



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ZEOLİT MİNERALLİ FİLTRELERİN DERİN KUYU
SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE SEVİYESİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

NERGİZ BAŞA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2020

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ZEOLİT MİNERALLİ FİLTRELERİN DERİN KUYU
SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE SEVİYESİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

NERGİZ BAŞA

**Bu tez,
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2020

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Nergiz BAŞA tarafından hazırlanan “ZEOLİT MİNERALLİ FİLTRELERİN DERİN KUYU SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE SEVİYESİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 30/01/2020 tarihinde oy birliği ile Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Ü. Erdal KÜÇÜKÖNDER (DANIŞMAN)

Fizik Ana Bilim Dalı,
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Yusuf URAS (ÜYE)

Maden Yatakları ve Jeokimya Ana Bilim Dalı,
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Süleyman KERLİ (ÜYE)

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı,
Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nergiz BAŞA



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ZEOLİT MİNERALLİ FİLTRELERİN DERİN KUYU SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE SEVİYESİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

NERGİZ BAŞA

ÖZET

Radon; Uranyum serisinden olan Radyum elementinin bozunmasıyla meydana gelen renksiz, kokusuz, tatsız radyoaktif bir gaz olup yer kabuğunu oluşturan çeşitli jeolojik yapı taşlarından difüzyon yoluyla yer altı sularına geçer. Sudaki radon aktivitesi, halk sağlığı açısından problem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit mineralli filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılması amaçlandı. Ayrıca zeolit mineralinin derin kuyu sularındaki radon gazı yayılımına olan etkisi araştırıldı ve bu etki ile yeni bir filtre önerisine yönelik çalışmalar yapıldı.

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durrige Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü, ölçüm sonucunda kullanılan zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesine etkisi gözlemlendi. Analizler sonucunda zeolit mineralli filtrelerin ortalama Radon konsantrasyon değerleri $0,00 \pm 1,8$ pCi/L ile $49,9 \pm 33$ pCi/L olarak tespit edildi. Zeolit mineralinin absorpsiyon ve radyoaktif tutuculuğu özelliğinden dolayı zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesi genel olarak azaldığı gözlemlendi. Bu çalışmada bildirilen değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan güvenlik limiti olan 100Bq l^{-1} ($100 \text{Bq l}^{-1} = 2702,70 \text{ pCi/L}$)'nin oldukça altındadır.

Anahtar Kelimeler: Durrige Rad7, Filtre, Radon, Radyoaktivite, Zeolit.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak / 2020

Danışman: Dr. Öğr. Ü. Erdal KÜÇÜKÖNDER

Sayfa sayısı: 60

INVESTIGATION ON THE EFFECT OF ZEOLITE MINERALS FILTERS ON THE LEVEL OF RADIOACTIVITY IN DEEP WELLS

(M.Sc. THESIS)

NERGİZ BAŞA

ABSTRACT

Radon; It is a colorless, odorless, tasteless radioactive gas formed by the decomposition of the element Radium from the uranium series and diffuses from the various geological building stones that form the earth's crust into the groundwater. Radon activity in water is a problem for public health.

In this study, it was aimed to reduce the radioactivity level in the waters by using carbon, boron and zeolite mineral filters on 12 well water samples obtained from 12 different locations in Onikişubat district of Kahramanmaraş province. In addition, the effect of zeolite mineral on radon gas emission in deep well water was investigated and studies were made to propose a new filter with this effect.

In this study, the radon gas concentrations of water samples before and after filtration were measured with Durrige Rad 7 active meter, and the effect of zeolite doped filters on the radioactivity level was observed. As a result of the analyzes, the mean Radon concentration values of zeolite mineral filters were found to be 0.00 ± 1.8 pCi / L and 49.9 ± 33 pCi / L. Due to the absorption and radioactive properties of the zeolite mineral, the radioactivity level of zeolite doped filters was generally decreased. The values reported in this study are well below the 100Bq l^{-1} ($100\text{Bq l}^{-1}=2702,70$ pCi/L) safety limit set by the World Health Organization (WHO).

Key words: Durrige Rad7, Filter, Radon, Radioactivity, Zeolite.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Materials Science and Engineering, January / 2020

Supervisor: Dr. Öğr. Ü. Erdal KÜÇÜKÖNDER

Page Numbers: 60

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőması sűresince engin bilgi ve tecrűbelerinden faydalandıđım ve çalıőmamın her aőamasında sađladıđı bilimsel katkılardan dolayı Dr. Őđr. Őyesi Erdal KŪŪKŪNDER'e ve diđer bŵlum hocalarıma, tŵm çalıőmalarım sűresince deđerli gŵrűő ve fikirlerini benimle paylaőan Zeynep ASLANGŪREN'e teőekkŵr ederim.

Numunelerin temini için Eti Maden İőletmeleri Genel Mŵdŵrlŵđŵne, zeolit numunesi için Gordes Zeolite Madencilik űirketine ilgisi için Őzge Akgŵl hanımefendiye, teőekkŵr ederim.

Son olarak, bu gŵnlere gelmemde her tŵrlŵ maddi ve manevi desteklerini gŵrdŵđŵm aileme ve eőime sonsuz teőekkŵrlerimi sunarım.

NERGİZ BAŞA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Radyoaktivite	2
1.1.1. Radyoaktivite birimleri	2
1.2. Radyoaktif Seriler	2
1.2.1. Doğal seriler	3
1.2.1.1. Uranyum serisi	3
1.2.1.2. Toryum serisi	4
1.2.1.3. Aktinyum serisi	4
1.2.2. Yapay seriler	5
1.2.2.1. Neptinyum serisi	5
1.3. Radyasyon	6
1.3.1. İyonlaştırıcı radyasyon	7
1.3.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon	7
1.3.3. Radyasyon kaynakları	7
1.3.3.1. Doğal radyasyon kaynakları	8
1.3.3.2. Yapay radyasyon kaynakları	8
1.4. Radon	9
1.4.1. Radonun bulunduğu yerler	11
1.4.1.1. Toprakta radon	11
1.4.1.2. Sularda radon	11
1.4.1.3. Radon gazının sağlık üzerine olası etkileri	12
1.4.3. Radon ölçüm metotları	13
1.4.3.1. İyonizasyon odası	13
1.4.3.2. Kollektör yöntemi	13
1.4.3.3. Lucas hücresi	14
1.4.3.4. İz kazıma yöntemi	14
1.4.3.5. Elektrostatik toplama yöntemi	15
1.4.3.6. Filtre yöntemi	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	16

3. MATERYAL-METOT	18
3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	18
3.2. Durrıdge Rad7 Elektronik Radon Detektörü Algılayıcısı Ve Yapısı	20
3.3. Zeolit.....	21
3.4. Deneysel Çalışma	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	59



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Elektromanyetik dalga spektrumu	6
Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları	7
Şekil 1.3. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri	8
Şekil 1.4. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri	9
Şekil 1.5. Uranyum serisi	10
Şekil 3.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası	19
Şekil 3.2. Çalışma alanının uydu görüntüsü.....	19
Şekil 3.3. Rad H ₂ O aksesuarı şematik diyagramı	20
Şekil 3.4. Filtrelere birer örnek.....	25
Şekil 3.5. Filtrelerden örnek gösterimi.....	26
Şekil 3.6. Durridge Rad H ₂ O aksesuarı ile radon ölçümü.....	26
Şekil 4.1. 1 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri.....	32
Şekil 4.2. 1.1. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	32
Şekil 4.3. 1.2. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	
Şekil 4.4. 1.3. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	33
Şekil 4.5. 1.4. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	34
Şekil 4.6. 1.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	34
Şekil 4.7. 1.6. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	35
Şekil 4.8. 1.7. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	35
Şekil 4.9. 2 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri.....	36
Şekil 4.10. 2.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	36

Şekil 4.11. 2.2. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	37
Şekil 4.12. 2.3. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	37
Şekil 4.13. 2.4. numunenin radon konsantrasyon değerleri	38
Şekil 4.14. 2.5. numunenin radon konsantrasyon değerleri	38
Şekil 4.15. 2.6. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	39
Şekil 4.16. 2.7. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	39
Şekil 4.17. 3 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri.....	40
Şekil 4.18 3.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	40
Şekil 4.19. 3.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	41
Şekil 4.20. 3.3 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	41
Şekil 4.21. 3.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	42
Şekil 4.22. 3.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	42
Şekil 4.23. 3.6 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	43
Şekil 4.24. 3.7 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	43
Şekil 4.25. 4 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri.....	44
Şekil 4.26. 4.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	44
Şekil 4.27. 4.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	45
Şekil 4.28. 4.3 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	45
Şekil 4.29. 4.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	46
Şekil 4.30. 4.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	46
Şekil 4.31. 4.6 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	47
Şekil 4.32. 4.7 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	47
Şekil 4.33. 5 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri.....	48
Şekil 4.34. 5.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	48
Şekil 4.35. 5.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	49

Şekil 4.36. 7.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	49
Şekil 4.37. 12.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri	50
Şekil 5.1. Türkiye radon gazı haritası	52



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.2. Uranyum serisi ürünleri	3
Çizelge 1.3. Toryum serisi ürünleri	4
Çizelge 1.4. Aktinyum serisi ürünleri ve yarı ömürleri	5
Çizelge 1.5. Neptinyum serisi ürünleri ve yarı ömürleri	6
Çizelge 1.6. U.S Environmental Protection Agency (EPA)'nın içme sularında 226Ra ve 222Rn konsantrasyonu için izin verilebilir üst sınır değerleri	12
Çizelge 1.7. Radon konsantrasyon limitleri (Bq/m ³) (URL 2)	13
Çizelge 3.1. Durridge rad7 elektronik radon detektörü özellikleri.....	21
Çizelge 3.2. Doğal zeolitler ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar....	22
Çizelge 3.3. Klipnotilolite ait bazı özellikler	23
Çizelge 3.4. Filtre birleşiminde kullanılan malzemelerin miktarları.....	25
Çizelge 4.1. Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)27	27
Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor).....	28
Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor).....	29
Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor).....	30
Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor).....	31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bq	: Bequerel
Bq/l	: Bequerel/lite
Ci	: Curie
Pci	: Pikocurie
pCi/l	: Pikocurie/lite
g/l	: Gram/litre
L	: Litre
ml	: Mililitre
mSv	: Milisievert
UV	: Ultraviyole
Ppm	: Milyonda bir birim
α	: Alfa
β	: Beta
$^{\circ}\text{C}$: Santigrad derece
^{226}Ra	: Radyum
^{222}Rn	: Radon
^{238}U	: Uranyum
^{220}Rn	: Toron
^{219}Rn	: Aktinon
^{206}Pb	: Kurşun
^{212}Bi	: Bizmut
^{235}U	: Aktinyum

²³²Th : Toryum

²³⁷Np : Neptünyum

²¹²Po : Polonyum

UNSCEAR : Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi

WHO : Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)

ICRP : Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi

TAEK : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

IAEA : Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

EPA : Çevre Koruma Ajansı

1.GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bugüne dek yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonun etkisine maruz kalmaktadır. Radyoaktif çekirdeklerin kararlı hale dönerken yaydıkları enerji olarak tanımlanır ve yaptığı etki bakımından iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır [1,2]. Doğal kaynaklardan ortaya çıkan iyonlaştırıcı radyasyonun hücrelere nüfuz etme özelliğinden dolayı sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir [3].

Radyasyon adeta hayatımızın bir parçası, uzay ve/veya güneşten gelen kozmik ışınlar ile yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar gibi doğal kaynaklardan ışınlanmaktadır. Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni, radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Radon gazından dolayı maruz kalınan doz %50 gibi bir paya sahip olup yaklaşık yıllık doz 1,3 mSv'dir. İnsanlar, yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağılı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yılda yaklaşık 2,4 mSv radyasyon dozuna maruz kalmaktadır [4,5].

Radon; Uranyum serisinden olan Radyum elementinin bozunmasıyla meydana gelen renksiz, kokusuz, tatsız radyoaktif bir gaz olup yer kabuğunu oluşturan çeşitli jeolojik yapı taşlarından difüzyon yoluyla yer altı sularına geçer. Su, canlılar için yaşam kaynağıdır. Bu sebeptendir ki suyun kaliteli olması ve insanlar için tehdit oluşturmaması istenir. Doğal su kaynakları, radyasyon açısından sağlığa zararlı doğal radyoaktif elementler içerir, dolayısıyla da bu durum, halk sağlığı bakımından oldukça önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husustur [6]. Bu doğal radyoaktif çekirdeklerden ²²²Rn, insanların içme sularını kullanmasıyla maruz kaldıkları radyasyon dozunun en büyük sebebidir [7]. ²²²Rn ve onun kısa yarı ömürlü ürünlerinden kaynaklanan radyasyon maruziyetinin kanser riskini artırdığı düşünölmektedir [8,5,9,10].

Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş şehrinde farklı lokasyonlardan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit mineralli filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapıldı. Ayrıca zeolit mineralinin derin kuyu sularındaki radon gazı yayılımına olan etkisi araştırıldı ve bu etki ile yeni bir filtre önerisine yönelik çalışmalar yapıldı.

1.1. Radyoaktivite

Radyoaktivite, bir çekirdeğin bir ışın ya da partikül yayınlarken başka bir çekirdeğe dönüşmesi olayıdır ve radyoaktif ışın yayan maddelere de radyoaktif maddeler denir [5].

Radyoaktivite, 1896 yılında Henri Becquerel tarafından tesadüfen keşfedilmiştir. Daha sonraki dönemlerde Madam Curie ve diğer bilim insanları tarafından yapılan araştırmalar sonucunda yeni gelişmelere zemin hazırlamıştır [11].

Radyoaktivite kontrol edilemeyen bir olaydır. Herhangi bir şekilde müdahale edilip yavaşlatılamaz ve/veya durdurulamaz. Üstel bir fonksiyon şeklinde azalarak kendiliğinden tükeninceye kadar devam eder. İnsan vücudunun olduğu gibi, birçok nesnenin de içinden geçebilir. Yalnızca toprağın, kayaların ve özellikle kurşunun içinden rahatça geçemez [12,13]. Doğal veya yapay her radyoaktif çekirdeğin kendine özgü bir bozulma ve parçalanma şekli vardır. Bu olaylar, çekirdeğin parçalanma hızı, çekirdeğin yaydığı radyasyon cinsine, enerjisine bağlı olarak değişir [5].

1.1.1. Radyoaktivite birimleri

Radyoaktivite'nin birimi birim zamandaki parçalanma sayısı olarak tanımlanır.

Curie (Ci): Bir saniyede $3,7 \times 10^{10}$ bozunma gerçekleştiren radyoaktif cismin aktivitesi olarak tanımlanır.

Becquerel (Bq): Bir saniyede bir bozunma gerçekleştiren radyoaktif cismin aktivitesi olarak tanımlanır. Becquerel ile radyoaktivite geleneksel birimi olan Curie (Ci) arasındaki bağıntı $1 \text{ Bq} = 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$ (ya da $3,7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 1 \text{ Ci}$) şeklinde ifade edilir.

Rutherford (Rd): Bir saniyede 10^6 bozunma gerçekleştiren radyoaktif cismin aktivitesi olarak tanımlanır [14].

1.2. Radyoaktif Seriler

Doğada 3'ü doğal ve 1'i yapay olmak üzere dört radyoaktif seri vardır. $Z=81$ ile $Z=92$ arasında olan radyoaktif izotoplar A kütle numaralarına bağlı olarak bu dört radyoaktif seriden birine dahildirler [14, 15]. Çizelge 1.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Radyoaktif seriler [15]

Kütle Numarası	Seriler	Ana Çekirdek	Yarı Ömür (Yıl)
A= 4n	Toryum Serisi	${}^{232}_{90}\text{Th}$	$1,39 \cdot 10^{10}$
A= 4n+1	Neptinyum Serisi	${}^{237}_{93}\text{Np}$	$2,25 \cdot 10^6$
A= 4n+2	Uranyum Serisi	${}^{238}_{92}\text{U}$	$4,51 \cdot 10^9$
A= 4n+3	Aktinyum Serisi	${}^{235}_{92}\text{U}$	$7,07 \cdot 10^8$

1.2.1. Doğal seriler

1.2.1.1. Uranyum serisi

Uranyum serisi ${}^{238}_{92}\text{U}$ ile başlar. Alfa ve beta parçacıkları yayınlamaya kurşunun bir izotopu olan ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ kararlı atomuna dönüşür. Bu serinin kütle sayıları (4n+2) şeklindedir (n bir tamsayıdır). Uranyum serisinin ürünleri Çizelge 1.2’de gösterilmiştir

Çizelge 1.2. Uranyum serisi ürünleri [14]

Çekirdek	Yarı Ömür	Yayınladığı Parçacık Türü	Bozunum Ürünleri
${}^{238}\text{U}$	$4.5 \cdot 10^9$ yıl	α	${}^{234}\text{Th}$
${}^{234}\text{Th}$	24.1 gün	β^-	${}^{234}\text{Pa}$
${}^{234}\text{Pa}$	6.7 saat	β^-	${}^{234}\text{U}$
${}^{234}\text{U}$	$2.67 \cdot 10^5$ yıl	α	${}^{230}\text{Th}$
${}^{230}\text{Th}$	$8 \cdot 10^4$ yıl	α	${}^{226}\text{Ra}$
${}^{226}\text{Ra}$	1620 yıl	α	${}^{222}\text{Rn}$
${}^{222}\text{Rn}$	3.82 gün	α	${}^{218}\text{Po}$
${}^{218}\text{Po}$	3.05 dakika	α	${}^{214}\text{Pb}$
		β^-	${}^{218}\text{At}$
${}^{218}\text{At}$	1.5-2.0 saniye	α	${}^{214}\text{Bi}$
		β^-	${}^{218}\text{Rn}$
${}^{218}\text{Rn}$	0.019 saniye	α	${}^{214}\text{Po}$
${}^{214}\text{Pb}$	26.8 dakika	β^-	${}^{214}\text{Bi}$
${}^{214}\text{Bi}$	19.7 dakika	β^-	${}^{214}\text{Po}$
		α	${}^{210}\text{Tl}$
${}^{214}\text{Po}$	$15 \cdot 10^{-4}$ saniye	α	${}^{210}\text{Pb}$
${}^{210}\text{Tl}$	1.32 dakika	β^-	${}^{210}\text{Pb}$

Çizelge 1.2. Devamı

Çekirdek	Yarı Ömür	Yayınladığı Parçacık Türü	Bozunum Ürünleri
^{210}Pb	22 yıl	β^-	^{210}Bi
^{210}Bi	5 gün	β^- α	^{210}Po ^{206}Tl
^{210}Po	138.40 gün	α	^{206}Pb
^{206}Tl	4.2 dakika	β^-	^{206}Pb
^{206}Pb	Kararlı	-	-

1.2.1.2. Toryum serisi

^{232}Th ile başlar, alfa ve beta parçacığı yayınlarken kurşunun bir izotopu olan ^{208}Pb 'a dönüşür. Serinin başında bulunan elementin kütle numarası $4n$ sayısı dizisi ile gösterilir. Çizelge 1.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Toryum serisi ürünleri [14,5]

Çekirdek	Yarı Ömür	Yayınladığı Parçacık Türü	Bozunum Ürünleri
^{232}Th	$1.39 \cdot 10^{10}$ yıl	α	^{228}Ra
^{228}Ra	6.7 yıl	β^-	^{228}Ac
^{228}Ac	6.13 saat	β^-	^{228}Th
^{228}Th	1.91 yıl	α	^{224}Ra
^{224}Ra	3.64 gün	α	^{220}Rn
^{220}Rn	5.15 saniye	α	^{216}Po
^{216}Po	0.16 saniye	α	^{212}Pb
^{212}Pb	10.6 saat	β^-	^{212}Bi
^{212}Bi	60.5 dakika	β^- α	^{212}Po ^{208}Tl
^{212}Po	$3.0 \cdot 10^{-7}$ saniye	α	^{208}Pb
^{208}Tl	3.10 dakika	β^-	^{208}Pb
^{208}Pb	Kararlı	-	-

1.2.1.3. Aktinyum serisi

^{235}U ile başlar, alfa ve beta parçacığı yaymak suretiyle, ^{207}Pb kurşunun bir izotopuna dönüşür. Serinin başında bulunan elementin kütle numarası $4n+3$ sayısı dizisi ile gösterilir. Çizelge 1.4 de gösterilmiştir [15].

Çizelge 1.4. Aktinyum serisi ürünleri ve yarı ömürleri [14]

Çekirdek	Yarı Ömür	Yayınladığı Parçacık Türü	Bozunum Ürünleri
²³⁵ U	7.15*10 ⁸ yıl	α	²³¹ Th
²³¹ Th	25.64 saat	β -	²³¹ Pa
²³¹ Pa	3.43*10 ⁴ yıl	α	²²⁷ Ac
²²⁷ Ac	21.8 yıl	α β -	²²⁷ Th ²²³ Fr
²²⁷ Th	18.4 gün	α	²²³ Ra
²²³ Fr	21 dakika	β - α	²²³ Ra ²¹⁹ At
²²³ Ra	11.68 gün	α	²¹⁹ Rn
²¹⁹ At	0.9 dakika	α β -	²¹⁵ Bi ²¹⁹ Rn
²¹⁹ Rn	3.92 saniye	α	²¹⁵ Po
²¹⁵ Bi	8 dakika	β -	²¹⁵ At
²¹⁵ Po	1.83.10 ⁻² sn	α β -	²¹¹ Pb ²¹⁵ At
²¹⁵ At	10 ⁻⁴ saniye	α	²¹¹ Bi
²¹¹ Pb	36.1 dakika	β -	²¹¹ Bi
²¹¹ Bi	2.16 dakika	β - α	²⁰⁷ Tl ²¹¹ Po
²¹¹ Po	0.52 saniye	α	²⁰⁷ Pb
²⁰⁷ Tl	4.78 dakika	β -	²⁰⁷ Pb
²⁰⁷ Pb	Kararlı	-	-

1.2.2. Yapay seriler

1.2.2.1. Neptinyum serisi

Yapay bir seridir ve ²³⁷Np ile başlar. Seri, ²⁰⁹Bi izotopu ile son bulur ve serinin başında bulunan elementin kütle numarası 4n+1 sayı dizisi ile gösterilir. Bu seri gaz üyesi olmayan tek seridir. Periyodik cetvelde bulunmayan ⁸⁵At ve ⁸⁷Fr radyoizotopları, bu serinin üyeleridir [16]. Çizelge 1.5.' de gösterilmiştir.

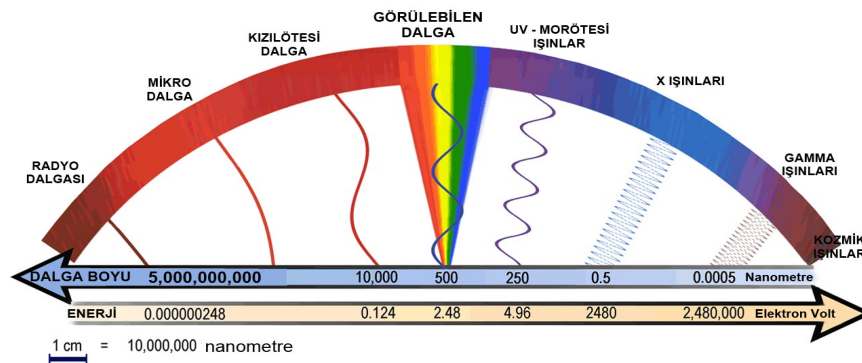
Çizelge 1.5. Neptinyum serisi ürünleri ve yarı ömürleri [14]

Çekirdek	Yarı Ömür	Yayınladığı Parçacık Türü	Bozunum Ürünleri
^{237}Np	$2.2 \cdot 10^6$ yıl	α	^{233}Pa
^{233}Pa	27.4 gün	β^-	^{233}U
^{233}U	$1.62 \cdot 10^5$ yıl	α	^{229}Th
^{229}Th	7340 yıl	α	^{225}Ra
^{225}Ra	14.8 gün	β^-	^{225}Ac
^{225}Ac	10 gün	α	^{221}Fr
^{221}Fr	4.8 ay	α	^{217}At
^{217}At	0.0185 saniye	α	^{213}Bi
^{213}Bi	47 ay	α	^{209}Tl
^{209}Tl	2.2 dakika	β^-	^{209}Pb
^{209}Pb	3.3 saat	β^-	^{209}Bi
^{209}Bi	1.910^{19} yıl	α	^{205}Tl
^{205}Tl	Kararlı	-	-

1.3. Radyasyon

Radyasyon, yüksek hızlı partiküllerin ve/veya elektromanyetik dalgaların enerjisi olarak değerlendirilebilir.

Her gün elektromanyetik dalgaların etkisine maruz kalınmaktadır. Bu enerjiye örnek olarak, görünür ışık, radyo, televizyon dalgaları ile ultraviyole (UV) dalgaları ve mikrodalga gibi çok geniş bir spektrumu verebiliriz. Şekil 1.1’de kozmik ışıklardan radyo ve T.V. dalgalarına kadar uzanan elektromanyetik enerji spektrumu görülmektedir [17]. Radyasyon yaptığı etki bakımından iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır.



Şekil 1.1. Elektromanyetik dalga spektrumu (Url 1)

1.3.1. İyonlaştırıcı radyasyon

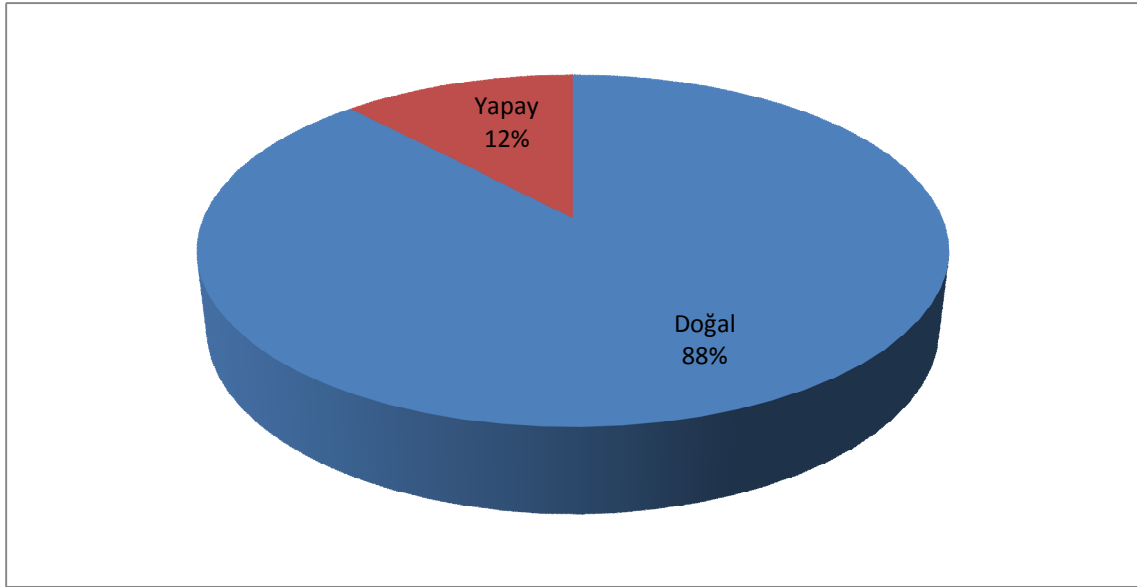
Atomla etkileşime girebilecek kadar güçlü enerji seviyesine sahip, alfa ve beta parçacığı gibi hareket eden yüklü parçacıkların meydana getirdikleri etki iyonlaştırma (iyonizasyon) olarak adlandırılmaktadır. Yüksek enerjili parçacıkların, atom yakınından geçerken oluşturdukları elektron yörüngesindeki değişimler ya da elektronun yörüngesinden çıkması iyonlaştırıcı radyasyonun etkileridir [17].

1.3.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

Atomla etkileşime girebilecek kadar güçlü olmayan enerji seviyelerindeki elektromanyetik dalgaların atomların yörüngesinde sebep olduğu değişim organizma üzerinde büyük bir hasara neden olmaz. Bunlar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak adlandırılır. Bu tür radyasyona mikrodalga, görünür ışık, radyo ve televizyon dalgaları örnek olarak verilebilir [17,15].

1.3.3. Radyasyon kaynakları

Çevremizdeki başlıca radyasyon kaynakları doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılır. Dünya genelinde bu radyasyon kaynaklarından dolayı maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



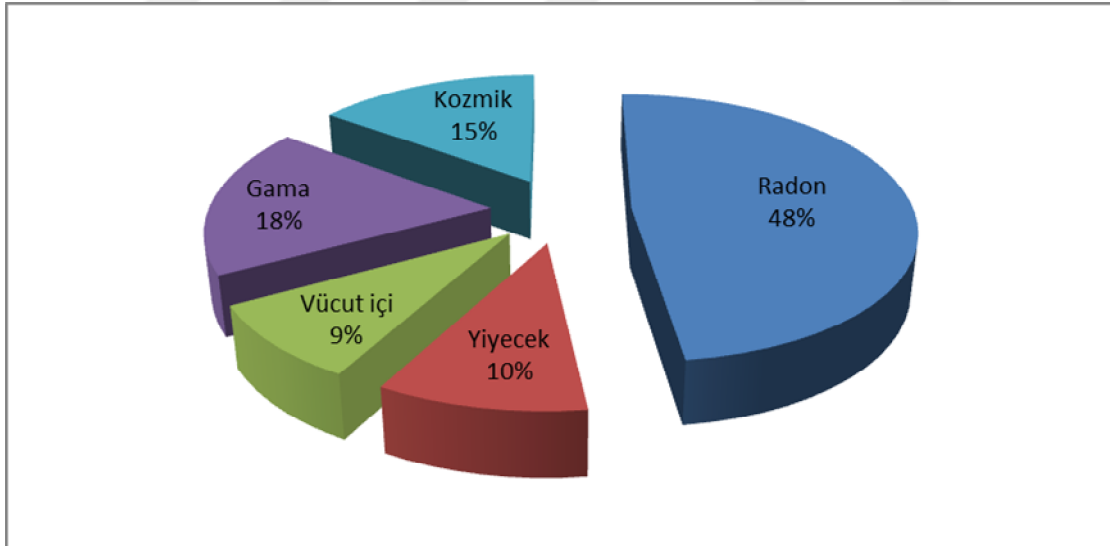
Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları (Url 2)

1.3.3.1. Doğal radyasyon kaynakları

Doğal yollarla oluşan radyoaktivitenin canlı ve cansız bütün varlıklarda gözlemek mümkündür. Doğal radyasyon kaynakları kozmik, karasal ve içsel radyasyondur. Maruz kalınan bu doğal radyasyonların büyüklüğü coğrafik ve jeolojik etkenlere bağlıdır. Kozmik radyasyondan gelen doz deniz seviyesinden yüksekliğe göre değişir. Karasal radyasyon yerel jeolojiye bağlıdır. İç ortamlarda radondan gelen doz ise yerel jeolojiye, yapı maddelerine ve ortamların havalandırılmalarına bağlıdır [18,1].

Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni, radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Radon gazından dolayı maruz kalınan doz %50 gibi bir paya sahip olup, yaklaşık yıllık doz 1.3 mSv'dir. Doğal radyasyon kaynaklarının başlıcaları şunlardır [18].

- a) Kozmik radyasyon
- b) Gama radyasyonu
- c) Vücut içi ışınlanma
- d) Radon
- e) Yiyecekler

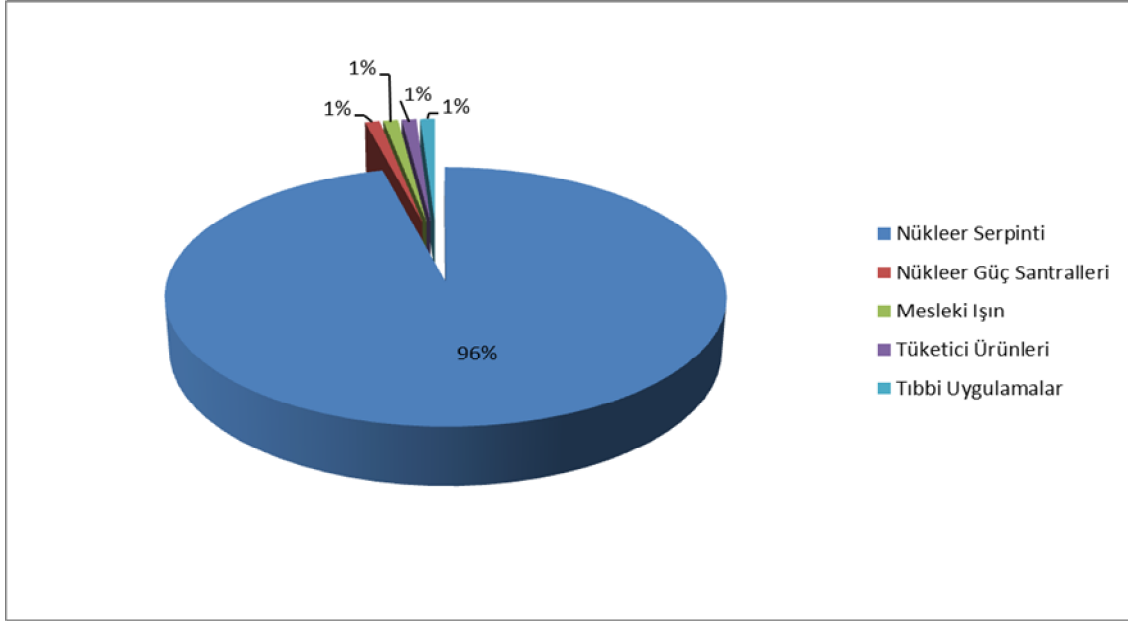


Şekil 1.3. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri [19]

1.3.3.2. Yapay radyasyon kaynakları

Nükleer enerji ve bilimin gelişmesi ile birlikte yapay radyasyon kaynaklarının üretimini mümkün hale getirmiştir. Ayrıca yapılan araştırmalar doğal radyasyon kaynaklarından alınan doz miktarının yapay kaynaklardan alınan doz miktarından çok daha

fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir. Bilinen başlıca yapay radyasyon kaynakları tıbbi uygulamalar, tanısal radyoloji, nükleer tıp, radyoterapi, endüstriyel uygulamalar, nükleer serpinti, nükleer güç santralleridir [1,10].



Şekil 1.4. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri [19]

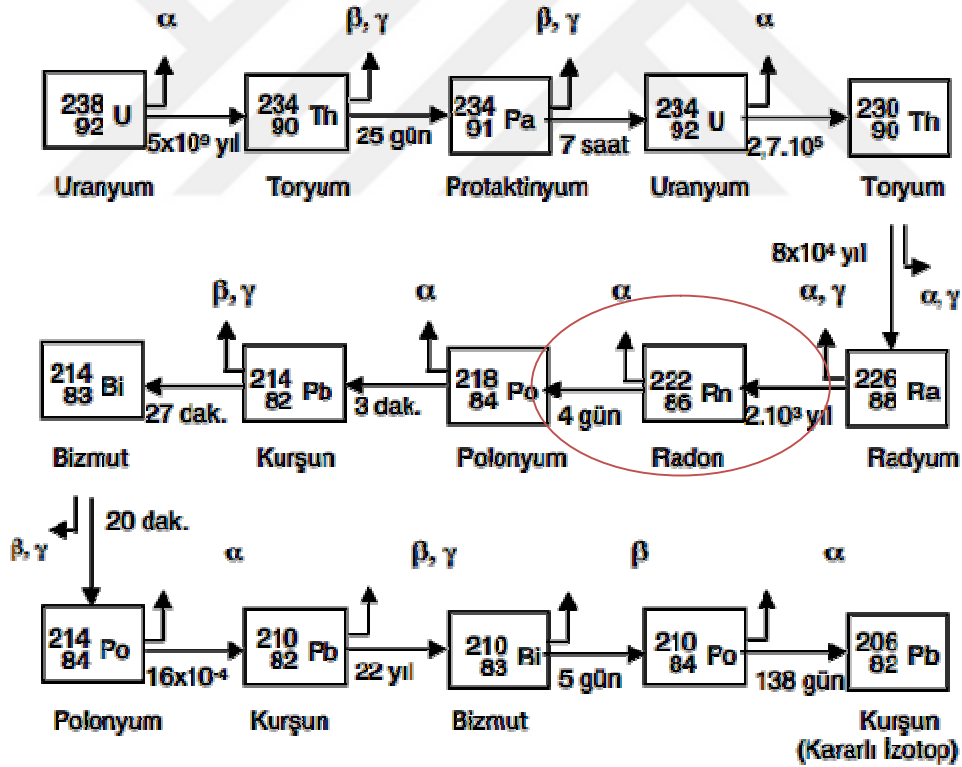
1.4. Radon

Radon, 1900 yılında Alman Fizikçi Friedrich Ernst Dorn tarafından bulunmuştur. Atom numarası 86 olan radon, soy gazlar sınıfında olup renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Donma noktası $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve kaynama noktası ise $-61,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu özelliğinden dolayı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve oda sıcaklığında gaz halde bulunmaktadır. Özkütlesi $9,73\text{ g/L}$ olduğundan hidrojen gazından yaklaşık 100 kat, havadan ise yaklaşık 7,5 kat daha yoğundur [20]. Doğada saf olarak bulunmakta ve normal şartlar altında kendiliğinden reaksiyona girmemektedir [21].

Radon, uranyum çekirdeğinin bozunum ürünü olan radyumun kararlı olan kurşuna dönüşümü sürecinde oluşmaktadır. Radyumun bozunmasıyla 3,823 günlük yarı ömre sahip radon gazı meydana gelmektedir. Oluşan radon gazı ise bozunum yoluyla alfa ışınması yaparak polonyuma dönüşmektedir (Şekil 1.5) [22].

Radonun doğal olarak bulunan üç izotopu vardır. Bunlar ^{238}U zincirindeki ^{222}Rn (Radon), ^{232}Th zincirindeki ^{220}Rn (Toron) ^{235}U zincirindeki ^{219}Rn (Aktinon)'dur [2].

Yer kabuğunda bulunan az miktardaki (ortalama 3 ppm) uranyumdan meydana gelen radon gazı, topraklar ve kayalardaki çatlaklardan difüzyon yoluyla atmosfere yayılmakta ve böylece atmosfer içinde yaklaşık 0,1 pCi/L lik bir ortalama radon konsantrasyonu bulunmaktadır. Radon, doğrudan gaz olarak ya da yeraltı suyundan çözünerek yer kabuğundaki kayalardan atmosfere yayılır. Yer kabuğundaki şekil değişimleri ve episantr (dış merkez) alanı içinde veya yakınındaki genleşmeler kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişini arttırmakta ve bunun sonucu olarak da sismik faaliyetin başlamasından önce çevredeki kuyu ve kaynak sularındaki radon konsantrasyonunda artış görülmektedir. Yeraltı suyundaki ve havadaki ^{222}Rn konsantrasyonu; yeraltında bulunan Uranyum depolarının yerini saptama, depremlerin önceden kestirilmesi gibi uygulamalar için dünya bilimlerinde iz olarak kullanılmaktadır [23,2].



Şekil 1.5. Uranyum serisi (URL 3)

1.4.1. Radonun bulunduğu yerler

Radonun ana kaynağı yer küredir ve yer yüzeyinde yaklaşık 100 ton radon bulunduğu tahmin edilmektedir [24]. Biyosfer tabakasında serbest halde gezen radon difüzyon ve çözünme yoluyla atmosfere kolaylıkla taşınır. Radon kaynaklandığı uranyum konsantrasyonuna bağlı olarak toprakta, sularda, bina içi ve dışındaki atmosferde ve ayrıca binalarda kullanılan yapı malzemelerinde değişik yoğunluklarda bulunabilir [5].

1.4.1.1. Toprakta radon

Radon, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde uranyum kayacının bozunması ile yeryüzünde bir yoğunluk oluşturur. Uranyum içeren pek çok farklı türden kayalar mevcuttur, fakat bunun önemli bir radon kaynağı sayılabilmesi için uranyum konsantrasyonunun 50 ppm değerinden yüksek olması gerekir [25].

²²²Rn atomları toprak gazının olduğu yerde toprak partikülleri ya da mineralleri arasında difüzyonla serbest kalırlar [26]. Doğal bozunma sürecinin bir parçası olarak ortaya çıkan radon gazı, bulunduğu bölgenin jeolojik yapısıyla yakından ilişkili olarak çevreye faylardan ve kırık düzlemlerden yayılmaktadır. Toprakta bulunan ve havaya sızan radon miktarı, toprak karakteristiklerine ve basınca bağlıdır [27,28,5]. Kayalar ve topraklar arasından atmosfere yayılan radon gazının atmosferdeki yoğunluğunun 0.1 pCi/l'lik bir ortalama sahip olduğu bildirilmektedir [28]. Toprak gazında ve atmosferde yapılacak radon ölçümleri ölçüm yapılan bölgenin toprağındaki uranyum ve toryum varlığı hakkında bilgi verebilir [5].

1.4.1.2. Sularda radon

İnsanlar su ihtiyaçlarını, yer altı su kaynaklarından ve yüzey sularından sağlamaktadır. Herhangi bir jeolojik bölgede bulunan su kaynakları buldukları yerin jeokimyasal yapısı ve radyoaktif elementleri hakkında fikir verici olabilir [29,2].

Su kaynağının kollarından biri Uranyum kaynaklarından geçiyorsa, bu sularda Uranyum ve Radyum elementleri çözelti olarak taşınabileceğinden, kaynak veya kuyu sularında yürütülen çalışmalar radon konsantrasyon değerleri hakkında fikir verici olabilmektedir. Sudaki Radon konsantrasyon değeri Bq/l yada pCi/l birimleri ile verilir [30].

Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi UNSCEAR, yüzey suları için tipik ²²²Rn konsantrasyonunun 40 Bq/m³ (1pCi/l) değerinden daha alt seviyede bulunduğunu ve yeraltı suları için tipik ²²²Rn konsantrasyonunun 4 ile 40 kBq/m³ arasında değişiklik gösterdiği bilinmektedir [31].

Evlerde kullanılan musluk suları da tüm arındırma işlemlerine rağmen belirli bir miktar radon içermektedir. Bu miktar ev suyunun alındığı kaynağa ve ne kadar arıtıldığına bağlıdır. Ayrıca ev içinde kullanılan bu suların püskürtülmesi ve çalkalanması da radon salınımına neden olur [1]. U.S Environmental Protection Agency (EPA)'nın içme sularında ^{226}Ra ve ^{222}Rn konsantrasyonu için izin verilebilir üst sınır değerleri Çizelge 1.6'da verilmiştir [32].

Çizelge 1.6. U.S Environmental Protection Agency (EPA)'nın içme sularında ^{226}Ra ve ^{222}Rn konsantrasyonu için izin verilebilir üst sınır değerleri [32].

USEPA üst sınırı	(Bq/L)	(Bq/m ³)	(pCi/L)
Radon	11	11000	300
Radyum	0,555	555	15

1.4.1.3. Radon gazının sağlık üzerine olası etkileri

Radon ve bozunma ürünlerinin solunması sonucunda, bronşal epiteldeki radyasyon dozu artmakta, bozunma ürünleri kararlı yapıya gelinceye kadar bozunma devam etmekte olup maruz kalınan radyasyon ciddi bir sağlık riski oluşturmaktadır. Bu ise, akciğer dokusunda hasara, dolayısıyla, zaman içerisinde kansere sebep olabilmektedir. Havadaki Radon ve bozunma ürünleri konsantrasyonuna, toz içerisindeki partiküllerin büyüklüğüne ve fizyolojik parametrelere bağlıdır. Radon gazı, reaktivitesinin düşük oluşu nedeniyle dokulara kimyasal bağlanmaz, doku içindeki çözünürlüğü de çok küçüktür; insan akciğerinde yarı ömrünü tamamlamadan geri atılır. Fakat Radon bozunumuyla ortaya çıkan Polonyum, Bizmut ve Kurşunun radyoaktif izotopları, Radon gibi gaz halinde olmadıklarından, toz ya da havadaki diğer partiküllere çok çabuk yapışırlar ve solunma yoluyla insan vücuduna alınırlar [33,34].

Bu partiküller akciğer içinde bozunmalarını kararlı hale gelinceye dek sürdürürler ve yerleştikleri bölgelerde alfa, beta veya gama ışınması yaparak ayrılırlar. Vücut içerisindeki bu ışımalar en önemlisi alfa ışınmasıdır. Akciğer üzerinde beta ve gama ışınlarının etkisi alfa ışınlarının etkisine göre ihmal edilebilir düzeydedir. Bozunma sürecinin her aşamasında salınan radyasyon, öncelikle akciğer dokusunda hasara, zamanla da akciğer kanserine neden olabilir. Akciğerlerde maruz kalınan dozun miktarını bilmek için solunum yoluyla kaç tane atomun alındığı ve biyolojik ömrünün ne kadar olduğu bilinmelidir. Radon ürünlerinin biyolojik yarı ömürleri 20 dakika ile 4,8 saat arasındadır.

USA Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency) yılda 20.000 akciğer kanseri vakasının Radon gazına bağlı olduğunu söylemektedir [35,34].

Yapılan araştırmalar insanların yaşamları süresince maruz kaldıkları X ışını ve tıpta kullanılan radyoaktif element dozlarının üç katını kapalı yerlerde aldıklarını göstermiştir [36,34]. Çizelge 1.7’de, çeşitli ülkeler ve uluslararası kuruluşlar tarafından benimsenen kapalı ortamlar için müsaade edilebilir radon konsantrasyonları verilmektedir.

Çizelge 1.7. Radon konsantrasyon limitleri (Bq/m³) (URL 2)

A.B.D.	150	Hindistan	150	Norveç	200
Almanya	250	İngiltere	200	Rusya	200
Avustralya	200	İrlanda	200	Türkiye	400
Çin	200	İsveç	200	AB*	400
Danimarka	400	Kanada	800	ICRP**	400
Fransa	400	Lüksemburg	250	WHO***	100

1.4.3. Radon ölçüm metotları

Radon ve ürünlerinin aktiviteleri belirlenirken genellikle alfa sayımı tercih edilmektedir. Alfa sayımının kullanıldığı teknikler arasında iyonizasyon odası, kollektör yöntemi, Lucas hücresi, iz kazıma yöntemi, elektrostatik toplama yöntemi ve filtre yöntemi sayılabilir.

1.4.3.1. İyonizasyon odası

İyonizasyon odası paslanmaz çelikten silindir şeklinde yapılmaktadır. Merkez ekseninde silindir şeklinde yapılmış bir elektrot bulunur. Radon konsantrasyonu belirlenmek üzere örneklenen hava iyonizasyon odasına aktarılarak, odanın duvarları (metal iç yüzeyleri) ile elektrot arasında bir potansiyel farkı uygulanır. Oluşan iyonizasyon akımı çok duyarlı elektrometre ile ölçülür.

1.4.3.2. Kollektör yöntemi

Bu yöntemin temel prensibi, bir kap içerisinde bulunan örnekteki radonun bozunumu ile oluşan radon ürünlerinin kollektör ve kap arasına uygulanan potansiyel yardımıyla kollektör yüzeyinde toplanması ve biriken ürünlerin toplam alfa aktivitesinin sayımıdır.

Kollektör yöntemi ölçüm sistemi 3 bölümden oluşur:

Köpürtme şişesi: İçinden basınçlı hava geçirilebilecek şekilde dizayn edilmiş 100 ml köpürtme şişesi ve en az 1 ay bekletilmiş basınçlı hava tüpünden oluşmaktadır. Burada havanın 1ay bekletilmesinin sebebi havadaki radonun bozunmasını sağlamaktır. Köpürtme şişesinin içinde havanın dağılımını süngere benzeyen pümis taşı sağlar.

Gaz toplama odacığı: 2.8 l hacimli çelik kap ve vakum edilerek kapatılabilecek şekilde dizayn edilmiş çelik kapaktan oluşur. Çelik kapak içine 3 cm çapında bakır disk kollektör olarak asılmıştır. Kapağa biri giriş diğeri çıkış olmak üzere 2 vana bağlanmıştır. Gaz toplama odası vakum edilerek vanalar kapanır ve işleme hazır duruma getirilir.

Sayım sistemi: Yüksek güç kaynağı ile alfa radyasyon sayım cihazından oluşur. Kollektör yönteminde, suyun çıktığı ana kaynaktan şişelere 100 ml örnekler alınır, şişelere doldurulan su köpürtülerek radon gazı ve ürünleri, içinde bakır disk bulunan kollektör odasına aktarılır, 600 voltluk potansiyel uygulanarak radon ve ürünleri arasındaki dengenin sağlanması için 4 saat bekletilir. Bu süre sonunda bakır disk üzerine biriken radon ve ürünleri dedektörde sayılır [37,5].

1.4.3.3. Lucas hücresi

Lucas hücresi bir ucu düz ve açık, diğeri ucu yarım küre olarak metal veya camdan yapılmış bir silindir biçimindedir. İç yüzeyinin duvarları sintilatör olarak gümüşle aktive edilmiş, çinko sülfürle kaplıdır. Lucas hücresi kullanılarak yapılacak radon ölçümlerinde, alfa aktivitesi ölçülecek havanın filtre edilerek hücreye alınması gerekir. Havadaki bütün radon ürünleri filtrede tutulur. Sistemden hücreye radyoaktif madde olarak yalnızca radon gazı girer. Radon gazı Lucas hücresi içinde bozularak kısa zamanda ürünleriyle dengeye ulaşır. Radonun ve ürünlerinin yayınladıkları alfa radyasyonu hücrenin duvarlarına çarparak sintilasyon oluşturur. Bu olayda çıkan fotonlar fotoçoğaltıcı ve elektronik sistem kullanılarak sayılır [37,5].

1.4.3.4. İz kazıma yöntemi

Radyonüklidlerin yayınladıkları alfa parçacıkları bazı maddeler ve özellikle plastik filmler üzerinde etkilidirler. Alfa iz kazıma filmleri genel olarak dielektrik veya organik maddelerden yapılır. Alfa parçacığı bu filmlere çarptığı zaman onun yapısında bir hasar oluşturur. Bu hasar film üzerinde normal mikroskop altında görülemeyecek kadar küçük çukurlar şeklindedir. Bu olaya maruz kalmış bir film laboratuvarda belirli şartlar altında kimyasal işleme tabi tutulursa alfa parçacığının oluşturduğu izler normal mikroskop altında görülebilir hale gelir. Bu işlemlerden dolayı bu ölçüm sistemine iz kazıma tekniğı adı verilmiştir. İz kazıma filmleri genelde üzerine gelen alfa parçacığının sayısını verir ve bu

olay alfa parçacığının kendine özel bir durumudur. Çünkü filmler diğer radyasyon türlerine karşı duyarlı değildirler. Böylece uygun kalibrasyon ve hesaplama tekniği ile iz sayısından ortam radon konsantrasyonunu bulmak mümkün olmaktadır [37,5].

1.4.3.5. Elektrostatik toplama yöntemi

Bu yöntemde pozitif yüklü radon ürünleri, bir odacık içinde uygun voltaj altında hızlandırılarak yüzey engelli alfa dedektörü üzerine toplanır ve spektroskopik olarak ürün aktiviteleri ölçülür. Benzer bir yöntem olan kollektör yönteminde de su veya toprak gibi örneklerdeki radona ait ürünler vakum edilmiş bir kap içindeki kollektöre yüksek voltaj uygulanarak toplanır [5].

1.4.3.6. Filtre yöntemi

Bu yöntem, havadaki radon ürünleri konsantrasyonunu ölçen tek filtre yöntemi ile havadaki radon ve ürünlerini ayırarak radon bozunma oranını ölçen çift filtre yönteminden oluşur. Tek filtre yönteminde havadaki radon ve ürünleri arasında radyoaktif dengenin olduğu kabul edilerek ölçümler alınır. Çift filtre yönteminde ise havadaki radon ve ürünleri arasında radyoaktif dengeye bağlı olmaksızın ölçümler alınır [37,5].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Marques ve ekibi tarafından Brezilya'da yeraltı suları, deniz suyu, musluk suları ve akarsularda radon konsantrasyon çalışması sonucunda yeraltı sularında 0.95 Bq/L ile 36 Bq/L, deniz suyunda 0.3 Bq/L ile 0.54 Bq/L, musluk sularında 0.39 Bq/L ile 0.47Bq/L ve akarsularda 0.43Bq/L ile 2.40 Bq/L değerleri arasında bulmuşlardır [38].

Afyon jeotermal sularında Pylon AB-5R dedektörü kullanılarak radon aktivitesi ölçülmüş, minimum radon konsantrasyonu 0,085 Bq/L, maksimum radon konsantrasyonu 44,57 Bq/L olarak bulunmuştur [1].

Kütahya ili kaplıca sularında radon-radyum konsantrasyonlarının ve kaplıcalardaki kapalı ortam radon konsantrasyonunun LR-115 tip II katıhal iz kazıma dedektörleri kullanılarak belirlenmiş, ortalama radon konsantrasyon değeri 15,35 Bq/L olarak hesaplanmıştır [39].

Afyonkarahisar'da bulunan termal kaynakların bölgesel olarak radon aktivitesi ölçülmüş ve 0,029 Bq/L ile 8,997 Bq/L değerleri arasında sonuçlar elde edilmiştir [34].

Tokat ili içme ve yüzey sularında WG-1001 AB-5R detektörü kullanılarak 4 ayrı kaynaktan alınan su örneklerinin radon konsantrasyonu ölçülmüştür. Elde edilen radon konsantrasyon değerleri musluk suyu için $0,42 \pm 0,28$ Bq/L ile $1,41 \pm 0,37$ Bq/L aralığında, pınar suyu için $0,13 \pm 0,17$ Bq/L ile $1,20 \pm 0,29$ Bq/L değerleri aralığında olduğu gözlenmiş ve sonucunda elde edilen radon konsantrasyon değerleri USEPA ve diğer sağlık kuruluşları tarafından izin verilen limit değerlerinin altında olduğu kanısına varılmıştır [40].

Konya'nın içme suyunun sağlandığı bazı kuyu sularında radon konsantrasyonlarının değişimi incelenmiş, İlkbahar mevsiminde radon konsantrasyon seviyesi 2.29 ± 0.17 Bq l^{-1} ile $27.25 \pm 1,07$ Bq l^{-1} iken, yaz mevsiminde $1,44 \pm 0,18$ Bq l^{-1} ile $27,45 \pm 1,25$ Bq l^{-1} arasında değiştiğini gözlemlemiştir [5].

Batman ilindeki içme sularındaki ^{222}Rn konsantrasyonu çalışması sonucunda elde edilen radon konsantrasyonu değerleri $0,883 \pm 0,349$ Bq/L ile $0,195 \pm 0,103$ Bq/L arasında değişmekte ve ortalama değeri 0,455 Bq/L olarak bulunmuştur [41].

Kahramanmaraş'ta toplanan 42 adet su örneğinin CR-39 pasif iz detektörü kullanılarak radon konsantrasyon değerleri ve soluma oranları belirlenmiştir. Elde edilen radon konsantrasyon değerlerinin $305,8 \pm 10,7$ Bq/m³ ile $80,6 \pm 3,9$ Bq/m³ arasında değiştiği

ve soluma oranlarının da $9,9\pm 0,4$ mBq/m²h ile $2,6\pm 0,1$ mBq/m²h arasında gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen radon konsantrasyon değerlerinin diğer sağlık kuruluşları tarafından izin verilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir [32].

Osmaniye ve çevresinde Rn yoğunlukları, AlphaGUARD Radon detektörü kullanılarak ölçülmüş ve analizler sonucunda maksimum ve minimum aktivite değerleri sırasıyla $0,986\pm 0,472$ Bq/L ve $0,164\pm 0,103$ Bq/L, olarak bulunmuştur [15].

Kilis il genelinden toplanan 49 adet su örneğinin radon konsantrasyonları CR-39 pasif nükleer iz algılayıcıları kullanılarak kapalı kutu yöntemi ile ölçülmüş, Kilis il geneli için ortalama radon konsantrasyonu $1,86$ Bq/L $\pm 0,09$ olarak hesaplanmıştır [10].



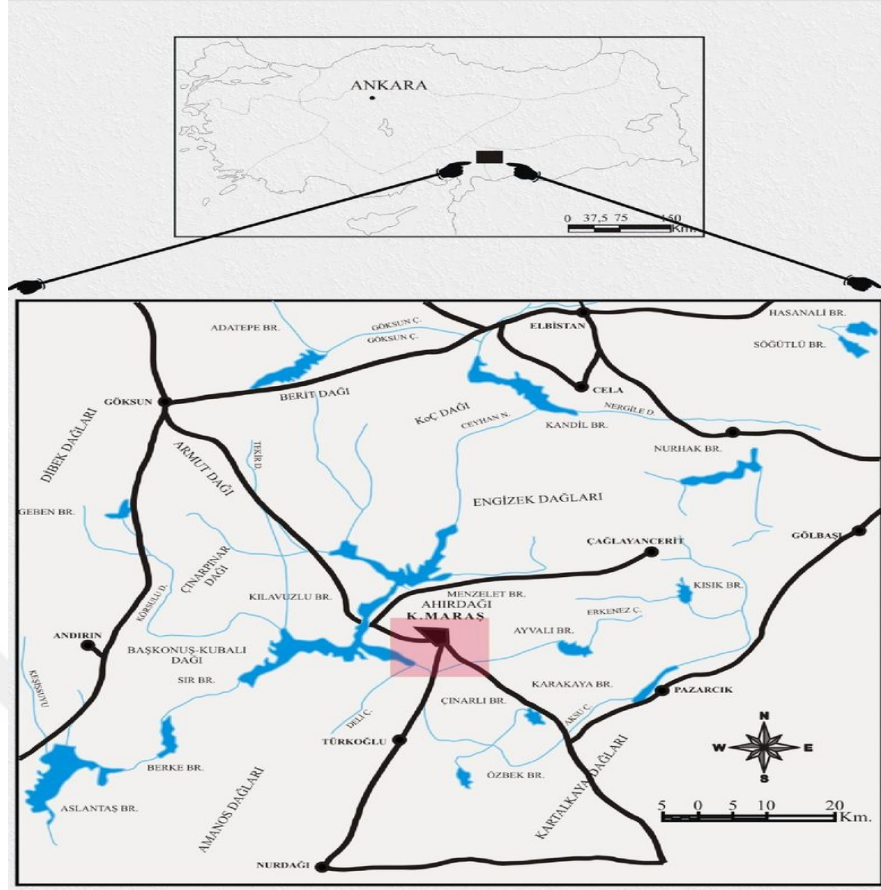
3. MATERYAL-METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Kahramanmaraş, Akdeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin birleştiği yerde bulunmaktadır. Güneybatısını Nur Dağları'nın uzantılarının kapladığı ilde diğer önemli yükseltiler Berit, Engizek, Binboğa, Delihöbek ve Ahır Dağları'dır. Kahramanmaraş, Elbistan ve Göksun Ovaları ilin önemli ovaları olup, Ceyhan nehri ile Aksu çayı önemli akarsularıdır (URL 4).

Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirleri ile kenetlendiği bir alanda yer alan Kahramanmaraş ili ve civarı, kıta kıta çarpışmasına bağlı olarak meydana gelen çeşitli olaylar nedeniyle jeolojik açıdan da oldukça karmaşık bir konuma sahiptir [42]. Bölgenin jeolojisi şist, serpantin, kireç taşı, kumtaşı, marn, konglomera, alüviyal ve kolüviyal depozitler içeren metamorfik ve sendiment kayalardan oluşmuştur. Toprakların tekstür yapıları killi, siltli-killi ve kumlu-siltli arasında değişir.

Kahramanmaraş'ın arazisi kireç taşı, kumtaşı ve metamorfik taşlar üzerine oluşmuştur. Toprakları kırmızı kahverengi, kırmızı Akdeniz, kahverengi orman toprakları, alüviyat, kolüviyat ve organik toprak gruplarından meydana gelmektedir (URL 5). Kahramanmaraş'ın yer bulduru ve çalışma alanının haritası Şekil 3.1 ve 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (URL 6)

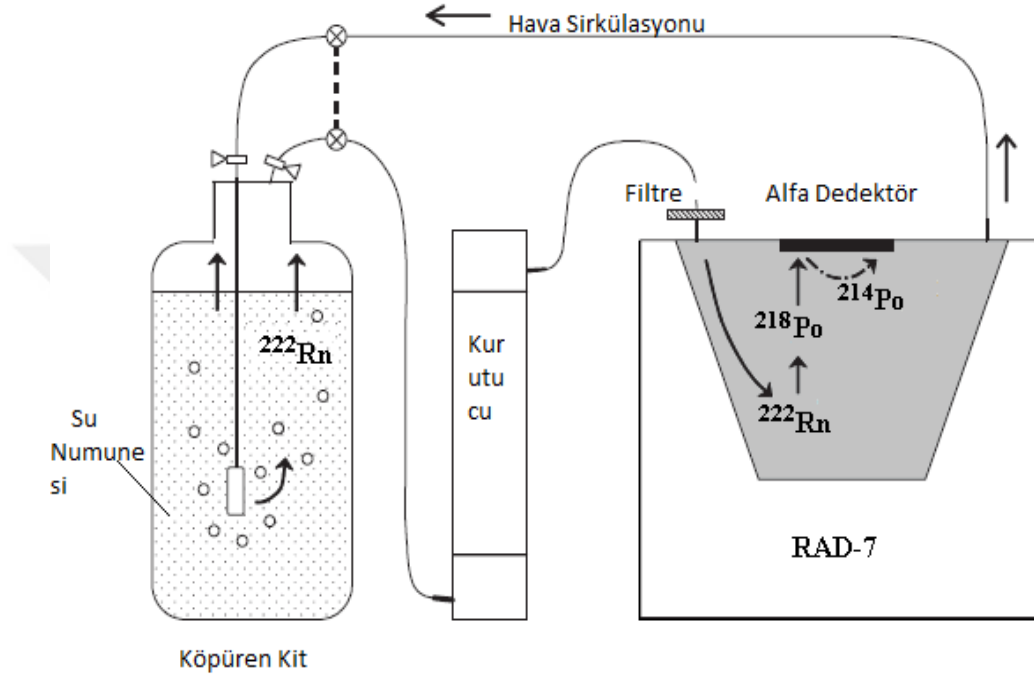


Şekil 3.2. Çalışma alanının uydu görüntüsü (URL 7)

3.2. Durridge Rad7 Elektronik Radon Detektörü Algılayıcısı Ve Yapısı

Rad7 cihazı, radon ve yan ürünlerine ait radyasyonu ölçmekte kullanılan taşınabilir bir radyasyon detektörüdür. Bu cihazla sulardaki radon ölçümleri yapılabilir.

Yapılan ölçüm sonuçlarında Bq/m^3 ve pCi/L cinsinden veren cihaz, aynı anda ölçüm yapılan ortamın sıcaklığını $^{\circ}C$, atmosfer basıncını (mbar) ve nem oranını (% RH) da belirler.



Şekil 3.3. Rad H2O aksesuarı şematik diyagramı (URL 8)

Radon gazının yüzeye çıkması için önce RAD7 pompası çalıştırılır, yaklaşık 5 dakikalık zaman içerisinde su köpürmeye başlar ve suda çözülmüş olan radon gazı yüzeye ulaşır. Böylece radonun % 94 den fazlası sudan ayrılmış olur. Sistem 5 dakika bekledikten sonra önce ara rapor verir ve sayıma başlar. Dört periyotla sayım her 5 dakikada bir devam eder ve her ölçümde ara rapor verir. Ölçüm tamamlandıktan sonra bütün sayımların ortalama radon konsantrasyonu bir spektrum grafiğinde verilir. Böylece ölçtüğümüz su numunesindeki radon miktarını öğrenmiş oluruz (URL 8).

Çizelge 3.1. Durridge rad7 elektronik radon detektörü özellikleri (URL 8)

Çalışma modları	Sniff, WAT, GRAB
Veri depolama	1000 kayıt
Bilgisayar bağlantısı	RS232 seri port, CAPTURE Yazılımında uzaktan kumanda. Kablosuz bilgisayar bağlantısı için Bluetooth adaptörü
Ölçüm doğruluğu	+/- 5% kesin doğruluk, % 0 -% 100 RH
Nominal duyarlılık	SNIFF modu, 0.25 cpm / (PCI / L), 0.0067 cpm / (Bq / m ³) NORMAL modu, 0.5 cpm / (PCI / L), 0.013 cpm / (Bq / m ³)
Radon konsantrasyon aralığı	0.1 - 20.000 pCi / L (4 - 750.000 Bq / m ³)
Çalışma aralıkları	Sıcaklık: 32 ° - 113 ° F (0 ° - 45 ° C) Nem:% 0 -% 100
RAD7 boyutu	11.5 "x 8.5" x 11 "(29.5 cm x 21.5 cm x 27.9 cm)
RAD7 ağırlığı	4.35 kg
Kılıf malzemesi	Yüksek yoğunluklu polietilen
Pil ömrü	Sniff modunda 24 saat, izleme modunda 72 saat

3.3. Zeolit

Deney çalışmalarında kullanılan su filtrelerinin hazırlanması amacıyla zeolit olarak Manisa Gördes yöresine ait doğal zeolit kullanılmıştır. Kullanılan zeolitın en büyük tane boyutu 4 mm seçilmiştir. Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına neden olmuştur (URL 10)

Zeolitler, yüksek katyon değiştirme kapasiteleri ve bazı iyonları daha seçici olarak değiştirebilme özellikleri sebebiyle su arıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Aktive edilmiş zeolitlerin uygun koşullarda kullanımı ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar Çizelge 3.2’de gösterilmektedir [43].

Çizelge 3.2. Doğal zeolitler ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar [43]

Rb ⁺	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	NH ₄ ⁺
Na ⁺	Ag ⁺	Cd ⁺²	Pb ⁺²	Zn ⁺²
Ba ⁺²	Sr ⁺²	Cu ⁺²	Ca ⁺²	Hg ⁺²
Mg ⁺²	Fe ⁺³	Co ⁺³	Al ⁺³	Cr ⁺³

Çevre sağlığı açısından tehlike oluşturan bazı ağır metal katyonları içeren, madencilik ve metalurjik faaliyetlerden oluşan atık sular, doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden faydalanılarak arıtılabilmektedir. Ayrıca, pirometalurji sanayinde CaCO₃ ve doğal zeolit karışımı, Cu-Pb alaşımlarının eritilmesinde ortaya çıkan zararlı dumanlan % 90 oranında yok edilmektedir (URL 11).

Nükleer santral atıklarında bulunan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan Sr⁹⁰, Cs¹³⁷, Co⁶⁰, Ca⁴⁵, Cr⁵¹ gibi izotoplar zeolitlerle tutulabilmektedir. Örneğin; klinoptilolit, mordenit ve şabazit birçok ülkede radyoaktif atıkların tutulmasında kullanılmaktadır. Bu şekilde atık sudan alınan radyoaktif atıklar, zeolit ile birlikte gömülerek zararsız hale getirilmektedir. Bu işlemlerde özellikle asitlere karşı dirançli olmaları nedeniyle klinoptilolit ve mordenit kullanılmaktadır. Suda sertlik meydana getiren Ca ve Mg iyonlarının uzaklaştırılması ile içme suyunun kalitesi yükseltilmektedir [47]. Yer altı sularının özgül (spesifik) elektriksel iletkenliği bir cm³ suyun 25° C’de iletkenliği olarak tanımlanır ve sıcaklıkta her 1° C’lik artış elektriksel iletkenliği yaklaşık %2 artırır. Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar [45,43]. Doğal kaynak sularında önemli parametrelerden biri olan sertlik, sularda büyük oranda su içinde çözünmüş (+2) değerlikli katyonların, yani Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺ içeriğinin bir sonucudur. Bu katyonlara karşı sertlikle ilgili HCO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻, SiO₃⁻ gibi anyonların bulunması da mümkündür. 0-75 mg/l CaCO₃ bulunan sular “yumuşak” ; 75-150 mg/l CaCO₃ bulunan sular orta derecede sert ve 150-300 mg/l CaCO₃ içeren sular sert, 300 mg/l CaCO₃’ in üzerinde ise “çok sert sular” olarak kabul edilmektedir. Ayrıca Ülkemizde en çok kullanılan sertlik derecelerinin mg CaCO₃/L cinsinden değerleri: Fransız sertlik derecesi (Fr SD): 10mg/L; Alman sertlik 29 derecesi:17.8 mg/L; İngiliz sertlik derecesi: 14.3 mg/L’dir. Sertlik parametresi, suyun evsel ve endüstriyel kullanım için uygunluğunun belirlenmesinde kullanılır. Sert sular sabunun köpürmesini engelleyen ve temizlik için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak tanımlanır. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boruların iç çeperlerinde veya kazanların içinde çökelti teşkil ederek ısı transferini

güçleştirir ve boru içi akımın hidrolik koşullarını kötüleştirir. Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Kural olarak yüzeysel sular, yer altı sularından daha yumuşaktır. Genel olarak, suyun sertliği, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir [45]. pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir parametredir. pH su temininde kimyasal koagülasyon, su yumuşatma ve korozyonun önlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır. pH ile asidite ve alkalinite arasında büyük bir ilişki bulunmaktadır. Doğal kaynak suyunda zeolit filtre kullanılarak, proses öncesi pH değeri 7.93'ten, 7.09'a düşürülerek, pH değerinde % 10.59 düşüş tespit edilmiştir. İletkenlikte %2.40, sıcaklıkta % 3.70 düşüş belirlenmiştir. Zeolit filtreden geçirilmeden önce sertliği 6.2 Fr SD iken; on kez süzülendiğinde son süzütünün sertliği ise 2.5 Fr SD olarak belirlenmiş yani sertlik değerinde % 59.67 düşüş sağlanmıştır. Zeolit filtre kullanılarak, suyun sertliği çok büyük oranda düşürülmektedir [46,43]

Deneyde kullanmış olduğumuz zeolit grubu Klinoptilolit'dir. Diğer zeolitlerin içerisinde en sağlıklı ve yararlı olanıdır [48].

Çizelge 3.3. Klipnotilolite ait bazı özellikler [44]

Kimyası	[(Na ₂ , K ₂ , Ca) ₃ Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂ 24 H ₂ O] Hidrate, sodyum,potasyum kalsiyum aluminosilikat
Sınıfı	Silikatlar
Alt-sınıfı	Tekno silikat
Grubu	Zeolit
Renk	Renksiz, beyaz, pembe, sarı, kırmızımsı ve açık kahverengi
Parlaklığı	Camsı, inci gibi
Işık geçirgenliği	Saydam, yarısaydam
Kristal sistemi	Monoklinik 2/m
Sertliği	3.5-4 (yüzeyde daha yumuşak)
Özgül ağırlığı	2.2 (çok hafif)
Kullanımı	Kimyasal filtre, moleküler elek, kimyasal adsorban, su arıtma, tarım-hayvancılık

Zeolit grubunun içinde istemediğimiz morfolojik olarak iğnemsiz ince taneli lifli yapısıyla erionit türevi sağlık açısından tehlike arz etmektedir. O yüzden tercih edilmemektedir [43].

Deneyleerde kullanmış olduğumuz zeolit grubu klipnotilit'dir. Zeolit grubunun içinde en yararlı ve sağlıklı olarak tercih edilenler arasındadır. Tıp sektöründe de oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir.

- Tıp alanında doğal hücreseel savunma (yapılarına iyon değişimi ile Ag yerleştireildiğinde antibakteriyel madde),
- Diyaliz sıvılarının rejenerasyonunda,
- Florid içereikli diş pastasında parlaticı madde,
- Doğal zeolitte kanser riskini azaltma özelliği,
- Güçlü bir antioksidan işlevi,
- Ağır metallerin sistemden çıkarılmasına yardımcı,
- Diyarenin meydana gelmesini azaltıcı [49]
- Sindirim yolunda besin maddesinin emilimini geliştirici,
- Sindirimseel pH'yi dengeler ve böylece asit geri akışını azaltıcı,
- Geniş spektrumlu anti-viral ajan olarak kullanılırlar.
- Bazı zeolit türleri enzimler ve medyatörleri koimmobilize ederek biyolojik sensör hazırlayabilirler [50].
- Klinoptilit ile muamele edilen değişik tümörlerde bazı iyileşmeler görülmüştür [51].
- Silisyumun kemik kalsifikasyonunda fizyolojik etkisi olduğui ileri sürülmektedir. Zeolitlerde bol miktarda bulunan Si kemik sağlığını iyileştirilmesinde kullanılabilir [52].
- Karaciğer hastalıklarının tedavisinde kullanılır [53].
- Ağızdan alındığında mukozadan emilmez. Mide ve oniki parmak bağırsağındaki 1.5 ve 8.1 gibi çok farklı pH değerlerinde bile ağır metalleri absorbe edebilir ve dışkı ile gastrointestinal sistemden uzaklaştırır. pH 1.5' da demir ve civayı absorbe eder, pH 8.1'de ise kurşun, civa, amonyum ve demir absorbe edilir [54,43]

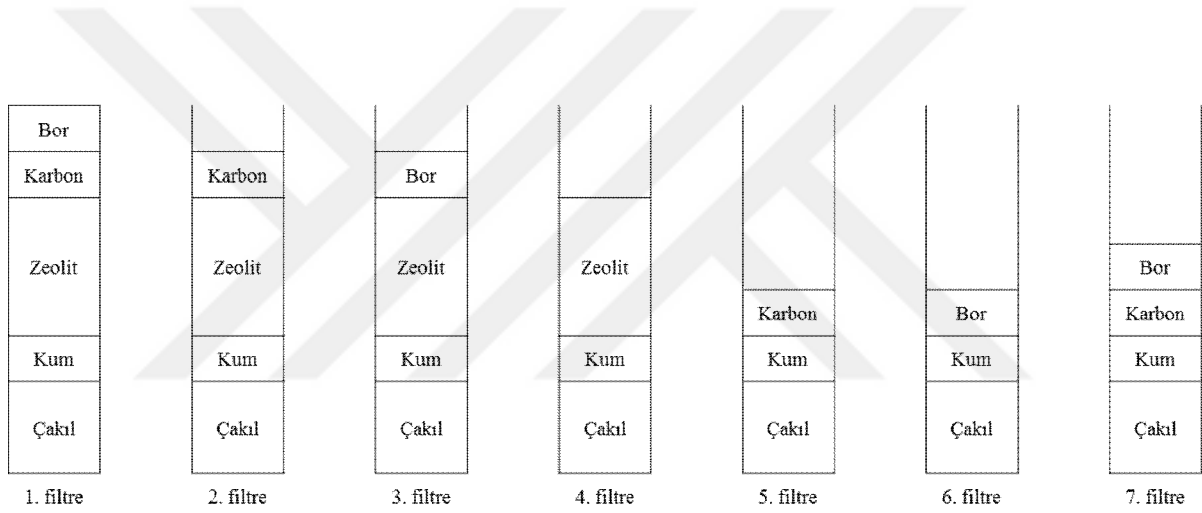
3.4. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örnekleri tek kullanımlık steril 5 lt'lik polietilen şişelere alındı ve

radon gazı kaçışını önlemek için şişelerin kapağı su akışı altında sıkıca kapatıldı. Alınan su örnekleri etiketlendikten sonra laboratuvar ortamına getirildi ve uygun laboratuvar şartları altında depolandı.

0.5 lt'lik polietilen şişelerin ağız kısımları kesildi ayrıca su akışını sağlamak için iğne yardımıyla taban kısımda belirli aralıklarla delikler açıldı. Taban kısma öncelik olarak malzeme kaçışını önlemek için 0.8 cm kalınlığında sünger çekildi. Üzerine sırasıyla belirli gramajlarda çakıl, kum, zeolit, karbon ve bor minerali koyuldu. Kullanılan malzemelerin sıraları değiştirilerek toplamda 7 adet filtre yapıldı. Kuyulardan almış olduğumuz su örnekleri bu filtrelerden teker teker geçirildi.

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durrige Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü.



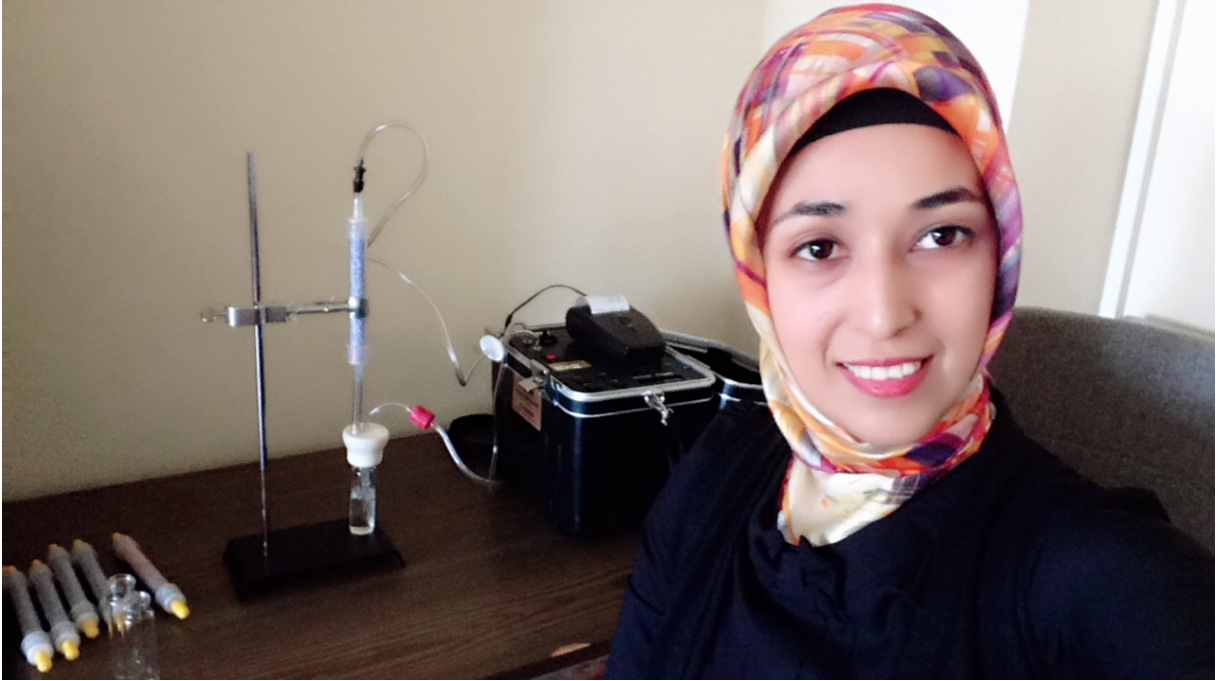
Şekil 3.4. Filtrelere birer örnek

Çizelge 3.4. Filtre birleşiminde kullanılan malzemelerin miktarları

Kullanılan Malzeme	Ağırlığı (gr)	Tane boyutu (mm)
akıl	90±0,1	2-4
Kum	30±0,1	0-5
Zeolit	100±0,1	2-4
Karbon	20±0,1	2-4
Bor	30±0,1	1.00



Şekil 3.5. Filtrelerden örnek gösterimi



Şekil 3.6. DurrIDGE Rad H₂O aksesuarı ile radon ölçümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri Çizelge 4.1 ve Şekillerde verilmiştir.

Çizelge 4.1. Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)

Kuyu No	Bina Adı	Örnek Alınan Mahalle	Kuyu Derinliği (m)	Filtre No	1.Değer (pCi/l)	2.Değer (pCi/l)	3.Değer (pCi/l)	4.Değer (pCi/l)	Ort. (pCi/l)
1	Bekir Bey	Üngüt	35	Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				1.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				1.2. (Ç,K,Z,C)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	16,6±19
				1.3. (Ç,K,Z,B)	22,2±110	22,2±110	66,5±130	66,5±130	44,4±31
				1.4. (Ç,K,Z)	0,00±3,8	0,00±3,7	0,00±3,7	110±150	27,4±25
				1.5. (Ç,K,C)	22,2±110	0,00±3,7	22,1±110	0,00±3,8	11,1±16
				1.6. (Ç,K,B)	66,9±130	22,1±110	44,1±120	22,2±110	38,8±29
				1.7. (Ç,K,C,B)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	16,6±19
2	Ahmet Bey	Karamanlı	40	Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				2.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	27,7±25
				2.2. (Ç,K,Z,C)	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	22,2±22
				2.3. (Ç,K,Z,B)	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	16,6±19
				2.4. (Ç,K,Z)	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±22
				2.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	16,6±19
				2.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				2.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16

Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)

3	Hilal Sitesi	Şehit Abdullah Çavuş	197	Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				3.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
				3.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				3.3. (Ç,K,Z,B)	111,1±150	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	38,8±29
				3.4. (Ç,K,Z)	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	27,7±25
				3.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				3.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	22,2±110	22,2±22
				3.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	66,5±130	0,00±3,7	22,2±110	22,2±22
4	Zekeriya Köy-2	Yirmiikigün	170	Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	27,7±25
				4.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	22,2±22
				4.2. (Ç,K,Z,C)	22,2±110	22,2±110	22,2±110	44,4±120	27,7±25
				4.3. (Ç,K,Z,B)	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	16,6±19
				4.4. (Ç,K,Z)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				4.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	22,2±22
				4.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				4.7. (Ç,K,C,B)	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	27,7±25
5	Yeşilvadi Sitesi	Yirmiikigün	100	Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				5.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				5.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	16,6±19
				5.3. (Ç,K,Z,B)	44,4±120	44,4±120	0,00±5,2	22,2±110	27,7±26
				5.4. (Ç,K,Z)	0,00±3,8	22,1±110	22,1±110	0,00±3,8	11,0±16
				5.5. (Ç,K,C)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				5.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	66,5±130	22,2±22
				5.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	11,1±16

Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)

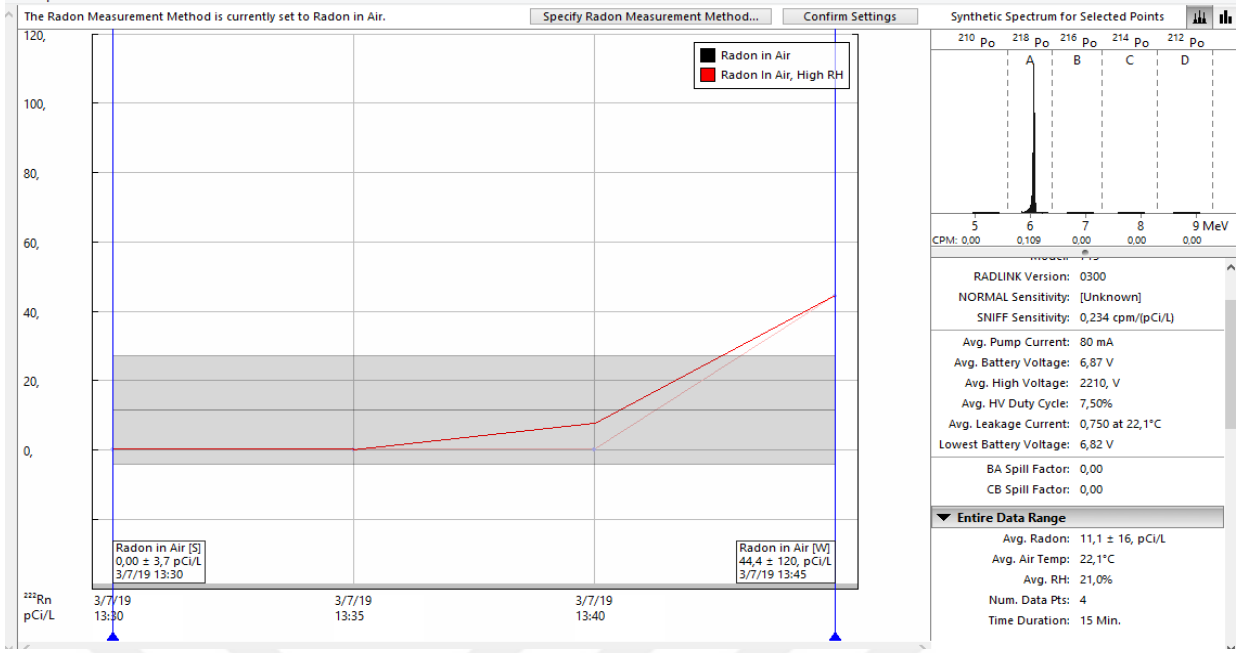
6	Panorama West	Cumhuriyet	230	Şahit Numune	22,2±110	0,00±8	22,2±110	22,2±110	16,6±21
				6.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	27,7±25
				6.2. (Ç,K,Z,C)	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	16,6±19
				6.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
				6.4. (Ç,K,Z)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	66,5±130	27,7±25
				6.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				6.6. (Ç,K,B)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				6.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
7	İpekyolu Evleri	Hürriyet	180	Şahit Numune	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	0,00±3,7	22,2±22
				7.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±1,8
				7.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	5,55±11
				7.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				7.4. (Ç,K,Z)	22,2±110	22,2±110	66,5±130	22,2±110	33,3±27
				7.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				7.6. (Ç,K,B)	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	27,7±25
				7.7. (Ç,K,C,B)	22,2±110	22,2±110	22,2±110	44,4±120	27,7±25
8	Seyirtepe Konutları	Süleymanşah	120	Şahit Numune	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	66,5±130	38,8±29
				8.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	5,55±11
				8.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	66,5±130	66,5±130	0,00±3,7	33,3±27
				8.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				8.4. (Ç,K,Z)	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				8.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	66,5±130	88,7±140	22,2±110	44,4±31
				8.6. (Ç,K,B)	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	22,2±22
				8.7. (Ç,K,C,B)	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16

Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)

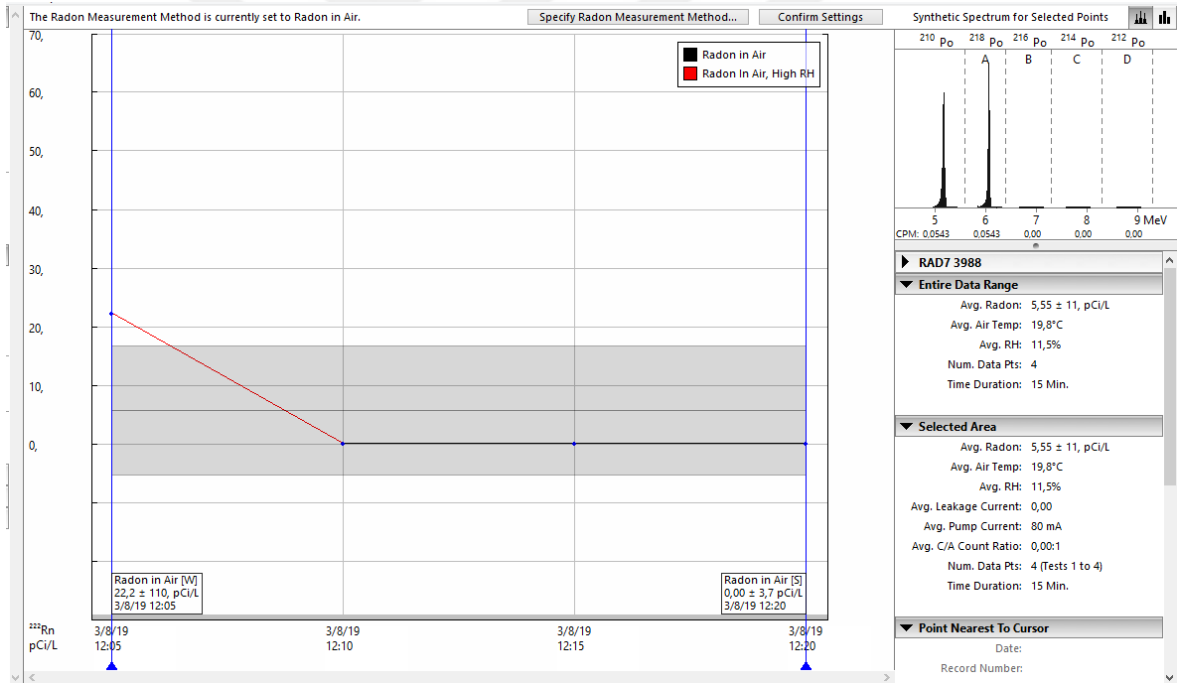
9	Ahmet Kısacık	Üngüt	20	Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	11,1±16
				9.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				9.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	11,1±16
				9.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				9.4. (Ç,K,Z)	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				9.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	22,2±110	27,7±25
				9.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				9.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	44,4±120	27,7±25
10	Nevin Hanım	Üngüt	60	Şahit Numune	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				10.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				10.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	66,5±130	66,5±130	0,00±3,7	33,3±27
				10.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	22,2±110	27,7±25
				10.4. (Ç,K,Z)	0,00±5,2	22,2±110	44,4±120	44,4±120	27,7±28
				10.5. (Ç,K,C)	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±1,8
				10.6. (Ç,K,B)	22,2±110	22,2±110	66,5±130	22,2±110	33,3±27
				10.7. (Ç,K,C,B)	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	27,7±25

Çizelge 4.1. (devam) Su örneklerinin filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri (Ç: Çakıl, K: Kum, Z: Zeolit, C: Karbon, B: Bor)

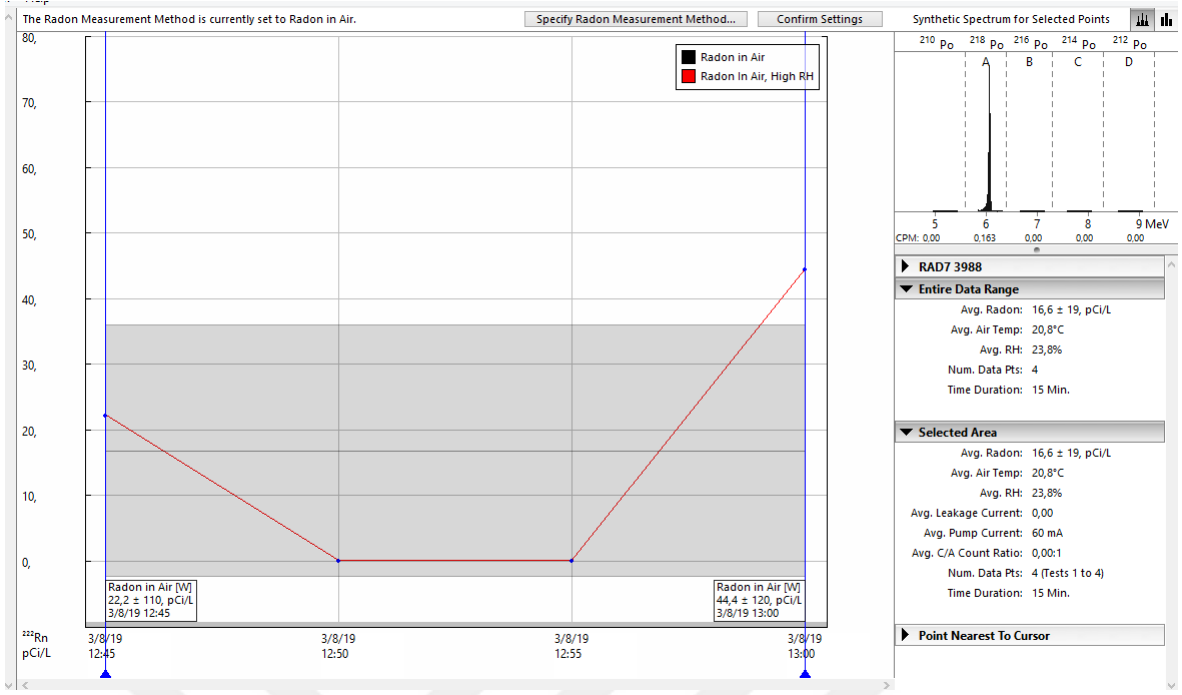
11	Kadir Bayırlı	Üngüt	50	Şahit Numune	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				11.1. (Ç,K,Z,C,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				11.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				11.3. (Ç,K,Z,B)	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
				11.4. (Ç,K,Z)	22,2±110	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				11.5. (Ç,K,C)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				11.6. (Ç,K,B)	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				11.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
12	Zekeriya Köy-3	Yamaçtepe	120	Şahit Numune	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	88,7±140	38,8±29
				12.1. (Ç,K,Z,C,B)	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				12.2. (Ç,K,Z,C)	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	22,2±110	22,2±22
				12.3. (Ç,K,Z,B)	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				12.4. (Ç,K,Z)	66,5±130	66,5±130	22,2±110	44,4±120	49,9±33
				12.5. (Ç,K,C)	44,4±120	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	27,7±25
				12.6. (Ç,K,B)	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				12.7. (Ç,K,C,B)	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	66,5±130	27,7±25



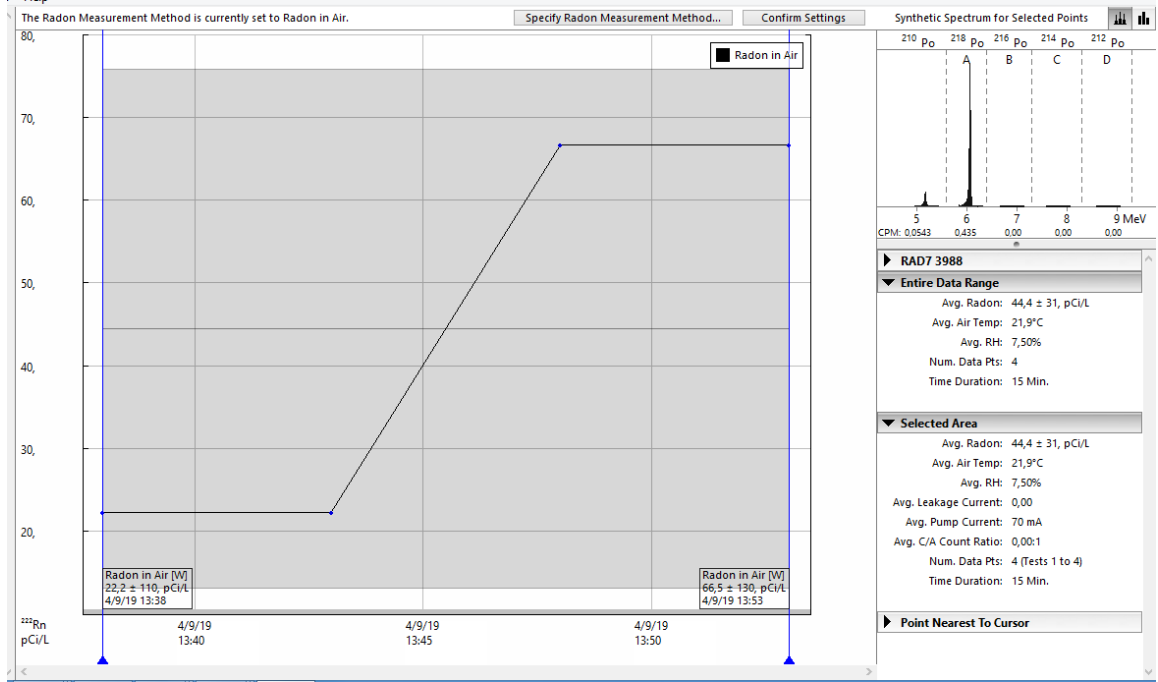
Şekil 4.1. 1 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



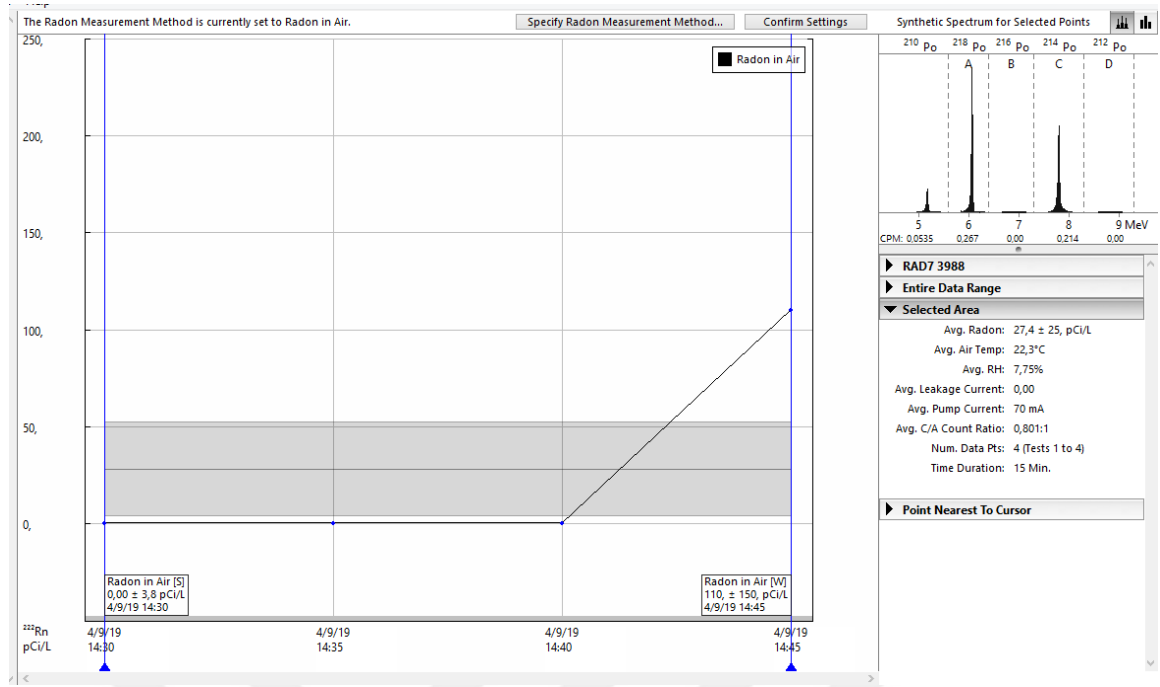
Şekil 4.2. 1.1. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



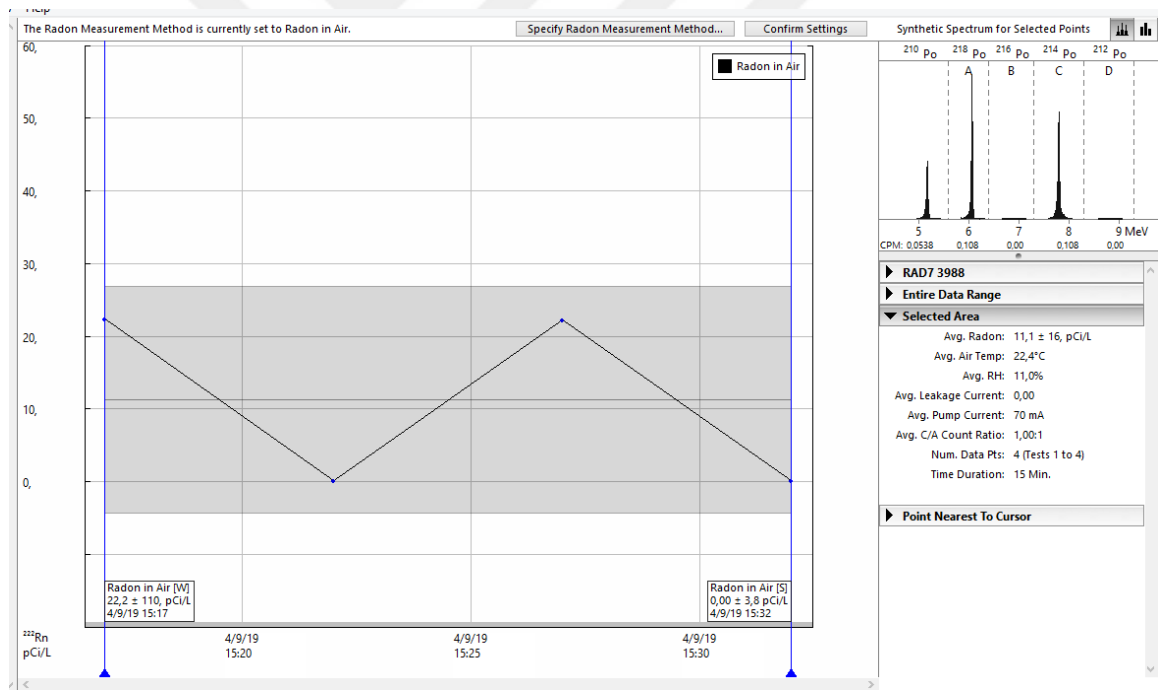
Şekil 4.3. 1.2. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



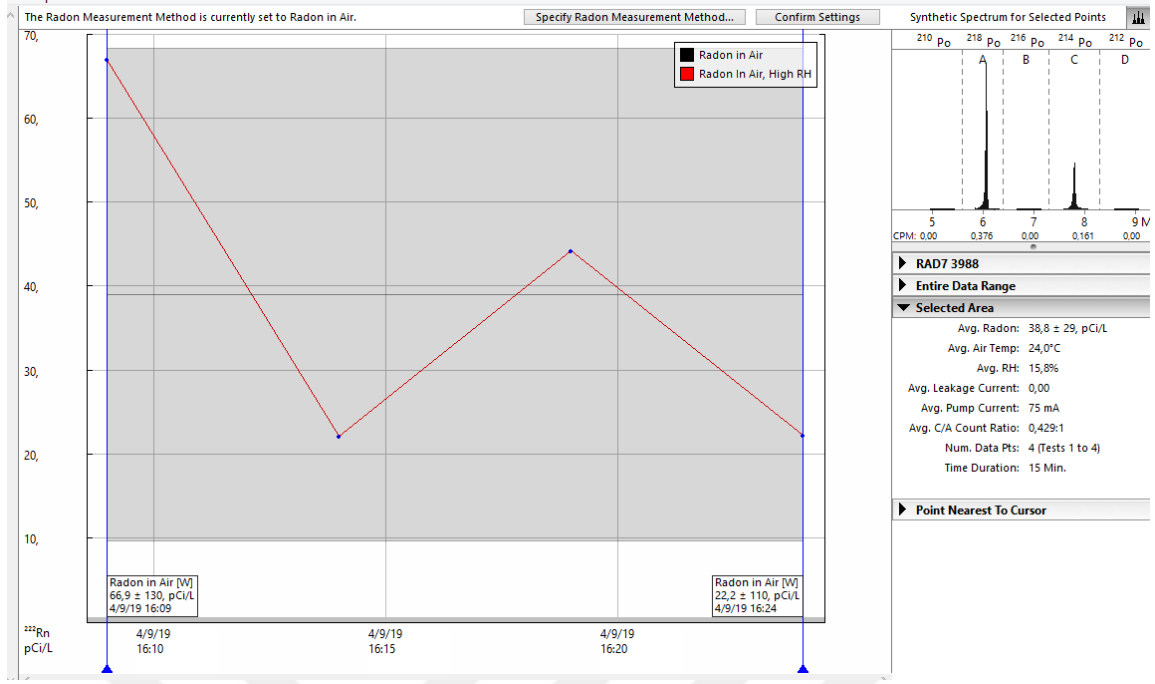
Şekil 4.4. 1.3. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



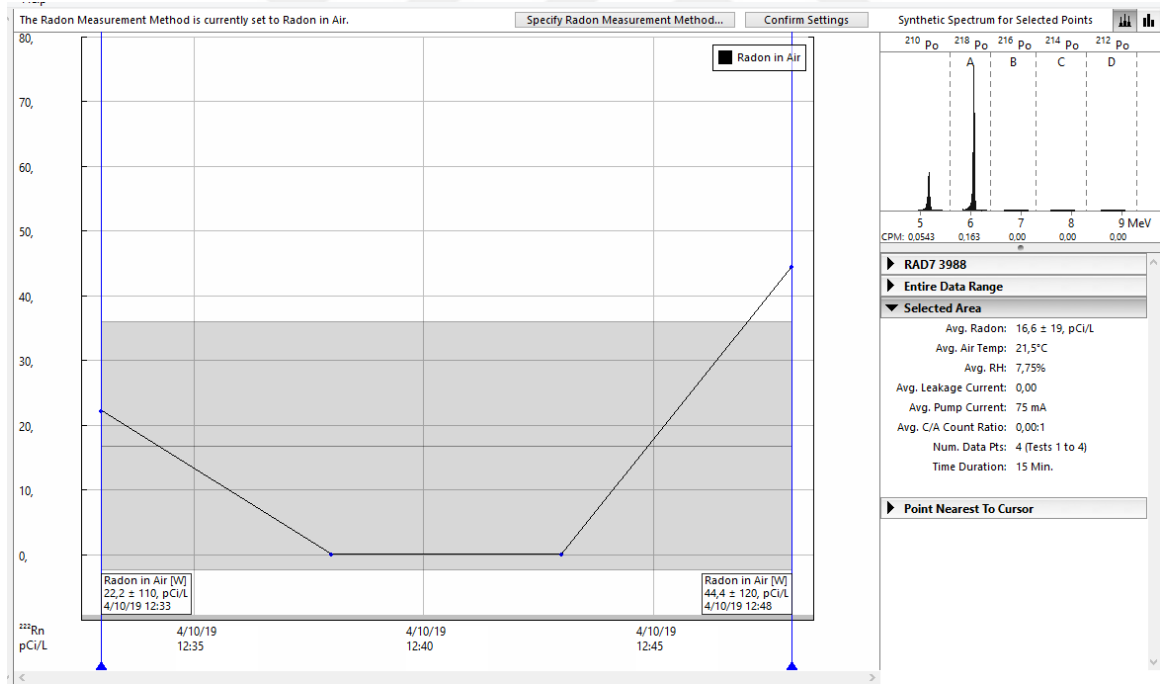
Şekil 4.5. 1.4. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 4.6. 1.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



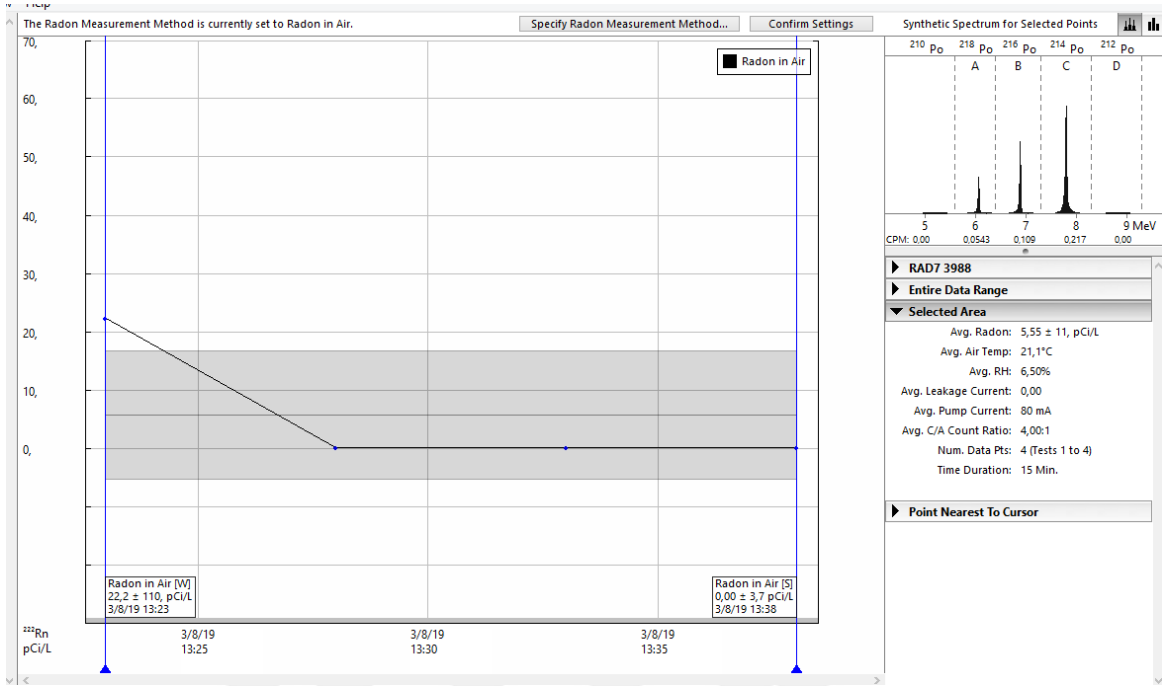
Şekil 4.7. 1.6. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



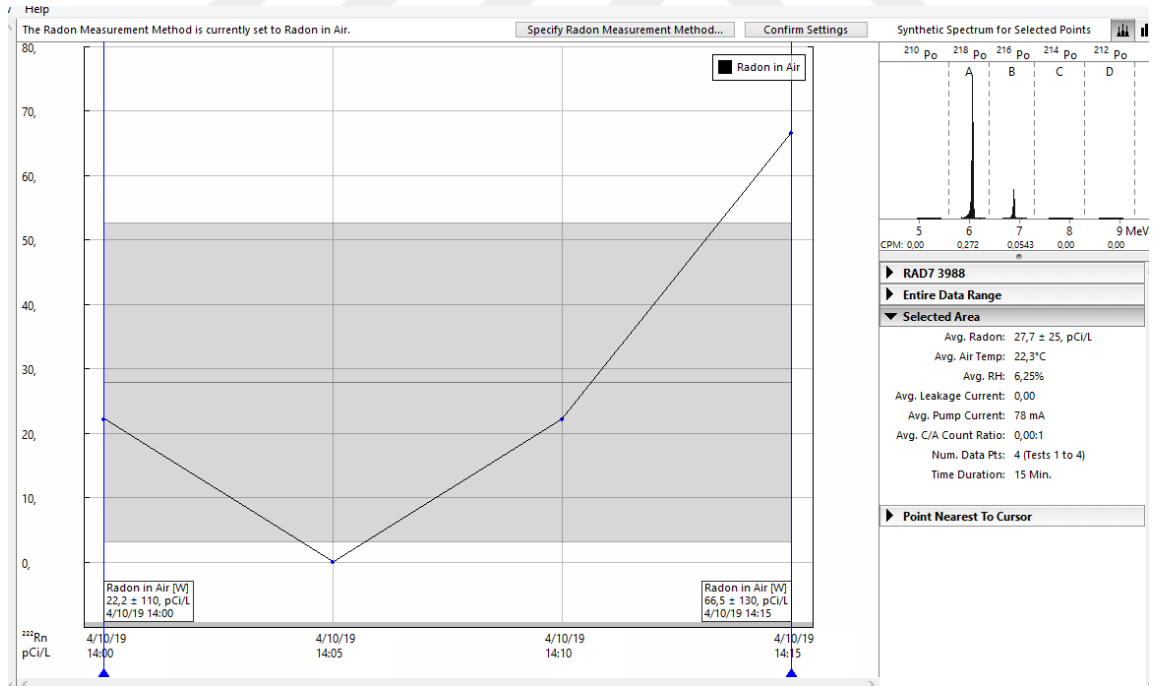
Şekil 4.8. 1.7. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

1 numaralı kuyunun derinliği diğer kuyuların derinliğinden daha küçük olmasına rağmen şahit numuneye oranla 6 no'lu filtrede (çakıl-kum-bor) değer $38,8 \pm 29$ pCi/l yüksek çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.7). 1 no'lu filtrede ise (çakıl-kum-zeolit-karbon-

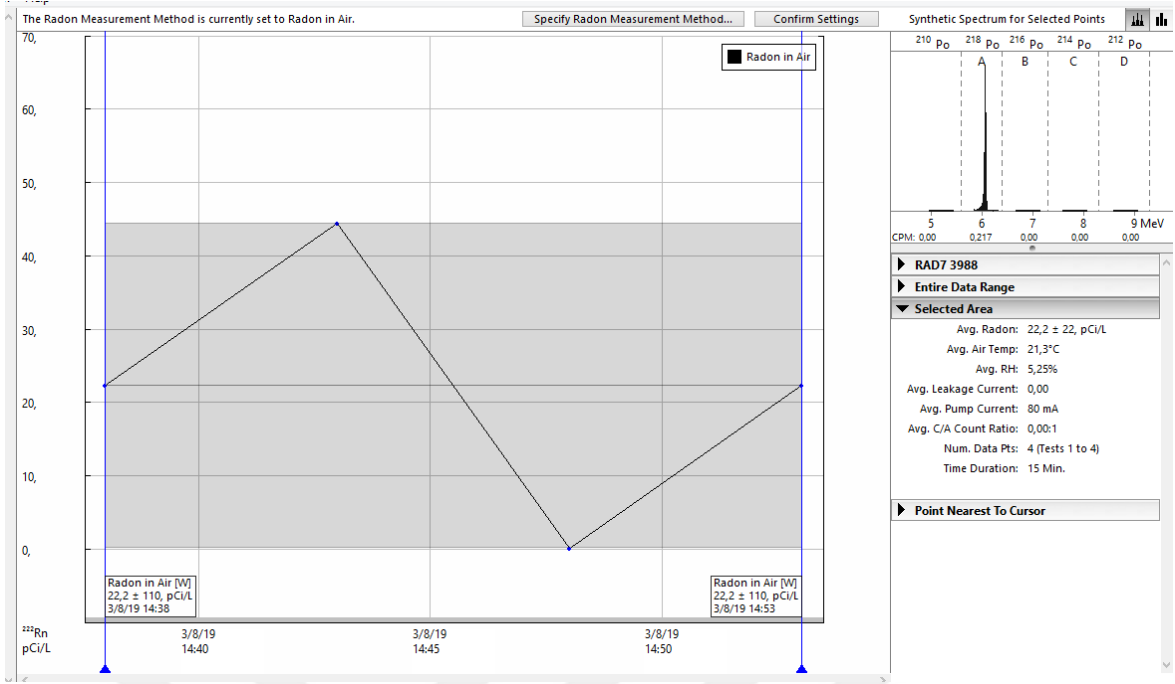
bor) zeolit katkılı olduğundan dolayı $5,55 \pm 11$ pCi/l birinci kuyu için en düşük değer gözlemlenmiştir. (Şekil 4.2).



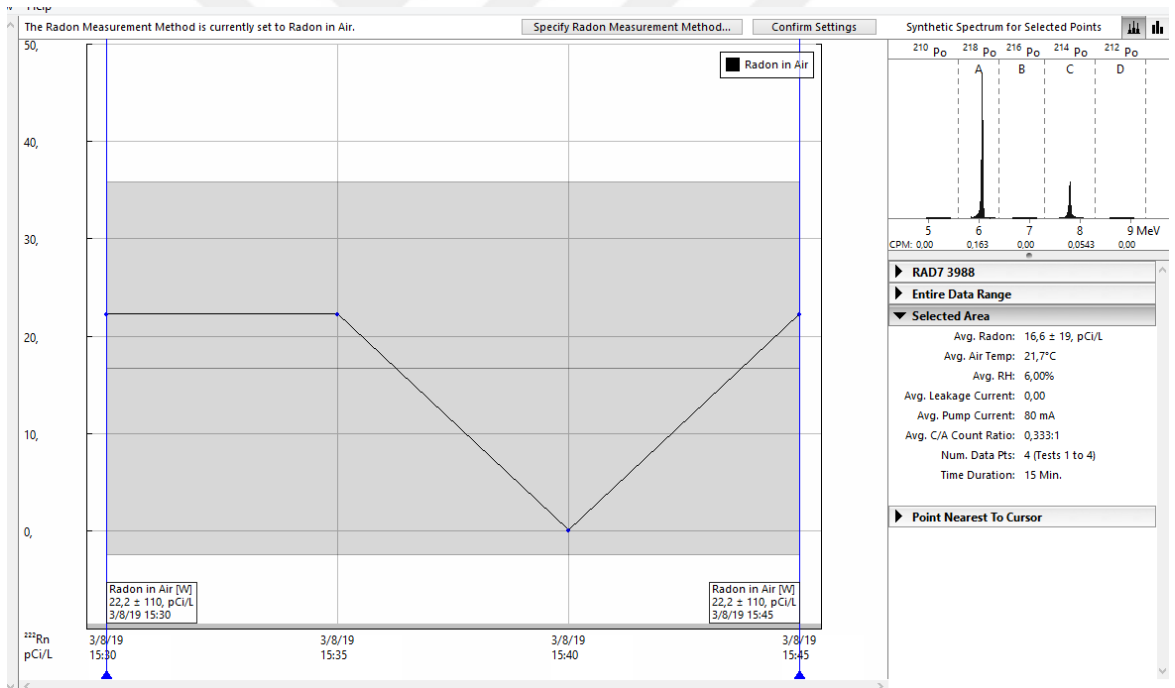
Şekil 4.9. 2 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



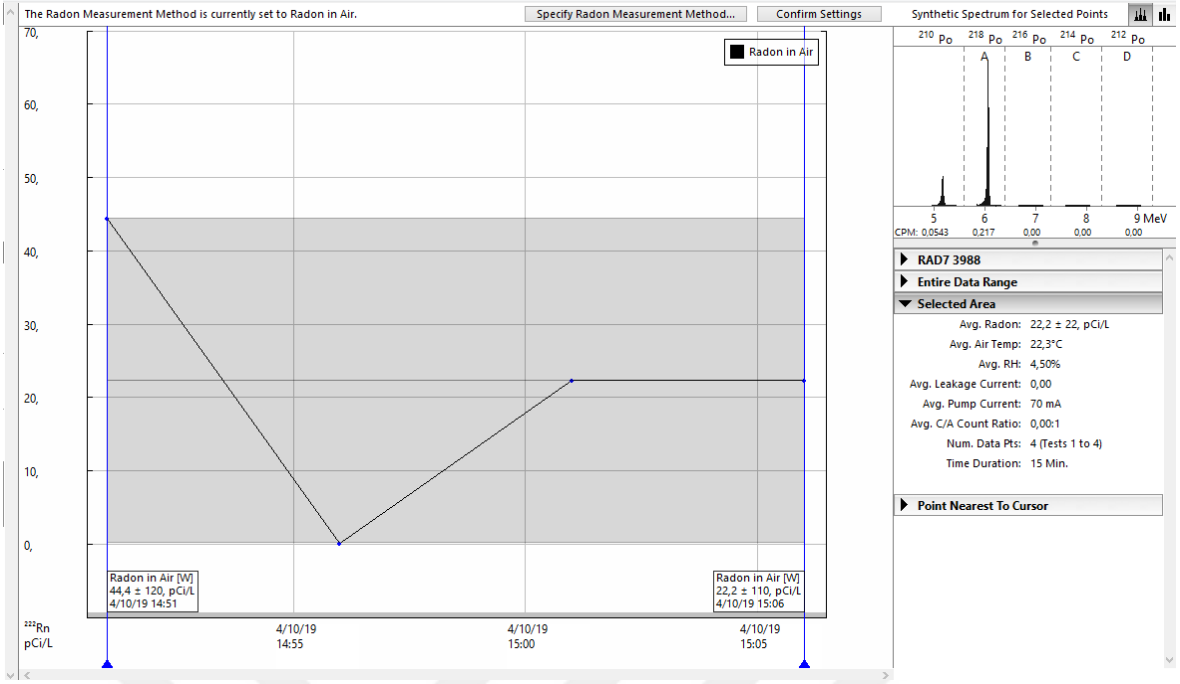
Şekil 4.10. 2.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



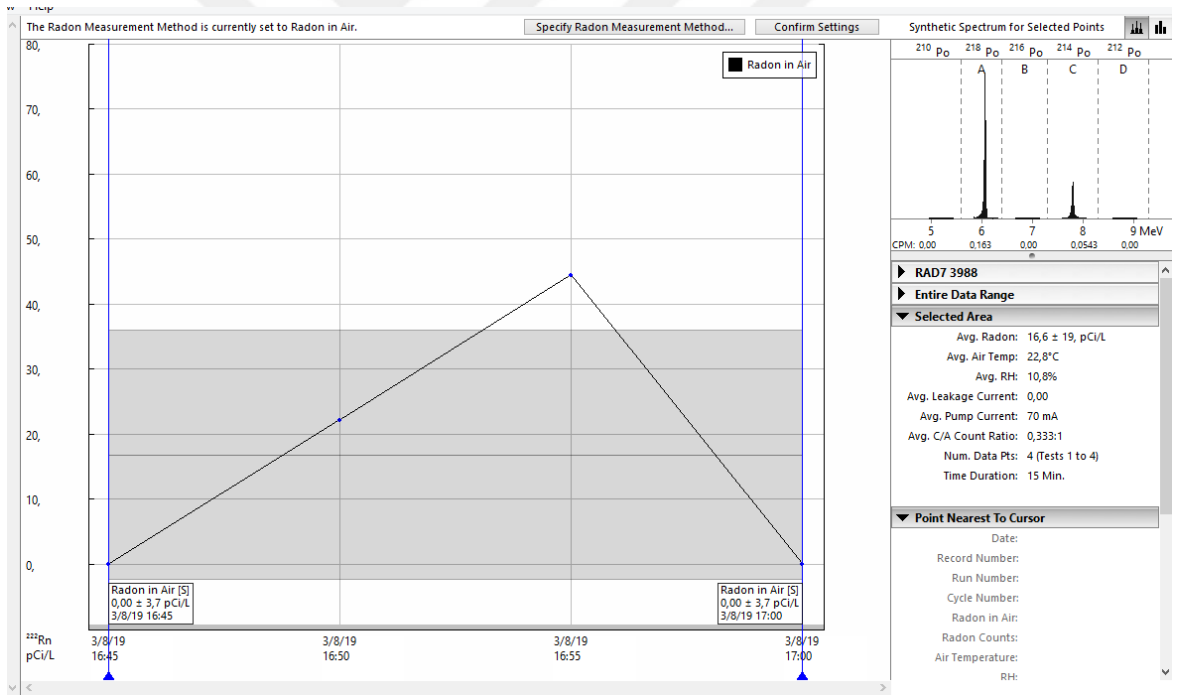
Şekil 4.11. 2.2. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



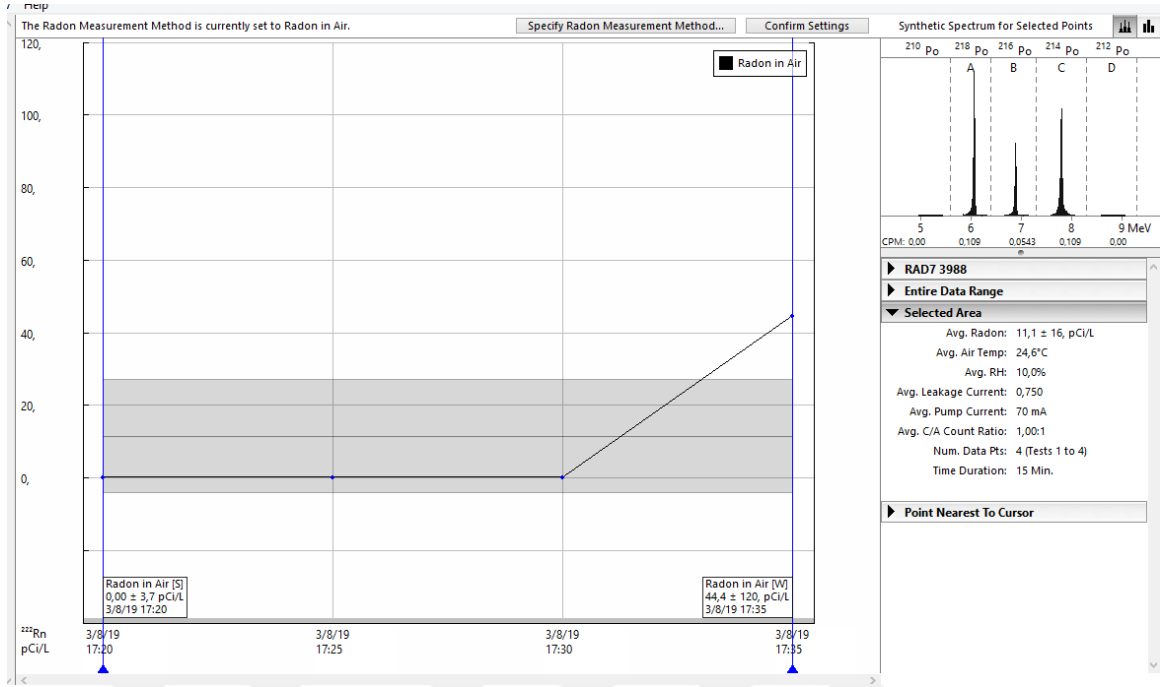
Şekil 4.12. 2.3. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



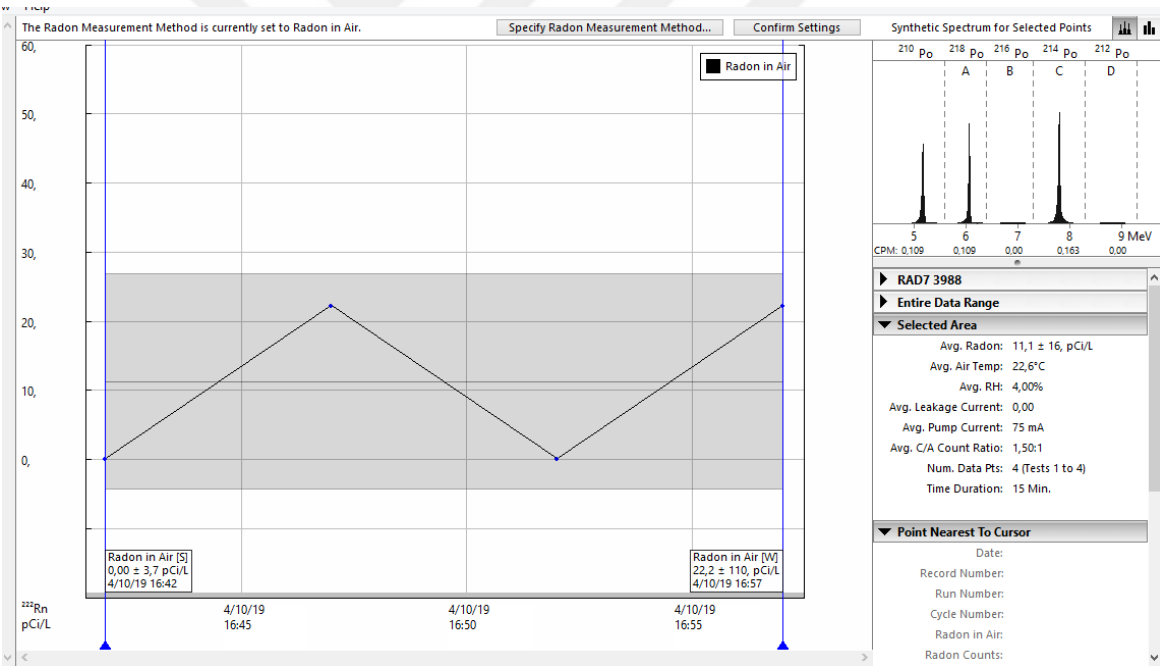
Şekil 4.13. 2.4. numunenin radon konsantrasyon değerleri



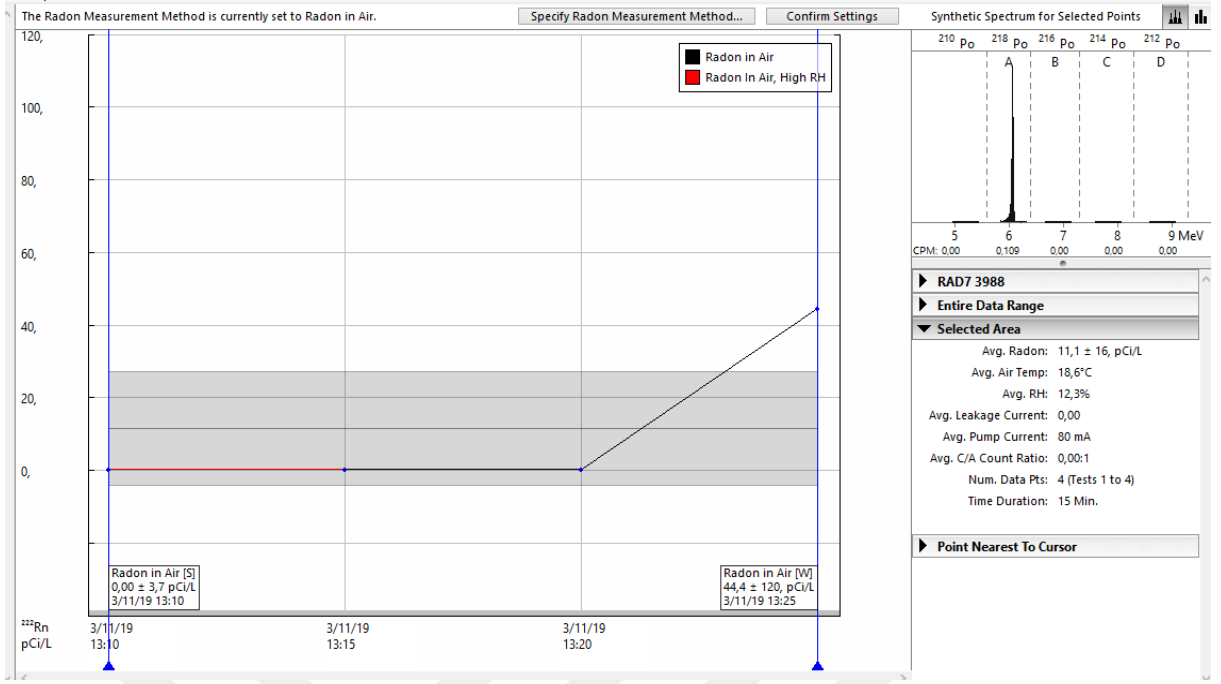
Şekil 4.14. 2.5. numunenin radon konsantrasyon değerleri



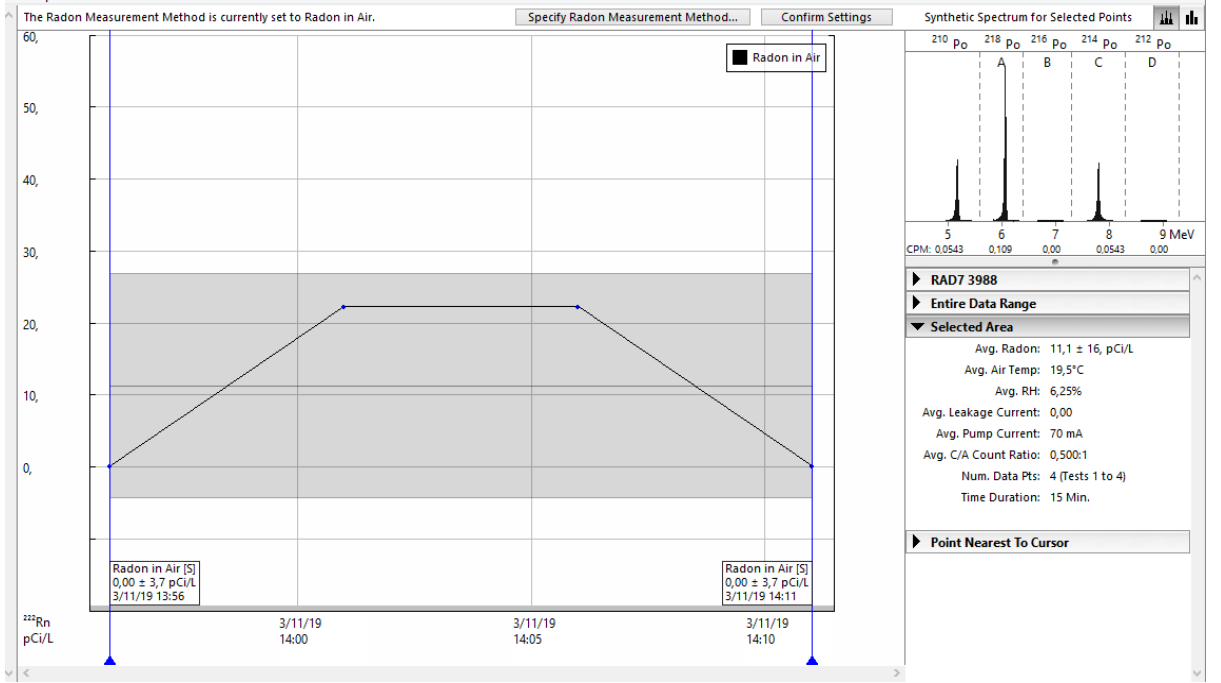
Şekil 4.15. 2.6. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



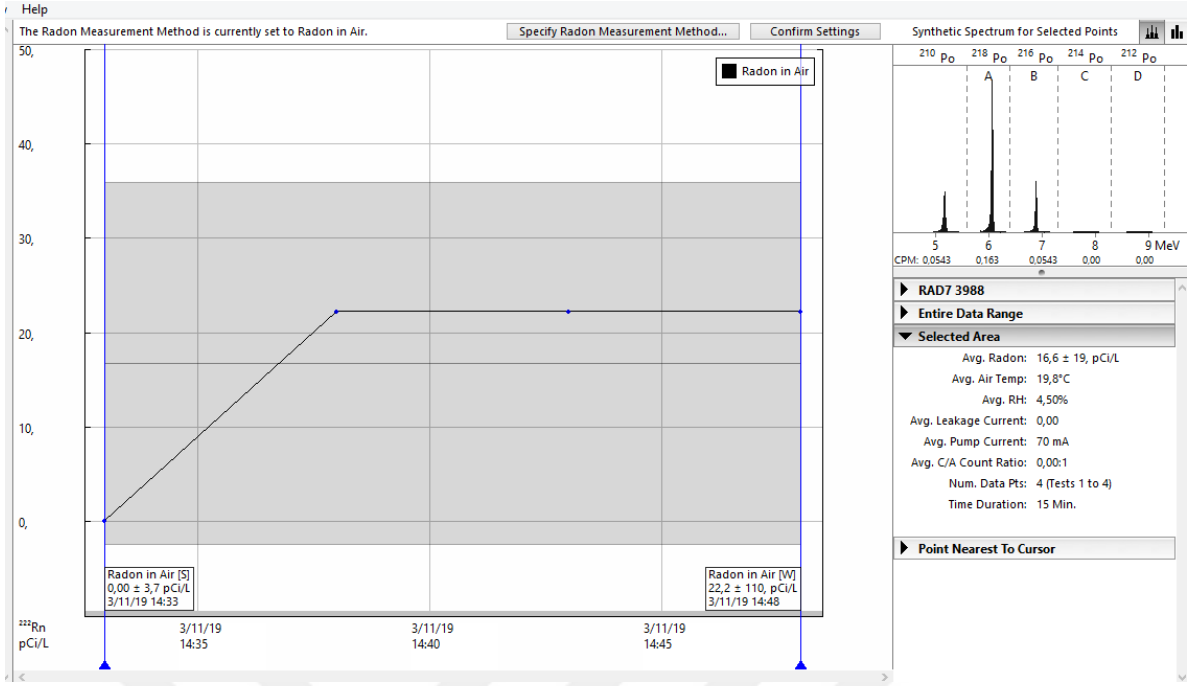
Şekil 4.16. 2.7. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



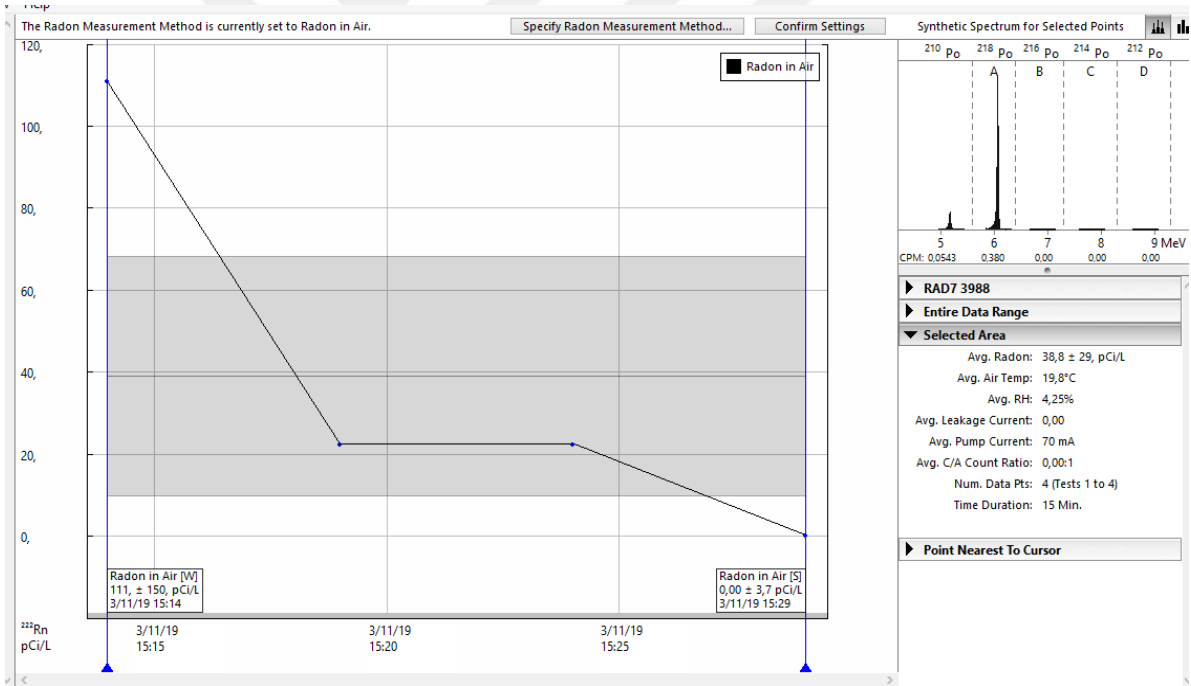
Şekil 4.17. 3 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 4.18 3.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

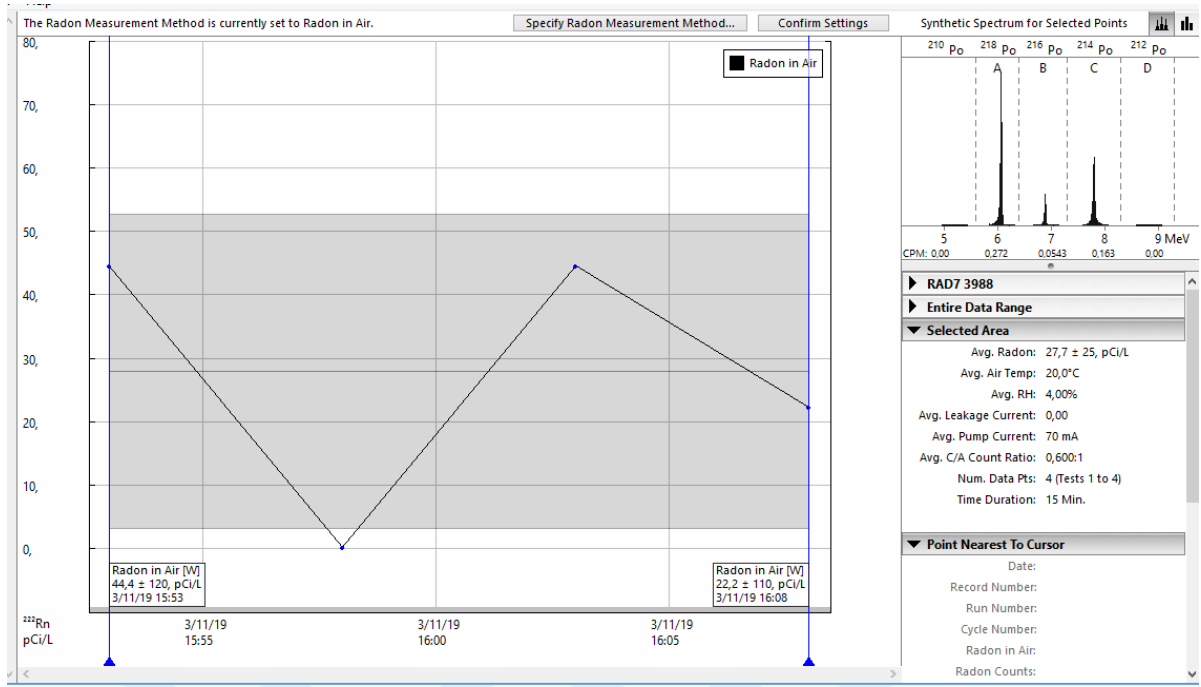


Şekil 4.19. 3.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

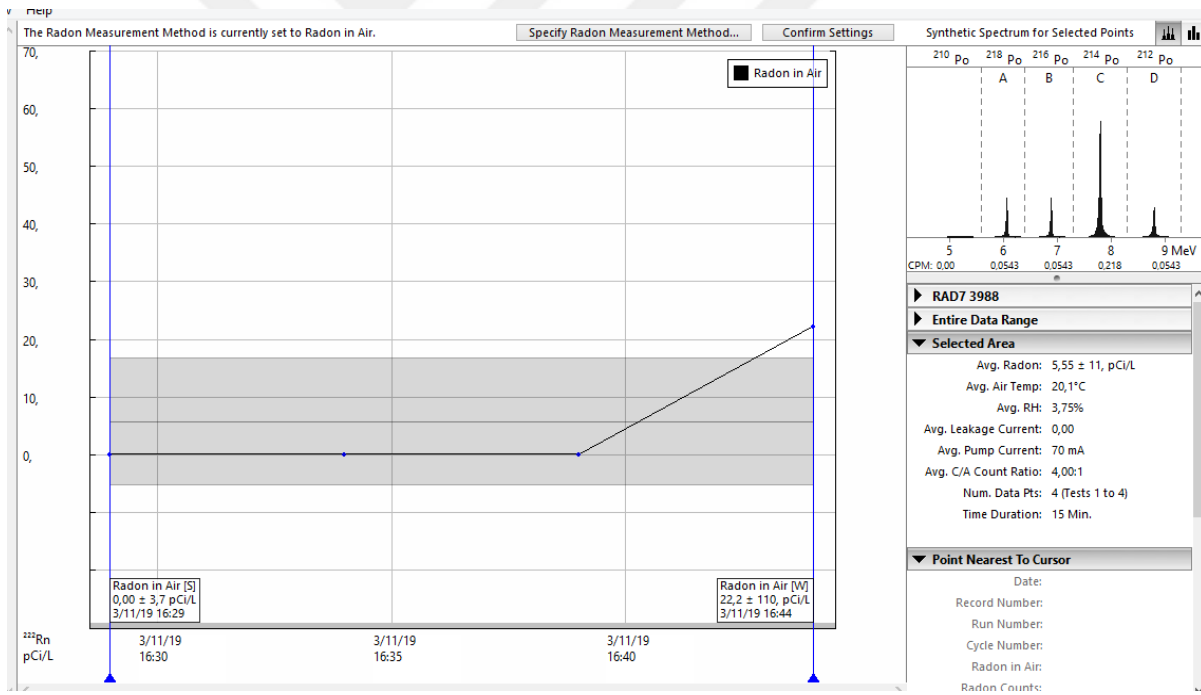


Şekil 4.20. 3.3 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

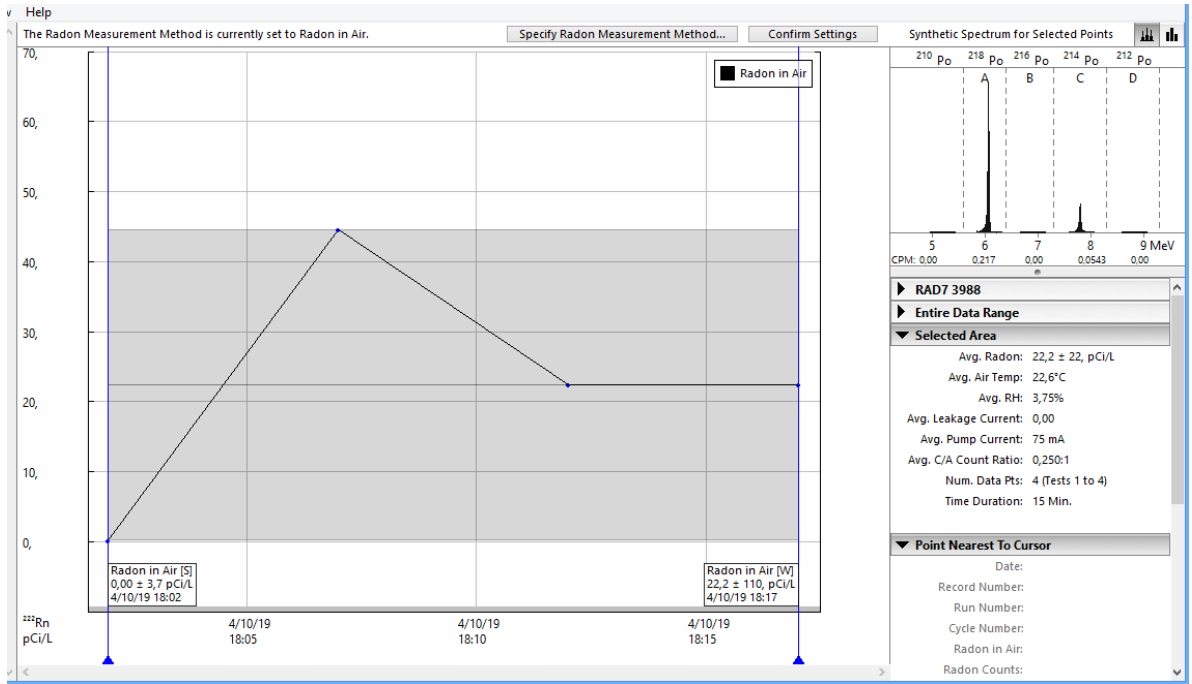
Şekil 4.20' deki değerde şahit numuneye oranla artış gözlenmiştir. Anlık ölçümlerden kaynaklanabilmektedir.



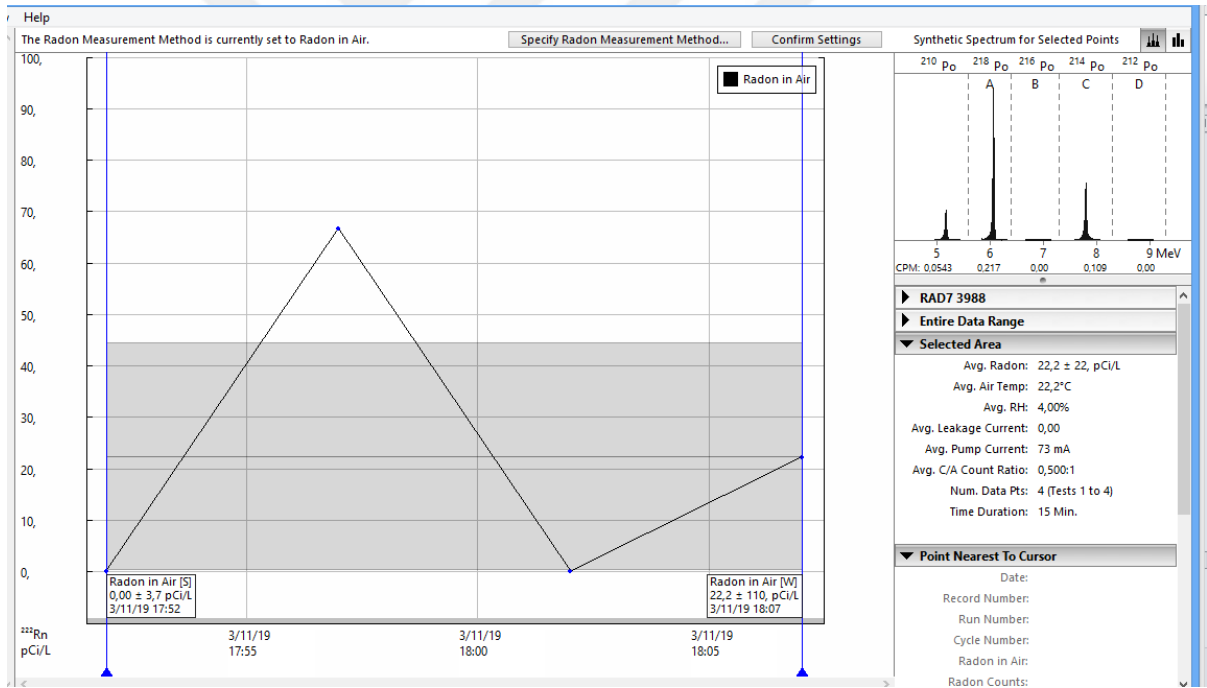
Şekil 4.21. 3.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



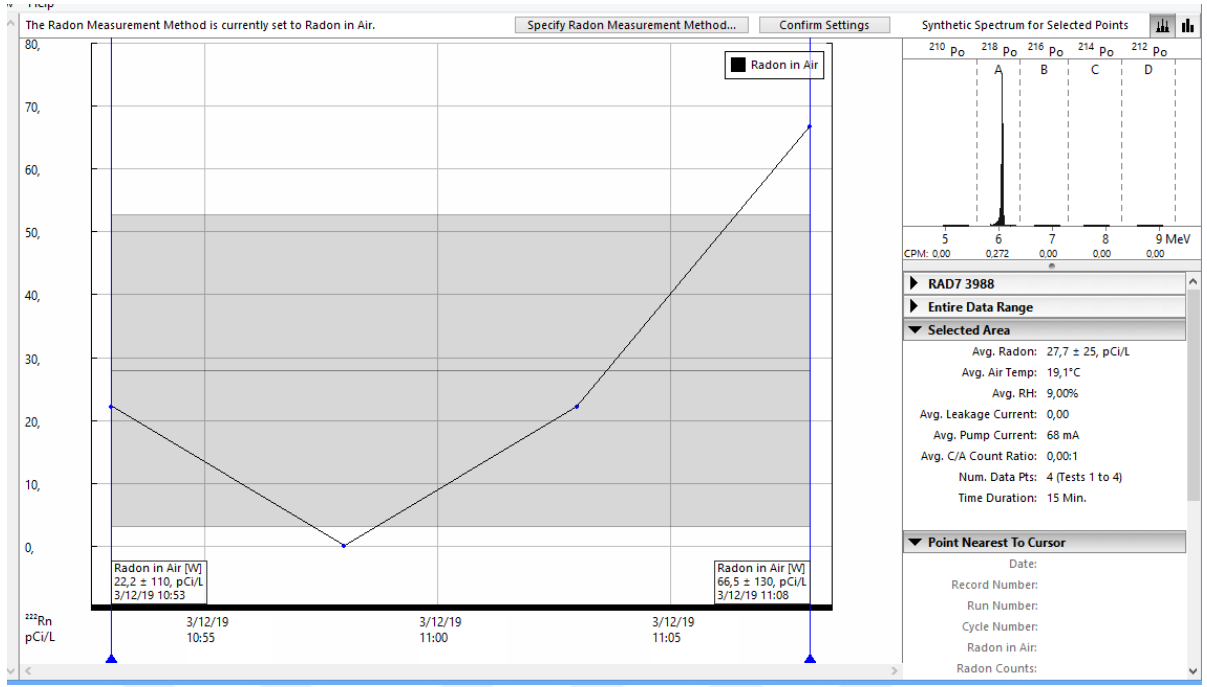
Şekil 4.22. 3.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



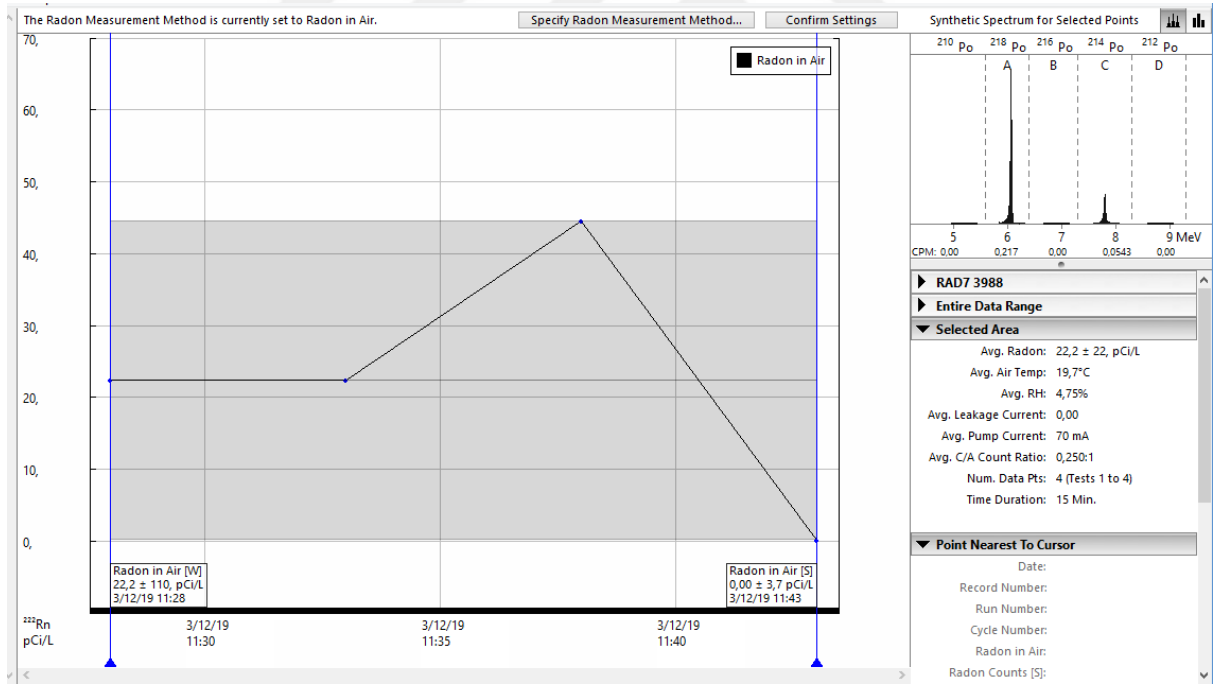
Şekil 4.23. 3.6 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



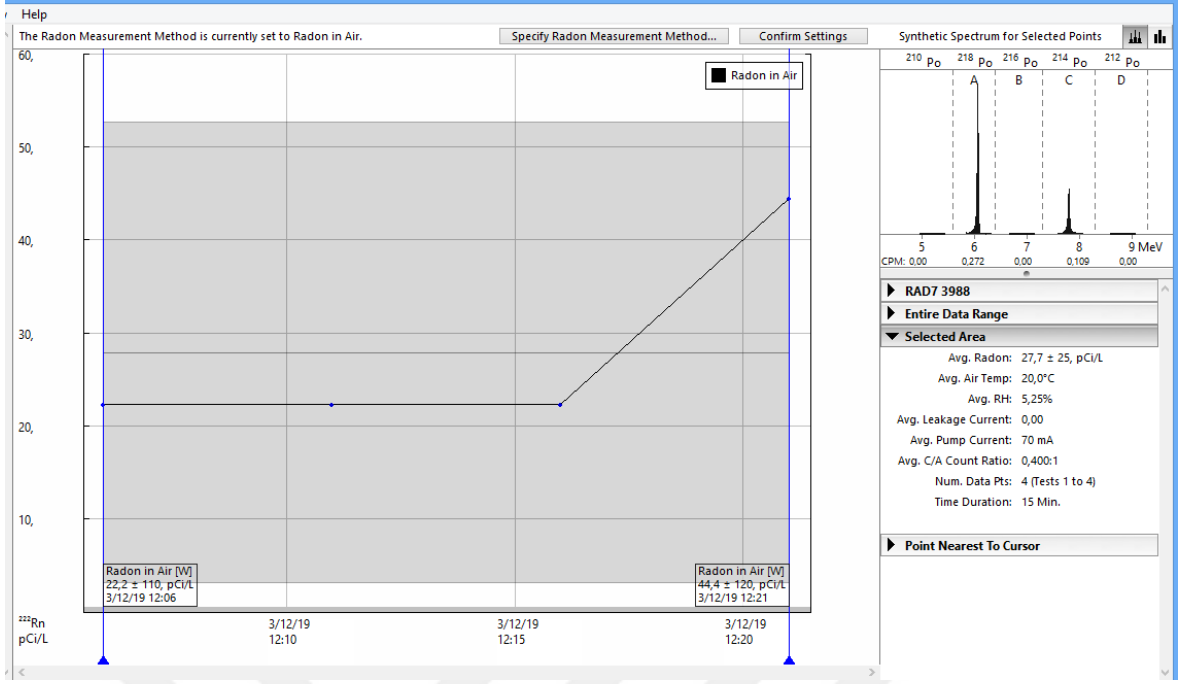
Şekil 4.24. 3.7 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



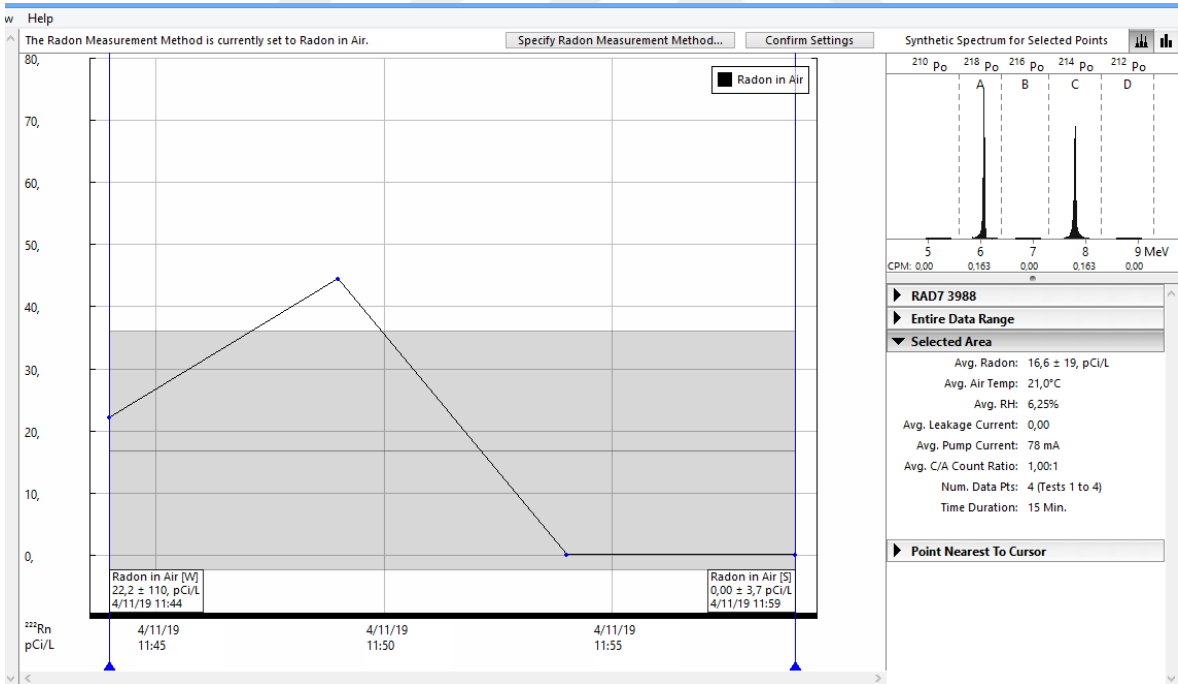
Şekil 4.25. 4 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



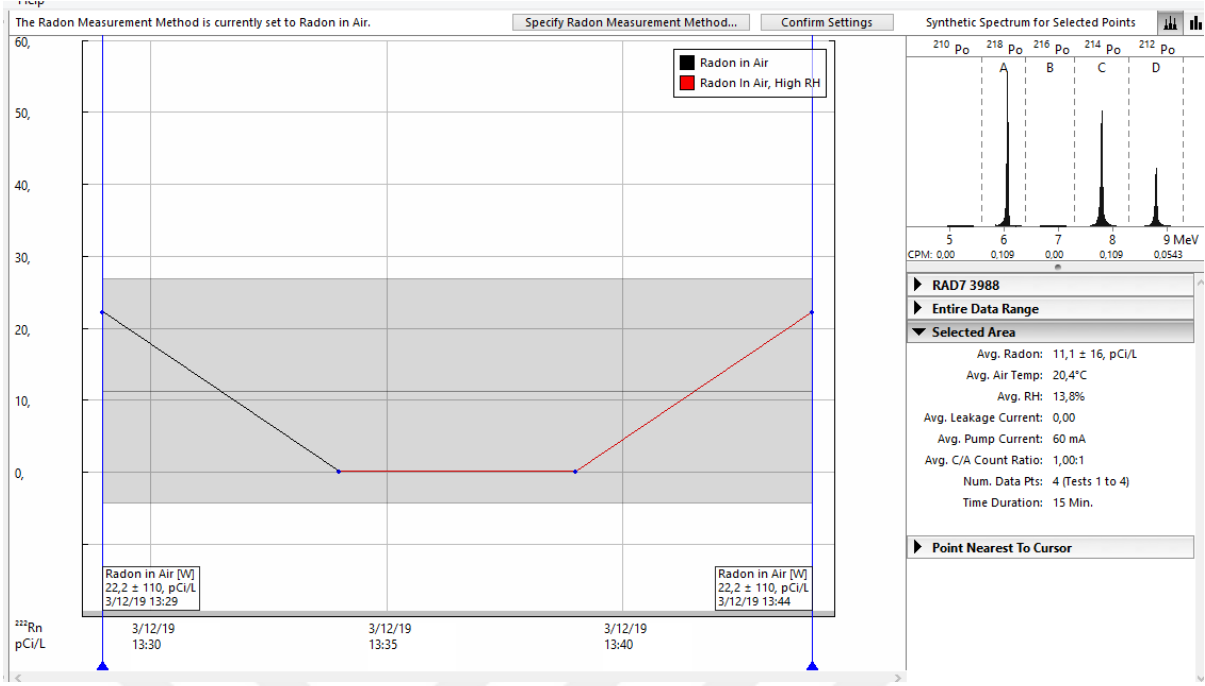
Şekil 4.26. 4.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



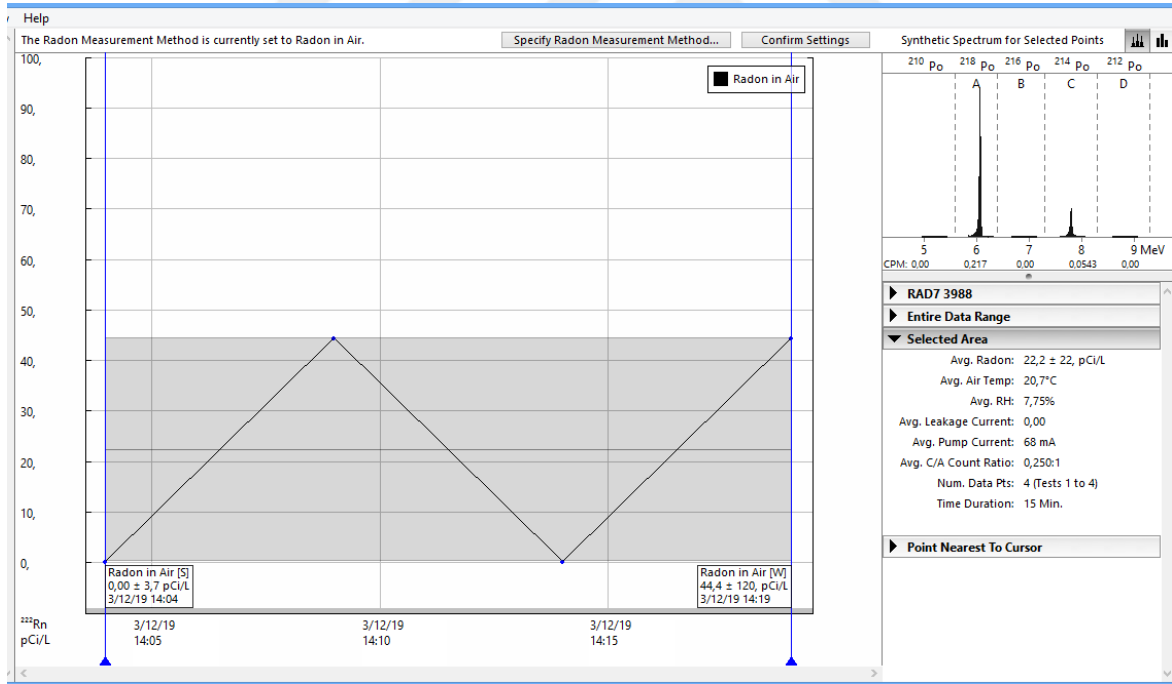
Şekil 4.27. 4.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



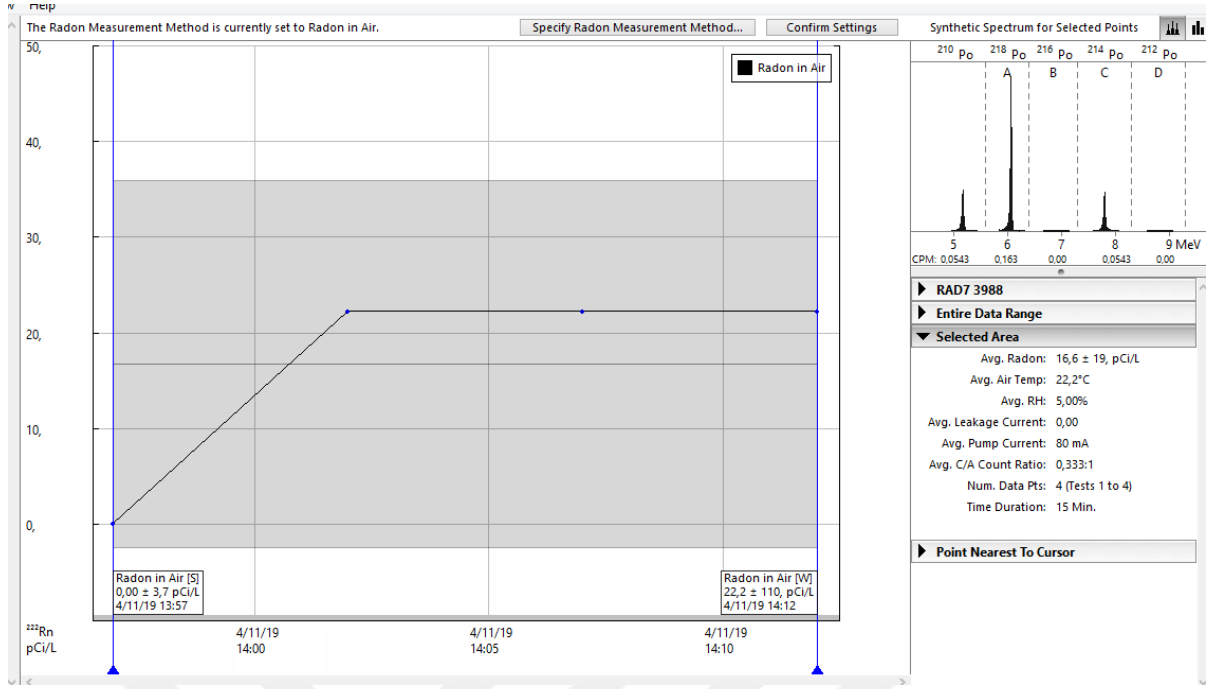
Şekil 4.28. 4.3 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



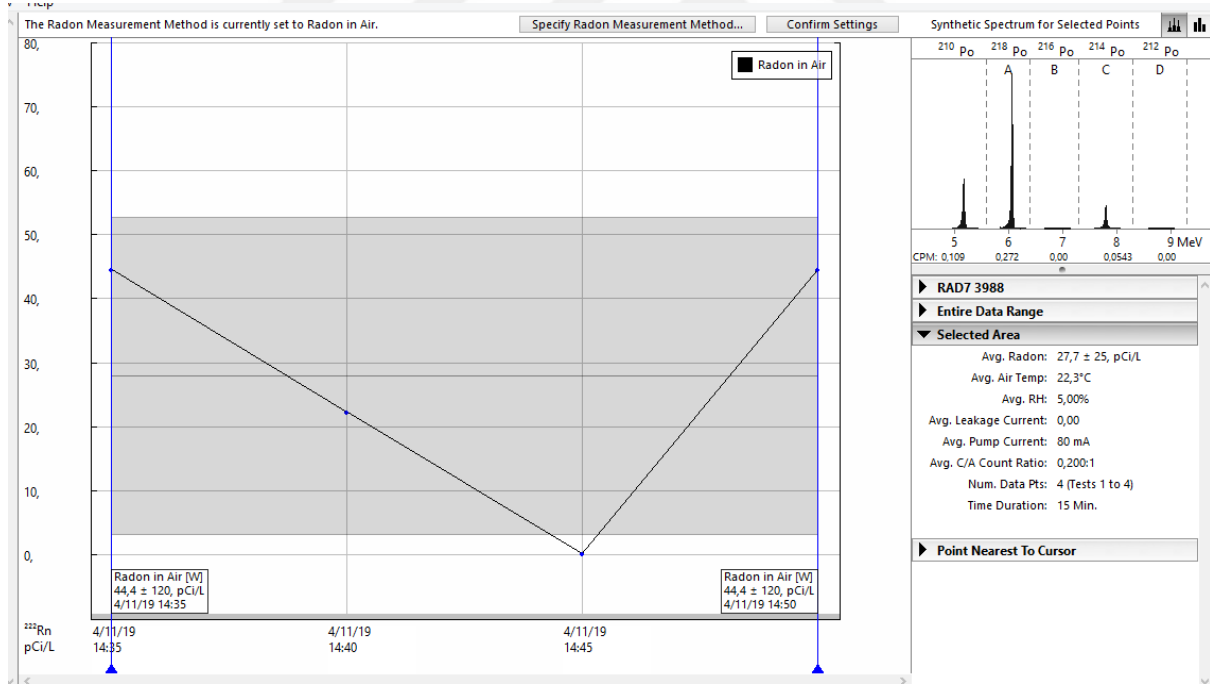
Şekil 4.29. 4.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



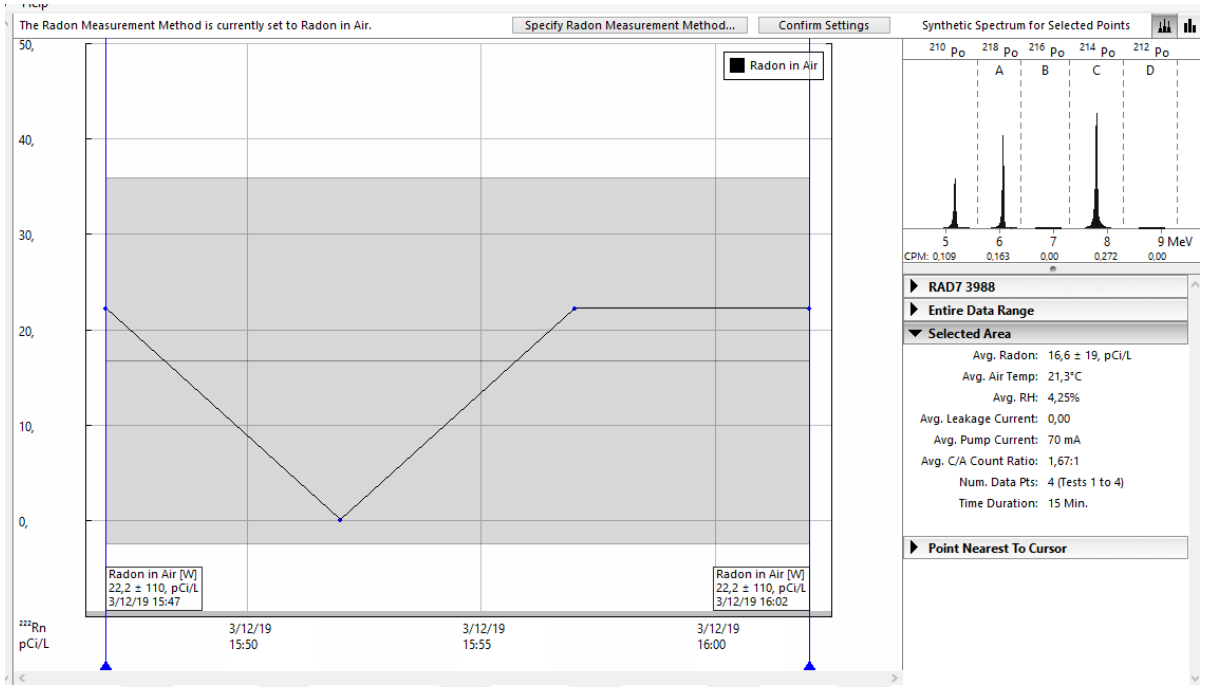
Şekil 4.30. 4.5 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



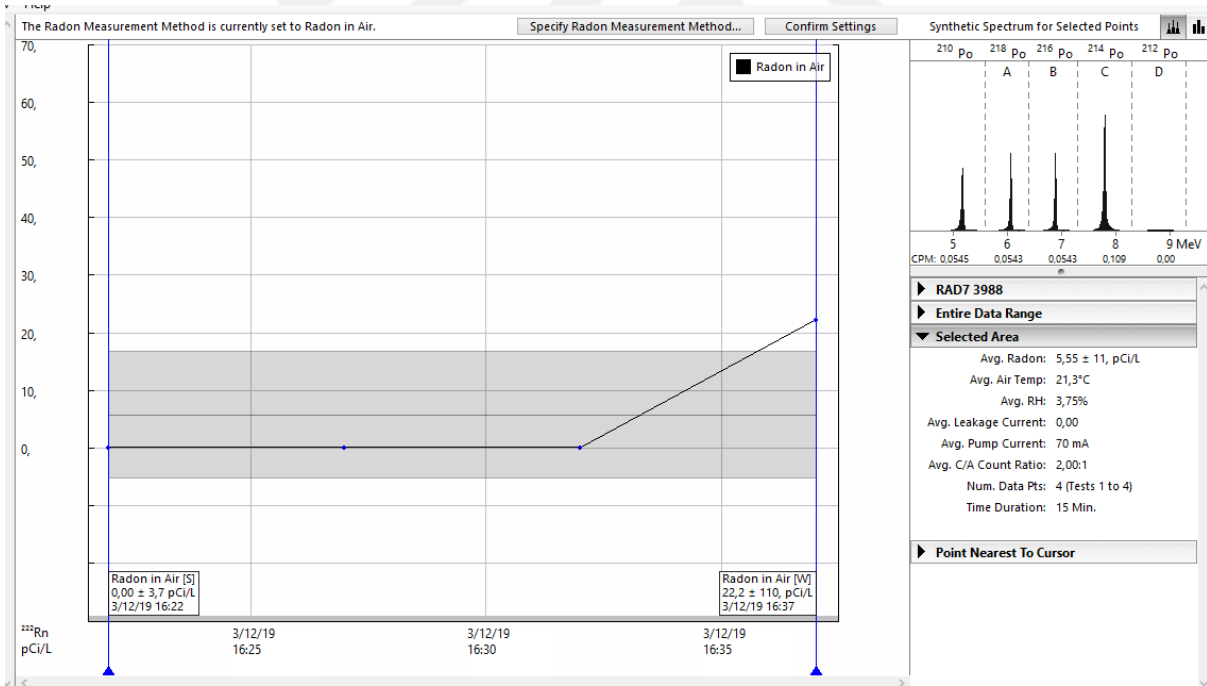
Şekil 4.31. 4.6 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



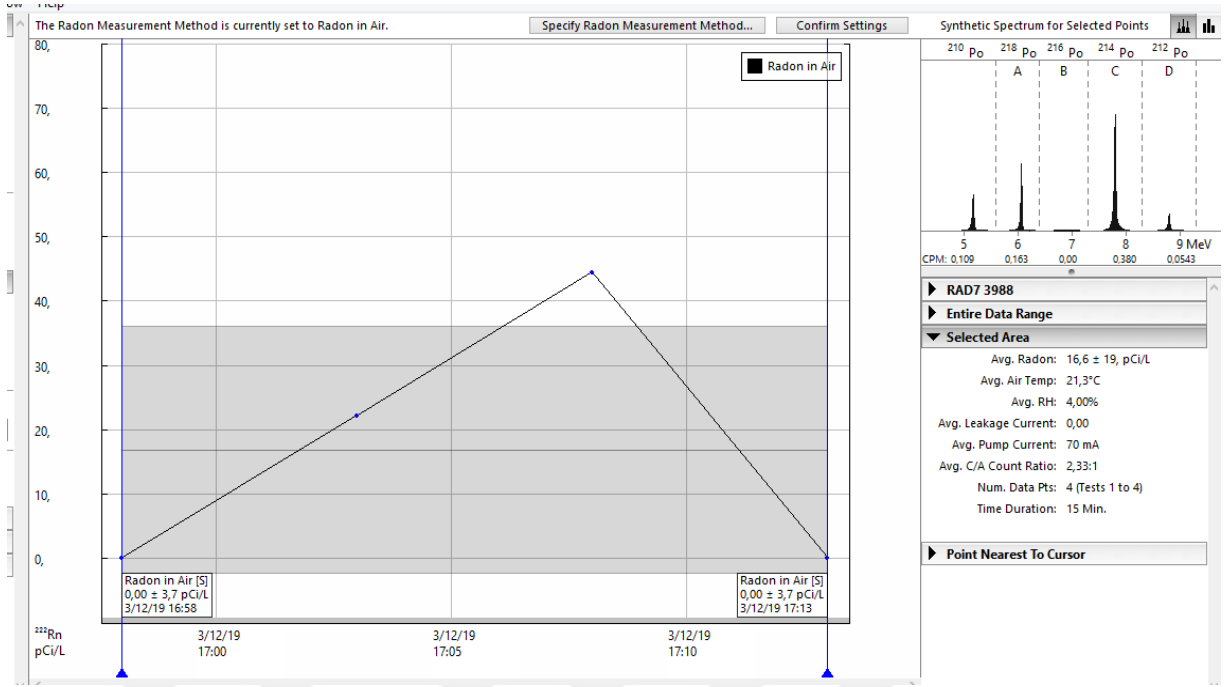
Şekil 4.32. 4.7 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



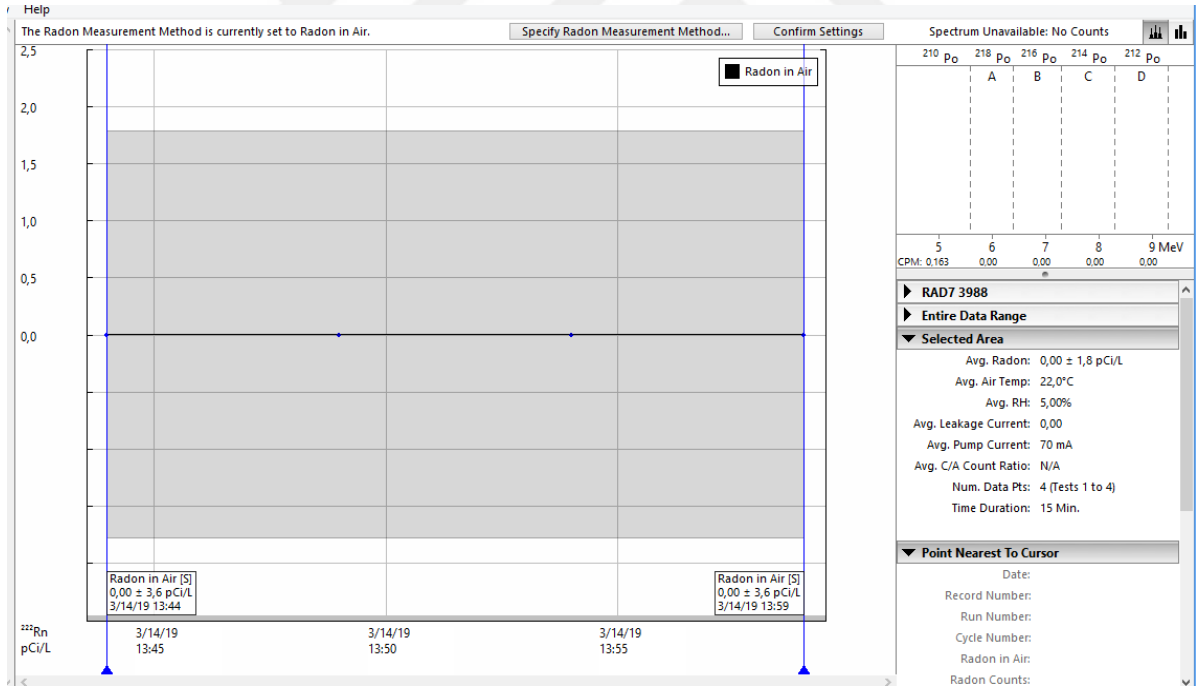
Şekil 4.33. 5 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



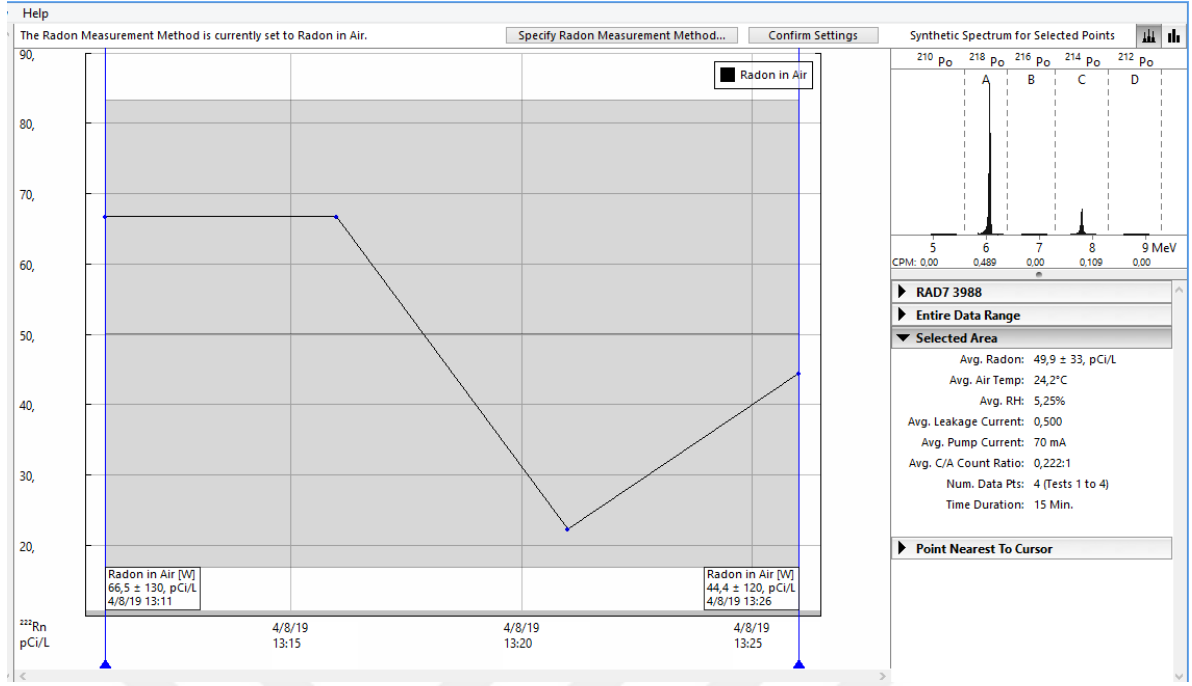
Şekil 4.34. 5.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 4.35. 5.2 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 4.36. 7.1 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 4.37. 12.4 no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

Yapılan çalışmalar sonucunda zeolit mineralinin referans numuneye oranla azaldığı gözlemlenmiştir. En düşük radon konsantrasyon değeri 7.1. no'lu numunede (Şekil 4.36) $0.00 \pm 1,8$ pCi/l olarak bulunmuştur. En yüksek değer ise 12.4 no'lu kuyuda (Şekil 4.37) $49,9 \pm 33$ pCi/l olarak tespit edilmiştir. 7 no'lu kuyunun derinliği 12 no'lu kuyuya nazaran daha yüksektir. Yerin altına doğru inildikçe her 33 metrede 1°C ' de sıcaklık artışı meydana gelmektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte ortama salınan radon gazında artış görülmektedir. Fakat 12 no'lu kuyudaki derinliğin fazla olmasına rağmen radon konsantrasyonunun daha düşük çıkmasında zeolit katkısının etkisinden söz etmek mümkündür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit mineralli filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapıldı.

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durrige Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü, ölçüm sonucunda kullanılan zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesine etkisi gözlemlendi.

Analizler sonucunda zeolit mineralli filtrelerin ortalama Radon konsantrasyon değerleri $0,00 \pm 1,8$ pCi/L ile $49,9 \pm 33$ pCi/L olarak tespit edildi.

Zeolit mineralinin iyon değiştirme, absorpsiyon ve radyoaktif tutuculuğu özelliğinden dolayı zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesi genel olarak azaldığı gözlemlendi. Denede kullanmış olduğumuz zeolit çeşidi doğal klinoptolit olup en yararlı zeolit türüdür. İnsan sağlığı açısından problem teşkil etmemektedir. Zeolitin 40'a aşkın çeşidi mevcuttur. Bunlar içerisinde zararlı, istemediğimiz morfolojik olarak iğnemi ve lifli yapıya sahip erionit türü mezotelyomalı hastalardan alınan akciğer dokularında da görülmüştür. Sağlık açısından problem teşkil ettiği için erionit tercih edilmemektedir. Klinoptolit ile erionit birbirleri ile karıştırılmaması önerilir. Zeolit tıp sektöründe oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir.

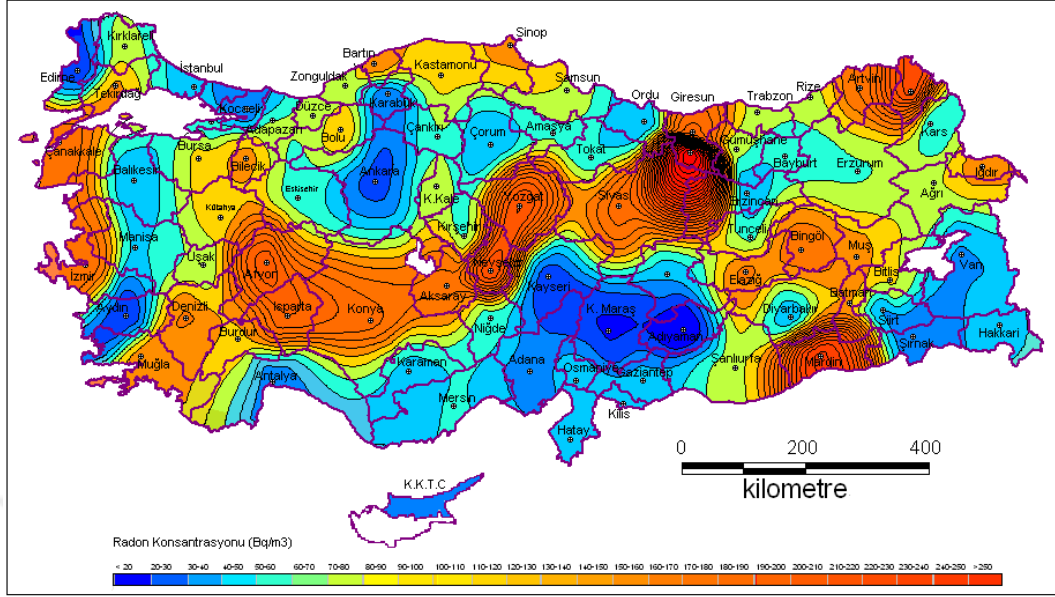
-Doğal zeolitte kanser riskini azaltma özelliği,

-Klinoptilit ile muamele edilen değişik tümörlerde bazı iyileşmeler görülmüştür(Keeting PE, Oursler MJ, Wiegand KE, Boude SK, Spelsberg TC, Riggs BL., 1992).

-Silisyumun kemik kalsifikasyonunda fizyolojik etkisi olduğu ileri sürülmektedir. Zeolitlerde bol miktarda bulunan Si kemik sağlığının iyileştirilmesinde kullanılabilir.

Radon gazı coğrafi bölgenin, jeolojik yapısıyla da yakından ilişkili olarak çevreye yayılım göstermektedir. Granit ve volkanik topraklar, tortul şistler önemli radon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Sedimanter topraklarda ise radon konsantrasyonu düşüktür. Bazı tebeşir çökelti bölgelerinde de az miktarda olsa da radona rastlanmaktadır. Ayrıca yeraltı suları, doğal gazlar, kömür ve okyanuslar da sınırlı da olsa radon salınımı yapabilmektedir [30,2]. Kahramanmaraş'ın arazisi kireç taşı, kumtaşı ve metamorfik taşlar üzerine oluşmuştur. Bu sebeptendir ki bulunan değerlerin düşük çıkmasında bölgenin jeolojik yapısının etkisinden söz etmek mümkündür. Ayrıca Türkiye genelinde de radon

konsantrasyon dağılımına baktığımızda Kahramanmaraş ilinin en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1. Türkiye radon gazı haritası (URL 9)

Sonuç olarak bu çalışmada bildirilen değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan güvenlik limiti olan 100Bq l^{-1} 'nin ($100\text{Bq l}^{-1} = 2702,70 \text{ pCi/L}$) oldukça altındadır. Halk sağlığı açısından tehdit oluşturmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Akkurt, A., Afyon Jeotermal Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesi Tayini. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar. 57 s. (2006).
- [2] Uludağ, N., Şile-Kandıra-İzmit Bölgesindeki Kaynak Sularında Radon Gazının İncelenmesi Ve Sakarya Üniversitesi Radon Farkındalık Anketi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76 s (2018).
- [3] Özger, A.G., Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana. 93 s (2005).
- [4] Unsear, 1988: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation United Nations sales publication No:E.88.IX.7.New York (1988).
- [5] Demirel, S., Konya'nın İçme Suyunun Sağlandığı Bazı Kuyu Sularında 222Rn Konsantrasyonu Değişimlerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya. 83 s (2013).
- [6] Horvath, A., Bohus, L. O., Urbani, F., Marx, G., Piroth, A. and Greaves, E. D., Radon concentrations in hot spring waters in northern Venezuela. J. Environ. Radioact. 47, 127–133 (2000).
- [7] Oliveira, J., Mazzilli, B.P., Sampa, M.H.O. and Bambalas, E., Natural Radionuclides in Drinking Water Supplies of Sao Paulo State, Brazil and Consequent Population Doses. J. Environ. Radioact. 53, 99-109 (2001).
- [8] Bonavigo, L. & Zucchetti, M., Dose Calculation due to underground exposure: the Tav tunnel in Valle Di Susa. Fresenius Environmental Bulletin, 17: 1476-1479 (2008).
- [9] Kılıç, Ö., Bitlis Kaynak Sularında Radon Seviyelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Semineri, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.(2015).
- [10] Gündoğan, A., Kilis İli Sularında Radon Gazı Ölçümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63 s (2016).
- [11] Küçükönder, E., Kahramanmaraş Yöresinde Doğal Radyoaktivitenin Tayini, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 69 s (2009).
- [12] Gelgün, S., Kütahya İli Kapalı Mekânları Radon Gazı Konsantrasyonu Ölçümü, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya. 79 s (2010).
- [13] Avşar, Y., Kahramanmaraş İl Merkezlerindeki Bazı İlköğretim ve Anaokullarında Radon Gazı Ölçümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83 s (2015).

- [14] Arya, A.P. Çekirdek Fizikinin Esasları. Aktif Yayıncılık, Erzurum. Çeviren: Yusuf Şahin. 407 s (1989).
- [15] Erdoğan, M., Osmaniye Ve Çevresindeki İçilebilir Ve İşlenebilir Sularda Radon (Rn-222) Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi ve Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ortak Yüksek Lisans Tezi, 80 s (2015).
- [16] Şahin S., Sivrice Fay Zonundaki Radon Değişimi ve Doğal Radyoaktivite, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1-27 (2009).
- [17] Değerlier, M., Adana İli Ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması Ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana. 175 s (2007).
- [18] Unsear, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1993. Sources and Effects of Ionizing Radiation United Nations, New York. Annex A.
- [19] IAEA, International Atomic Energy Agency, Radiation Safety, IAEA Division of Public Information, 96-00725, 1996.
- [20] Günay, O., Aközcan, S., Kulalı F., Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı-13, S.91-97, (2018) ISSN:2148-2683, www.ejosat.com.
- [21] Aslangören, Z., Avşar Ve Karacasu Yerleşkelerinde Bina İçi Katlara Bağlı Radon Gazının Mevsimsel Dağılımı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60 s (2019).
- [22] Pişkin, A., Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Ofis Çalışanlarının Radon Gazı Maruziyetinin Nükleer İz Dedektör Yöntemine Göre Belirlenmesi Ve Sağlık Üzerine Etkileri, İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, 75s (2016).
- [23] Harley, N. H., Harley, J. H., 1990: Potential Lung Cancer Risk From Indoor Radon Exposure. Ca, A Cancer Journal for Clinician. 40. 5, Sept/Oct.
- [24] Saç, M. M., Camgöz, B., İzmir’de Sismik Aktiviteler ile Radon Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonun İncelenmesi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(3), ss 47-54 (2005).
- [25] Durrani, A.S., Ilic, R., Radon Measurements by Etched Track Detectors: Applications in Radiation. Earth Sciences and Environment, World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd, 387p. England. (1997).
- [26] Blaauboer RO, Vaas LH., De Geschatte Stralingsbelasting in Nederland in 1987, Stralingsbelasting 41 Series, in Dutch.VROM ministry, the Hague, The Netherlands, 210 s (1989).

- [27] Akyıldırım, H., Isparta İli'nde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi ve Haritalandırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta. 99 s (2005).
- [28] Kulalı, F., Toprak gazında Radon Anomalileri ve Depremlerin İlişkilendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s (2009).
- [29] UNSCEAR Report 1977,1982,1988 Sources ,Effects and risks of ionizing radiation.
- [30] Davutoğlu, H. Haziran Radon Gazı Ölçme Metotları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 62 s (2008).
- [31] Eisenbud, M. & Gesell, T. 1997. Environmental Radioactivity. From Natural, Industrial, and Military Sources, 4th edition (Academic Press).
- [32] Gümbür, S., Kahramanmaraş İlinde Su Örneklerinde Radon Gazı Ölçümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 52 s (2014).
- [33] Özdemir, F.B., Afyon ve Çevresindeki Kuyu Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesi Tayini. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar. 112 s (2006).
- [34] Özkan, D., Afyonkarahisar Yöresindeki Jeotermal Su Kaynaklarında Bölgesel Radon Gazı Değişimlerinin İncelenmesi, Afyon Koca Tepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2011).
- [35] Sandıkçioğlu, A., Afyon Deprem Fay Hattı Üzerinde Bulunan Kaplıca ve Kuyu Sularındaki Radon Değişiminin Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [36] Gillmore G.K., Phillips P.S., Denman A.R., Gilbertson D.D., Radon in the Creswell Crags Permian limestone caves, Journal of Environmental Radioactivity 62, 165 s (2002).
- [37] Barış, C., İzmir-Çeşme Yer Altı-Termal Suları ve Çevresindeki Topraklarda Radyoaktivite Araştırmaları, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2006).
- [38] Marques, A.L., W.D. Santos, L.P. Geraldo. Direct Measurements of Radon Activity in Water From Various Natural Sources Using Nuclear Track Detectors. Applied Radiation and Isotopes 60, 801-804, (2004).
- [39] Durak, S., Kütahya İli Kaplıca Sularında Radon-Radyum Konsantrasyonlarının ve Kaplıcalardaki Kapalı Ortam Radon Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70 s (2010).

- [40] Okur, A., Tokat İli İçme ve Yüzey Sularında Radon Gazı Konsantrasyonu Ölçümü, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55 s (2011).
- [41] Alp, M.S., Batman İlindeki Sulara Radon Konsantrasyonunun Tayini, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84 s (2014).
- [42] Kop, A. 2010. Faylarla İlişkili Jeotermal Alanlarda Radon Gazı Ölçümlerinin Önemine İlişkin Bir Örnek, Hartlap Kaplıcası, Kahramanmaraş, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, C. 23, S. 1, SS. 39-52.
- [43] Bilgin, Ö., Gördes Zeolitlerinin Hammaddesel Özelliklerinin İncelenmesi Ve Değişik Sektörlerde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Dokuz Eylül, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 173 s (2009).
- [44] Kocakuşak, S., Ö.Tunç Savaşçı, T.Ayok, 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Rapor No: KM 362, Proje No: 5015202, Nisan 2001, P.K.21, Gebze Kocaeli
- [45] Samsunlu, A. (1999). Çevre Mühendisliği Kimyası. (4. baskı). Sam çevre teknolojileri merkezi yayınları, s: 120, 177, İstanbul.
- [46] Örgen C. ve İnanç, İ. (2004). Doğal Zeolitin Doğal Kaynak Sularında pH, iletkenlik ve Sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı. Sakarya. Şerefiye Kaynak Suyu İşletmeleri A.Ş. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Biyomut.
- [47] Mumpton, F. A. (1978). Naturel Zeolites Occurrence, Properties and Use. Pergamon Pres. pp. 1-27. Oxford.
- [48] Demir, H. ve Polat E., Zeolit (Klinoptilolit) Ve Tarımda Kullanımı, <https://www.researchgate.net/publication/291972342>. (2003).
- [49] Liu B, Yan F, Kong J, Deng J. Anal Chim Acta 1999;386:31
- [50] Dyer A, Morgan S, Wells P, Williams CJ. (2000). The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. J Helminthology;74:137-41.
- [51] Keeting PE, Oursler MJ, Wiegand KE, Boude SK, Spelsberg TC, Riggs BL. (1992). Zeolite A increases proliferation, differentiation and transforming growth-factor- Beta production in normal adult human osteoblast-like cells in vitro. J Bone Miner Res;7:1281-9.
- [52] Rodriguez-Fuentes G, Barrios MA, Iraizoz A, Perdomo I, Cedre B. Enterex: antidiarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. Zeolites 1997;19:441-8.
- [53] Chuikova R, Vozhakou SV. Assesment of efficacy of the drug litovit as a novel pathogeneticmodelity in acute viral hepatitis. 77: 29-31. (2005).

- [54] Karadağ D, Koç Y, Turan M, Armağan B. Removal of ammonium ion from aqueous solution using natural Turkish clinoptilolite. *J Hazard Mater*; 24. (2006).



- URL 1: https://www.google.com/search?q=elektromanyetik+spektrum&sxsrf=ACYBGNShZHvjBrDhahArOaSzd7T2yXg4DQ:1579876111276&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiD_ZqTuZznAhXExMQBHcNWBswQ_AUoAXoECBIOAw&biw=1366&bih=608#imgrc=-KEXvFoWCDu8MM: Erişim Tarihi: 23.01.2020
- URL 2: www.taek.gov.tr Erişim tarihi: 16.01.2020
- URL3: <https://docplayer.biz.tr/33826937-Unite-13-radyoaktivite-amaclar-icindekiler-oneriler.html> Erişim tarihi: 16.12.2019
- URL4: <https://kahramanmaras.bel.tr/kahramanmaras/sehir-tanitimi>. Erişim tarihi 01.01.2020.
- URL 5: <https://kahramanmaras.tarimorman.gov.tr/Menu/25/Kahramanmaras> Erişim tarihi 01.01.2020.
- URL 6: <https://www.google.com/search/kahramanmaras> yer bulduru haritası Erişim tarihi 01.01.2020.
- URL 7: www.googleEarth.com.tr Erişim tarihi: 18.12.2019
- URL 8: <https://durridge.com/products-overview/> Erişim tarihi 19.12.2019.
- URL9: https://www.haber61.net/turkiye-nin-dogal-radyoaktivite-zonlari-ve-cevre-etkileri-makale_3383.html Erişim tarihi 19.11.2019.
- URL 10: www.mta.gov.tr Erişim tarihi 01.01.2020
- URL 11: www.dpt.gov. Erişim tarihi 01.01.2020

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Nergiz BAŞA
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.03.1992, Kahramanmaraş
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (505) 988 17 46
Faks :
e-posta : nergisbasa@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Malzeme Bilimi ve Müh. Bölümü	2020
Lisans	Bozok Üniversitesi / Jeoloji Müh. Bölümü	2014
Lise	Kahramanmaraş Cumhuriyet Lisesi	2010

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2015	Ayça Mühendislik Mad.A.Ş.	Jeoloji Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

1. Küçükönder, E., Başa, N., “Zeolit Mineralli Filtrelerin Derin Kuyu Sularındaki Radyoaktivite Seviyesine Etkisinin Araştırılması”, Uluslararası 30 Ağustos Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu, İzmir, 2019.
2. Küçükönder, E., Başa, N., “Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Ve Karacasu Yerleşkelerinde Bina İçi Mevsimsel Radon Aktivitesi Ölçümü”, International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, 2019.

3. Güleç, A., Başa, N., Dağ, R., ‘‘Pirit Madeninin Betonda imento Yerine Kullanılabilirliğinin Araştırılması’’, Zeugma I. Uluslararası Multidisipliner alıŐmalar Kongresi, Gaziantep, 2018.

