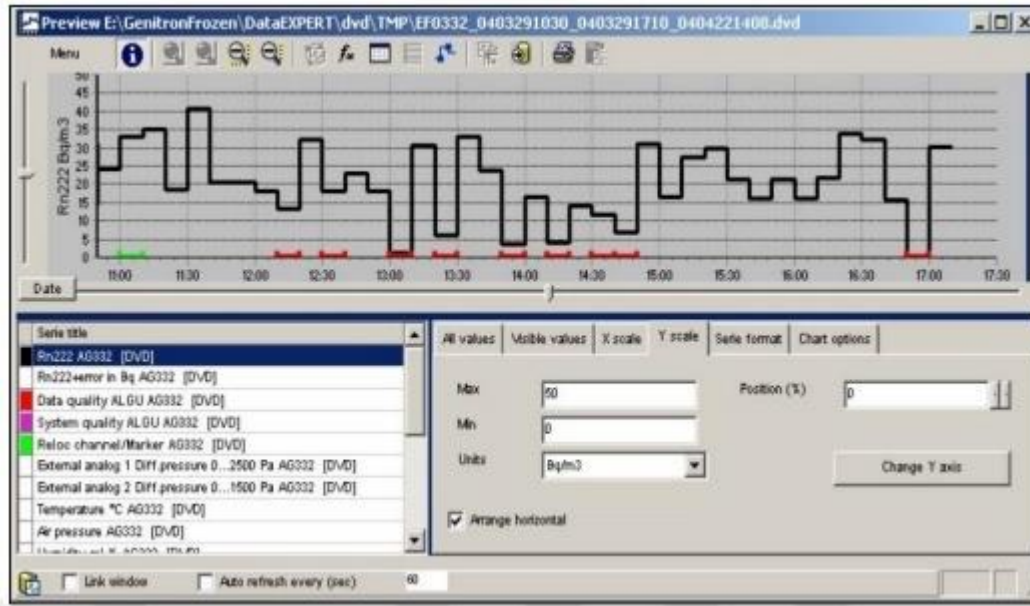
Şekil 3.3: AlphaGUARD Cihazı (Url-18)

Ölçüm sonuçlarını Bq (Becquerel) yani Bq/m^3 cinsinden veren AlphaGUARD cihazı ^{222}Rn konsantrasyon sonuçlarının yanında eş zamanlı olarak ortamın sıcaklığını, atmosfer basıncını ve nemini de ölçmektedir. Bu niceliklerin birimleri sırasıyla $^{\circ}C$, mbar ve %rH'tır (Tüfekcioğlu, 2015).

İyonizasyon odasının şematik gösterimi Şekil 3.4' de görüldüğü gibi olan AlphaGUARD cihazı ^{222}Rn 'yi algılamak için alfa spektroskopisi kullanmaktadır. Burada hava pompa sayesinde iyonizasyon odasına gelir ve alfa spektroskopisinde üretilen sinyal dijital ortamdaki çıktıya dönüştürülür. Bu çıktı cihazın kendisinde veya bilgisayarda saklanmaktadır. İstenildiği takdirde cihaz bir dönüştürücü kullanılarak bilgisayara bağlanır ve veriler şekilsel olarak incelenebilir (Şekil 3.5) (Cingöz, 2019).



Şekil 3.4: İyonizasyon odasının şematik gösterimi (Cingöz, 2019)



Şekil 3.5: DataExpert yazılımında ölçülen değerlerin görüntülenmesi (Cingöz, 2019)

3.4. Ölçüm Yapılacak Odaların Belirlenmesi ve Ölçüm Sonuçlarının Alınması

Bu çalışmanın verileri Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesinde bulunan 1. ve 2. merkezi derslik binaları ve binalara bir koridorla bağlı olan ofis binalarından, rektörlük binasından ve merkezi araştırma laboratuvar binasından toplanmıştır. Binalarda seçilen odaların her katta aynı hizada bulunmalarına dikkat edilmiştir. Çalışmada 1. merkezi derslik binasında 16, 1. merkezi derslik binasına bağlı ofis binasında 19, 2. merkezi derslik binasında 19, 2. merkezi derslik binasına bağlı ofis binasında 24, rektörlük binasında 18 ve merkezi araştırma laboratuvarında 3 oda olmak üzere toplamda 99 odaya AlphaGUARD cihazı bırakılarak ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

Alphaguard cihazı odaya bırakıldıktan sonra ilk olarak cihazın kalibre olması beklenmiştir. Cihazın ilk ölçüm sonucu olan < 30 ibaresi dikkate alınmamıştır.

4. BULGULAR

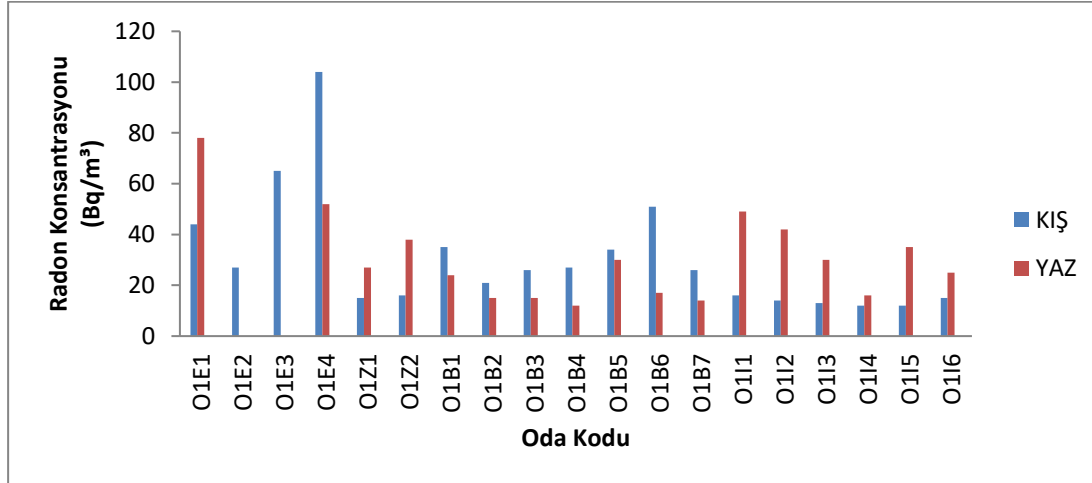
Tez kapsamında Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi'nde bulunan 6 farklı binada ^{222}Rn seviyelerini değerlendirmek için kış ve yaz dönemlerini kapsayan 10'ar dakikalık aralıklarda sonuç alınabilen aktif AlphaGUARD ölçüm tekniği kullanılarak bina içi ^{222}Rn konsantrasyonları (Bq/m^3) belirlenmiştir. Bu ölçüm yöntemiyle ayrıca ^{222}Rn değerleri, sıcaklık, basınç, nem değerleri de belirlenmiştir. Sonuçlar kullanılarak yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1.'de 1. seçilen binada bulunan ofislerde yapılan ölçümlerin ^{222}Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimini göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.1'de 1 numaralı ofis binasının ^{222}Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.1: 1. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
O1E1	44±10	78±17
O1E2	27±8	-
O1E3	65±13	-
O1E4	104±18	52±13
O1Z1	15±8	27±12
O1Z2	16±8	38±18
O1B1	35±11	24±11
O1B2	21±9	15±11
O1B3	26±9	15±10
O1B4	27±8	12±11
O1B5	34±10	30±15
O1B6	51±10	17±11
O1B7	26±9	14±16
O1I1	16±8	49±15
O1I2	14±8	42±17
O1I3	13±3	30±11
O1I4	12±8	16±8
O1I5	12±8	35±10
O1I6	15±8	25±9

*O1: 1. Merkezi Derslik Ofis Binası, E: -1. Kat, Z: Zemin Kat, B:1. Kat, I: 2. Kat, U: 3. Kat
O1E1: 1. Merkezi Derslik Ofis Binası -1. Kat 1 numaralı oda



Şekil 4.1: 1. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi

1. ofis binasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ²²²Rn konsantrasyonu 12±8 Bq/m³, en yüksek ²²²Rn konsantrasyonu 104±18 Bq/m³ değerindedir. Bu değerler yaz mevsiminde ise sırasıyla 12±11 Bq/m³ ve 78±17

Bq/m³'tür. Çizelge 4.2 ise 1. ofis binasının sıcaklık ve nem değerlerinin mevsimsel değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.2: 1. ofis binası sıcaklık(°C) ve neminin(%rH) mevsimlere göre değişimi

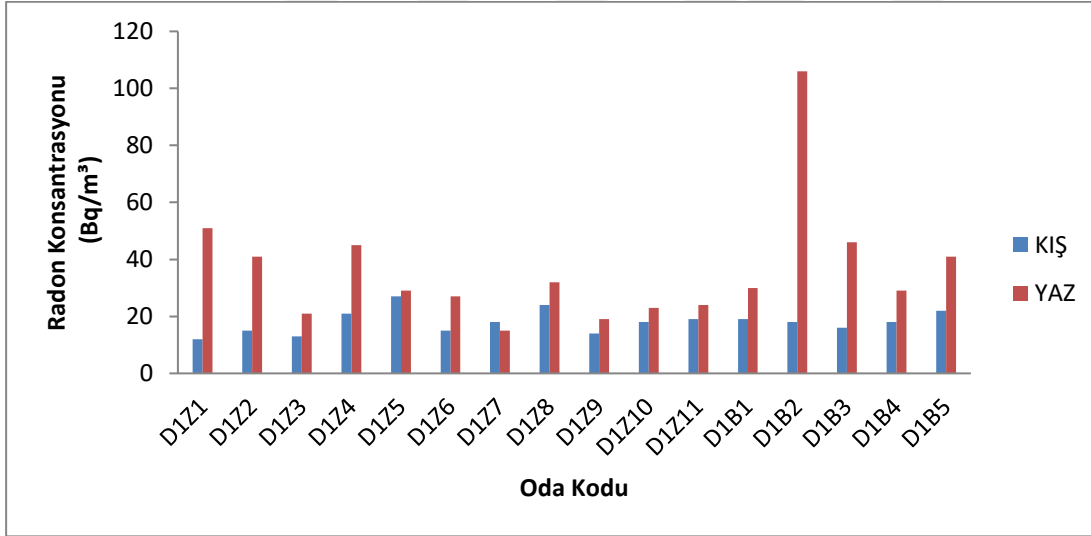
Oda Kodu	Kış		Yaz	
	°C	%rH	°C	%rH
O1E1	24	31	25	58
O1E2	23	29	-	-
O1E3	22	53	-	-
O1E4	19	40	25	59
O1Z1	25	25	28	55
O1Z2	25	27	26	55
O1B1	25	38	29	41
O1B2	26	34	29	41
O1B3	26	37	26	40
O1B4	25	34	27	39
O1B5	26	33	29	41
O1B6	26	37	29	41
O1B7	25	42	27	59
O1I1	26	30	24	46
O1I2	26	31	27	47
O1I3	26	27	27	44
O1I4	23	30	25	47
O1I5	25	31	34	44
O1I6	25	27	32	45

Çizelge 4.3, 1 numaralı derslik binasında yapılan ölçümlerin ²²²Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimini göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.2'de 1 numaralı derslik binasının ²²²Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.3: 1. derslik binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
D1Z1	12±8	51±25
D1Z2	15±3	41±13
D1Z3	13±8	21±9
D1Z4	21±16	45±9
D1Z5	27±9	29±11
D1Z6	15±8	27±9
D1Z7	18±9	15±8
D1Z8	24±9	32±12
D1Z9	14±8	19±9
D1Z10	18±9	23±9
D1Z11	19±9	24±9
D1B1	19±8	30±11
D1B2	18±8	106±22
D1B3	16±9	46±14
D1B4	18±9	29±10
D1B5	22±9	41±13

*D1: 1. Merkezi Derslik Binası



Şekil 4.2: 1. derslik binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi

1.derslik binasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ²²²Rn konsantrasyonu 12±8 Bq/m³, en yüksek ²²²Rn konsantrasyonu 27±9 Bq/m³ değerindedir. Bu değerler yaz mevsiminde ise sırasıyla 15±8 Bq/m³ ve 106±22 Bq/m³'tür. Çizelge 4.4 ise 1. Derslik binası sıcaklık ve neminin mevsimlere göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.4: 1. derslik binası sıcaklık(°C) ve neminin(%rH) mevsimlere göre değişimi

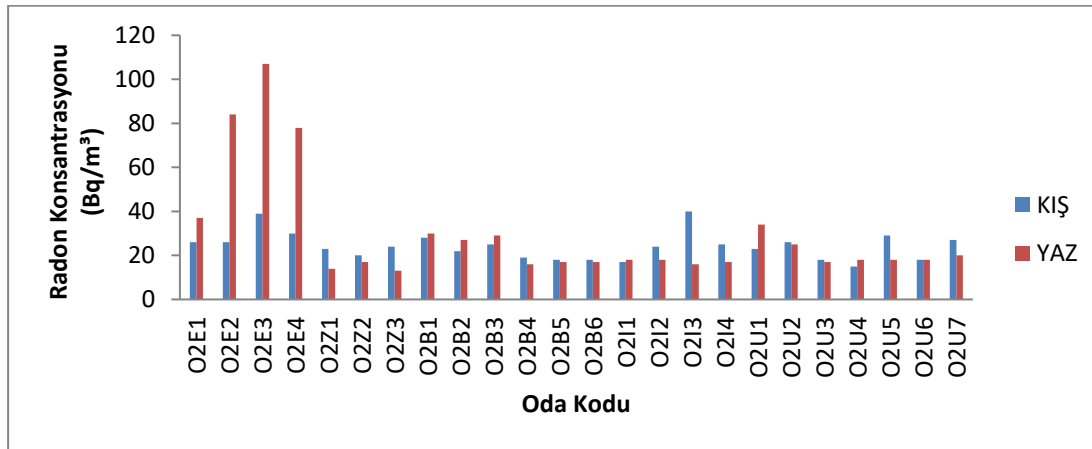
Oda Kodu	Kış		Yaz	
	°C	%rH	°C	%rH
D1Z1	23	25	27	53
D1Z2	26	25	26	46
D1Z3	21	25	25	57
D1Z4	22	27	25	60
D1Z5	20	50	25	61
D1Z6	23	28	25	60
D1Z7	22	47	25	59
D1Z8	24	42	26	48
D1Z9	23	41	25	47
D1Z10	24	43	25	50
D1Z11	24	44	25	48
D1B1	21	47	27	57
D1B2	17	52	26	60
D1B3	21	46	26	59
D1B4	25	41	27	57
D1B5	24	41	27	58

Çizelge 4.5.'de 2. binada bulunan ofislerde yapılan ölçümlerin ²²²Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimi gösterilmektedir. Ayrıca şekil 4.3'de 2 numaralı ofis binasının ²²²Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.5: 2. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
O2E1	26±9	37±6
O2E2	26±5	84±16
O2E3	39±3	107±15
O2E4	30±6	78±10
O2Z1	23±4	14±3
O2Z2	20±7	17±3
O2Z3	24±4	13±2
O2B1	28±8	30±9
O2B2	22±6	27±9
O2B3	25±4	29±5
O2B4	19±6	16±6
O2B5	18±6	17±5
O2B6	18±5	17±5
O2I1	17±6	18±5
O2I2	24±8	18±3
O2I3	40±6	16±9
O2I4	25±4	17±6
O2U1	23±9	34±6
O2U2	26±5	25±4
O2U3	18±6	17±3
O2U4	15±6	18±4
O2U5	29±5	18±3
O2U6	18±7	18±2
O2U7	27±7	20±4

*O2: 2. Merkezi Derslik Ofis Binası



Şekil 4.3: 2. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi

2 numaralı ofis binasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ^{222}Rn konsantrasyonu 15 ± 6 Bq/m³, en yüksek ^{222}Rn konsantrasyonu 40 ± 6 Bq/m³ değerindedir. Bu değerler yaz mevsiminde ise sırasıyla 13 ± 2 Bq/m³ ve 107 ± 15 Bq/m³ tür. Çizelge 4.6 ise 2 numaralı ofis binasının sıcaklık ve nem değerlerinin mevsimlere göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.6: 2. ofis binası sıcaklık(°C) ve neminin(%rH) mevsimlere göre değişimi

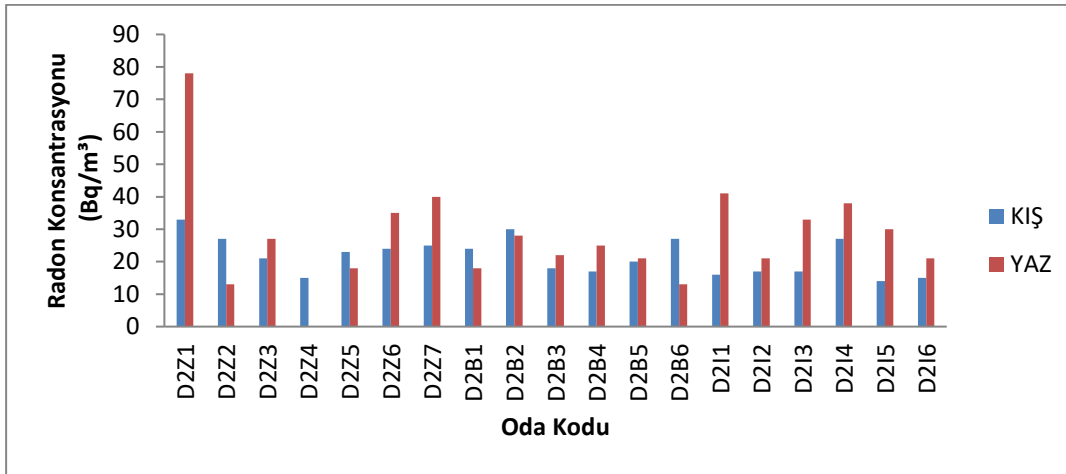
Oda Kodu	Kış		Yaz	
	°C	%rH	°C	%rH
O2E1	12	57	25	63
O2E2	18	48	24	68
O2E3	17	66	24	73
O2E4	14	59	24	67
O2Z1	24	31	27	47
O2Z2	24	36	26	44
O2Z3	24	32	27	44
O2B1	24	32	27	56
O2B2	25	31	26	58
O2B3	26	32	22	53
O2B4	24	30	28	45
O2B5	25	31	26	57
O2B6	25	33	26	58
O2I1	22	59	26	58
O2I2	29	34	26	47
O2I3	25	37	31	47
O2I4	26	36	30	44
O2U1	31	31	24	47
O2U2	25	28	28	49
O2U3	53	46	28	46
O2U4	24	49	28	47
O2U5	27	35	28	47
O2U6	24	36	25	46
O2U7	25	30	28	47

Çizelge 4.7’de 2. derslik binasında yapılan ölçümlerin ^{222}Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimini göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.4’de 2 numaralı derslik binasının ^{222}Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.7: 2. derslik binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
D2Z1	33±7	78±11
D2Z2	27±7	13±4
D2Z3	21±4	27±5
D2Z4	15±7	-
D2Z5	23±8	18±9
D2Z6	24±7	35±10
D2Z7	25±9	40±12
D2B1	24±8	18±16
D2B2	30±10	28±11
D2B3	18±6	22±9
D2B4	17±6	25±11
D2B5	20±9	21±9
D2B6	27±7	13±8
D2I1	16±7	41±15
D2I2	17±3	21±9
D2I3	17±6	33±10
D2I4	27±9	38±12
D2I5	14±8	30±9
D2I6	15±7	21±9

*D2: 2. Merkezi Derslik Binası



Şekil 4.4: 2. derslik binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre değişimi

2 numaralı derslik binasında yapılan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ²²²Rn konsantrasyonu 14±8 Bq/m³, en yüksek ²²²Rn konsantrasyonu 33±7Bq/m³ değerindedir. Bu değerler yaz mevsiminde ise sırasıyla 13±8 Bq/m³ ve 78±11 Bq/m³'tür. Çizelge 4.8 ise 2 numaralı derslik binası sıcaklık ve nem değerlerinin mevsimlere göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.8: 2. derslik binası sıcaklık(°C) ve neminin(%rH) mevsimlere göre değişimi

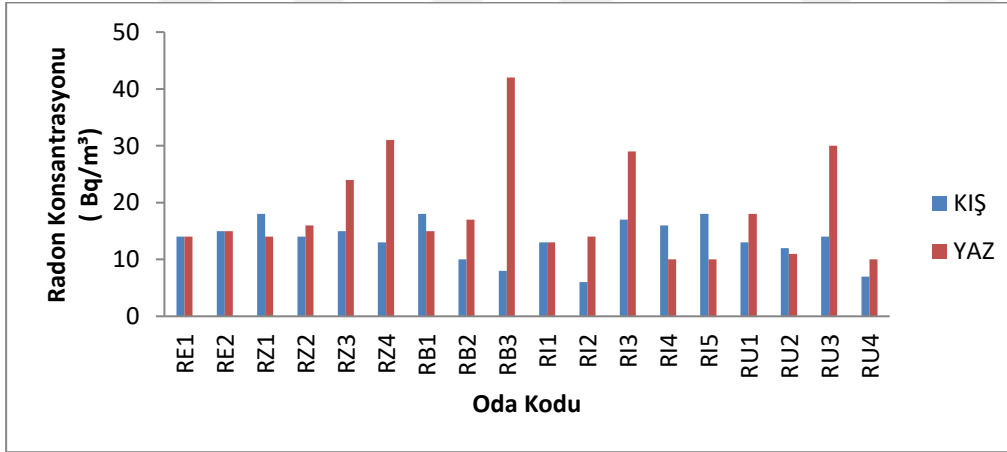
Oda Kodu	Kış		Yaz	
	°C	%rH	°C	%rH
D2Z1	23	29	25	53
D2Z2	22	28	26	44
D2Z3	23	28	25	47
D2Z4	25	32	-	-
D2Z5	20	36	26	67
D2Z6	22	34	26	63
D2Z7	20	37	26	62
D2B1	22	37	27	43
D2B2	22	29	25	50
D2B3	22	29	29	41
D2B4	22	29	25	49
D2B5	22	29	26	45
D2B6	22	36	26	44
D2I1	23	36	28	52
D2I2	23	36	28	49
D2I3	25	28	30	47
D2I4	24	30	29	48
D2I5	23	28	28	50
D2I6	24	28	28	48

Çizelge 4.9 ölçüm yapılan 3. binada bulunan ofislerde yapılan ölçümlerin ²²²Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimini göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.5'de 3 numaralı ofis binasının ²²²Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.9: 3. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
RE1	14±8	14±8
RE2	15±8	15±8
RZ1	18±8	14±8
RZ2	14±8	16±16
RZ3	15±8	24±11
RZ4	13±9	31±10
RB1	18±7	15±8
RB2	10±7	17±9
RB3	8±8	42±13
RI1	13±8	13±11
RI2	6±8	14±8
RI3	17±9	29±15
RI4	16±8	10±8
RI5	18±7	10±15
RU1	13±8	18±9
RU2	12±8	11±8
RU3	14±8	30±11
RU4	7±8	10±8

*R: Rektörlük Binası



Şekil 4.5: 3. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi

3. ofis binasından alınan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ²²²Rn konsantrasyonu 6±8 (Bq/m³), en yüksek ²²²Rn konsantrasyonu 18±7 (Bq/m³)'tür. Bu değerler yaz mevsiminde sırasıyla 11±8(Bq/m³) ve 42±13 (Bq/m³)'tür. Çizelge 4.10 3 numaralı ofis binası sıcaklık ve nem değerlerinin değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.10: 3. ofis binası sıcaklık(°C) ve neminin(%rH) mevsimlere göre değişimi

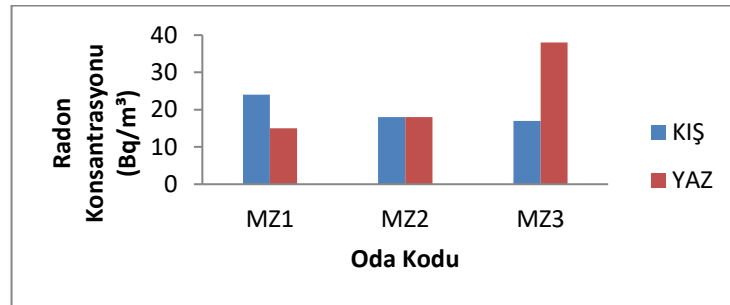
Oda Kodu	Kış		Yaz	
	°C	%rH	°C	%rH
RE1	21	44	25	60
RE2	10	60	26	59
RZ1	24	41	25	66
RZ2	26	40	25	55
RZ3	24	44	24	46
RZ4	25	41	26	57
RB1	24	33	28	48
RB2	20	33	29	42
RB3	24	44	24	49
RI1	21	52	29	42
RI2	24	41	28	49
RI3	25	38	29	47
RI4	23	42	29	49
RI5	23	42	26	47
RU1	23	41	25	50
RU2	24	34	27	50
RU3	24	42	26	47
RU4	22	53	26	52

Çizelge 4.11, 4. binada bulunan ofislerde yapılan ölçümlerin ²²²Rn aktivitelerinin yaz ve kış mevsimlerine göre değişimi verilmiştir. Ayrıca şekil 4.6'de 4 numaralı ofis binasının ²²²Rn konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi verilmektedir.

Çizelge 4.11: 4. Ofis binası ²²²Rn konsantrasyonları

Oda Kodu	Kış ²²² Rn (Bq/m ³)	Yaz ²²² Rn (Bq/m ³)
MZ1	24±11	15±9
MZ2	18±8	18±8
MZ3	17±8	38±12

*M: Merkezi Araştırma Laboratuvarı



Şekil 4.6: 4. ofis binası ²²²Rn konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimine göre değişimi

4 numaralı ofis binasından alınan ölçüm sonuçlarına göre kış mevsiminde en düşük ^{222}Rn konsantrasyonu 17 ± 8 (Bq/m^3), en yüksek ^{222}Rn konsantrasyonu 24 ± 11 (Bq/m^3)'tür. Bu değerler yaz mevsiminde sırasıyla 15 ± 9 (Bq/m^3) ve 38 ± 12 (Bq/m^3)'tür. Çizelge 4.12 4 numaralı ofis binası sıcaklık ve nem değerlerinin mevsimsel değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.12: 4. ofis binası sıcaklık($^{\circ}\text{C}$) ve neminin($\%r\text{H}$) mevsimlere göre değişimi

Oda Kodu	Kış		Yaz	
	$^{\circ}\text{C}$	$\%r\text{H}$	$^{\circ}\text{C}$	$\%r\text{H}$
MZ1	24	44	27	57
MZ2	24	45	28	54
MZ3	21	47	27	55

Çalışmada tüm binalarda elde edilen minimum, maksimum ve ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Buna göre en yüksek ^{222}Rn konsantrasyonu 107 ± 15 Bq/m^3 olarak yaz mevsiminde 2 numaralı ofis binasında elde edilirken, en düşük radon konsantrasyonu 6 ± 8 Bq/m^3 olarak kış mevsiminde 3 numaralı binada ölçülmüştür. Tüm binalar içinde en yüksek bulunan değer binanın bodrum katında ölçülmüş olup, bu odanın depo olarak kullanılması ve hiç havalandırılmaması da dikkat çekmekte ve literatür sonuçları ile uyum sağlamaktadır.

Çizelge 4.13: Mevsimlere göre binalarda ölçülen ^{222}Rn aktiviteleri (Bq/m^3)

Bina Kodu	Kış			Yaz		
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama
O1	12 ± 8	104 ± 18	30.2	12 ± 11	78 ± 17	30.5
D1	12 ± 8	27 ± 9	18.1	15 ± 18	106 ± 22	36.2
O2	15 ± 6	40 ± 6	24.2	13 ± 2	107 ± 15	29.4
D2	14 ± 8	33 ± 7	21.6	13 ± 8	78 ± 11	29
O3	6 ± 8	18 ± 7	13.4	11 ± 8	42 ± 13	18.5
O4	17 ± 8	24 ± 11	19.7	15 ± 9	38 ± 12	23.7

4.1. Bina İçi ^{222}Rn Aktivitesinin Katlara Göre Dağılımı

^{222}Rn gazı bina içerisinde bina yapı malzemeleri başta olmak üzere duvar boşlukları, bina içi çatlaklar, borularda ve bunun gibi birçok yerde bulunabilmektedir. Bina içerisinde bulunan ^{222}Rn gazı havadan yaklaşık olarak 8 kat daha ağırdır ve bu sebeple alt katlarda daha fazla birikmekte ve üst katlara çıkıldıkça azalması beklenmektedir. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurularak yapılan ölçümlerde

farklı katlardan ve özellikle aynı cephe ve konumda bulunan odalar seçilmiştir. Çizelge 4.14 ve 4.15’de ölçüm yapılan binaların katlarının yaz ve kış mevsiminde ortalama ^{222}Rn aktivite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.14: Kış mevsiminde binaların katlara göre ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları (Bq/m^3)

Bina Kodu	-1. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	3. Kat
O1	60	15.5	31.4	13.7	-
D1	-	17.8	18.6	-	-
O2	30.25	22.3	21.7	26.5	22.3
D2	-	24	22.7	17.7	-
O3	14.5	15	12	14	11.5
O4	-	19.7	-	-	-

Çizelge 4.15: Yaz mevsiminde binaların katlara göre ortalama ^{222}Rn konsantrasyonları (Bq/m^3)

Bina Kodu	-1. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	3. Kat
O1	65	32.5	18.1	32.8	-
D1	-	29.7	50.4	-	-
O2	76.5	14.7	22.7	17.25	21.4
D2	-	35.2	21.2	30.7	-
O3	14.5	21.25	24.7	15.2	17.25
O4	-	23.7	-	-	-

Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü’ nde seçilen binalarda yapılan ^{222}Rn gazı ölçümü sonucu elde edilen değerler ile dünya ve Türkiye’de yapılan benzer çalışmalar karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.16). ^{222}Rn gazı konum, ölçüm yapılan bölgenin jeolojik yapısı, konut yapısı ve buna benzer birçok etkene göre değişiklik göstermektedir. Sonuçlar karşılaştırıldığında bu farklılıklar da ölçüm sonuçlarına yansımıştır.

Çizelge 4.16: Çalışmanın dünya ve Türkiye’de yapılan benzer çalışmalar ile karşılaştırılması

Yer	²²² Rn (Bq/m ³)	Kaynak
Manisa (Konut)	47-154	Gültekin ve ark., 2006
Mısır (Kampüs)	24.2-462	Maged, 2009
Adapazarı (Konut)	3-155	Kapdan, 2009
Isparta (Kampüs)	173-324	Bayraktar, 2011
İtalya (Okul)	21-1608	Trevisi ve ark., 2012
Eskişehir (Konut)	25-422	Soğukpınar, 2013
İstanbul (Okul)	40-395	Kurt, 2015
Nevşehir (Okul)	17-219	Akyürek, 2017
İstanbul (Hastahane)	19-53	Günay ve ark., 2018
Sakarya (Kampüs)	0.2-149.5	Çıtlak, 2018
Kuveyt (Okul)	6.04-77.9	Al-Hubail ve Al-Azmi, 2018
Konya (Okul)	25-382	Abaka, 2019
İstanbul (Kampüs)	7-177	Kulalı ve ark., 2019
İstanbul (Kampüs)	5.2-32.5	Günay ve ark., 2019
Kırklareli (Kampüs)	6-107	Bu çalışma

4.2. Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri

4.2.1. Bina içi yıllık etkin doz sonuçları

Bu çalışmada bina içinde yapılan ²²²Rn gazı konsantrasyonları ölçülerek ²²²Rn kaynaklı yıllık etkin doz değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. (UNSCEAR, 2000;Günay ve ark., 2018)

$$YEDE=C_{Rn}.F.EEC.t \quad (4.1)$$

Burada, C_{Rn} , ²²²Rn aktivite konsantrasyonu (Bq/m³); F, bina içi ²²²Rn ürünleri arasındaki denge faktörüdür ve 0.4 olarak verilmektedir (UNSCEAR, 2000).t, maruz kalma süresidir ve bireylerin ortalama olarak günde 8 saatlerini ofiste ya da okulda derste geçirdikleri düşünülürse zamanlarının %33’üne denk gelir. Bu çalışmada bir yıllık zaman diliminde kapalı ortamda geçirilen süre t, 0.33x 8760 saat/yıl olarak alınmıştır (Pişkin, 2016). EEC ise denge eşdeğer ²²²Rn konsantrasyonu değeridir

^{222}Rn için verilen etkin doza çevirme katsayısı; 1 Bqsaat/m³ denge eşdeğer ^{222}Rn konsantrasyonunun solunması ile alınan etkin doz 9 nSv'dir (UNSCEAR, 2000; Kapdan, 2009). Çizelge 4.17, 1 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.17:1 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
O1E1	0.46	0.81
O1E2	0.28	-
O1E3	0.68	-
O1E4	1.08	0.54
O1Z1	0.16	0.28
O1Z2	0.17	0.4
O1B1	0.36	0.25
O1B2	0.22	0.16
O1B3	0.27	0.16
O1B4	0.28	0.12
O1B5	0.35	0.31
O1B6	0.53	0.18
O1B7	0.27	0.15
O1I1	0.17	0.51
O1I2	0.15	0.44
O1I3	0.14	0.31
O1I4	0.12	0.17
O1I5	0.12	0.36
O1I6	0.16	0.26

Ölçüm yapılan 1 numaralı ofis binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.12-1.08 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.12-0.81 mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.18, 1 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.18: 1 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
D1Z1	0.12	0.53
D1Z2	0.16	0.43
D1Z3	0.14	0.22
D1Z4	0.22	0.47
D1Z5	0.28	0.3
D1Z6	0.16	0.28
D1Z7	0.19	0.16
D1Z8	0.25	0.33
D1Z9	0.15	0.2
D1Z10	0.19	0.24
D1Z11	0.2	0.25
D1B1	0.2	0.31
D1B2	0.19	1.1
D1B3	0.17	0.48
D1B4	0.19	0.3
D1B5	0.23	0.43

Ölçüm yapılan 1 numaralı derslik binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.12-0.28 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.2-1.1mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.19, 2 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.19: 2 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
O2E1	0.27	0.39
O2E2	0.27	0.87
O2E3	0.41	1.11
O2E4	0.31	0.81
O2Z1	0.24	0.15
O2Z2	0.21	0.18
O2Z3	0.25	0.14
O2B1	0.29	0.31
O2B2	0.23	0.28
O2B3	0.26	0.3
O2B4	0.2	0.17
O2B5	0.19	0.18
O2B6	0.19	0.18
O2I1	0.18	0.19
O2I2	0.25	0.19
O2I3	0.42	0.17
O2I4	0.26	0.18
O2U1	0.24	0.35
O2U2	0.27	0.26
O2U3	0.19	0.18
O2U4	0.16	0.19
O2U5	0.3	0.19
O2U6	0.19	0.19
O2U7	0.28	0.21

Ölçüm yapılan 2 numaralı ofis binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.16-0.42 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.17-1.11 mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.20, 2 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.20: 2 numaralı derslik binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
D2Z1	0.34	0.81
D2Z2	0.28	0.14
D2Z3	0.22	0.28
D2Z4	0.16	-
D2Z5	0.24	0.19
D2Z6	0.25	0.36
D2Z7	0.26	0.42
D2B1	0.25	0.19
D2B2	0.31	0.29
D2B3	0.19	0.23
D2B4	0.18	0.26
D2B5	0.21	0.22
D2B6	0.28	0.14
D2I1	0.17	0.43
D2I2	0.18	0.22
D2I3	0.18	0.34
D2I4	0.28	0.4
D2I5	0.15	0.31
D2I6	0.16	0.22

Ölçüm yapılan 2 numaralı derslik binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.15-0.34 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.14-0.81 mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.21, 3 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.21: 3 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
RE1	0.15	0.15
RE2	0.16	0.16
RZ1	0.19	0.15
RZ2	0.15	0.17
RZ3	0.16	0.25
RZ4	0.14	0.32
RB1	0.19	0.16
RB2	0.1	0.18
RB3	0.08	0.44
RI1	0.14	0.14
RI2	0.06	0.15
RI3	0.18	0.3
RI4	0.17	0.1
RI5	0.19	0.1
RU1	0.14	0.19
RU2	0.12	0.11
RU3	0.15	0.31
RU4	0.07	0.1

Ölçüm yapılan 3 numaralı ofis binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.06-0.19 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.1-0.44 mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir. Çizelge 4.22, 4 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eşdeğerlerinin kış ve yaz mevsimine göre değişimini göstermektedir.

Çizelge 4.22: 4 numaralı ofis binası yıllık etkin doz eş değerlerinin mevsimsel değişimi (mSv/yıl)

Oda Kodu	Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	
	Kış	Yaz
MZ1	0.25	0.16
MZ2	0.19	0.19
MZ3	0.18	0.4

Ölçüm yapılan 4 numaralı ofis binasında yıllık etkin doz eşdeğeri kış mevsimi için 0.18-0.25 mSv/yıl, yaz mevsimi için 0.16-0.4 mSv/yıl değerleri arasında değişmektedir.

5. SONUÇ

Son yıllarda Dünya’da yapılan çalışmalara bakıldığında akciğer kanserinin sigaradan sonraki en büyük etmeninin ^{222}Rn gazı olduğu ortaya çıkmakta ve akciğer kanseri vakalarının % 3 ile % 14’ünün ^{222}Rn kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde de nüfusun büyük bir kısmına kanser teşhisi konulduğu göz önüne alındığında ve insanların zamanlarının büyük çoğunluğunu kapalı ortamlarda geçirdiği düşünüldüğünde bina içi ^{222}Rn gazı konsantrasyonlarının belirlenmesinin insan sağlığı bakımından önemi ortaya çıkmaktadır. Tüm bunlar gözönüne alınarak çalışmamız kapsamında, Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü’nde bulunan binalarda AlphaGUARD ^{222}Rn ölüm cihazı kullanılarak 2019 yılı Yaz ve Kış mevsimlerinde bina içi ^{222}Rn gazı ölçümleri yapılmıştır. Uluslararası Atom Enerji Kurumu (IAEA) tarafından, bina içi ^{222}Rn için tavsiye edilen düzeyler $200\text{-}600\text{ Bq/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından hazırlanan Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği’ne göre ise evler için izin verilen limit değer 400 Bq/m^3 , işyerleri için 1000 Bq/m^3 ’tür. Çalışmamızda ölçüm noktalarının tümünde dünya genelinde görülen bina içi ^{222}Rn düzeylerini aşan konsantrasyonlara rastlanmamıştır. En yüksek konsantrasyonlar havalandırmanın da az olduğu bodrum katlarda tayin edilmiştir. Buradan da anlaşılan havalandırmanın iyi olduğu binalarda ^{222}Rn gazı seviyesinin belirgin bir şekilde azalmasıdır.

Yüksek ^{222}Rn yoğunluğunun düşürülmesi amacıyla özellikle kapalı ortamlarda ^{222}Rn gazının zamanla birikimini en aza indirmek için periyodik olarak bu ortamların havalandırılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca binaların özellikle bodrum katlarının ^{222}Rn gazından daha az etkilenmesi için binanın gerekli şekilde yalıtılması insan sağlığı açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abaka, M.** (2019). Konya'nın Ilgın İlçesinde Kaplıca ve Okullarda Kapalı Ortam Radon Konsantrasyonunun İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Akyıldırım, H.** (2005). Isparta İlinde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi Ve Haritalandırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Akyıldırım, H.** (2011). Ağır Betonların Nükleer Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Akyürek, S.** (2017). Nevşehir il merkezinde yer alan okullardaki radon gazı derişiminin aktif yöntem ile ölçülmesi ve yıllık etkin radyasyon dozunun değerlendirilmesi, Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Al-Hubail, J., Al- Hazmi, D.** (2018). Radiological assessment of indoor radon concentrations and gamma dose rates in secondary school buildings in Kuwait. *Construction and Building Materials*, Cilt **183**, Sf.1-6.
- Alkan, T., Karadeniz, Ö.** (2014). Indoor 222Rn Levels and Effective Dose Estimation of Academic Staff in Izmir-Turkey. *Biomedical and Environmental Sciences*, Cilt **27**, Sayı.4, Sf.259-267.
- Al-Saleh, F.S.** (2007). Measurements of indoor gamma radiation and radon concentrations in dwellings of Riyadh city, Saudi Arabia. *Applied Radiation and Isotopes*, Cilt **65**, Sayı.7, Sf.843-848.
- Arıkpınar, A.** (2010). İzmir Seferihisar Ve Balçova Jeotermal Bölgelerdeki Binalarda Radon Düzeylerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Aslangören, Z.** (2019). Avşar Ve Karacasu Yerleşkelerinde Bina İçi Katlara Bağlı Radon Gazının Mevsimsel Dağılımı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Aşık, E.** (2019). Trabzon İlindeki Akciğer Kanseri İle Radon Gazı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Uzmanlık Tezi.
- Avşar, Y.** (2015). Kahramanmaraş İl Merkezindeki Bazı İlköğretim Ve Anaokullarında Radon Gazı Ölçümü, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Bahtijari, M., Stegnar, P., Shemsidini, Z., Ajazaj, H., Halimi, Y., Vaupotic, J., Koval, I.** (2007). Seasonal variation of indoor air radon concentration in school in Kosovo. *Radion Measurements*, Cilt **42**, Sayı.2, Sf.286-289.
- Bayraktar, G., Karakılıç, V., Karadem, A., Kürkçüoğlu, M. E.** (2009). S.D.Ü. Sabancı Öğrenci Yurdunda CR-39 dedektörleri kullanarak radon ölçümleri, *X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi*, 6-9 Ekim 2009, 291-301.
- Bayraktar, G.** (2011). Süleyman Demirel Üniversitesi'nde Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Nükleer İz Dedektörleri Kullanılarak Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkurt, V.** (2008). Niğde İlinde Bulunan Tarihi Mekanlardaki Radon Gazı Ölçümleri, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Cingöz, Ş.** (2019). Toprakta Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çelik, S.** (2013). Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü radyasyon korunma programı ve radyasyondan korunma optimizasyonu, Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Medikal Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çıtlak, K.** (2018). Sakarya Üniversitesi Kampüs Bölgesinde Bina İçi Radon Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Davutoğlu, H.** (2018). Radon Gazı Ölçme Metotları, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Demiryuğuran, A.T.** (2018). Kastamonu İli Doğanyurt- Cide İlçeleri Toprak Ve Sahil Kumu Numunelerindeki Doğal Radyasyon Seviyesinin Belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Dursun, E.** (2016). Rize İlinde Akciğer Kanseri Bireylerin Evlerinde Radon Gazı Ölçümleri Ve Akciğer Kanseri Radon Gazı İlişkisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Gelgün, S.** (2010). Kütahya İli Kapalı Mekanların Radon Gazı Konsantrasyonu Ölçümü, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Gültekin, Y., Çam, S., Ereeş, F. S.** (2006). Assesment of dose rates around Manisa (Turkey). *Radiation Measurement*, Sayı.41, Sf.598-601.
- Gümbür, S.** (2014). Kahramanmaraş İlinde Su Örneklerinde Radon Gazı Ölçümü, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Günay, O., Aközcan, S., Kulalı, F.** (2018). Bina içi radon konsantrasyonlarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* Sayı.13, Sf.91-97.
- Günay, O., Aközcan, S., Kulalı, F.** (2019). Measurement of indoor radon concentration and annual effective dose estimation for a university campus in Istanbul, *Arabian Journal of Geosciences*, Sayı.12, Sf.171.
- Gündoğan, A.** (2016). Kilis İli Sularında Radon Gazı Ölçümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Gündoğdu, B.** (2019). Türkiyede Yetiştirilen Farklı Gıda Ürünlerindeki Radyoaktivite Seviyelerinin Gama Spektroskopi Sistemi İle Ölçülmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Günermelikoğlu, K.** (2018). Sakarya Üniversitesi kampüs bölgesinde bina içi radon konsantrasyonunun belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Hacıosmanoğlu, T.** (2017). Doğal ve yapay radyasyon kaynakları, kişisel doza katkıları, *Nucl med Semin*, Sayı.3, Sf.166-171.
- Haner B., Yılmaz, A., Kürkçüoğlu, M., Karadem, A.** (2010). Mencilis (Bulak) Mağarasında radon seviyesi ölçümleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 14, Sayı.3, Sf.218-224.
- Ingvild, E.F., Kolstad, T., Larsson, M., Olsen, B., Prendergast, J., Rudjord, A.L.** (2019). Significant reduction in indoor radon in newly built houses, *Journal of Environmental Radioactivity*, Cilt 196, Sf.259-263.
- Kapdan, E.** (2009). Adapazarı merkezi kış dönemi radon ölçüm ve analizleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kavaz, M.** (2014). Fırat Havzasının Erzincan İl Sınırları İçinde Kalan Kısımındaki Nehir Suyu ve Kıyısındaki Toprakta Doğal Radyasyon Seviyesinin Belirlenmesi, Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kulalı, F., Günay, O., Aközcan, S.** (2019). Determination of indoor radon levels at campuses of Üsküdar and Okan Universities, *International Journal of Environmental Science and Technology*, Sayı.16, Sf. 5281-5284.
- Kurt, A.** (2015). İstanbul İli Fatih İlçesi İlköğretim Okullarında İç Hava Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kutlu, N.** (2016). Hatay İlinde Turizme Açık Cami, Klise, Farklı İbadethaneler, Müze Ve Bazı Turistik Yerlerde Radon Gazı Ölçümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kürkçüoğlu, M.E., Haner, B., Yılmaz, A., Toroğlu, İ.** (2009). Karaelmas Yerleşkesi Merkez Kütüphanesi radon ölçümleri, *SDÜ Fen Dergisi (e-dergi)*, Cilt 4, Sayı.2, Sf.177-188.

- Kürkçüoğlu, M., Bayraktar, G.** (2012). Süleyman Demirel Üniversitesinde bina içi radon konsantrasyonlarının nükleer iz dedektörleri kullanılarak belirlenmesi.*SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt **16**, Sayı.2, Sf.167-183.
- Kürkçüoğlu, M.E., Tozun, F.** (2015). Isparta il merkezindeki iş yerlerinde atmosferik radon ölçümleri.*SDU Journal of Science (e-journal)*, Cilt **10**, Sayı.1, Sf.62-74.
- Lee, C.W., Choi, S., Kim, H.R.** (2018). Analysis and radiation dose assessment of ²²²Rn in indoor air at schools: Case study at Ulju County, Korea.*Nuclear Engineering and Technology*, Cilt **50**, Sayı.5, Sf.806-813.
- Maged, A.** (2009). Estimating the radon concentration in water and indoor air, *Environmental Monitoring and Assessment* Cilt **152**, Sayı. 1-4, Sf.195-201.
- Mihçi, M.** (2008). Sivas Merkez Yerleşiminde Radon Gazı Dağılımının Belirlenmesi Ve Türkiyede Yapılaşma Öncesi Radon Gazı Ölçümüne Yönelik Yönetmelik Taslağı Hazırlanması, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ortaç, E.** (2019). Toprak Radon Gazı (Rn-222), Deprem Ve Meteorolojik Değişkenler Arasındaki İlişkinin Modellenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Örgün, Y., Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Ataksor, B., Çelebi, N.** (2008). Ezine (Çanakkale- Türkiye) kırsal konutlarında katıhal nükleer iz dedektörleri kullanılarak iç mekan radon düzeylerinin belirlenmesi, *Radyasyondan Korunma Dozimetresi*.Cilt **131**, Sayı.3, Sf.379-384.
- Özkan, D.** (2011). Afyonkarahisar Yöresindeki Jeotermal Su Kaynaklarında Bölgesel Radon Gazı Değişimlerinin İncelenmesi, Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Pavlenko, T.A., Los, I.P., Goritsky, A.V., Aksenov, N.V.** (1997). Exposure doses due to indoor ²²²Rn in the Ukraine and basic directions for their decrease.*Radiation Measurements*, Cilt **28**, Sayı. 1-6, Sf.733-738.
- Pişkin, A.** (2016). Ofis Çalışanlarının Radon Gazı Maruziyetinin Nükleer İz Dedektör Yöntemine Göre Belirlenmesi Ve Sağlık Üzerine Etkileri, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.
- Seyis, C.** (2015). Jeolojik, Pedolojik Ve Atmosferik Koşulların Toprak Radon Gazının Hareketine Etkileri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Soğukpınar, H.** (2013). Eskişehir İlinde Kapalı Ortam Radon Yoğunlukları İçin Mevsimsel Düzeltme Faktörlerinin Belirlenmesi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.

- Şahin, E.N.** (2009). Bazı element ve organik moleküllerin X-ışınları kırınımı yöntemi ile tek kristal yapı analizi ve hırshfeld yüzey analizi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kriminalistik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- TAEK** (2012). Kapalı ortamlarda radon gazı (2012/3). Erişim adresi: <https://www.taek.gov.tr/tr/belgeler-formlar/yayinlar/raporlar/Kapal%C4%B1-Ortamlarda-Radon-Gaz%C4%B1-2012/lang,tr-tr/>
- Trevisi, R., Leonardi, F., Simeoni, C., Tonnarini, S., Veschetti, M.** (2012). Indoor radon levels in schools of South-East Italy, *Journal of Environmental Radioactivity*, Cilt **112**, Sf. 160-164.
- Tufaner, F.** (2018). EdiRne il merkezinde ev içi radon konsantrasyonu ölçümleri. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, Cilt **19**, Sayı.1, Sf. 1-8.
- Tüfekçioğlu, F.** (2015). Radon Konsantrasyonlarının Ölçümü Ve Süreksizliklerin Araştırılması, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Türkdoğan, S.** (2017). Kastamonu İnebolu İlçesinin Doğal Radyasyon Seviyesinin Belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Uludağ, N.** (2018). Şile- Kandıra- İzmit Bölgesindeki Kaynak Sularında Radon Gazının İncelenmesi Sakarya Üniversitesi Radon Farkındalık Anketi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Vaupotic, J., & Kobal, I.** (2006). Radon survey and exposure assessment in hospitals. *Radiation Protection Dosimetry*.Cilt **121**, Sayı.2, Sf.158-167.
- Vimercati, L., Fucilli, F., Cavone, D., Maria, L.D., Birtolo, F., Ferri, G.M., Soleo, L., Lovreglio, P.** (2018). Radon Levels in Indoor Environments of the University Hospital in Bari-Apulia Region SoutheRn Italy.*Int. J. Environ. Res. Public Health*, Cilt **15**, Sayı.4, Sf.694.
- Url-1**< <https://www.afad.gov.tr/tr/23711/Radyasyon-Kaynaklari> >, alındığı tarih: 11.09.2019.
- Url-2**<<https://www.afad.gov.tr/tr/23708/Atomun-Yapisi-ve-Izotoplar>> , alındığı tarih: 18.09.2019.
- Url-3**<<http://kimyachi.blogspot.com/2013/12/kararllk-kusag-dogal-ve-yapay.html>>, alındığı tarih: 02.10.2019.
- Url-4**<<https://taek.gov.tr/ogrenci/r02.htm>> , alındığı tarih: 07.10.2019.
- Url-5**<<https://www.taek.gov.tr/ogrenci/r04.htm>> , alındığı tarih: 08.10.2019.
- Url-6**<<https://www.taek.gov.tr/ogrenci/sf4.html>> , alındığı tarih: 09.08.2019.
- Url-7**<<https://www.taek.gov.tr/ogrenci/r05.htm>> , alındığı tarih: 25.11.2019.

- Url-8**<<https://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-46/1087-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>> , alındığı tarih: 01.11.2019.
- Url-9**<<https://docplayer.biz.tr/108553288-Esm-309-nukleer-muhendislik.html>> , alındığı tarih: 25.11.2019.
- Url-10**<<https://www.isgnedir.com/radon-gazinin-tehlikeleri/>>,alındığı tarih: 25.04.2020.
- Url-11**<http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/264/binalarda-radon-ve-saglik-uzerindeki-etkileri_7919.html#.Xe9x7pMzbIU> , alındığı tarih: 10.12.2019.
- Url-12**<<https://www.haber61.net/turkiye-nin-dogal-radyoaktivite-zonlari-ve-cevre-etkileri-makale,3383.html>> , alındığı tarih: 12.12.2019.
- Url-13**<https://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4_02.html> , alındığı tarih: 31.03.2020.
- Url-14**<<http://www.kirklareliilozelidaresi.gov.tr/cografi-konumu>> , alındığı tarih: 06.01.2020.
- Url-15**<http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari3.html>, alındığı tarih: 06.01.2020.
- Url-16** <<http://kalite.klu.edu.tr/>> , alındığı tarih: 06.01.2020.
- Url-17** <<https://www.google.com/maps/place/>>, alındığı tarih: 06.01.2020.
- Url-18**<<https://www.peo-radiation-technology.com/en/medical/alphaguard-professional-radon-monitor-from-saphymo/>> , alındığı tarih: 06.01.2020.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Miray TAMİR DARCAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Kırklareli 27.11.1992

E-Posta : miraytamir@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, Fizik Öğretmenliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Babaeski Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi- Babaeski İMKB Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi/ Fizik Öğretmeni
- Babaeski Atatürk Anadolu Lisesi / Fizik Öğretmeni
- Babaeski Şehit Eran Yenici Anadolu Lisesi / Fizik Öğretmeni
- Babaeski Analiz Özel Öretim Kursu/ Fizik Öğretmeni

TEZDEN TÜRETİLEN SUNUMLAR

- Aközcan, S., Tamir Darcan, M., 2019. Bina İçi Radon Konsantrasyonu Ölçümü, *Trakya Üniversiteler Birliği IV. Lisansüstü Öğrenci Kongresi*, Kasım 14, 2019 Kırklareli, Türkiye